

✎

ЖЕНЩИНЫ И ДЕВУШКИ





VICTOR BRADY
1950





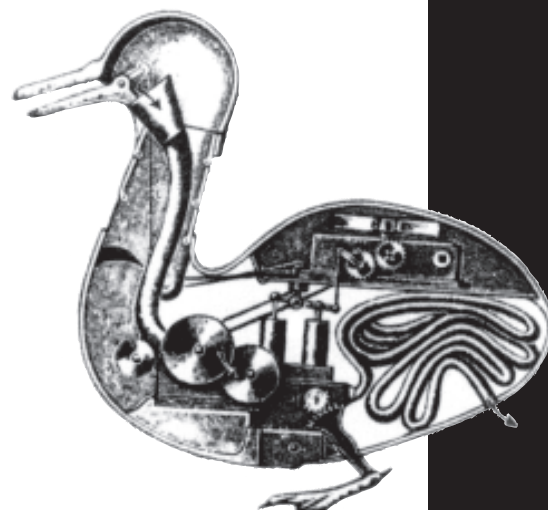
*Есть только две бесконечные вещи:
Вселенная и глупость.
Хотя насчет Вселенной
я не вполне уверен.*

А.Эйнштейн



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок Н.Крацина
к статье «Биоразлагаемые полимеры»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина
Виктора Браунера «Зеркало несотворенного».
Глаза — зеркало души, и это зеркало должно быть
чистым и непременно в рабочем состоянии.
Как добиться этого, читайте в статье
«Полимеры для зеницы ока»*





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

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

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

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

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

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

Подписано в печать 05.06.2003
 Допечатный процесс ООО «Марк Принт
 энд Паблишер», тел.: (095) 136-37-47
 Отпечатано в типографии «Финтрекс»

Адрес редакции:
 105005 Москва, Лефортовский пер., 8

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

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

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

На журнал можно подписаться
 в агентствах:
 «Роспечать» — каталог «Роспечать»,
 индексы 72231 и 72232
 (рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)
 «АРЗИ» — Объединенный каталог
 «Вся пресса», индексы — 88763 и 88764
 (рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)
 «Вся пресса» — 787-34-48
 «Информсистема» — 124-99-38, 127-91-47
 «Интерпочта» — 925-07-94, 921-29-88
 ООО «Урал-Пресс» — 214-53-96
 ЗАО «АиФ-Эскорт» — 319-82-16
 В Санкт-Петербурге
 «ПитерЭкспресс» — (812)325-09-25
 На Украине «KSS» — (044) 464-02-20

© Издательство
 научно-популярной литературы
 «Химия и жизнь»



Химия и жизнь — XXI век

8 Новые технологии
 из Корнеллского
 университета: особые
 краски для ВМФ США,
 биоразлагаемая упаковка
 и тонко структурированные,
 как живые ткани,
 материалы.

Вязкоупругие полимеры,
 или вискоэластики, помогают
 лечить катаракту, глаукому
 и прогрессирующую близорукость.



ИНФОРМНАУКА

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПЫЛЬ	4
РАЗУМНЫЙ КОНСТРУКТОР	4
ЗОЛОТОЙ ТРИЛИСТНИК	5
ТРАНСГЕННАЯ ОСИНА	5
ПОЧЕМУ ВИРУС ГРИППА РАЗЖИЖАЕТ КРОВЬ	6
ЦЕЛЕБНАЯ ЖИДКОСТЬ ОЖОГОВЫХ ПУЗЫРЕЙ	6
СПЕРМАТОЗОИДАМ НУЖЕН РИБОФЛАВИН	7
НЕВОЗМОЖНОСТЬ ИМЕТЬ ДЕТЕЙ — БЛАГО?	7

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

С.Анофелес	
АМЕРИКАНСКАЯ ХИМИЯ	8
М.А.Федонкин	
ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ГОЛОД И СТАНОВЛЕНИЕ ЦАРСТВ	12

РАССЛЕДОВАНИЕ

С.М.Комаров	
ПРО КАМНИ НЕБЕСНЫЕ — 2	18

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Г.В.Шепелев	
ЛАЗЕР И ЭКОНОМИКА	22

БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Ю.А.Гусев	
ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ЗЕНИЦЫ ОКА	24

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Н.В.Латова, Ю.В.Латов	
МЕНДЕЛЕЕВ ДЛЯ ЭТНОЛОГОВ	26

РАССЛЕДОВАНИЕ

М.Батарцев	
ЭЛЕКТРОННО-ИМПУЛЬСНАЯ БОМБА	31

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

А.Н.Романов	
РАДИОВЗГЛЯД С ВЫСОТЫ	34

Не все травинки в поле на одно лицо: среди них бывают светло-зеленые, золотистые, полосатые. А за этой красотой — и научные тайны, и польза для хозяйства.



40

52



За десять минут я открыл сейф, в котором были все секреты уранового завода... Это было просто шоком: в нем хранились бумаги с грифами «только для прочтения», «совершенно секретно» и тому подобное, и вдруг приходит какой-то тип и открывает его!

В номере

4

ИНФОРМНАУКА

Про летучих микророботов, генномодифицированную карельскую березу и витамины для сперматозоидов.

12

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Клетки, имеющие ядро, появились на древней Земле не случайно: это был шанс выжить в условиях химического обеднения биосферы.

18

РАССЛЕДОВАНИЕ

Если большой астероид упадет в океан, смоеет ли цунами прибрежные города? Ответ на этот вопрос нашелся в отчетах об испытаниях атомной бомбы...

22

ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

У лазерчиков есть правило: если что-то можно сделать без лазера, это нужно делать без лазера. Однако с помощью лазеров в Карелии очищают дикорастущие ягоды от мусора.

44

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Тем, кто рассматривает возможность наследования приобретенных признаков, не стоит забывать, что эти признаки тоже контролируются генами.

КНИГИ

Е. Н. Панов
БЕГСТВО ОТ ОДИНОЧЕСТВА (ОКОНЧАНИЕ) 36

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Ю. В. Венжик
МУТАНТЫ-НЕВИДИМКИ 40

А. М. Полищук
В ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ ВСЕ НЕ ТАК,
КАК НА САМОМ ДЕЛЕ 44

РАДОСТИ ЖИЗНИ

Л. Н. Воронина
КЕО — ПИСЬМА В БУДУЩЕЕ 48

АРХИВ

Р. Фейнман
ТЫ ШНИФЕР, И Я ШНИФЕР 52

КНИГИ

Л. Каховский
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ: НАУЧНЫЕ МЕЧТАНИЯ 58

ФАНТАСТИКА

К. Ситников
ТРОСТЬ 62

ЖЕРТВА НАУКИ

Н. Резник
ДАНИО — НОВАЯ ЗВЕЗДА 68

НОВОСТИ НАУКИ	20	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	32	ПИШУТ, ЧТО...	70
ИНФОРМАЦИЯ	61	ПЕРЕПИСКА	72



РОБОТОТЕХНИКА



Интеллектуальная ПЫЛЬ

Ученые из Таганрога построили модель, с помощью которой можно понять, как следует управлять облаками микророботов, чтобы они одновременно двигались к разным целям. Эта работа была представлена на Международном симпозиуме по микророботам, микромашинам и микросистемам, который проходил в Москве в Институте проблем механики РАН 24–25 апреля 2003 года.

Микроробот — это механизм, размер которого исчисляется миллиметрами, а то и микронами. Одинокий микроробот, как и один муравей, не представляет собой силу. Однако множество микророботов, собранных в одном месте, становятся похожими на миллиардную семью тропических муравьев, способных уничтожить все живое на своем пути. Воспользоваться объединенной силой множества слабых существ предполагается при реализации концепции «умной пыли», которая, строго говоря, позаимствована у Станислава Лема. Одно из возможных применений, которое придумали американские военные, — поражение танков противника: облако микророботов, несущих заряды, окутывает бронированную машину и взрывается. Впрочем, такому облаку можно предложить и мирные задачи: например, исследование околоземного пространства с помощью стаек микророботов.

При этом возникает вопрос: как управлять множеством механизмов? «Представим себе, что десятками тысяч роботов нужно управлять из одного центра, — говорит доктор технических наук И.А.Каляев из НИИ многопроцессорных вычислительных систем при Таганрогском государственном радиотехническом институте. — Там должен стоять мощный сверхкомпьютер, способный отследить

положение каждого робота и дать ему инструкцию. Это требует огромных затрат времени, а кроме того, весьма небезопасно: управляющий центр может выйти из строя. Значительно проще дать возможность каждому роботу принимать самостоятельные решения и координировать действия со своими соседями».

Алгоритм действия, придуманный нашими учеными, таков. Сначала роботы образуют единое облако. Затем каждый робот, зная свои координаты и координаты целей, выбирает ближайшую из них и принимает решение, стоит ли к ней двигаться. Для этого он анализирует, сколько роботов уже направилось к этой цели. Если их число вполне достаточно, он начинает искать другую цель или остается в резерве; если нет, то принимает решение об атаке, о чем и оповещает всех соседей. Так облако весьма быстро распадается на фрагменты, кластеры, каждый из которых перемещается к своей цели.

«Процесс кластеризации нужно периодически возобновлять, чтобы учесть изменения оперативной обстановки, — уточняет И.А.Каляев. — Например, если какой-то робот выбыл из игры, облако должно об этом узнать и быстро заменить его резервным. Точно так же нужно учитывать изменения координат цели: она может слишком сильно удалиться от каких-то роботов кластера. Значит, нужно будет к этому кластеру подтянуть дополнительные силы». Компьютерное моделирование показало, что предложенный подход очень эффективен. Самое главное — алгоритм принятия решений микророботами оказывается столь простым, что его легко воплотить в маленьких электронных мозгах этого миниатюрного создания. Кроме того, вся процедура оказывается чрезвычайно гибкой, способной быстро учитывать и потери микророботов, и изменения в поведении целей.

НАНОХИМИЯ

Разумный конструктор

Про углерод, пожалуй, известно все. Но меньше всего специалистам известно про углерод нановолокнистый. Именно он сейчас находится все более широкое применение и как катализатор, и как электронный материал; еще это замеча-

тельный адсорбент, а добавление его к различным полимерам придает им новые свойства.

Нановолокнистый углерод интересен сам по себе: он состоит из углеродных волокон от 3 до 500 нм в диаметре. Волокна могут сформировать «цилиндры» (а это уже почти готовые полимерные нанотрубки), или систему конусов, уложенных один в другой под определенным углом к оси волокна, или просто «упаковку-пакет». Как именно поведут себя нановолокна, зависит от того, какой взять катализатор и в каких условиях получать этот перспективный материал. Ученые из Института катализа им. Г.К.Борескова СО РАН научились управлять процессом получения углеродных наноструктур.

Интересно отметить, что этот процесс довольно прост и потому позволяет утилизировать различные углеводородные газы, которые в данном случае становятся идеальным источником сырья для производства двух очень ценных веществ — водорода и нановолокнистого углерода. Для проведения реакции необходима установка, которая обеспечила бы идеальное перемешивание смеси метана и инертных газов (аргона, гелия или азота) в микрореакторе, и никелевый катализатор, приготовленный по специальному методу с использованием золь-гель-перехода, в результате которого получаются никелевые наночастицы диаметром от 12 до 60 нм.

Когда проводился эксперимент, ученые заметили интереснейший феномен: наночастицы катализатора самоорганизовывались. Как выяснилось, самоорганизацию провоцировала температура. Например, при 500°C такое явление не наблюдалось, а уже при 550°C происходила самоорганизация. Когда первоначальный размер частицы составляет 12 нм, они самопроизвольно укрупняются, а частицы с диаметром 60 нм, напротив, уменьшаются в размере. Эту интересную загадку ученые собираются разгадать уже в скором будущем.

Толщину нановолокон изменяют варьируя температуру и состав газовой смеси. Например, используя только чистый метан при 500°C, можно получить диаметр волокна 50–60 нм, а если взять равные части метана и аргона при 600°C, волокна выходят тоньше, 30–40 нм. Самыми тонкими волокна будут, если умень-

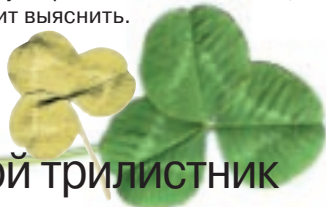


шить содержание метана до 10%: их диаметр составит 20 нм.

Получается, что можно менять толщину волокон и выбирать форму их упаковки — нанотехнологам открывается широкий простор для творчества. К тому же все это идет на пользу окружающей среде: углеводороды — уже не загрязнение, а сырье для производства очень важных продуктов. Но как именно и почему катализаторы разного типа влияют на способ упаковки углеродного нановолокна, еще предстоит выяснить.

ГЕОХИМИЯ

Золотой трилистник



Растения поглощают из почвы и накапливают в своих тканях химические элементы. Ученым об этом уже известно многое, но меньше всего они, как ни странно, знают о способности растений концентрировать благородные металлы. Сотрудники Амурского комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН под руководством академика В.Г.Моисеенко определили растения, которые могут служить биоиндикаторами при поисках месторождений золота, серебра, платины и других благородных металлов.

В распоряжении ученых был естественный полигон — хвостохранилище, которое прилегает к действующей Соловьевской шлихо-обогапительной фабрике. (Хвостами называют отходы рудно-обогапительного производства). Методы обогащения, применяемые на фабрике, весьма несовершенны, поэтому отходы содержат тонкие фракции золота, серебра, осмия, платины, палладия и рутения. Хвосты перемешивают с почвой и грунтом, но земля эта неплодородна: в ней слишком много различных химических элементов, в том числе благородных металлов. На Соловьевском хвостохранилище ученые насчитали только 11 видов растений, покрывающих не более 1% всей площади отвала. Это скерда кровельная, крапива, клевер ползучий (с маленькими беленькими головками), ива, одуванчик, лебеда, хвощ полевой, жабрей, зверобой (не лекарственный, а другой вид), гусиная лапчатка и полынь. Содержание благородных металлов определяли в золе растений и в почве.

Геохимики установили два вида растений-суперконцентраторов золота. Это клевер и лапчатка. Золота в них в тысячи раз больше, чем в среднем в земной коре, но все же гораздо меньше, чем в

почве, на которой они растут. Золото — биологически доступный элемент: из всей группы благородных металлов только оно обладает сильными биофильными свойствами. Платины в отвалах тоже было много, ее охотно поглощали клевер и одуванчик. А вот серебра, сколько бы его ни было под ногами, в растениях много не бывает. Дело в том, что серебро токсично для растений и при высоких его концентрациях в почве у них в определенный момент наступает порог поглощения из-за нарушения проницаемости клеточных мембран. Концентрация осмия в местных отложениях меньше, чем в среднем в земле, но все же нашлись растения, которые хорошо его накапливали. В скерде кровельной осмия было почти в 35 раз больше, чем в почве. Рутений, по данным ученых, накапливается хорошо, палладий — средне. Нужны ли эти элементы растениям, неизвестно, но, во всяком случае, они не опасны. Биогеохимическими индикаторами рутения могут служить зверобой, клевер и одуванчик.

Исследователи оценили общую способность отдельных видов к концентрированию благородных металлов. Чемпионом стал клевер ползучий. Повышенную активность в отношении благородных металлов проявили лапчатка гусиная и одуванчик, среднюю — зверобой и скерда. Полевой хвощ и жабрей благородные металлы накапливают плохо. Полученные данные ученые собираются использовать при оценке техногенного загрязнения окружающей среды и при геохимических поисках соответствующих месторождений.

БИОТЕХНОЛОГИИ

Трансгенная осина

Российские ученые используют возможности клонирования и генной инженерии, чтобы заставить деревья расти и развиваться быстрее. Успех сопутствует сибирским и воронежским ученым.

Улучшая деревья методами классической селекции, ученые в первую очередь обращают внимание на скорость роста, качество древесины, устойчивость к вредителям и болезням, к гербицидам, солям и другим стрессам. Генная инженерия позволяет делать то же самое, но значительно быстрее. Российские ученые получили несколько быстрорастущих древесных пород.

В Сибирском институте физиологии и биохимии растений СО РАН (Иркутск) воспользовались классическими методами биотехнологии и трансформировали осину, тополь и сибирскую сосну, которую у нас по традиции неправильно называют кедром, кукурузным геном *ugt*. Этот ген кодирует фермент, обеспечивающий высокий уровень растительного гормона ауксина. Он необходим для роста и развития растений, поэтому деревья, которые получили кукурузный ген, действительно развиваются значительно быстрее. Такие растения в перспективе можно было бы использовать на специализированных плантациях с коротким оборотом рубки, создаваемых вокруг деревообрабатывающих предприятий. Плантации сохранят от вырубki девственные таежные леса и позволят сократить транспортные расходы на доставку древесины к месту переработки.

Ученые из НИИ лесной генетики и селекции (Воронеж) использовали другую технологию — получение деревьев из клеточных культур. Породу они выбрали ценнейшую — карельскую березу. Исследователи отобрали деревья с самой красивой узорчатой древесиной, получили из их стволов клеточные культуры, каллусы, а из каллусов вырастили березки. Многолетние полевые испытания показали, что клонированные деревца хорошо рас-

тут, а года через 3–4 их ствол становится бугорчатым или ребристым — это внешние признаки узорчатой древесины. К 5–8 годам в разводах уже все березы без исключения. Если же карельскую березу выращивать по обычной технологии, из семян, признаки узорчатости появляются гораздо позже, в 10–12 лет.

Возможность манипулировать генами — одно из величайших достижений биологии XX века, но оно накладывает на ученых большую ответ-

ственность за экологические последствия, которые необходимо учитывать наряду с экономической выгодой от получения трансгенов. Перспективы использования ускоренно развивающихся растений выглядят заманчиво, однако многие российские ученые советуют тщательно проанализировать возможные последствия, прежде чем ставить новые технологии на поток. Быстрорастущие деревья могут быстро истощить почву, а генетически модифицированная пыльца — изменить естественную структуру лесных популяций. Насколько велика вероятность того и другого — на этот вопрос пока нет убедительных ответов ни в нашей стране, ни за рубежом.



ВИРУСОЛОГИЯ

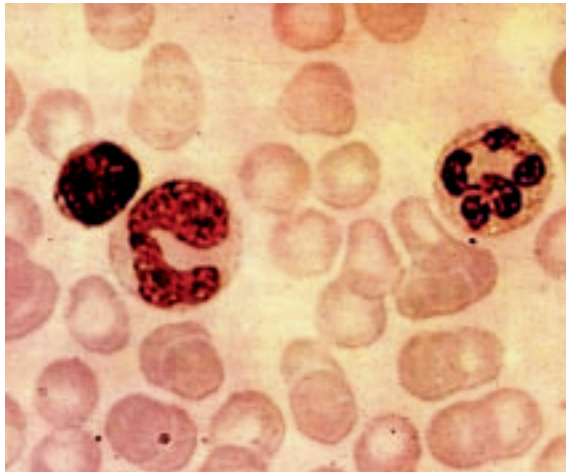
Почему вирус гриппа разжижает кровь

Грипп приносит с собой целый букет неприятных симптомов. И насморк, и горло болит, страдают и нервная система, и кровеносные сосуды, иммунитет ослаблен, кишечник работает плохо. Ученые все более убеждаются в том, что ведущую роль во всех этих процессах играют вирусные белки. Недавно российские биологи из НИИ гриппа РАН и кафедры физиологии человека и животных МГУ им. М.В. Ломоносова доказали, что одним из характерных симптомов гриппа — нарушением свертывания крови, мы обязаны белку нейраминидазе, который содержится в оболочке вируса.

Если налить кровь в пробирку, она недолго остается жидкой. Через несколько минут в ней образуются сгустки, которые со временем уплотняются и превращаются в тромб. Когда в пробирку с красной кровью добавляли препарат нейраминидазы в концентрации 50 мкг/кг, время образования сгустка возрастало в три раза. Если же белковый препарат ввести крысе в вену, а уже потом взять кровь на анализ, сгусток образуется в 1,6–1,8 раза медленнее, чем в контроле. Исследователи убедились, что нейраминидаза не только снижает свертываемость крови, но и разрушает уже существующие тромбы. Таким же свойством обладает и другой белок вируса гриппа — гемагглютинин.

Организм располагает и собственными белками, влияющими на свертываемость крови. Один из них — активатор плазминогена. Этот белок участвует в системе антикоагуляции и разрушает тромбы, когда возникает такая потребность. Исследователи проанализировали практически все варианты нейраминидазы известных вирусов гриппа типа А. Оказалось, что белок нейраминидаза, так же как и гемагглютинин, независимо от вируса и от года его выделения, содержит последовательности аминокислот, сходные с последовательностями активатора плазминогена. Причем сходством обладают именно те участки белка, которые распознает иммунная система организма, иными словами, белки оболочки вируса гриппа маскируются под фермент организма, отвечающий за свертываемость крови. Поэтому иммунная система и не уничтожает вирусный белок, принимая его за свой родной.

Зачем вирусу гриппа понадобилось разжижать кровь своего хозяина? Дело



в том, что тромбы не только защищают организм от кровотечения. Свертываемость крови — один из важнейших элементов врожденного (а не вызванного прививкой) иммунитета — ограничивает очаг воспаления. Следовательно, понижая свертываемость, вирус защищает себя от врожденного иммунитета и создает условия для благоприятного размножения и формирования полноценного инфекционного потомства. Будем надеяться, что, узнав природу гриппозной инфекции, исследователи наконец предложат средства борьбы с ней, более эффективные, чем покой и теплое питье.

МЕДИЦИНА

Целебная жидкость ожоговых пузырей

Если вы обожглись, ни в коем случае не прокалывайте и не подсушивайте образовавшиеся волдыри. Жидкость, заключенная в ожоговых пузырях, помогает организму исцелить рану. К такому выводу пришли ученые из Института цитологии РАН в Санкт-Петербурге (работа велась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований).

Человеческая кожа немного похожа на стену — клетки кожи можно уподобить кирпичам. Только удерживает их вместе не цементный раствор, а специальные

белки — внеклеточный матрикс. Если кожа повреждена, организм убирает старые белки и остатки мертвых клеток, а затем на расчищенное место сползают новые клетки, делаясь, скрепляются белками и закрывают брешь. Восстановлению способствует множество специальных ферментов, которые выделяет поврежденная ткань. Но если рана очень велика, организм может и не справиться собственными силами. Тогда врачи пересаживают в рану пласты кожных клеток вместе с белками матрикса, чтобы брешь в коже скорее затянулась. При этом важно знать, как поведут себя пересаженные клетки на больном месте, насыщенный лечебными ферментами.

Сотрудники Института цитологии РАН и кафедры термических поражений Военно-медицинской академии (Санкт-Петербург) установили, что ожоговый экссудат, жидкость из ожоговых пузырей, ускоряет заживление раны.

Ученые поступили гуманно и не стали мучить лабораторных животных. Они использовали хорошо изученную культуру мышинных клеток Balb/3T3. Если механически повредить плотный монослой таких клеток, получается искусственная рана, а окружающие клетки ведут себя практически так же, как в естественных условиях, — сползаются на поврежденное место, делятся, выделяют скрепляющие белки и закрывают рану тонким сплошным слоем, который затем стягивают, сокращая таким образом площадь раны. Сделав «рану», исследователи отметили ее границы и двое суток следили за перемещением клеток на свободную поверхность. Каждые сутки место раны фотографировали и подсчитывали изменение ее площади. В некоторые пробы исследователи добавляли жидкость, которую отбирали стерильным шприцем из ожоговых пузырей у пациентов Военно-медицинской академии.

В присутствии всего 1–2% ожогового экссудата клетки энергичнее сползаются в рану и делятся в 2,5 раза быстрее, чем в контроле; они образуют плотный слой, похожий под микроскопом на булыжную мостовую, и этот слой быстро стягивается. Видимо жидкость из ожоговых пузырей активизирует свойства клеток, необходимые для успешного заживления раны. Состав экссудата слишком сложен, чтобы сразу выявить все целебные компоненты. Пока очевидно только, что их несколько и они имеют разную природу.

Медики советуют при лечении ожогов или обширных ран заменять покрытие, удерживающее влагу, или не удалять верхнюю часть пузыря. При этом в ране сохраняется экссудат, и заживление идет быстрее.





БИОХИМИЯ

Сперматозоидам нужен рибофлавин

Мужская плодовитость зависит не только от гормональной регуляции, но и от обеспеченности организма витаминами. Например, при нехватке аскорбиновой кислоты, равно как и при ее избытке, уменьшается подвижность сперматозоидов. Не хватает бесплодным мужчинам и витамина E. О роли других витаминов в процессе размножения пока известно очень мало. В лаборатории витаминов и минеральных веществ ГУ НИИ питания РАМН установили, какое количество витамина B2 (рибофлавина) необходимо нормальному мужчине.

Одновременно с вопросом о количестве необходимо решить и другую проблему — как и где это количество измерять. Можно оценивать концентрацию витамина в плазме собранной натощак венозной крови. Это традиционный, но не самый приятный и не самый безопасный анализ. Современная медицина предпочитает такие методы исследования, при которых нет необходимости проникать в кровеносный сосуд. Коль скоро ученые отмечают, что витамины влияют на подвижность и жизнеспособность сперматозоидов, логично измерять их содержание в спермоплазме — той самой жидкости, в которой сперматозоиды «плавают». Но такой анализ имеет смысл только в том случае, если концентрации рибофлавина в плазме крови и эякуляте взаимосвязаны. Это ученым тоже предстояло выяснить.

Специалисты Института питания исследовали образцы крови и спермы, полученные от мужчин, которые в течение двух-пяти лет не могли зачать ребенка и находились под наблюдением в консультативной поликлинике НИИ урологии МЗ РФ. Обследование показало, что их сперматозоиды были малоподвижными и не вполне нормальными внешне. После первого обследования части мужчин назна-

чили препарат «Эссенциале форте», содержащий витамины B₁, B₂, B₆, B₁₂, E, никотинамид и фосфолипиды. Пациенты принимали препарат в течение полугода, а исследователи наблюдали, как меняется обеспеченность рибофлавином через 1, 3 и 6 месяцев приема. Концентрация витамина определяли в плазме венозной крови и в спермоплазме.

Кровь здорового мужчины должна содержать не менее 5 нг рибофлавина на 1 мл плазмы, а лучше 10–30 нг. В этом случае концентрация витамина в спермоплазме в 3–10 раз выше. При недостатке рибофлавина разница в концентрациях достигает 10–50 раз: организм как будто из последних сил пытается обеспечить созревающие сперматозоиды необходимым количеством витамина. Нижней границей нормы медики сочли концентрацию рибофлавина в спермоплазме, равную 80 нг/мл. Наблюдения показали, что чем дольше мужчины принимали витаминный препарат, тем больше насыщался их организм рибофлавином, тем подвижнее и жизнеспособнее становились их сперматозоиды.

Исследователи пришли к выводу, что содержание витамина B₂ у мужчин лучше определять именно в сперме, поскольку при этом нет риска занести инфекцию в кровеносную систему, а информацию можно получить достоверную. Диагностика и ликвидация дефицита рибофлавина в эякуляте, приводящая к улучшению качества спермы, может быть полезна при лечении бесплодия и для оптимизации условий хранения спермы доноров.

МЕДИЦИНСКАЯ ГЕНЕТИКА

Невозможность иметь детей — благо?

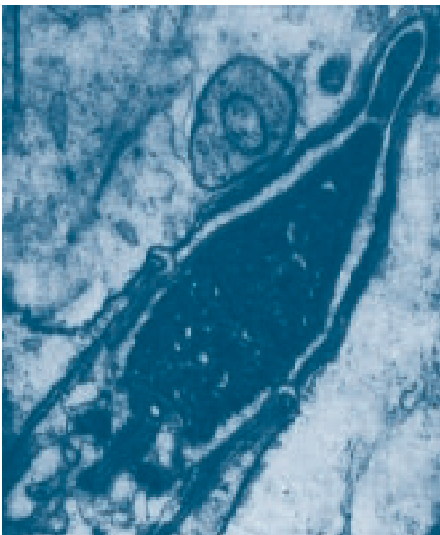
Порой природа оказывает людям с хромосомными нарушениями великое благо — не позволяет им иметь потомство. Но люди, как капризные дети, научились добывать своего: теперь к их услугам искусственное оплодотворение. Российские ученые считают, что, прежде чем прибегнуть к помощи репродуктивных технологий, необходимо проанализировать генетическое здоровье будущих родителей.

В обширной группе наследственных заболеваний особое место принадлежит хромосомным нарушениям, самое частое из которых — лишние хромосомы. Как правило, эти нарушения возникают при образовании половых клеток: яйцеклеток и сперматозоидов. Самое знаме-

нитое хромосомное заболевание — болезнь Дауна. Страдающие этим недугом имеют лишнюю, 21-ю хромосому, которую в 90–95% случаев получают от матери и очень редко — от отца. В случаях, когда мужчина или женщина имеют дополнительную мужскую Y-хромосому, «вина» отца составляет уже 50%. А сколько зародышей погибает на ранних стадиях развития из-за неправильного хромосомного набора сперматозоидов, неизвестно до сих пор. Чтобы оценить механизмы и причины хромосомных нарушений, необходимо знать, как часто они происходят. Сотрудники Института акушерства и гинекологии им. Д.О.Отта РАМН и кафедры генетики и селекции Санкт-Петербургского государственного университета исследовали хромосомный набор сперматозоидов 34 человек и обнаружили, что «неправильные» сперматозоиды гораздо чаще встречаются у мужчин с пониженной плодовитостью.

Ученые исследовали образцы эякулята от пациентов Международного центра репродуктивной медицины, медицинского центра репродукции «Ава-Петер» и от доноров спермы (то есть здоровых мужчин). Чтобы выявить избыток или недостаток хромосом, ученые использовали последовательности ДНК (зонды), позволяющие обнаружить половые хромосомы X и Y, а также хромосому 18. (Младенцы, которые рождаются с тремя восемнадцатыми хромосомами, погибают в первый год жизни).

Оказалось, что даже у мужчин с нормальной спермой вероятность обнаружить сперматозоид с двумя восемнадцатыми хромосомами или вообще с двойным набором хромосом составляет примерно 0,8%, с двумя X-хромосомами — 0,34%, а с двумя Y-хромосомами — 0,21% (напомним, что нормальные половые клетки содержат каждую хромосому в единственном экземпляре). У пациентов, сперматозоиды которых малоподвижны или малочисленны, частота хромосомных нарушений возрастает в три-четыре раза. Именно эти мужчины часто не могут иметь детей: их сперматозоиды не достигают цели. Теперь им помогают врачи: «слабосильную» сперму собирают и искусственно вводят в женский организм в точно рассчитанный, благоприятный для оплодотворения момент. Это медики сделать могут, однако ни одна современная технология не позволяет удалить из массы сперматозоидов экземпляры с хромосомными нарушениями. По мнению ученых, прежде чем прибегнуть к искусственному оплодотворению, необходимо исследовать хромосомный набор половых клеток будущих отцов, чтобы оценить риск рождения ребенка с хромосомной патологией. Ведь барьер, поставленный природой, далеко не всегда означает приглашение к скачкам.



Американская химия

В Новом Орлеане в конце марта этого года прошел 225-й конгресс Американского химического общества. На нем было представлено много работ, однако внимание нашего корреспондента привлекли три, выполненные учеными из Корнеллского университета.

Скользкие борта

Обрастатели, то есть всевозможные животные, которые приспособились паразитировать на гигантах вроде китов или акул, — бич морских судов. Мало того что эти мелкие твари — моллюски, рачки, водоросли и колонии бактерий — тормозят судно, и расход топлива возрастает чуть ли не на треть. Они еще выделяют вещества, которые разъедают металлическую обшивку. С деревянной обшивкой положение ничуть не лучше: зацепившись за борт, корабельный червь, который на самом деле не червь, а моллюск, начинает проделывать в древесине ходы.

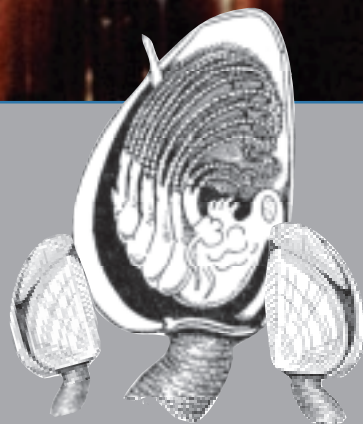
Однако на всякую беду есть управа. С древнейших времен корабели вбивали в днища своих судов медные гвозди или обшивали их медными листами: ионы меди — сильнейший яд для мелких морских тварей, которые осмелились разместиться на борту. Когда же время деревянных кораблей прошло, то их стальных потомков стали окрашивать красками с той же медью или соединениями олова из класса триорганостаннанов, например вот таких: $(C_4H_9)_3SnX$ и Ph_3SnX , где X — фтор, остаток уксусной кислоты или еще какая-то цепочка. Очевидно, что по сути средства борьбы с морскими обитателями, эти яды должны медленно растворяться в воде и убивать не только обрастателей, но и всех остальных живых существ, которые волею судеб оказались рядом с судном.

Группа исследователей во главе с Кристофером Обером решила пойти другим путем, применив не химию ядов, а физику поверхности. Они создали две краски — гидрофильную и гидрофобную. Яда эти краски не содержат, зато не дают обрастателям прочно прикрепляться к борту. В результате корабль приобретает способность к самоочистке как от поселений бактерий, так и от всевозможных усконогих рачков: всех их сносит турбулентный поток воды, который возникает вокруг днища, если корабль идет со скоростью 10–15 узлов.

«За время, прошедшее с начала девяностых годов, мы научились хорошо управлять свойствами поверхности, причем не только ее химическим составом, но и механическими характеристиками, — считает руководитель работы. — Вначале мы ставили опыты с применяемыми ВМФ США водоотталкивающими силиконовыми смолами. Однако два года назад возникла идея поработать с гидрофильными материалами, которые применяют для хирургических имплантатов. Оказалось, что эти материалы обладают очень интересными свойствами: их поверхность слой насыщен водой. Морские организмы, желающие приклеиться к обработанной таким материалом поверхности, оказываются в затруднительном положении: с одной стороны, поверхность твердая и продвинуться вглубь невозможно, а с

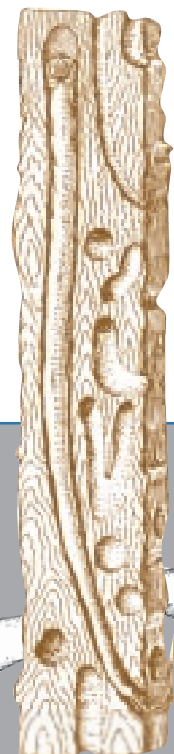


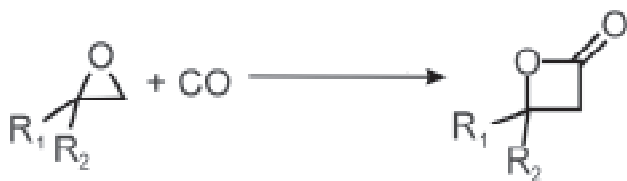
Превращение бета-бутиролактона в поли(бета)гидроксибутират



При взгляде на морского желудя кажется, что это какой-то моллюск. Однако на разрезе видно, что в самом деле это рачок, который приспособился к оседлому образу жизни. За год на квадратном метре поверхности днища судна нарастает десяток килограмм этих усконогих рачков

Корабельный червь — никакой не червь, а самый настоящий моллюск из семейства морских древоточцев. Маленькая раковина на голове не защищает его тело. Она служит для того, чтобы сверлить отверстия в дереве





ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

другой стороны, из-за большого содержания воды она выглядит как продолжение водной среды. Поэтому обрастатели не решаются на ней поселиться. Для конкретных условий работы судна и групп живых существ, от которых нужно защититься, мы можем рекомендовать подходящую краску».

Съедобная упаковка

Уже не одно десятилетие разнообразие полимерного мусора, наблюдаемое как в городе, так и в любом пригородном лесу наводит химиков на мысль: а почему бы не сделать полимер, который полежал-полежал бы на земле да через год-другой и сгнил. Быстрее, пожалуй, не надо — а вдруг пластмассовые бутылки разложатся еще на складе или в ларьке и зальют все вокруг всевозможными газировками?

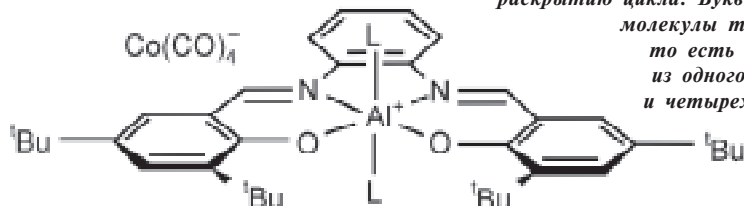
Один из главных кандидатов на роль такого биоразлагаемого полимера — полигидроксibuтират. С одной стороны, это вещество отлагается внутри клеток некоторых микроорганизмов и, видимо, служит им хранилищем углерода и энергии. Поскольку останки бактерий полностью разлагаются (если это, конечно, не минеральные скелеты каких-то радиолярий), полибутиратовая бутылка, выброшенная в

лесу, тоже со временем должна исчезнуть без следа. А с другой стороны, по своим физическим и механическим свойствам этот полимер подобен полипропилену — одному из основных веществ для производства всякого рода упаковок. Но вот беда — получить полигидроксibuтират непросто. Биологический способ, при котором исходным сырьем служит сахар, весьма дорог. Что же касается химических способов, то до недавнего времени никак не удавалось выстроить надежную и простую цепочку синтеза. Джеффри Коутс с кафедры химии и химической биологии считает, что ему и его коллегам удалось найти обходной путь, позволяющий получить биоразлагаемый полимер из дешевого сырья.

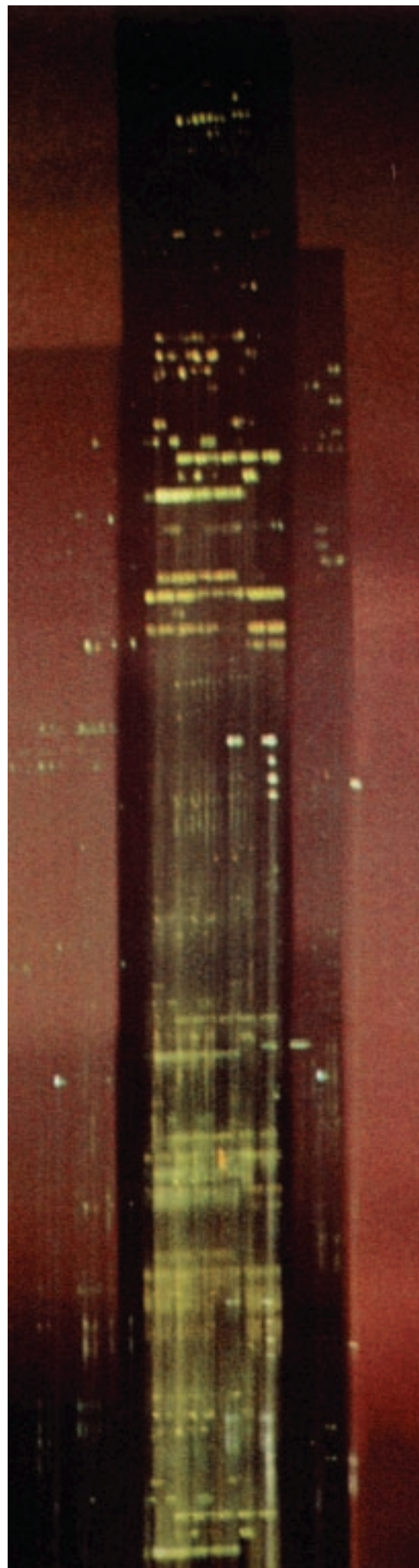
Исходным мономером для синтеза полимера служит бета-бутиролактон, то есть цикл, который состоит из трех атомов углерода и одного кислорода. К одному из углеродов приделаны два радикала, а к другому — еще один кислород. При синтезе полигидроксibuтирата цикл раскрывается в районе первого атома кислорода и образовавшиеся фрагменты соединяются в цепочку.

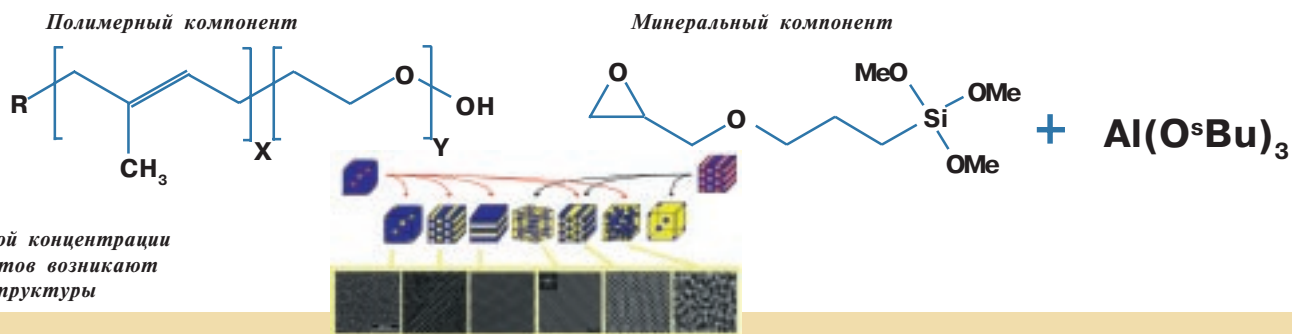
К несчастью для химиков, у молекулы бутиролактона есть зеркальные изомеры. И если полимер получает-

Этот катализатор за один час превращает от 83 до 99% пропиленоксида в зависимости от того, какие радикалы присоединены к его циклу. Предполагается, что алюминиевая часть соединения активирует молекулу пропиленоксида, а кобальтовая способствует раскрытию цикла. Буквами L обозначены молекулы тетрагидрофурана, то есть циклы, состоящие из одного атома кислорода и четырех атомов углерода



Морская уточка — близкий родственник морского желудя





При разной концентрации компонентов возникают разные структуры

ся из разных изомеров исходного вещества, то его свойства оказываются плохими: при комнатной температуре он аморфен и мягок. А если в синтезе участвовал только один изомер, то полимер становится кристаллическим и твердым. Чтобы не тратить время и силы на непростую работу по разделению изомеров, хорошо бы сразу синтезировать бутиролактон в одной-единственной форме. Обычно химики добиваются этого с помощью катализаторов.

Именно на поиски катализатора и были направлены основные усилия группы Коутса. В конце концов американским химикам удалось найти неплохую схему синтеза в присутствии катализатора — довольно сложного соединения, в состав которого входят алюминий и кобальт. С его помощью удалось получить бутиролактон в реакции угарного газа с пропиленоксидом. Это последнее вещество, молекула которого содержит цикл из одного кислорода и двух атомов углерода, тоже имеет два зеркальных изомера. Пропиленоксид дешев, и промышленность способна выпускать в чистом виде любой из его изомеров. А катализатор сохраняет симметрию молекулы исходного вещества в конечном бутиролактоне, и в результате тоже получается единственный изомер, пригодный для синтеза крепких молекул полимера.

Что же касается катализатора для синтеза поли(бета)гидроксибутирата из бета-бутиролактона, то этот комплекс Джеффри Коутс обнаружил еще в начале 90-х годов. Таким образом медленно, но верно ученые из Корнеллского университета создают технологию, с помощью которой потом удастся делать дешевые биоразлагаемые материалы.

Самоорганизация ячеек

Некоторые мельчайшие живые существа — одноклеточные водоросли и бактерии — умеют делать из подручных средств, например из оксида кремния, вещицы потрясающей красоты и совершенства: свои собствен-

ные внешние скелеты. Ажурные конструкции диатомей или радиолярий поражают загадочными переплетениями микроскопических рожек, отростков, ребер жесткости и щитков, которые, кажется, состоят из одних дырок. Почему одноклеточным можно, а нам нельзя? — однажды подумал Ульрих Виснер, возглавляющий группу исследований полимеров на факультете материаловедения, и попытался создать не менее изящные вещицы методом самоорганизации полимерных молекул.

Чтобы провести самоорганизацию, он использовал золь-гель-процесс, то есть хорошо известную технологию получения пористых материалов или керамик со специальными свойствами. Для осуществления такого процесса сначала готовят золь — высокодисперсный коллоидный раствор, в котором размер частиц твердой фазы лежит в пределах между микроном и нанометром. Потом в золь добавляют мелкий порошок другого вещества. Раствор густеет, и при определенной концентрации твердых частиц между ними возникают коагуляционные контакты. Образуется гель с внутренней структурой, которая обеспечена силами Ван-дер-Ваальса. Причем у этой структуры, во-первых, может наблюдаться дальний порядок, а во-вторых, она самопроизвольно восстанавливается после того, как некая внешняя сила ее разрушит.

В опытах Виснера основным веществом был диблоксополимер из изопрена и этилен-оксида, то есть такой полимер, молекула которого с одного конца представляет собой полиизопреновую цепочку, а с другого — полиэтиленоксидную. Как оказалось, если к нему добавить минеральный компонент на основе алюмосиликата, получить толстую или тонкую пленку, а потом высушить, то образуется упорядоченная полимерная структура в минеральной матрице. При этом этиленовые участки полимерных молекул полностью погружены в матрицу, а изопреновые собираются в закономерно расположенные структуры. В зависимости от количества добав-

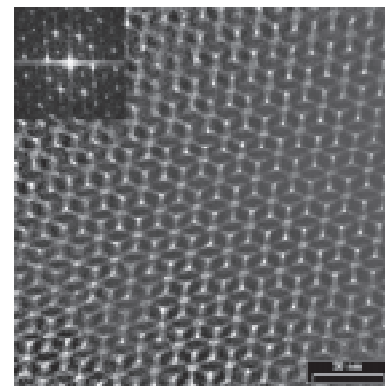
ленного в раствор алюмосиликата это могут быть и отдельные шарики, и параллельные стержни, и пластинки, и даже хитрая структура из вставленных друг в друга кубических решеток, которую авторы назвали «кошмар водопроводчика». Именно стержни и кошмар стали основой новой технологии.

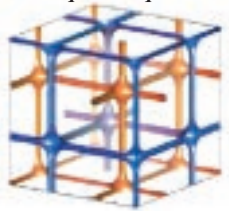
Дело в том, что при последующем нагреве алюмосиликат спекается в монолит, а полимер улетучивается, и возникает ажурный твердый материал с регулярно расположенными порами одинакового размера. Осторожно изменяя параметры процесса, удастся менять размер пор от одного до ста нанометров, при этом площадь их поверхности в грамме материала исчисляется сотнями квадратных метров.

В своей самой новой работе ученые из группы Виснера пошли дальше. Минеральную матрицу не обязательно делать из чистого алюмосиликата. Золь-гель-процесс столь гибок, что позволяет добавлять другие металлы — ванадий, титан и, самое главное, железо. При отжиге в присутствии кислорода по всей площади стенок пор образуются наночастицы магнитного оксида железа размером в пять нанометров. Они обладают суперпарамагнетизмом. Это значит, что у каждой частицы имеется собственный магнитный момент, а его направление произвольно меняется вследствие теплового движения. Однако внешнее магнитное поле выстраивает магнитные моменты всех частиц единым образом.

Материал с такими частицами послужит, по мнению Ульриха Виснера,

Самоорганизовавшиеся ячейки





ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

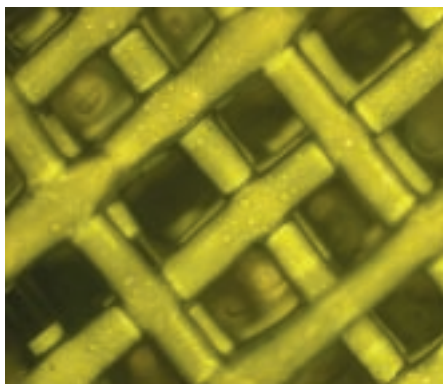
отличным средством для разделения биологических молекул, во-первых, по размерам, а во-вторых, по магнитным свойствам. При включенном магнитном поле молекулы с магнитной меткой не смогут преодолеть пористую преграду, а все остальные пройдут свободно. Зато после выключения поля наступит и очередь отобранных.

Конечно же, как и любой пористый материал, этот тоже можно применять в качестве носителя для нанокатализатора. Тот же оксид железа превращает углекислый газ в угарный. А ведь можно равномерно расположить по стенкам трубочек наночастицы каких угодно металлов. «Зачастую химики пытаются распределять частицы катализатора по уже сформированным порам, — замечает Ульрих Виснер. — Это чревато их засорением. А у нас наночастицы оказываются на стенках пор непосредственно во время образования».

Ячейки ручной укладки

Принципиально иной подход к созданию пористой структуры применили ученые из Иллинойского университета во главе с Дженнифер Льюис, о работе которых с коллоидной стереолитографией речь шла в октябрьском номере «Химии и жизни» за 2002 год. На сей раз, выкладывая гелевые валики подобно тому, как кулинар выкладывает розочки из крема на поверхности торта, они создали целые сети из микрососудов диаметром от 10 до 300 микрон. В этой технологии у слепого случая или самоорганиза-

Ячейки, уложенные вручную



ции молекул нет шансов как-то повлиять на конфигурацию изделия — робот с точностью до мельчайших деталей воплощает замысел человека.

Затейливую систему каналов и сосудов сначала формируют из гелеобразных чернил. Их выдавливают из сопла, подобного соплу струйного принтера, а робот перемещает рабочий столик, чтобы валик из этих чернил укладывался так, как положено. Затем получившуюся структуру заливают эпоксидкой, а после ее затвердевания удаляют гель — он просто вытекает при нагреве. Получается твердая и (это важно!) прозрачная матрица, изрытая каналами подобно куску сыра. Сначала все они соединены между собой — иначе не получается укладывать валики из геля. Чтобы каналы разъединить, там, где это требуется, их заполняют фотоотверждаемым полимером. Затем накладывают маску, светят ультрафиолетом — и перемишки готовы. Остается вымыть непрореагировавшее вещество.

Для демонстрации возможностей технологии иллинойские ученые соорудили квадратную башню, вдоль стен которой по спирали проложены каналы. Как показал эксперимент с двумя окрашенными жидкостями, эта башня оказалась прекрасным перемешивающим устройством. «Еще бы, ведь в отличие от обычных устройств такого рода потоки жидкости в башне вынуждены заворачивать под прямым углом, и граница между ними постоянно переворачивается, — говорит один из участников проекта профессор Скотт Вайт из Бекмановского института развития науки и технологии. — Более того, эта технология позволяет создавать самозалечивающиеся материалы, поскольку по системе микроканалов всегда можно доставить необходимые вещества к месту повреждения. Чем-то это мне напоминает организм живого существа».

Рисунки и фотографии предоставлены авторами исследований



Справка

Корнеллский университет в 1865 году основали Эзра Корнелл и Эндрю Уайт для того, чтобы дать возможность всем желающим получить образование. Сейчас в этом частном университете, который расположен вблизи города Ютика в границах с Канадой вдоль озера Онтарио штате Нью-Йорк, учится свыше девятнадцати тысяч человек, причем более четверти из них принадлежат к национальным меньшинствам. Плата за обучение, а это 20–30 тысяч долларов США, составляет лишь 19% от бюджета университета. Ровно столько же доплачивает федеральный центр, 10% — местная власть, 11% удается собрать в виде грантов, а 26% университет получает от заказных работ и лечения в своей клинике. Общий бюджет превышает три миллиарда долларов, из которых на исследования университет тратит четверть с лишним миллионов.

Больше всего студентов в университете заняты учебой в колледжах искусств и наук, сельского хозяйства и наук о жизни, инженерных наук, а также экологии человека.

В разное время в Корнеллском университете трудилось двадцать семь нобелевских лауреатов, в 2001–2002 годах там работало четыре лауреата. Среди университетов США он занимает одиннадцатое место по уровню научно-исследовательских работ.



Геохимический голод и становление царств

Те, кто интересуются биологией, часто обсуждают проблемы возникновения жизни и возникновения разума. Несколько реже задают третий, не менее важный вопрос: как возникла эукариотная клетка, элементарная единица высших форм жизни? Все мы помним теорию симбиогенеза. Ее в начале XX века обосновали русские ботаники А.С.Фаминцин, К.С.Мережковский и Б.М.Козо-Полянский, но мировое признание она получила лишь в 70-х годах после работ американской исследовательницы Л.Маргулис. Суть теории в следующем: древние прокариотные клетки объединились, образовав симбиотический организм, который и стал предком современной эукариотной клетки с ядром и органеллами. Иными словами, предками митохондрий, пластид и других органелл эукариотной клетки были свободноживущие организмы бактериальной природы. Но что заставило клетки объединяться — вопрос не такой простой, как кажется. Если не прибегать к аристотелевской «энтелехии», внутренней силе, заставляющей все живое усложнять свою организацию, — вовсе не очевидно, что группе клеток полезнее существовать вместе, а не по отдельности. Ведь мир одноклеточных организмов и ныне весьма разнообразен. Тем не менее эукариоты вступили в игру под названием эволюция и со временем сформировали основные царства растений, грибов и животных, в том числе крупные многоклеточные организмы. Попробуем разобраться, под действием каких факторов это могло произойти.



Эволюцию живого невозможно рассматривать в отрыве от геологической истории. Вся функциональная иерархия жизни — от последовательности биохимических реакций в живой клетке до глобальных циклов биофильных элементов — имеет глубокие исторические причины.

Не случайно, например, в основе жизнедеятельности лежат биохимические реакции, связанные с переносом

электрона. Происхождение жизни имело место в среде, насыщенной свободными электронами, — в бескислородной среде гидротермальных систем или горячего океана ранней Земли. Однако не менее важно постоянное присутствие электрохимических градиентов для поддержания потока электронов и структурной организации проводящих систем. Такие градиенты могли возникать вбли-

зи или на поверхности минеральных кристаллов.

Живое из камня и металла?

Важнейшую роль в происхождении жизни, вероятно, играли минералы, активно организующие пространство химических реакций (об этом, в частности, говорится в работах академика Н.П.Юшкина). Шаблонами или сор-



Художник Н.Кравцин



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

кристаллической решеткой отводится роль химических фильтров, способных пропускать мелкие и задерживать крупные атомы и молекулы. Большое значение в первичных биологических реакциях придает пириту, который содержит железо и серу, — эти элементы формируют активный центр многих ферментов. Пирит также мог быть источником свободных электронов.

Самая существенная особенность, благодаря которой жизнь и выделилась из минерального царства, — высокая скорость биохимических реакций. Эти реакции управляются и ускоряются ферментами. В активном центре большинства известных ферментов (более 70%) находятся атомы металлов. Не исключено, что именно металлы были катализаторами и источниками электронов в начальной (возможно, доорганической) фазе становления жизни. Рибонуклеиновые кислоты, способные совмещать каталитические функции ферментов и генетические функции (благодаря этому их полагают родоначальниками жизни — см. работы академика А.С.Спирина), а уж тем более ДНК и другие органические молекулы появились несколько позже.

Однако в современном океане эти металлы находятся в чрезвычайно низкой концентрации. Содержание многих металлов в человеческой плазме во много раз выше, чем в морской воде (для железа соотношение составляет 22300/0,5–20; для цинка 17200/80; для меди 16500/10; у молибдена 10000/100; у хрома 55/4; у ванадия 200/40; у марганца 110/0,7; у никеля 44/5 наномолей на литр). Эти соотношения — результат двух исторических процессов, протекавших параллельно. Один из них — химическое обеднение водной среды обитания. Второй — формирование биологических механизмов накопления и удержания металлов внутри клетки и в экосистеме. Поэтическая метафора Максимилиана Волошина о том, что мы несем в себе древний океан, верна, но это океан архея, непохожий на нынешний!

Не исключено, что древние ферменты могли работать на основе боль-

тировщиками при синтезе сложных молекул могли служить некоторые минералы, например апатит или кальцит, — показано, что левые и правые молекулы аминокислот «предпочитают» разные грани кристалла кальцита. Многие минералы, возможно, действовали как катализаторы, например магнетит, вызывающий рекомбинацию атомов азота и водорода с образованием аммиака — важного со-

единения, из которого легче извлекается биологически необходимый азот. Глинистые минералы известны тем, что их слоистые кристаллические решетки могут улавливать в межслоевых пространствах короткие молекулы аминокислот, подолгу удерживать эти молекулы и способствовать их реакциям с образованием более сложных соединений. Минералам группы цеолитов с их своеобразной

шего разнообразия тяжелых металлов, чем ныне. Относительно недавно стало известно, какую важную роль в ферментах прокариот играют никель и вольфрам — элементы, которые, казалось бы, принадлежат только неорганическому миру. Особенно интересен пример вольфрама: он обнаружен в активном центре ферментов физиологически разных прокариот, однако полностью от него зависят только археобактерии-гипертермофилы (прокариоты, обитающие в горячих источниках на дне океана, может быть, самая древняя группа ныне живущих организмов). Видимо, это следует рассматривать как пример «ископаемой биохимии» — реликт раннеархейской биосферы (4 млрд. лет назад). Можно предположить, что список тяжелых металлов, входящих в состав ферментов, будет еще увеличиваться.

Обеднение биосферы

В горячей и бескислородной водной среде раннего архея многие металлы были высокоподвижными и доступными для биохимических реакций. Однако необратимые процессы в ранней истории Земли привели к геохимическому обеднению гидросферы и атмосферы. Большая часть тяжелых металлов была перемещена гравитационным путем к центру планеты еще на ранних стадиях ее формирования (период, известный под названием «железной катастрофы»). По разным оценкам, к концу архея (2,6 млрд. лет назад) более 60% массы металлического ядра было уже сформировано, и магнитное поле Земли стало вполне эффективным.

Убывание радиогенного тепла, а также уменьшение вклада удаляющейся Луны в механический разогрев недр снижали вулканическую активность и как следствие — объем химических элементов, поступающих в биосферу. Светимость Солнца в раннем архее была невысокой, на 30% ниже современной, но биосфера оставалась горячей из-за парникового эффекта. Существенными компонентами плотной атмосферы ранней Земли были углекислый газ и более мощные парниковые газы, например водяной пар или метан, который по способности поглощать инфракрасную часть солнечного спектра в 60 раз превосходит CO_2 .

Концентрация парниковых газов в атмосфере начала снижаться в значительной степени из-за активности биоты. Первичная жизнь потребляла эти газы напрямую (бактерии-фотосинте-



тики поглощали CO_2 , биогенный углерод захоранивался в осадке), а кроме того, косвенно способствовала их удалению (окисление метана биогенным кислородом). Однако эти механизмы могли работать лишь при условии, что площадь стабильных континентальных плит увеличивается. Максимум роста площади континентов (около 60%) пришелся на интервал 2,7—2,3 млрд. лет назад по данным Д.Р.Лауэ (D.R.Lowe, 1994), хотя новейшие исследования отодвигают этот процесс в еще более далекое прошлое (около 3,3 млрд. лет назад). Континенты стали ловушкой для огромной массы углерода в составе рассеянного органического вещества, углеводородов, углеродистых и карбонатных пород. В результате снижения парникового эффекта на протяжении архея и протерозоя биосфера остывала. Но не только углерод выводился из атмосферы и гидросферы.

О том, какие огромные массы металлов были выведены из биогеохимического круговорота, свидетельствуют крупнейшие залежи руд осадочного происхождения, включая «вымершие» типы отложений, характерные только докембрия, — ураноносные и золотоносные конгломераты и сланцы, слоистые железные руды (в том числе джеспилиты), медистые песчаники, свинцово-цинковые минерализации в сланцах и карбонатах, осадочные марганцевые руды и обильные фосфориты. Нередко осадочные руды ассоциированы с углеродистыми отложениями, биоминералами и микрофоссилиями (минеральными псевдоморфозами по клеткам бактерий — своего рода микроскопически окаменелостями). Это указывает на важную роль биоты в формировании рудных залежей. Все более активно в

ходе геологического времени живые организмы накапливали карбонаты.

Еще более яркий пример являет история кремнезема в биосфере. Докембрийский океан был насыщен им настолько, что кремневый гель оседал прямо из воды, формируя обширные слои. Современный океан превратился в «кремневый вакуум» с появлением губок, радиолярий, диатомовых водорослей и силикофлагеллат, использующих кремнезем в качестве скелетообразующего материала.

Но совершенно особое значение имело выведение из активного круговорота тяжелых металлов (W, Co, Ni, Fe), которые отличаются высокими каталитическими свойствами и входят в состав многих ферментов — ускорителей биохимических реакций и подлинных движителей жизни.

А что происходило с элементом, который стал настоящим символом современной жизни на Земле, — с кислородом? Аноксия глубинных вод и осадка океана вплоть до конца протерозоя, а также низкая активность редуцентов (так называют организмы, которые живут за счет утилизации отмершей органики) способствовали выведению углерода из глобального цикла и росту свободного кислорода в атмосфере. Остывание биосферы, отмеченное редкими оледенениями в конце архея (около 2,9 млрд. лет назад), в раннем протерозое (2,2 млрд. лет назад) и более частыми и обширными оледенениями — в конце протерозоя (после 750 млн. лет назад) и в фанерозое, вызвало повышение концентрации растворенного кислорода в воде, включая глубокие зоны океана, благодаря нисходящим течениям от холодных полярных зон.

Кстати говоря, снижение температуры вод океана действовало в том



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

же направлении, что и химическое обеднение, поскольку скорости химических (и биохимических) реакций могут снижаться в три-четыре раза на каждые 10°C понижения температуры.

Падение концентрации углекислого газа и других вулканических газов в древней атмосфере уменьшало агрессивность метеорных вод и их эффективность в качестве агента выветривания. Таким образом, уменьшался сток биофильных элементов с континентов в океан. Но важно и то, что химический состав объектов выветривания менялся во времени: от ультраосновных к кислым вулканическим породам и далее к осадочным толщам. Чем беднее тяжелыми металлами были эти породы, тем меньше биофильных элементов попадало в океан.

Конечно, существовали и процессы, компенсирующие геохимическое обеднение биосферы, например ускорение выветривания мягких осадочных пород, вентиляция дна океана в течение ледниковых периодов, наконец, ускорение круговорота биофильных элементов. Но они шли с некоторым отставанием и на ранней Земле были менее эффективны, чем в фанерозое.

Рост биологической сложности

Появление эукариотной клетки обычно связывают с ростом содержания кислорода в атмосфере до уровня, при котором становится возможным аэробный метаболизм — использование кислородного окисления для получения энергии из питательных веществ. Все, кто изучал биохимию, знают, что в основе этого процесса лежит реакция сахаров и кислорода

с образованием углекислого газа, воды и химической энергии, что КПД его значительно выше, чем у бескислородных аналогов, и что это во многом способствовало эволюционному успеху организмов, дышащих кислородом.

Более продуктивной представляется гипотеза о том, что оксигенизация биосферы не просто сделала возможным появление сложных биосистем, но послужила толчком к их формированию. Нельзя забывать, что повышенные концентрации кислорода были подлинной катастрофой для тогдашней, преимущественно прокариотной и анаэробной жизни. Известно, что кислород (через супероксид и перекись водорода) повреждает ДНК, белки и мембраны, подавляет действие многих ферментов, — следовательно, клеткам нужно было защищаться от этого агрессивного окислителя. Не менее сложной проблемой, связанной с появлением свободного кислорода, было химическое обеднение биосферы. Вкупе с другими геологическими факторами, о которых говорилось выше, оксигенизация сделала многие химические элементы малодоступными для обменных процессов.

Справедливости ради надо заметить, что некоторые элементы стали доступными как раз благодаря кислороду. Ярким примером тому служит молибден. Этот редкий и тяжелый металл используется ныне в ферментах, позволяющих усваивать азот не только из нитратов, но прямо из атмосферы. Молибден участвует также в полимеризации некоторых белков, в переработке соединений серы и углерода, а также в транспорте кислорода у животных. Однако в бескислородной биосфере ранней Земли молибден был недоступен, и его функции

выполняли другие металлы, например вольфрам, ванадий или даже железо.

Какой была среда обитания древнейших организмов на архейской Земле, могут подсказать вулканические гидротермальные источники океанских глубин («Химия и жизнь», 2002, № 5). В условиях высокой температуры и страшного давления там процветают архебактерии-гипертермофилы, вероятно наиболее архаичные организмы на планете. Эти горячие воды богаты вольфрамом, но обеднены молибденом, который выпадает в осадок, соединяясь с сульфид-ионом, в изобилии извергаемым горячими источниками. Вольфрам же в присутствии сульфида остается растворимым.

Вдали от сульфидных источников, в присутствии кислорода картина меняется на противоположную: молибден становится растворимым, а вольфрам — недоступным. Этот пример позволяет предположить, что организмы, использующие вольфрам в своих ферментативных системах, появились на Земле раньше, чем организмы, использующие молибден. Замещение малодоступных металлов в составе ферментов на доступные, вероятно, было одним из основных путей ранней эволюции метаболизма.

Таким образом, рост концентрации свободного кислорода в биосфере поставил анаэробов перед выбором: либо вымирай, либо эволюционируй, либо живи там, где нет кислорода — а таких мест во внешней биосфере становилось все меньше. Правда, в масштабах планеты пространство анаэробной жизни весьма велико: океанические осадки, заселенные микробами на несколько километров ниже поверхности дна, некоторые гидротермальные источники, вулкани-

ческие эксгаляции, болота и другие места, где медленно разлагается органическое вещество. Но все же будущее принадлежало кислородно-му дыханию.

Формирование эукариотной клетки через симбиоз прокариот, взаимно зависимых от продуктов обмена друг друга, решало обе проблемы — и геохимического голода, и защиты от кислорода. О том, как это происходило, «Химия и жизнь» писала не раз. В самом упрощенном пересказе — более мелкие клетки, поселившись внутри крупной, стали делиться с клеткой-хозяйном и друг с другом веществом и энергией. Клетка-хозяин взамен обеспечивала своим обитателям защиту от внешних факторов и стабильность окружающей среды. Так появилась крупная сложная клетка с ядром и разнообразными органеллами — начало высших форм живого.

Образно говоря, симбиогенетическое возникновение эукариотной клетки — это предельная миниатюризация глобальной экосистемы: физиологически различные прокариоты, жившие по отдельности, сошлись внутри одной клетки и образовали стройный ансамбль. Вряд ли этот процесс был случайным — искать подобные решения заставляли меняющиеся условия среды. Возникла новая система, в некотором отношении менее зависимая от окружающей среды и в то же время исторически тесно связанная с ней. Не исключено, что метаболические каскады эукариотной клетки в значительной степени отражают раннюю эволюцию глобальных биогеохимических циклов.

Рост биологической сложности в тогдашних условиях оказался магистральным путем эволюции, хотя и весьма длительным. Дело в том, что симбиотическим организмам еще нужно было настраивать свои обменные и репродуктивные процессы для совместной работы, а главное — сформировать общий геном. Возможно, долгое время симбиоз был факультативным: клетки-прокариоты в трудные моменты объединялись, но существовали отдельно, когда соединения, необходимые для их жизнедеятельности, были доступны.

В этой же причинно-следственной цепи — как эволюционный результат обеднения среды — следует рассматривать становление многоклеточности (об этом будет рассказано далее) и прогрессирующее развитие гетеротрофии, то есть способности питаться чужой органикой, в отличие от автотрофии — производства органических веществ из неорганических,

например при хемо- и фотосинтезе. Хищничество растений, обитающих на бедных почвах, распад симбиоза клеток грибов и растений в лишайнике, когда его окружает среда, богатая питательными веществами, и обратный вход в симбиоз в бедной среде — это лишь часть примеров, показывающих возможные пути ранней эволюции сложных организмов.

Итак, можно сделать вывод: усложнение организации живого, имевшее место в архее, было следствием, во-первых, обеднения среды — падения концентрации биофильных элементов, в частности углерода и многих металлов, во-вторых, оксигенизации.

Биохимическую эволюцию — появление новых классов ферментов и усложнение метаболических цепей внутри клетки — также можно рассматривать как ответ на геохимическое истощение биосферы. В составе ферментов менее доступные металлы замещались более доступными, все более изощренной становилась защита каталитических центров от кислорода.

А теперь уточним временные рамки основных событий в истории жизни.

Происхождение эукариот: мнение палеонтологов...

Минимальная концентрация кислорода, необходимая для поддержания устойчивого метаболизма одиночной эукариотной клетки, составляет 5% от современного содержания кислорода в атмосфере. Многоклеточным животным нужно не менее 50%, и этот уровень, очевидно, был достигнут к концу протерозоя. Модели ранней истории атмосферы обычно предполагают быстрый рост концентрации кислорода 2 млрд. лет назад — от 0,1% до современных 15% и более. Но локальные высокие концентрации могли существовать весьма давно — практически с момента появления оксигенного фотосинтеза. Мы и сегодня можем видеть пузырьки чистого кислорода на поверхности цианобактериального мата.

Если наиболее древние нитчатые микрофоссилии, напоминающие по форме, размеру и типу местообитания ныне живущих цианобактерий, действительно относятся к этой группе весьма продвинутых прокариот, то мы вправе сделать вывод о том, что все основные типы метаболизма сформировались не позднее 3,5 млрд. лет назад.

Древнейшие палеобиохимические следы цианобактерий обнаружены в отложениях, возраст которых — около 2,7 млрд. лет. Приблизительно

этот же возраст имеют и биомаркеры (то есть специфические биохимические сигналы) эукариот. Однако эукариоты не играли заметной роли в глобальных биогеохимических циклах вплоть до позднего протерозоя — возможно, из-за их весьма ограниченных местообитаний на ранней Земле. Прямые палеонтологические данные о древнейших (1,9 млрд. лет) эукариотах — макроскопические спиральные окаменелости *Grypania*. Недавно описанные (в том числе автором данной статьи) колониальные организмы тканевого уровня организации *Horodyskia*, весьма напоминающие линейные колонии гидроидных полипов или губок, в изобилии населяли дно мелководных зон моря 1,5 млрд. лет назад. Эти находки указывают на то, что бурный рост разнообразия эукариот в конце протерозоя и раннем фанерозое начался не на пустом месте — ему предшествовала весьма длительная эукариотизация биосферы.

...И молекулярных биологов

Появление новых крупных таксонов в истории органического мира обычно связано с новыми типами физиологии и биохимии, а значит — и с новыми отношениями между биотой и средой. Эти события оставляют различимые следы в геологической летописи, и потому расшифровка ранней истории жизни — задача сразу для многих научных дисциплин.

Существенный вклад в исследование проблемы ранней эволюции жизни вносит и молекулярная биология. Современные модели молекулярных часов, основанные на сравнительном анализе геномов эукариот, бактерий и археобактерий, показывают, что «последний общий предок» всех живых организмов существовал около 4 млрд. лет назад, а цианобактерии (и, значит, фотосинтез с выделением кислорода) появились не позднее 2,5 млрд. лет назад.

Не будем обсуждать, насколько плодотворно само понятие «последний общий предок». При расчете давности эволюционных событий генетики исходят из предположения, что большинство изменений в геноме нейтрально и потому скорость их накопления практически постоянна. Таким образом, можно использовать степень различия между геномами разных групп как меру времени, прошедшую с момента их происхождения от общего предка. Конечно, такие явления, как упомянутый выше симбиоген-



нез, делают картину эволюции куда более сложной, но игнорировать исторические реконструкции геномики все же нельзя. Отметим только, что данные молекулярной биологии, как правило, отодвигают в прошлое основные эволюционные события, в сравнении с данными палеонтологии. В первую очередь это относится к возникновению многоклеточных животных.

«Молекулярная датировка» показывает, что линия грибов отделилась от растений и животных около 1,6 млрд. лет назад. Это заключение поддерживает и выводы молекулярных биологов о значительной древности многоклеточных животных, имеющих развитые ткани, что до недавних пор вступало в конфликт с данными ископаемой летописи. Действительно, согласно этим моделям многоклеточные животные появились не позднее 1200 млн. лет назад, а эволюционные линии беспозвоночных и хордовых разделились около 1000 млн. лет назад. В сравнении с традиционными данными палеонтологии докембрия эти модели молекулярных часов удваивают длительность существования животных на Земле — первые разнообразные сообщества многоклеточных животных известны из отложений вендского периода (600–545 млн. лет назад).

Надо отметить, что в последнее время разрыв между палеонтологическими и молекулярно-биологическими датировками уменьшается. Новейшие открытия в области палеозоологии (в частности, упоминавшихся выше колониальных форм *Horodyskia* и червеобразных организмов *Parmia*, описанных М.Б.Гниловской, из морских отложений, накопившихся около 1 млрд. лет назад) склоняют нас в пользу раннего появления многоклеточных животных, предполагаемого геномикой.

Скрытая эволюция и взрыв жизни

Буквальное восприятие ископаемой летописи (то есть если самую раннюю находку представителя вида считать «появлением» этого вида) оставляет впечатление очень быстрой морфологической эволюции, стремительного возникновения множества новых форм в течение некоторых периодов. Один из примеров — как раз кембрийский «эволюционный взрыв»: кажущееся внезапным появление многих типов беспозвоночных 545 млн. лет назад. Однако, если сравнить его с кайнозойским взрывом разнообразия, породив-

шим современные отряды птиц и плацентарных млекопитающих (65 млн. лет назад), то мы вспомним, что этому событию предшествовала длительная скрытая эволюция, которая была выявлена с помощью кладыстического и палеобиогеографического анализа и подкреплена данными молекулярной биологии.

Скрытый характер ранней эволюции нередко заключается в том, что предки не выглядят (и не классифицируются) именно как предки более поздней группы, ареал их обитания может быть ограниченным, а число индивидов небольшим. Взрыв численности и разнообразия, географическая и экологическая экспансия больше характерны для «зрелых» таксонов. Этой стадии, по-видимому, и отвечает бурный рост разнообразия животных на протяжении венда и кембрия.

Многоклеточность могла возникнуть у растений и животных независимо, вскоре после появления эукариотной клетки. Именно так можно истолковать данные геномики о том, что количество генов, ответственных за многоклеточность, очень невелико. В противоположность возникновению эукариотной клетки переход от одноклеточного простейшего к многоклеточному организму не требовал множества новых генов, следовательно, не требовал и большого времени. Если эукариотная клетка возникла 2,7 млрд. лет назад, то мы вправе ожидать появления животных даже ранее самых смелых предсказаний.

Почему же их эволюция на первом этапе оставалась малозаметной? Чем объяснить длительный промежуток времени между предположительно ранним появлением многоклеточных эукариотических организмов и началом их бурного развития в конце протерозоя и в фанерозое?

Раннему доминированию эукариот препятствовало противостояние бактериальных экосистем, хорошо заметное и ныне. Но на древней Земле прокариоты по-настоящему царствовали. Первичные же биотопы эукариот, в том числе многоклеточных животных, рас-

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

полагались в относительно холодноводных бассейнах, богатых растворенным кислородом, вне карбонатного пояса планеты, занятого цианобактериальными сообществами.

Падение господства бактериальных матов и строматолитов в конце протерозоя открыло путь эукариотам (в их числе — животным) в тепловодные карбонатные бассейны. Этому способствовал и дальнейший рост кислорода в атмосфере, и симбиоз некоторых животных с водорослями. Именно благодаря колонизации теплых карбонатных вод стала возможной массовая биоминерализация беспозвоночных — появление минеральных раковин, панцирей, игл и т. п. Вероятно, у части животных минеральный скелет возник по необходимости — для выведения из клеток избытка некоторых ионов в виде минералов. (Такая необходимость назрела из-за удлинения пищевых цепей — уже упоминавшегося развития хищничества.) Уже затем твердые части тела животных стали объектами эволюционного эксперимента и отбора.

Бурный рост разнообразия животных ускорил и эволюцию эукариотных первичных продуцентов (то есть растений). Удвоилось разнообразие простейших, а скорость обновления их видового состава увеличилась на порядок. Отныне эукариоты и контролируемая ими среда обитания не оставляли возможности для былого господства бактериальных систем и других прокариотных экосистем. Ныне прокариоты доминируют только в ограниченных местообитаниях, напоминающих своими параметрами архей или протерозой. В целом можно сказать без преувеличения, что Землю завоевали эукариоты. Завоевали в нелегком бою.



Про камни небесные — 2

В

нушительный астероид падает в Атлантический

океан и вызывает цунами, которое смывает большую часть побережья как Европы, так и Северной Америки. Это не пример творчества голливудских сценаристов, а результаты компьютерного моделирования (о них мы сообщали в феврале 1998 года). Согласно расчетам ученых из Лос-Аламоса, цунами от астероида диаметром всего в 400 метров так накроет оба побережья Атлантики, что даже Вашингтон, не самый близкий к побережью город, окажется под водой.

А еще раньше, в 1993 году, на конференции по астероидной опасности, которая проходила в Университете Аризоны, ученые высказывали предположения, что и стометровый астероид (камешки этого размера, по статистике, падают на Землю каждое столетие), угодив в океан, вызовет не менее разрушительную волну. По их расчетам, такие катастрофы должны происходить с устрашающим постоянством — по несколько раз в тысячу лет. В частности, присутствовавший на той конференции астрофизик из Лейденской обсерватории (Голландия) Дж. Майо Гринберг, ныне покойный, подсчитал, что обитатели низинных земель, вроде Нидерландского королевства, должны страдать от вызванных гигантскими волнами наводнений каждые 250 лет.

Подобные рассуждения были одним из сильнейших доводов в устах охотников за астероидами. Ведь они хотят значительно расширить программу подсчета небесных камней, сближающихся с Землей, а именно следить не только за километровыми — их подсчет уже приближается к концу, — но и за значительно

меньшими экземплярами. Оставалось лишь уточнить: зарегистрированы ли в истории крупные наводнения, происходящие с той же частотой, что и падения метеоритов. Ответ на этот вопрос предложил на состоявшейся в середине марта 2003 года в Техасе 34-й конференции по изучению Луны и планет Генри Джей Мелош, профессор планетологии Университета Аризоны. (Он занимается теоретической геофизикой и планетологией, в частности изучает гигантские ударные кратеры на Луне и входит в состав научной команды, которая готовит экспедицию «Дип Импакт» («Глубокий удар»). Исследователи собираются 4 июля 2005 года пробить металлическим конусом внешнюю оболочку кометы Темпла 1 и посмотреть, что у нее внутри.)

Так вот, профессор Мелош в 1996 году поехал провести свой год свободы от забот, положенный каждому американскому профессору один раз в семь лет, не куда-нибудь, а в Амстердам, где и познакомился с голландскими геологами. Они бурили глубокие скважины в дельте Рейна и собрали много данных по геологической истории этой местности за последние десять тысяч лет. Из них следовало: лишь один раз большая волна прошла по низменной местности, на которой ныне располагаются Нидерланды. И случилось это семь тысяч лет назад. Причем данный катаклизм геологам хорошо известен — по времени он

совпадает с огромным оползнем, который случился на побережье Норвегии. Стало быть, и здесь астероиды оказались ни при чем.

Задумавшись над обнаруженным фактом, ученый нашел еще одну брешь в рассуждениях охотников за астероидами. Чтобы вызвать значительные разрушения, нужна волна чуть ли не километровой высоты. Как подобная водяная гора может возникнуть в океане, самая большая глубина которого не превышает четырех километров? Напрашивается вывод: опасность от малых астероидов преувеличена и тратить деньги на их доскональный пересчет вовсе не нужно.

Этой идеей Джей Мелош поделился с коллегами на конференции, которая проходила в Скриппсовском институте океанографии. Там ему удалось установить контакт с Вильямом Ван Дорном, специалистом по цунами. Он-то, как выяснилось, и располагал нужной информацией.

В 1968 году Ван Дорна, уроженца калифорнийского города Сан-Диего, призвали на службу в отдел исследований ВМС США и поручили проанализировать, сколь опасны волны, возникающие после морских ядерных взрывов. Основой для анализа послужили результаты экспериментов с ядерным оружием, которые американские специалисты проводили в 1965–1966 годах на калифорнийском озере Моно, взрывая там заряды мощностью под 10 килотонн.

Как выяснил Ван Дорн, порожденная взрывом волна вовсе

не превращается в цунами, то есть уединенную волну, водный солитон — особую форму волнового движения, при котором огромный объем воды способен перемещаться практически без сопротивления и, следовательно, волна не затухает, даже преодолев огромные расстояния. Волны от взрыва затухали быстро, их энергия рассеивалась еще до того, как они достигали берега озера. Поэтому Ван Дорн пришел к выводу, что опасность наводнения от взрыва атомной бомбы в море явно преувеличена. Энергия волны, образовавшейся при взрыве, рассеивается, когда она проходит над шельфом и не достигает береговой линии. Среди американских оборонщиков это явление даже получило

название «эффект Ван Дорна».

Однако для того, чтобы вынести на обсуждение научного сообщества подобную информацию, профессору Мелосу потребовались письменные источники. Их-то Ван Дорн и не сумел предоставить, поскольку его отчет с результатами анализа данных о ядерных испытаниях был, разумеется, засекречен. Казалось бы, замаячивший ключ к разгадке снова исчез.

Тем не менее через несколько лет Мелосу наконец-то улыбнулась удача. В прошлогоднем сентябре на очередном семинаре упорный профессор и выпускник Северо-Западного исследовательского института Билл Боттке поклялись во что бы то ни стало заполучить злословный отчет. Как ни странно,



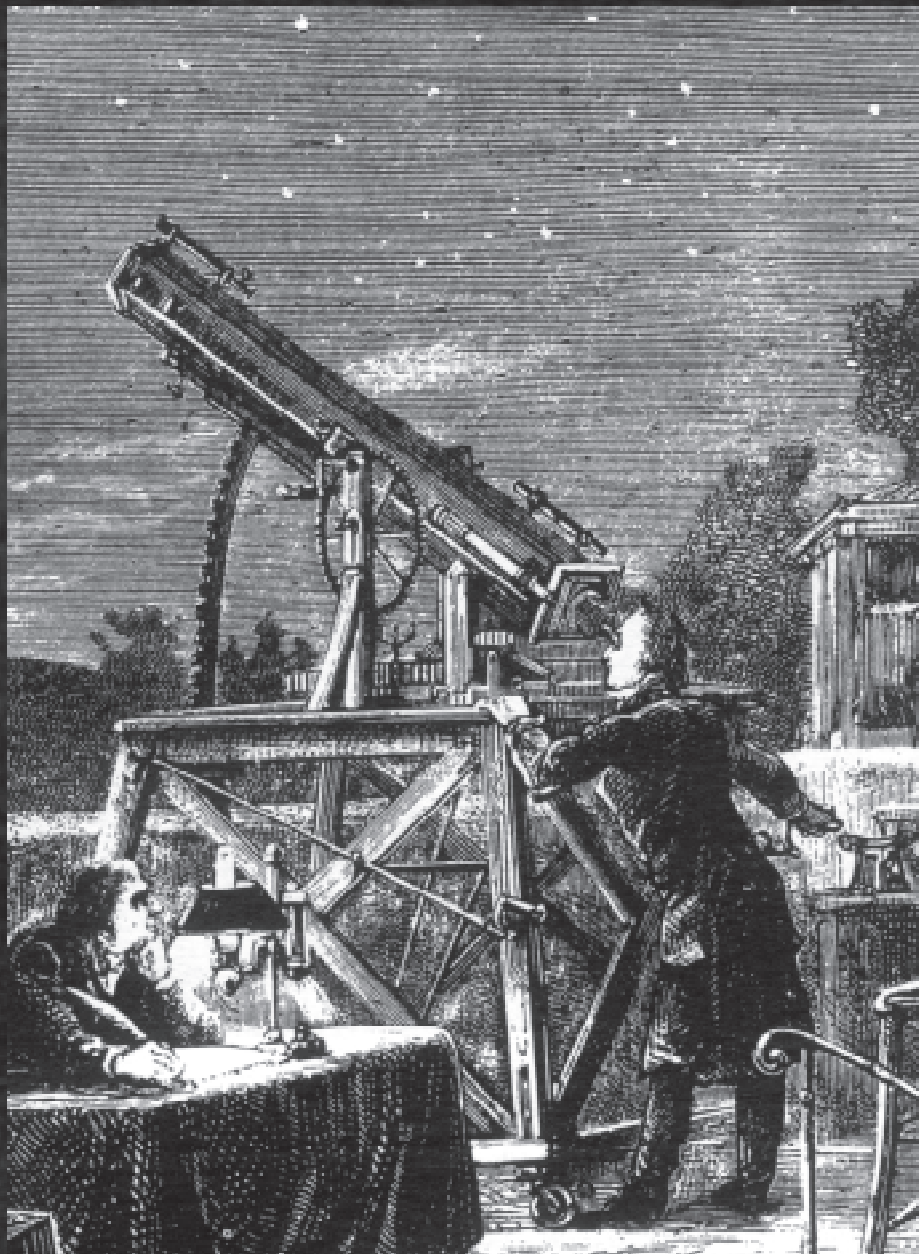
РАССЛЕДОВАНИЕ

путь к нему оказался до смешного простым. Боттке недолго поискал в интернете и с помощью поисковой машины «Google» выкопал название: «Справочник по водяным волнам, возникшим в результате взрыва» («Handbook of Explosion-Generated Water Waves»). По этому заголовку с помощью библиотекаря Университета Аризоны Лори Криц удалось быстро обнаружить, что книга была издана и поступила в библиотеку Университета Калифорнии в Сан-Диего. Так в руках профессора Мелоса оказался самый убийственный аргумент против астероидной гипотезы происхождения гигантских цунами.

По его мнению, ни один астероид диаметром менее километра, упав в океан, не способен вызвать катастрофическое цунами.

«Это хорошая новость не только для жителей побережий. Если принять ее во внимание, получается, что не нужно следить за малыми астероидами, а значит, удастся сохранить много миллиардов долларов налогоплательщиков», — считает профессор.

Однако, помимо воды, на нашей планете есть еще и немало суши, а на ней расположены, в частности, густонаселенные города, а также ядерные и химические объекты. Стоит ли защищать все это от удара малого астероида? Мнение ученых на сей счет отнюдь не однозначно. Одни считают, что плотность распределения городов по планете слишком мала, чтобы всерьез рассматривать возможность случайного попадания небесного камня. Зато если вдруг такое бедствие случится, убытки от катастрофы заметно превысят довольно скромные затраты на создание противометеоритного космического патруля, уверяют другие. И в качестве аргумента вспоминают Тунгусский метеорит, который выкосил лес на площади, примерно равной нынешней Москве.



Тени далеких миров

M. Konacki et al., «Nature», 2003, v.421, p.507

В последние годы астрономы открыли за пределами Солнечной системы более ста планет. Обычно планеты обнаруживают по их влиянию на движение звезд, вокруг которых они вращаются. Но есть и другой способ: если планета оказывается на одной прямой, соединяющей ее звезду и земного наблюдателя, то она отбрасывает на него тень, то есть яркость звезды в его глазах будет чуть уменьшена.

Следить за колебаниями яркости космических объектов в принципе нетрудно, к тому же приборы могут одновременно анализировать излучения тысяч звезд. Почему же ранее таким методом планет не находили? Дело в том, что для этого Земля должна лежать точно в плоскости их орбит, что, конечно, случается редко. По чисто геометрическим причинам это требование становится менее жестким, если радиус планетной орбиты мал — тогда вероятность наблюдения тени от нее растет. Значит, с помощью этого метода будут чаще обнаруживать близкие к звездам планеты.

Так оно и произошло: американские «теневики» засекли планету с массой чуть меньшей, чем у Юпитера, и радиусом орбиты всего 0,023 а.е. (а.е. — астрономическая единица, равная расстоянию от Земли до Солнца), то есть около 3,5 млн. км; для сравнения: ближайшая к Солнцу планета Меркурий удалена от него на 0,4 а.е. Массу вновь открытой планеты оценили по оптическому эффекту, который она вызывает: ее вращение приводит к периодическим сдвигам, «качаниям» звезды относительно Земли, что изменяет (по Доплеру)

длину волны приходящего от нее света. (В этом году исполняется 200 лет со дня рождения австрийского физика Христиана Доплера; объяснение красного смещения света от удаленных галактик на основе эффекта Доплера привело к выводу о расширении Вселенной.)

Полученные данные требуют проверки и уточнения, что, как ожидают астрономы, смогут сделать европейский и американский космические аппараты «Эддингтон» и «Кеплер». А теоретики должны объяснить, как такие массивные планеты оказываются на столь близких к звездам орбитах.

В центре внимания астрономов остаются и соседние планеты. Главней всего — погода на Марсе: ведь в недалеком будущем на него может ступить нога человека. Марс движется по эллиптической орбите и вращается вокруг своей оси, которая наклонена к плоскости эллипса на 25,1°. Как и на Земле, там тоже происходят смены времен года (астрономы наблюдали их еще в конце XVIII века), но климатические условия на двух его полушариях сильно разнятся. Так, лето в его Южном полушарии значительно жарче, чем в Северном (это связано с тем, что лето на юге совпадает по времени с наиболее близким к Солнцу расположением Марса). В районе Северного полюса имеется большая ледяная шапка, состоящая из воды, а на другом полюсе льда меньше, и в него входит также диоксид углерода.

Океана на Марсе нет, но есть атмосфера, которая циркулирует, причем потоки газа и пыли пересекают экватор в направлении от севера к югу на малых высотах и в обратную сторону — на больших. Американские специалисты провели численное моделирование этого процесса, что позволило лучше представить особенности марсианского климата. На красной планете бывают пы-

левые бури, и вряд ли эту проблему удастся решить с помощью зонта («Nature», 2002, v.416, p.298).

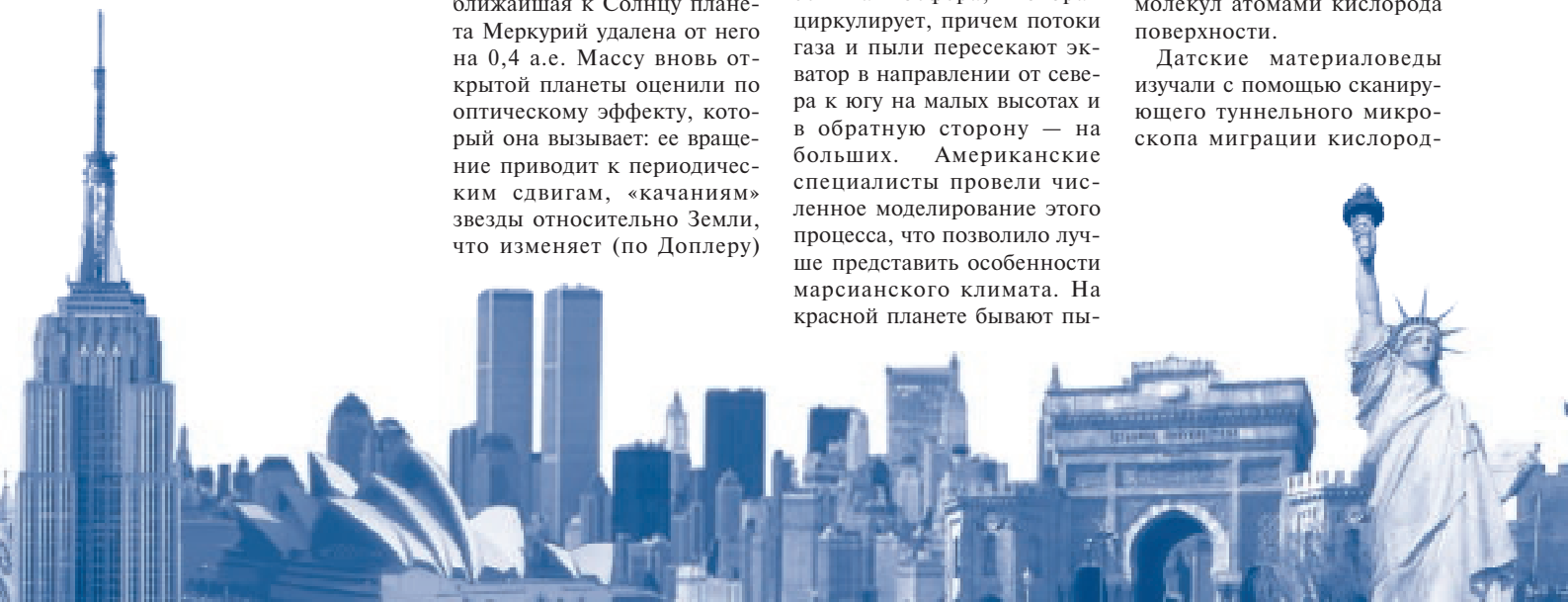
Бегущие вакансии

R.Schraub et al., «Science», 2003, v.299, p.377

Появление на Земле около 3,4 млрд. лет назад фотосинтезирующих цианобактерий привело к обогащению ее атмосферы кислородом, который начал окислять многие химические элементы. Сейчас горные породы состоят преимущественно из разнообразных оксидов (прежде всего силикатов) — основы многих промышленных технологий: от металлургии до производства красок и электронных микросхем. Изучение их строения на атомном уровне — одно из важнейших направлений физики и химии твердого тела.

Отдельная проблема заключается в определении структуры поверхности того или иного оксида. Там идут сложные процессы (см. «Новости науки» в № 3 за этот год), в которых ключевую роль играют дефекты кристаллической решетки — именно они в большой степени определяют химические свойства границы раздела фаз и потому очень важны с точки зрения использования твердых тел в качестве катализаторов. На границах оксидов переходных металлов дефекты обычно представляют собой своего рода дырки — вакансии для атомов, которые могут возникать при окислении адсорбированных молекул атомами кислорода поверхности.

Датские материаловеды изучали с помощью сканирующего туннельного микроскопа миграции кислород-



ных вакансий по поверхности кристалла из оксида титана (TiO_2). Они получили ряд снимков, сделанных с интервалом в 1,1 с, которые с атомным разрешением отражали изменения ее структуры. И, просмотрев этот «фильм», ученые выяснили, что передвижение вакансий катализируется молекулами O_2 из газовой среды, с которой граничит кристалл. Такая молекула адсорбируется рядом с дефектом (там поверхность наиболее химически активна), образуя кратковременную связь с атомом титана; при этом молекула O_2 распадается на части, и один ее атом заполняет вакансию, а другой, оставшийся без партнера, воссоединяется с новым партнером, вырывая из поверхностного слоя какой-нибудь находящийся поблизости атом кислорода.

В результате снова возникает молекула O_2 , а также новая дырка, но уже не на прежнем месте, а рядом с ним; так вакансия и движется.

Кстати, немецкие исследователи, усовершенствовав метод трансмиссионной электронной микроскопии, смогли увидеть распределение по объему кристалла атомов кислорода и дефектов решетки в диэлектрике SrTiO_3 и сверхпроводнике $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ («*Science*», 2003, v.299, p.870).

Не хандрите, митохондрии!

Совсем простое соединение — монооксид азота (NO) служит регулятором самых разных процессов в организме человека, и изучение этих вопросов уже отмечено Нобелевской премией (см. «Новости науки», 1999, № 1, а также статью в № 12 за 1998 год). NO изменяет тонус гладкой мускулатуры кровеносных сосудов, участвует в функционировании иммунной и нервной систем; он влияет также на пролиферацию и дифференцировку клеток, на связывание кислорода с гемоглобином и

на его последующее высвобождение.

Теперь итальянские и английские биохимики обнаружили, что в митохондриях — органеллах, вырабатывающих универсальное клеточное горючее АТФ, есть свой фермент NO-синтаза, действие которого зависит от многих факторов. Производимый в них NO в малых количествах стимулирует образование новых митохондрий, а в больших — подавляет их работу.

Известно, что жизнедеятельность этих органелл связана с производством тепла и метаболизмом жиров; так, разобщение идущих в них процессов окисления и фосфорилирования приводит к росту тепловыделения. Показано также, что возникновение дополнительных митохондрий есть ответная реакция клетки на стресс, например пониженную температуру. Когда будут полностью раскрыты управляющие их работой механизмы, медики, вероятно, смогут с помощью лекарств регулировать число митохондрий в клетках (скажем, увеличивать его в мышцах спортсменов) и бороться с ожирением (*E.Nisoli et al.*, «*Science*», 2003, v.299, p.896).

Для работы митохондрий требуется около 700 различных белков, но только менее 5% этих белков синтезируются в них самих (они закодированы в собственном геноме органеллы). Остальные белки они импортируют из цитоплазмы клетки (информация о них хранится в ДНК клеточного ядра). Значит, возникает необходимость их доставки в митохондрии.

Как мы знаем, сворачиванию полипептидных цепей в ходе их синтеза на рибосомах assistируют специальные белки, называемые шаперонами (см. статью «Молекулярные дуэны» в «Химии и жизни», 1994, № 7). А в этой

работе американские биохимики выяснили, что шапероны Hsp70 и Hsp90 помогают синтезируемому в цитоплазме митохондриальным белкам достичь цели назначения, то есть шапероны выполняют и функции почталыонов.

Hsp70 и Hsp90 сначала поддерживают нужную форму препротеинов — полипептидных цепей, принявших предварительную трехмерную структуру, пригодную для их транспорта через мембрану. Такие цепи обычно содержат гидрофобные участки, которые способны слипаться друг с другом, и шапероны предохраняют их от этого. Кроме того, в белковых цепях имеются определенные последовательности аминокислот, служащие «адресными бирками», — их узнает рецептор Tom70 на внешней мембране митохондрий, то есть происходит контроль, тому ли получателю доставили посылку шапероны.

Если ошибки нет, то шаперон вместе с его препротеином образует комплекс с рецептором Tom70, причем в этом процессе активную роль играет именно шаперон, и с использованием энергии АТФ происходит перенос полипептида через внешнюю мембрану. Затем нужно переправить груз еще и через внутреннюю мембрану митохондрий, но это уже другая история (*J.C.Young et al.*, «*Cell*», 2003, v.112, p.41).

Виновата плацента?

L.Wu et al., «*Nature*», 2003, v.421, p.942

Ген *Rb* известен тем, что мутации в нем приводят к ретинобластоме — раку ткани глаз млекопитающих, который встречается в раннем детстве; поэтому *Rb* считали одним из генов-супрессоров опухолей. Уже лет десять на мышах исследуют распределение кодируемого им белка в разных тканях в ходе эмбрионального развития; кроме того, изучают послед-

ствия, к которым приводит выключение гена. Оказалось, что нокаут гена (см. «Новости науки» предыдущего номера) вызывает нарушение ритма клеточного деления, множественный аплоптоз, отклонения в развитии нервной системы и печени, и это обычно приводит к гибели эмбриона на 14–15-й день. Поскольку в норме во всех этих тканях активен ген *Rb*, эмбриологи полагали, что аномалии связаны с утратой соответствующего белка. Но американские исследователи неожиданно напали на другой след.

Они обнаружили нарушение в развитии плаценты у мутантных по этому гену мышей, из-за чего снабжение плода кислородом и питательными веществами затруднено. Используя две различные линии мутантов, им удалось получить мышей, дефектных по гену *Rb*, но формирующих нормальную плаценту. Оказалось, что в этом случае многие отклонения в развитии эмбриона пропадали. Значит, они объясняются именно недостатком снабжения со стороны материнского организма, а не отсутствием продукта гена *Rb* (хотя некоторые аномалии сохранялись, — видимо, они уже непосредственно связаны с этим геном).

Все же пока четко не выяснено, какую роль в этом играет плацента, а какую — утрата белка, и теперь интересно узнать, могут ли подобные дефекты плаценты вызывать гибель эмбрионов мышей дикого типа. Кроме того, нужно понять, как именно действует ген *Rb* в качестве супрессора опухолей.

В целом эта работа показывает магистральное направление современных биологических исследований — установление всей цепи причинно-следственных связей между событиями, происходящими на уровне генов, и теми, что наблюдаются в тканях и органах.

Подготовил
Л.Верховский



Рассказ нашего собеседника, гендиректора фирмы, которая разрабатывает и выпускает лазерные установки, несколько раз прерывался телефонными звонками. Один раз говорили о размещении оборудования, один раз — о чем-то научном, три раза — о презренном металле. Не о том, который наш собеседник режет своими лазерами, а о том, который он получает от заказчиков и отдает исполнителям. Потому что проблемы применения лазеров — это проблемы не только физики, но и экономики.

Проблема выбора

Выбор лазера — иногда очень непростая вещь. Все зависит от того, что нужно обрабатывать и что получить в результате. Если, например, необходимо сваривать очень маленькие детали — годится импульсный лазер. Если свариваются толстые листы металла — нужен мощный непрерывный лазер.

Но до выбора лазера надо решить вопрос, применять ли лазер вообще. И в конечном счете при решении использовать лазерную технологию обычно работают два критерия. Первый — осуществима ли в принципе нужная технологическая операция с помощью того или иного лазера, и второй — сколько это будет стоить и есть ли смысл делать это за такие деньги. Обычно на первый вопрос ответ бывает положительным — чего только не пробовали делать лазером. А вот ответ на второй вопрос иногда требует целого исследования. У лазерщиков есть правило: если что-то можно сделать без лазера, это нужно делать без лазера. Лазерные технологии, к сожалению, пока очень дороги (и еще долго такими останутся), поэтому их использование должно или давать уникальный результат, недостижимый другими способами, или быть гораздо производительнее альтернатив. Как показывает опыт, только в этих случаях применение лазеров бывает оправданным и успешным. Что касается стоимости конкретной установки, равно как и стоимости технологических операций, то сказать что-либо конкретное, не зная конкретного зака-

за, нельзя — слишком от большого количества переменных зависит ответ.

Самый простой случай — когда лазер нельзя заменить другими технологиями. Например, фигурную резку кварца с приемлемой скоростью можно выполнить именно с помощью лазера. Или сверление твердых кристаллов — рубина для часовых камней или алмазных волокон для протягивания тонкой проволоки. Альтернатив практически нет, или, точнее, имеющиеся альтернативы более дороги, так что лазер используется на этих операциях уже долгие годы.

Чаще встречается ситуация, когда технологическую операцию можно осуществить с помощью разных технологий. Тут уже приходится анализировать множество других обстоятельств. Производительность, качество обработки, удобство и безопасность работы, наконец, стоимость оборудования и стоимость его эксплуатации — вот только то, что лежит на поверхности.

За более чем сорокалетнюю историю лазерной техники сами лазерные технологии стали достаточно многочисленными. Если говорить лишь о наиболее распространенных технологиях, таких, как резка и сварка, то есть по меньшей мере четыре типа лазеров, среди которых можно выбрать подходящий.

Лазеры для технологии

Самый распространенный тип — CO₂-лазеры. Кроме них широко используются твердотельные лазеры с ламповой накачкой. В последние годы их все чаще заменяют твердотельными лазерами с диодной накачкой — с накачкой не газоразрядными лампами, а полупроводниковыми светодиодами. Наконец, в отдельных случаях стали применяться мощные диодные лазеры.

Каждый лазер имеет свои плюсы и минусы. Если требуются большие мощности, то на сегодня безусловный лидер — CO₂-лазер. Наибольшая мощность таких лазеров, применяемых в промышленности, достигает 20 кВт. Недавно в России был создан мобильный 50-киловаттный лазер, который предполагается использовать на тушении пожаров нефтяных скважин. Что-

бы пожарники могли добраться до горящей скважины, лазер должен резать конструкции металлической вышки, части которой потом растаскивают тракторами. Внешне это весьма напоминает работу того самого гиперболоида, который журналисты любят поминать в статьях про лазеры.

Ламповые твердотельные лазеры сегодня уступают по предельной мощности CO₂-лазерам в три-четыре раза. Но зато они более компактны и имеют одно серьезное преимущество. Для передачи излучения твердотельных лазеров к месту обработки можно использовать световод. Если учесть обстановку в промышленном цехе, то это оказывается очень удобным, поскольку лазер можно расположить в чистом закрытом помещении, а излучение доставить по световоду в любое место цеха.

И всем бы хорош этот лазер, но КПД у него меньше, чем у паровоза, — всего 2–3%. По сравнению с CO₂-лазерами, у которых КПД составляет около 10%, это существенный недостаток, особенно когда нужно генерировать несколько киловатт световой мощности. На каждый полезный киловатт приходится затратить 50 кВт электри-

Новости из интернета

По данным Лазерной ассоциации, отечественные предприятия выпускают почти все виды лазерной техники и в широком ассортименте, однако мировому уровню соответствуют не более 10% имеющихся моделей, при этом многие из них остаются опытными образцами. Опрос машиностроительных предприятий семи регионов (Владимир, Киров, Москва, Н. Новгород, Новосибирск, Самара, С.-Петербург) показал, что половина из ответивших на вопросы анкеты нуждается в лазерном оборудовании. Больше всех нужны лазерные установки для резки и раскроя листа, для маркировки и гравиров-

ческой мощности для твердотельного и всего 10 кВт для CO₂-лазера. И это еще полбеды. Неиспользованные киловатты надо куда-то деть. Представьте, что в помещении одновременно включены несколько десятков бытовых нагревателей. Через какое-то время всем станет очень жарко. А на то, чтобы убрать лишнее тепло, тоже нужно затратить электроэнергию — представьте, что рядом с каждым из десятка нагревателей надо поставить еще и кондиционер.

Но не все так мрачно. На смену ламповым твердотельным лазерам приходят, как мы уже говорили, твердотельные лазеры с диодной накачкой. Для генерации излучения в них используют не свет обычной лампы, а свет диодов, которые сконструированы так, что их излучение практически полностью употребляется для генерации лазерного луча. В результате КПД таких лазеров стал даже немного выше, чем у CO₂-лазеров.

Однако ничто не дается даром, и стоимость этих лазеров оказалась существенно выше, чем у ламповых, из-за дороговизны мощных светодиодов. Правда, постепенно они дешевеют, так как стоимость производства диодов уменьшается с увеличением объемов производства.

Возникает вопрос: а не использовать ли излучение светодиодов непосредственно для обработки металла, вместо того чтобы получать с его помощью лазерный луч? Действительно, такие системы были разработаны. В них излучение отдельных диодов световоды сводят в один жгут, по которому передают в место обработки. КПД такой системы составляет уже несколько десятков процентов, но сто-

имость ее пока выше, чем у других типов лазеров сравнимой мощности. Есть у них и еще один недостаток — качество излучения таких лазеров не позволяет сфокусировать их в очень маленькое пятно, необходимое для резки металлов. Поэтому пока они используются для термообработки и иногда для сварки.

Кто покупает лазеры

За рубежом ситуация такова: лазеры дороги и их покупают очень крупные фирмы либо «мастерские» — фирмы, которые занимаются выполнением заказов. Эти «мастерские» на Западе называют job-shop — дословно «продажа работы», или центры услуг по лазерной обработке. В такой фирме может стоять, скажем, десять мощных установок — это уменьшает расходы на их обслуживание в расчете на одну установку. Загрузка оборудования обычно предельно высока: установки работают в три смены и практически без выходных — только в этом случае обеспечивается быстрая окупаемость оборудования. Фирм, настолько больших, чтобы им стоило заводить такое хозяйство для собственных нужд, не так уж много, и все они известны. Это, например, крупные автомобильные компании. В России сейчас тоже начали складываться эти два типа потребителей лазерного оборудования.

Почему мы с трудом выходим на зарубежные рынки? Считается, что наше оборудование ненадежно. На самом деле ломается и зарубежное оборудование, и не так уж редко. Просто мы не можем организовать там сервис — это слишком дорого при

небольших объемах продажи. Например, в 1993 году несколько московских фирм поставили лазерные установки резки в Южную Корею. Это и сейчас весьма привлекательный рынок, а тогда это была вообще колоссальная удача. Но стоимость сервиса оказалась запредельной. Иногда приходилось посылать в командировку наладчика для замены копеющего сгоревшего диода. Ситуация выправилась, когда в складчину отправили в Корею наладчика, который реагировал на жалобы клиентов немедленно. После этого звонки в четыре утра по московскому времени со словами: «Ваш лазер опять не работает» прекратились. Этот инженер там уже семь лет, установки действуют, заказчики довольны.

Внедрение новых (и дорогих) типов лазеров тормозится тем, что обслуживание таких установок даже при их более высокой надежности требует больше денег. Уникальная или малораспространенная лазерная установка, конечно, может эксплуатироваться и одна, но сервис в этом случае будет очень дорог. Чем больше аналогичных установок, тем сервис доступнее.

Вообще, первопроходец всегда несет большие расходы. И тем не менее крупные фирмы идут на закупку современного, хотя и более дорогого оборудования. Смысл таких покупок в том, чтобы получить опыт работы с новым оборудованием до того, как его получат конкуренты. В конечном счете речь идет все о тех же деньгах, только не о сегодняшних, а о завтрашних.



ки, для сварки и поверхностного упрочнения. Кстати, в интернете можно найти предложения по продаже технологических лазерных установок. Цены — от 11 до 60 тыс. у.е.

В 1994–1999 годах выпуск в ФРГ источников лазерного излучения для обработки материалов в стоимостном выражении увеличился в 3,2 раза, а лазерных систем для обработки материалов — в 3,4 раза. За один 1999 год производство возросло соответственно на 25 и 16%. Выпуск немецкими фирмами лазеров для обработки материалов в 1999 году составил 695 млн. марок, а лазерных систем для обработки материалов — 1,2 млрд. Согласно прогнозам, в 2004 году мировые продажи лазерных систем достигнут 13 млрд.



Шевроны украинских силовых ведомств, изготовленные по лазерной технологии

марок, а продажи источников лазерного излучения — почти 4 млрд. марок.

В Карелии уже год действует технологическая линия по лазерной обработке дикорастущих ягод. В Петрозаводске заморозке ягод предшествует их очистка с использованием лазера для удаления мусора и несъедобных фрагментов ягод. Мощность линии — около 4 тыс. тонн за сезон. По мнению специалистов, Каре-

лия может стать важным регионом по заготовке дикорастущих ягод. Этому способствует близость крупных потребителей — финских и шведских фирм, а также перерабатывающих предприятий С.-Петербурга и Москвы.

Лазерные методы успешно применяются в хирургии. Вот несколько примеров. Трудно избавиться от изнуряющих болей при невралгии тройничного нерва. Ни один из мето-

дов лечения не дает стойкого эффекта. В Челябинском государственном институте лазерной хирургии добились полного прерывания чувствительного корешка тройничного нерва, что навсегда избавляет пациентов от страданий. Боль проходит прямо на операционном столе. Неизмеримо менее травматичным методом заменена традиционная трепанация черепа при удалении аденомы гипофиза — применяется доступ через нос. Лазерное излучение разрушает опухоль без повреждения расположенных рядом тканей. Применяется новый функциональный способ подведения лазерной энергии непосредственно к ядру межпозвоночного диска, что позволяет оперативно лечить остеохондроз позвоночника.

Полимеры для зеницы

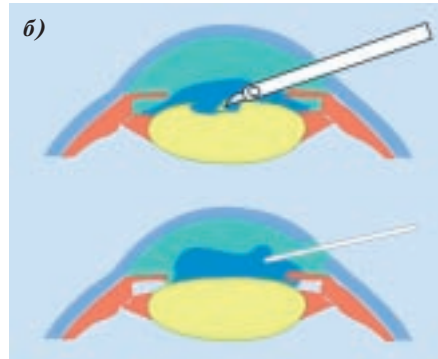
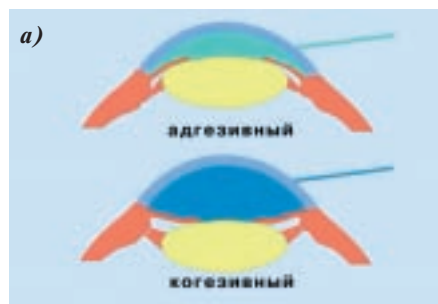


Глаз, как и любой другой орган человеческого тела, живет, питается, дышит и выделяет продукты обмена. А все, что живет, рано или поздно начинает стареть. В хрусталике, например, изменяются белки-кристаллины, которые составляют его тело. Они теряют амидные группы и подвергаются протеолизу, в результате которого их цепи становятся короче. В конце концов белки образуют непрозрачные агрегаты, хрусталик мутнеет, и больной оказывается в темноте. Врач ставит диагноз: катаракта.

Вернуть зрение помогает удаление хрусталика и его замена искусственной линзой. Раньше эту операцию делали с помощью скальпеля и пинцета, сейчас им на смену пришла ультразвуковая техника. Контролируя свои движения при помощи микроскопа, хирург аккуратно прокалывает роговицу и вводит в переднюю камеру глаза наконечник прибора. Под действием ультразвука хрусталик разрушается, а затем врач отсасывает его остатки. При этом капсула хрусталика — тонкая пленка из соединительной ткани, в которую он заключен, должна остаться целой с той стороны, которая прилегает к стекловидному телу. Операция занимает минут 15–20. К сожалению, звуковые колебания, потоки жидкости и фрагменты хрусталика легко повреждают внутреннюю поверхность роговицы, усталенную нежными клетками эндотелия. Для того чтобы уменьшить травму, врачи пробовали вводить в переднюю камеру глаза воздух или физиологический раствор. Однако воздух подсушивает клетки, а физраствор плохо поглощает ультразвук.

Решение проблемы было найдено в 70-е годы, когда для защиты тканей глаза предложили использовать вязкоупругие полимеры (их еще называют вискоэластиками или вискоадаптивами). Офтальмологи Балаш, Миллер и Р.Стегман, разработавшие методики применения вискоэластиков,

1 Использование вискоэластиков при замене хрусталика искусственной линзой:



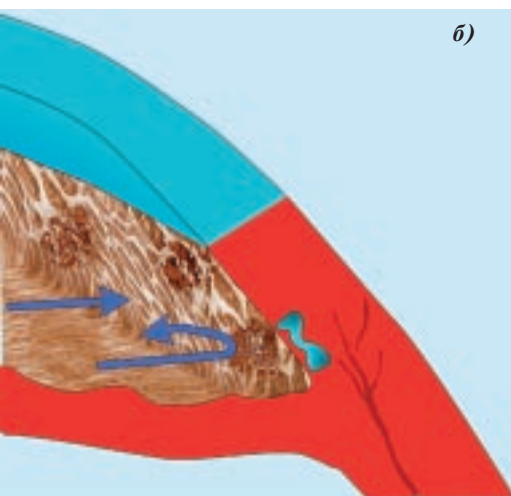
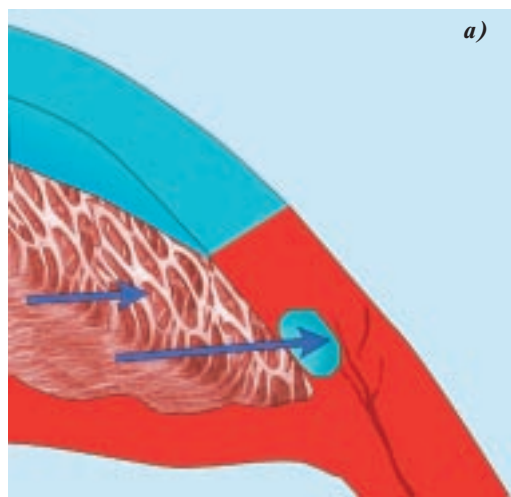
так и назвали это направление — вискохирургия. Оно включает в себя не только использование вискоэластиков при замене хрусталика. Это любые манипуляции с растворами вязкоупругих веществ для защиты клеток и тканей от механических травм, заполнения внутриглазных полостей и предотвращения их смыкания, для разделения тканей и обнажения тканевых поверхностей.

Первое требование к такому полимеру — нетоксичность. Еще у него должны быть высокая молекулярная масса (более миллиона дальтон) и подходящее строение молекул, чтобы обеспечить достаточно большую вязкость. Вместе с тем важно, чтобы вязкость была не слишком велика, иначе полимер трудно вводить по тонким трубочкам и канюлям.

а) адгезивный и когезивный полимеры по отдельности использовать неудобно: первый хорошо прилипает к эндотелию роговицы, но оставляет мало места для движения инструментов, а второй хорошо вводится и удаляется;

б) одновременное использование адгезивного и когезивного вискоэластиков при разрушении хрусталика ультразвуком

Есть две группы вискоэластиков: дисперсные (адгезивные) и когезивные. Дисперсные вискоэластики, к которым относятся гидроксипропилметилцеллюлоза и гидроксипропилметилцеллюлоза, хорошо прилипают к поверхности тканей, однако удалить их не так-то просто. В когезивных вискоэластиках (гиалуронат натрия) молекулы, наоборот, хорошо сцепляются друг с другом, поэтому не растекаются по поверхности ткани, а держатся компактно. У некоторых из этих веществ есть еще одно полезное свойство. Они псевдопластичны, то есть в потоке, при введении по трубочке в нужное место, их молекулы ориентируются и движутся параллельно оси потока, из-за чего вязкость раствора уменьшается, а на месте, когда полимер собирается компактной массой, ориентация молекул пропадает и полимер становится более вязким. Вещества не размываются и благодаря этому легко вводятся, сохраняют объем и легко извлекаются общей массой. Разные препараты одного класса различаются по свойствам, так что для каждого случая можно подобрать наилучшие параметры.



2 Возникновение глаукомы:

- а) через трабекулярную сеть внутриглазная жидкость проходит в шлеммов канал;
б) когда шлеммов канал зарастает, отток жидкости из глаза уменьшается и повышается внутриглазное давление

3 Лечение глаукомы:

Шлеммов канал заполняют вискоэластиком. После этого он расширяется и внутриглазная жидкость легче покидает глаз



4 Склеропластика:

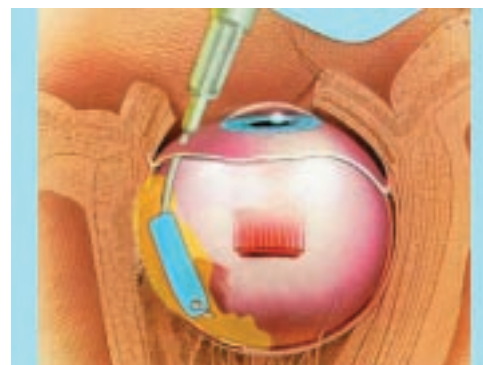
лоскут помещают на боковую поверхность глаза больного. Предварительно с помощью вискоэластика формируют канал

В случае удаления хрусталика переднюю камеру глаза заполняют адгезивным полимером. Он на время прилипает к эндотелию роговицы и защищает его от механических повреждений (гасит ультразвук, уменьшает колебания давления при отсасывании жидкости), а затем вымывается. В последние годы разработали комбинированную технологию, при которой одновременно с дисперсным используют второй, когезивный полимер. Его вводят в капсулу хрусталика (рис. 1), чтобы он расправил ее при введении искусственной линзы.

Пожилые люди иногда страдают еще от одной болезни глаз — глаукомы, при которой у пациента повышается внутриглазное давление. Ее причиной может стать уменьшение просвета шлеммова канала, опоясывающего роговицу по кругу, и специальной фильтрующей системы, регулирующей отток внутриглазной жидкости. Они зарастают, в них откладываются гликозаминогликаны и гликопротеиды, например фибронектин. Из-за этого внутриглазная жидкость с трудом покидает глаз, а внутриглазное давление повышается (рис. 2).

Более десяти лет назад профессор из ЮАР Р.Стегман предложил расширять шлеммов канал, накачивая в него вискоэластик. В этом случае нужен полимер на основе гиалуроновой кислоты (рис. 3).

Нередко быстро прогрессирующая близорукость у подростков развивается из-за того, что растягивается склера глаза и, как следствие, увеличивается фокусное расстояние. Для того чтобы укрепить склеру, берут лоскуты специально подготовленного биоматериала и с



четырех сторон по экватору имплантируют (прикрепляют) к главному яблоку пациента. После этого глаз перестает увеличиваться в объеме, улучшается его кровоснабжение. Подвести лоскут к нужному месту пинцетом трудно, и при этом есть опасность задеть и повредить мышцы или сосуды глаза. Сам листок-трансплантат может сложиться, расправить его непросто, а времени на операцию отпущено мало. Здесь тоже помогают вискоэластики на основе гиалуроновой кислоты. Ими заполняют канал между склерой и прилежащими к ней тканями, а затем туда же специальным шпателем вводят трансплантат (рис. 4).

Вискоадаптивы используют и в других офтальмологических операциях, в том числе на стекловидном теле и сетчатке. Иногда в них добавляют лекарства: анестетики, цитостатики, иммунодепрессанты или мидриатики (препараты, расширяющие зрачок).

Глазная хирургия постоянно совершенствуется, на помощь врачу приходят ультразвук, операционные микроскопы, новые лекарственные препараты. Теперь в нее внесла свой вклад и химия полимеров, предоставив в распоряжение хирургов такие важные средства, как вискоэластики, позволяющие сделать операции более простыми и безопасными.



Менделеев для этнологов

*Умом Россию не понять,
Аршином общим не измерить*

Ф.И.Тютчев

*Давно пора, едрена мать,
Умом Россию понимать.*

Игорь Губерман

*Умом Россию не понять,
а другими местами — очень больно!*

Виктор Шендерович

Естественные и общественные науки давно движутся по разным путям, хотя у истока они были едины. Аристотель ухитрился стать основоположником едва ли не всех наук — как гуманитарных (философии, политологии), так и естественных (биологии физики). Николай Коперник известен и как астроном, и как экономист. А чем только не занимался Ньютон! Но уже в XVIII веке наступило время специализации.

Однако физики и лирики не порвали связь друг с другом. Сходство в развитии естествознания и обществоведения видно на уровне методов анализа и образа мыслей ученых. Сравним, например, химию и этнологию. Можно ли найти общее между анализом веществ и анализом национальных культур? Работа химика и этнолога не похожи между собой — нет ничего общего между реактивом в пробирке и вопросами в анкете. Но в последние десятилетия в этнологии происходят изменения, смысл которых легче понять, сопоставляя историю этнологии с историей химии.

История химии как ключ к истории этнологии

Можно ли выделить универсальные закономерности в развитии любой из наук — независимо от того, будет ли она естественной или гуманитарной? Да, это сходство поворотных моментов в развитии наук, переходов от одних этапов их развития к другим. Каковы, например, ключевые этапы развития химии как типичной естественной науки? Даже на взгляд неспеци-



Н.В.Латова,

кандидат экономических наук

Ю.В.Латов

алиста видны три переломных события — три научные революции.

До конца XVIII века длилась, в сущности, предыстория этой науки. Первая научная революция в химии связана с именем Антуана-Лорана Лавуазье, который в «Элементарном курсе химии» (1787) впервые дал основанную на опытах классификацию веществ, отделив химические элементы (например, кислород и водород) от соединений (таких, как, скажем, вода) и установив соотношения, в которых соединяются элементы. Вторая научная революция — это создание Дмитрием Менделеевым Периодической таблицы химических элементов (1869), стало возможным предсказание новых элементов и их свойств. Во второй половине минувшего столетия произошла третья научная революция — начало конструирования новых веществ с заданными свойствами: Уоллес Карозерс изобрел нейлон, Джулио Натта разработал метод получения полимеров, обладающих определенными качествами.

Схожие закономерности прослеживаются и в других науках, в том чис-

ле гуманитарных. Посмотрим под этим углом зрения на этнологию. Используют ли этнологи количественные показатели? Вплоть до недавнего времени ответ на этот вопрос был отрицательным. Во многих публикациях обсуждалось, склонны россияне к демократии или к деспотизму, являются ли они коллективистами или индивидуалистами, трудолюбивы ли они или терпеливы. Но в дискуссиях о «душе России» и «русском характере» количественные показатели и по сей день обычно не используют. В результате этнология напоминает средневековую алхимию: за обсуждением «сущностей» скрывается отсутствие эмпирической информации. Такая этнология подобна химии до Лавуазье.

Ситуация начала меняться лишь в последние десятилетия, когда в этнологии стали все чаще использовать приемы, заимствованные у точных наук. В результате обсуждение личных мнений и «гениальных озарений» постепенно вытесняется сбором эмпирических данных и их математичес-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

кой обработкой. На наших глазах рождается этнометрия — наука о количественных характеристиках национальных культур.

«аршином общим не измерить»?

Россия всегда представляла для Запада страну-загадку. От нее постоянно ждали чего-то неожиданного, и эти ожидания регулярно сбывались. «Душа России» — загадка и для россиян. Полвека назад известный русский мыслитель Николай Лосский отметил как важную черту национальной ментальности склонность россиян к диаметрально противоположным ценностям и действиям: то труд до изнеможения — то лень, то молитвенность — то богохульство. Такая характеристика свидетельствует об отчаянии исследователя, который признает, что «русская душа» может быть какой угодно.

Проблема долго представляла в основном академический интерес, но в 90-е годы «железный занавес» раздвинулся. Западные бизнесмены начали регулярно ездить в Россию, и они предпочитали не удивляться странностям аборигенов, а точно знать, насколько они готовы выполнять свои обязательства, какие аргу-

менты на них действуют, как вызвать у них доверие. Если западный бизнесмен начинал вести себя в России, пользуясь привычными для него стереотипами, то он попадал впросак. С аналогичными проблемами сталкивались и российские бизнесмены на Западе.

Проблема «души России» не уникальна — необходимость в научном исследовании национальных характеров возникает тогда, когда ранее разрозненные нации втягиваются в общую деятельность, попадают в единое мировое сообщество.

Первый шаг в решении проблемы анализа «национальных характеров» — унификация критериев. Перефразируя Тютчева, нужен «общий аршин». Собственно, создание системы единиц — начало любой науки: без единиц и эталонов нет измерений.

О различиях между представителями разных наций (народов, племен, этносов) говорят и пишут с начала времен. Многие из них стали стереотипами: «сумрачный германский гений», немецкие точность и дисциплинированность, «острый галльский смысл», французские легкомыслие и воображение. Если собрать все подобные стереотипы, то может показаться, будто удалось создать портрет национального характера. Однако собранные характеристики окажут-

ся разномастными: итальянцы говорливы, немцы дисциплинированы, англичане церемонны, а французы любят изысканную кухню. Подобные характеристики не составляют системы. Кроме того, суждения будут зависеть от ментальности самого исследователя, от его национальной культуры. Например, российское отношение к старшим по службе американец сочтет подобострастным, а японец — неуважительным.

Итак, чтобы создать подлинно научную «периодическую систему» национальных культур, надо, во-первых, характеризовать их по универсальным критериям, а во-вторых, делать это при помощи не только качественных оценок, но и количественных показателей. Одним словом, необходима этнометрия — математическая этнология.

«Общий аршин» Гирта Хофстеда

Основоположником этнометрии стал голландский психолог Гирт Хофстед. В 70-е годы, будучи руководителем психологической службы компании IBM, он организовал грандиозный кросс-культурный проект. По составленной им анкете опросили более 100 тысяч работников из подразделений

1
Соотношение
индикаторов
индивидуализма
и дистанции власти

IBM в 40 странах мира. В руках ученых оказался массив данных, позволяющий объективно характеризовать различные национальные культуры по единым стандартам.

Для характеристики национальных культур Хофстед использовал пять параметров: индивидуализм, дистанция власти, избегание неопределенности, мужественность, динамизм. Наиболее важными из них сейчас считают первые три.

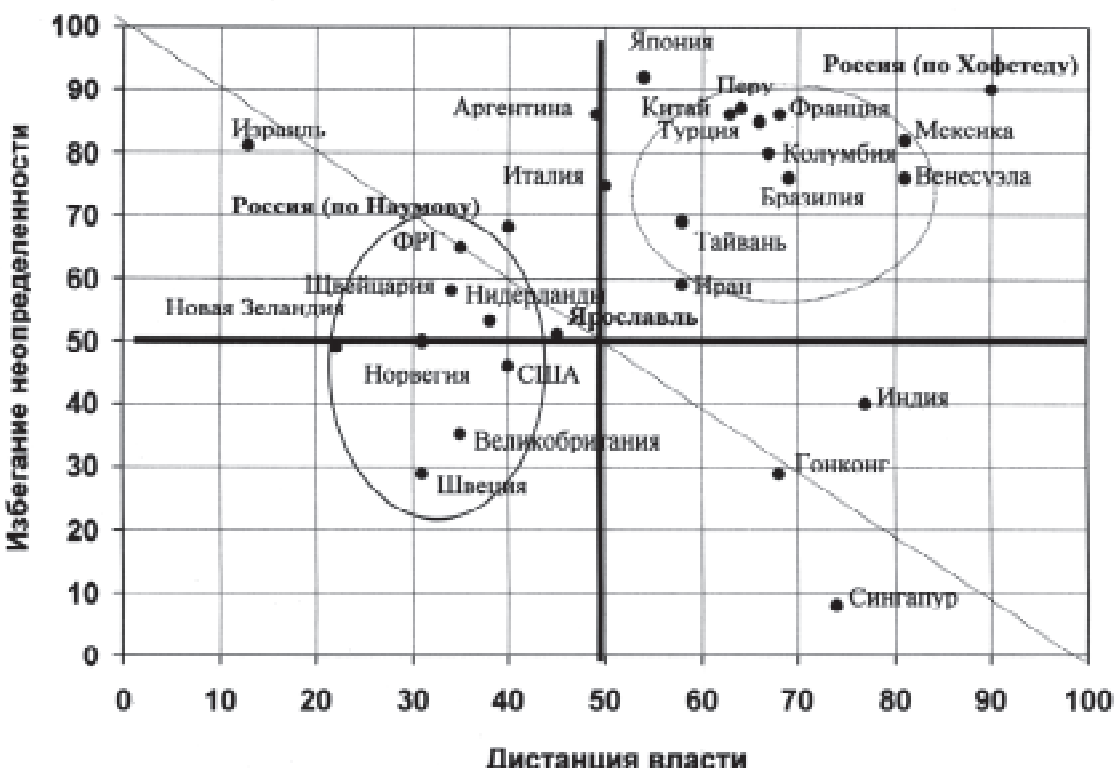
Индивидуализм — показатель того, считают ли люди нужным заботиться только о себе и своей семье, или же они считают себя членами социальных групп, признавая право социума контролировать их поведение.

Дистанция власти — это степень, с которой общество принимает (или отвергает) неравенство в семье, в бизнесе, в политике и прочих сферах жизни.

Избегание неопределенности показывает, как люди чувствуют себя в нестандартных (неопределенных) ситуациях — свободно или скованно.

Посмотрим, как с помощью анкет измеряют эти параметры. Предположим, мы хотим выяснить, насколько представители какой-то нации склонны к индивидуализму. Для этого отобранных по репрезентативной выборке людей просят ответить, в каком обществе они хотели бы жить. Им предлагают список утверждений: «Мне хотелось бы жить там, где...» и далее — пары противоположных высказываний. Например, таких:

1) «преобладает общественный, коллективистский дух и солидарность» —



2
Соотношение индикаторов дистанции власти и избегания неопределенности

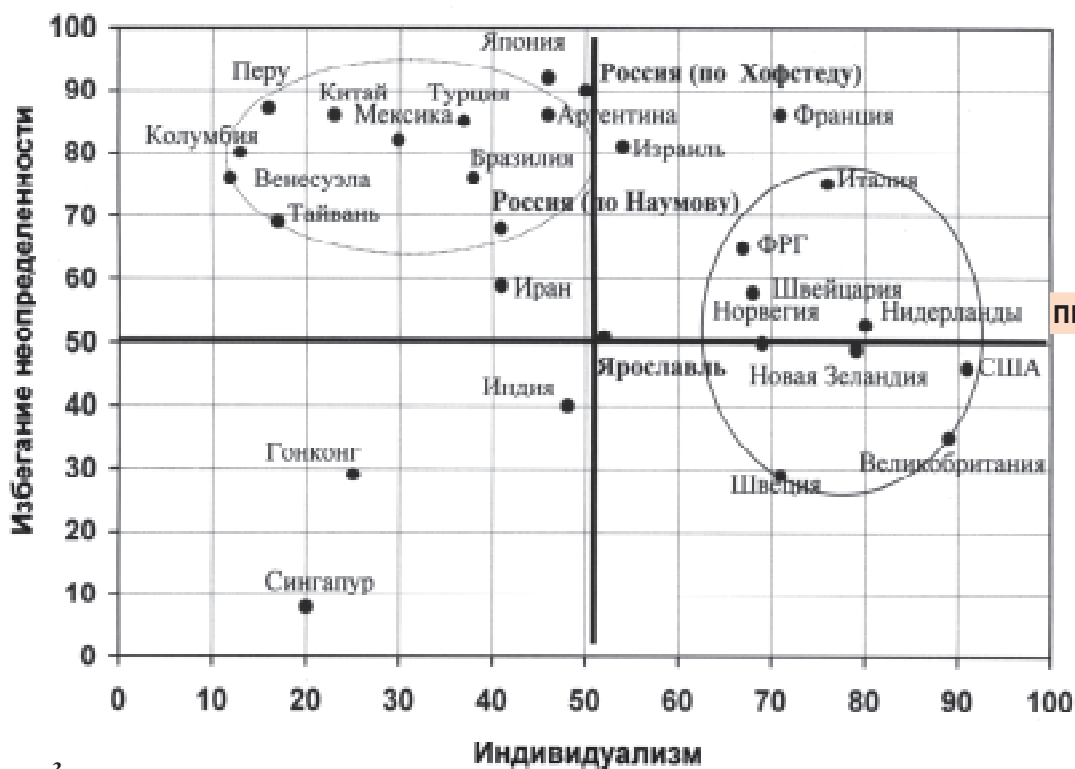
«преобладают индивидуальная независимость и свобода»;

2) «люди стремятся к тому, чтобы сохранить взаимоотношения с другими людьми» — «люди заботятся о реализации своих собственных взглядов и интересов»;

4) «преданность интересам организации и выслуга лет поощряются и

отмечаются продвижением по службе» — «поощрение и продвижение по службе даются только по результатам работы».

Отвечающие на анкету должны обозначить степень своего согласия с предложенными им высказываниями. Чем сильнее отвечающие склоняются ко вторым в паре утверждениям,



3
Соотношение индикаторов индивидуализма и избегания неопределенности

тем в большей степени они индивидуалисты. Обработывая тысячи анкет, мы вычисляем национальный индекс индивидуализма. При этом за 0 принимается ситуация, когда все отвечающие выбрали первые ответы (крайний коллективизм), за 100 — когда все выбрали вторые ответы (крайний индивидуализм).

Хофстедовская «периодическая система» национальных культур

Если мы по такой методике получим все пять показателей для некоторого набора культур, то можем составить таблицы по каждому параметру и сказать, например, что американцы в большей степени индивидуалисты, чем японцы, а японцы сильнее склонны к избеганию неопределенности, чем американцы. Кроме того, Хофстед предложил не только упорядочивать национальные культуры по значению индексов, но и изображать парную взаимосвязь индексов на рисунках. Если анализировать все пять признаков, то картинок будет десять. Поскольку мы решили использовать только три основных параметра, то получаем три соответствующие картинки. Они показывают для некоторых стран мира взаимосвязь между рангами дистанции власти и коллективизма (рис. 1), между рангами ди-

станции власти и избегания неопределенности (рис. 2), а также между рангами избегания неопределенности и коллективизма (рис. 3).

Публикация в 1980 году книги Г. Хофстеда «Важность межкультурных сравнений» не могла не вызвать среди этнологов и культурологов эффекта разорвавшейся бомбы. В изучении национальных культур Хофстед произвел подлинную научную революцию, сопоставимую с ролью Менделеева в химии. Исследователи проверяли и дополняли хофстедовскую систему, вводили дополнительные показатели, исследовали новые страны. Ныне протестировано более 70 стран, а идеи Хофстеда стали классикой мировой этнологии.

Некоторые утверждают, что особых различий между западной и восточной ментальностью нет. На наших картинках центр сплоченности стран Запада выделен сплошной линией, стран Востока — пунктиром. Видно, что эти две группы довольно сильно отстоят друг от друга: «Запад есть Запад, Восток есть Восток, и вместе им не сойтись» (Р. Киплинг). Особенно четко поляризация «Запад — Восток» заметна на рис. 1. Страны западноевропейской культуры (Запад) сгруппированы в правом нижнем углу, для них типичны сильный индивидуализм и низкая дистанция власти. Страны же Азии, Африки и Латинской Америки (Восток) сгруппировались в левом верхнем углу,

демонстрируя слабый индивидуализм и высокую дистанцию власти.

Подобно тому как открытие Менделеева позволило предсказать, например, галлий (менделеевский «эка-алюминий»), таблица Хофстеда тоже позволяет делать предсказания. В частности, по постсоветским республикам Средней Азии данных пока нет, но можно с высокой степенью уверенности предположить, что они будут иметь индекс индивидуализма порядка 10–30, дистанции власти — 60–80, избегания неопределенности — 70–90.

Немного критики и немного фантазии

Скептики утверждают, что сам отбор показателей страдает у Хофстеда скрытым европоцентризмом, поскольку отражает европейское представление об основных параметрах национальных культур. Создавать периодическую систему национальных культур, по их мнению, можно только тогда, когда достигнуто согласие по поводу самих характеристик национальной ментальности.

Действительно, Хофстед начал играть роль «этнологического Менделеева», а роль «этнологического Лавуазье» остается вакантной, поскольку нет общепризнанной методики определения параметров национальной ментальности. Можно ли, например, говорить об «индивидуализме/коллективизме» как элементарном индикаторе национальной культуры, или же это на самом деле сводный параметр, и надо измерять отдельно «индивидуализм/коллективизм в семейной жизни» и «индивидуализм/коллективизм на рабочем месте»? Поэтому, строго говоря, таблицы и графики Хофстеда правильнее сравнивать не с самой Периодической системой Менделеева, а с подготовительными опытами его предшественников — например, с законом октав Джона Ньюлендса (1864).



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Сравнение этнологии с химией позволяет высказать и еще одну идею, которая может показаться фантастической. Как мы видим, в этнологии полным ходом идет «менделеевская революция» и вскоре, видимо, ожидается несколько отставшая «революция Лавуазье». А как насчет «революции Карозерса–Натта»? Ее аналогом для этнологов было бы изобретение методов конструирования национальных культур с заранее заданными свойствами.

Европейская культурная экспансия была всегда направлена как раз на то, чтобы «реконструировать» — европеизировать — неевропейские народы. До сих пор «крестовые походы на Восток» обычно заканчивались провалом, но это вовсе не означает, что научное (не методом тыка и не обязательно в западном духе) конструирование национальных культур — этноконструирование — вообще невозможно. Ведь в истории можно найти примеры и удачной имплантации элементов европейской культуры в страны Востока (страны Латинской Америки, Турцию, Индию). До сих пор этнологи считают своей задачей объяснение этнических картин мира, но в будущем, возможно, они придут к выводу, что не менее важной задачей является их преобразование.

Российский характер в «периодической системе» Гирта Хофстеда

А каковы результаты измерения российского характера хофстедовским «общим аршином»? — спросит нетерпеливый читатель. Благодаря работам отечественных исследователей в последние годы получены результаты, которые вплотную приблизили науку к разгадке российской души. Первым из российских этнометристов хофстедовского направления стал А.И. Наумов. В 1995–1996 годы он провел серию социологических опросов по анкете Хофстеда среди студентов и слушателей школ бизнеса. А в 2001 году по инициативе Центра конфлик-

тологии ИС РАН был организован опрос жителей Нижегородской и Ярославской областей, при этом хофстедовский опросник отредактировали под реалии российской культуры. Таким образом, хотя еще нет надежных данных по России в целом, однако и уже собранных материалов достаточно, чтобы сделать некоторые предварительные выводы.

На наших трех рисунках показаны и результаты, полученные А. Наумовым и социологами из Центра конфликтологии. Видно, что все оценки лежат рядом (для Нижнего Новгорода нет данных по избеганию неопределенности). Поэтому, хотя этнометрическое изучение России только начинается, уже сейчас можно указать, где в системе хофстедовских координат дислоцируется «российская душа».

Ядром ожесточенных дискуссий о «душе России» является в конечном счете вопрос о том, к какой цивилизации она относится. Со времен Чаадаева отечественные и зарубежные мыслители терялись в догадках, кто же такие россияне — европейцы? азиаты? евразийцы? «азиопцы»? Если взглянуть на схемы Хофстеда, то полученные оценки российской ментальности кажутся промежуточными между Востоком и Западом — не то «западный Восток» (рис. 1 и 3), не то «восточный Запад» (рис. 2).

«Периодическая таблица» Хофстеда многомерна, поэтому для объективной оценки места «русского характера» на мировом фоне приходится вновь от оценок на глазок переходить к расчетам. Они показывают, что если учитывать все пять хофстедовских индексов, то самыми близкими к России характеристиками национальной ментальности обладают Иран, ФРГ, Аргентина, Япония и Турция. Трое из пяти наших соседей — это неевропейские государства, которые в XX веке смогли в основном преодолеть экономическую отсталость и найти свой путь в мировое сообщество, не поступившись самобытностью собственной культуры.

Итак, похоже, что Россия неевропейская страна — она Евразия или,

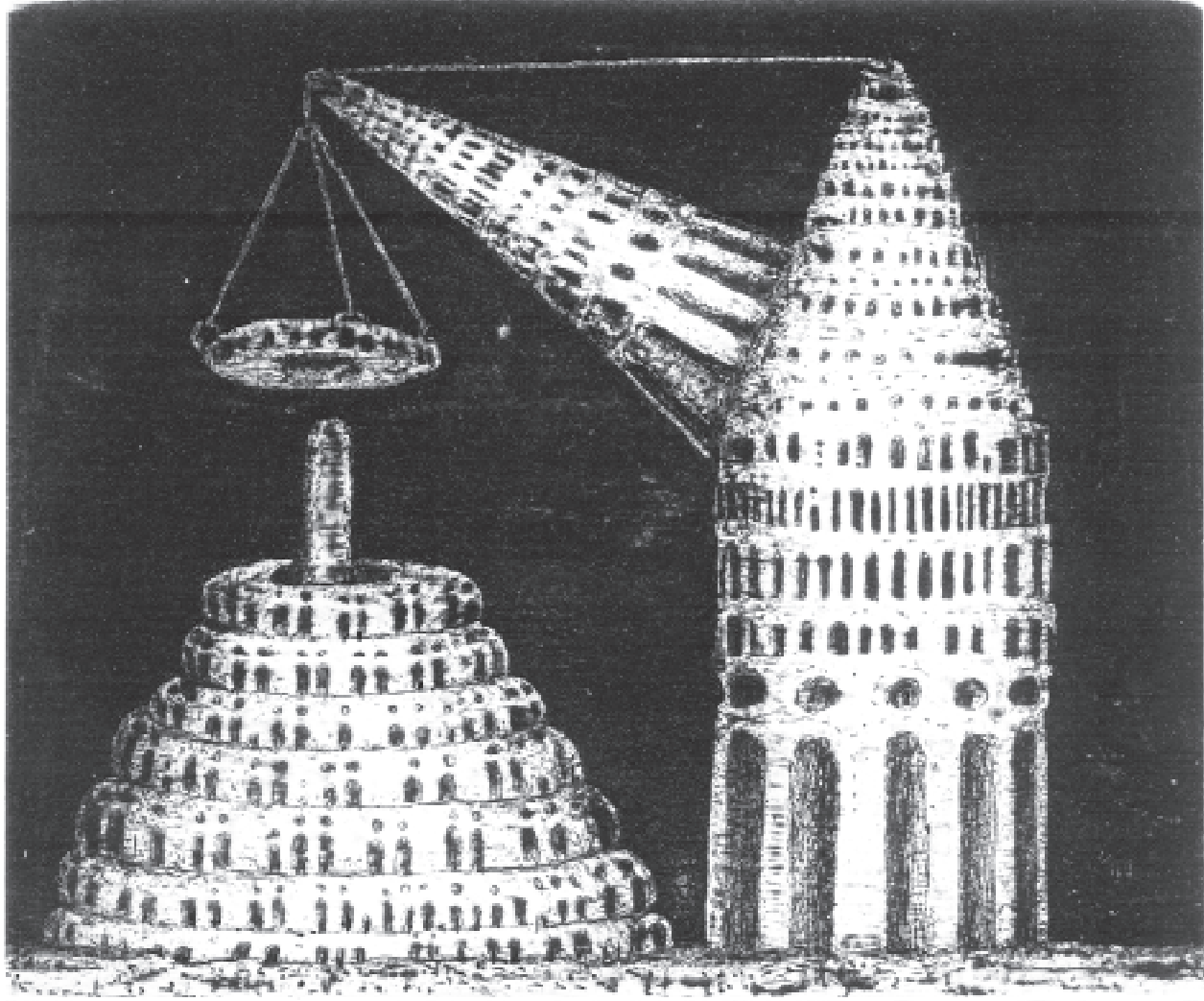
учитывая ее несколько более сильное сближение с культурами Востока, — Азиопа. Этот вывод имеет огромное значение прежде всего для планирования стратегии российских реформ. Если душа России тяготеет к Востоку, а не к Западу, то и освоение рыночного хозяйства должно происходить не в западной, а в восточной модификации (или с сильной ориентацией на восточные модели развития). В новых индустриальных странах Востока именно государство стало конструктором и отчасти строителем новой экономики. Здесь не принято подчеркивать свою самостоятельность, независимость и готовность рисковать — важнее уважение к авторитету, осторожность, коллективизм. И это, как показал пример Японии, Аргентины и Турции, не препятствие для создания современного рыночного хозяйства.

Может показаться, что близость к Германии — единственной европейской стране среди наших соседей по Хофстедовой схеме — опровергает вывод о восточном характере российской души. Но российская ментальность является, как показано выше, промежуточной, да и экономисты считают «рейнскую модель» сильно отличающейся от англо-американской модели и сближают «немецкое чудо» с «японским чудом».

Российские этнометристы лишь приподняли краешек тайны. Этнометрический подход к изучению российской ментальности еще только рождается, вакансии «этнологических Лавуазье» и «этнологических Наттов» пока свободны.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда, научно-исследовательский проект № 02-03-18010а. Статья участвовала в конкурсе научно-популярных статей, который проводили Британский совет и агентство ИнформНаука.





Электронно-импульсная БОМБА



РАССЛЕДОВАНИЕ

В марте 2003 года средства массовой информации сообщили о том, что во время войны в Ираке американцы взорвали над Багдадом некую электронно-импульсную бомбу, в результате чего на некоторое время перестали работать иракские телепередатчики. При этом говорилось лишь о том, что это новое сверхсекретное оружие, но о его сути ничего не сообщалось. Что же может представлять собой электронно-импульсная бомба?

Долгое время считалось, что ядерные взрывы сопровождаются лишь четырьмя поражающими факторами: взрывной волной, а также

световым, тепловым и ионизирующим излучениями. Но в последние десятилетия прошлого века к ним прибавили еще пятый поражающий фактор: мощный электромагнитный импульс, выводящий из строя любую электронику — даже систему зажигания автомобилей. В этом нет ничего удивительного, поскольку при движении заряженных частиц (а их при ядерном взрыве рождается видимо-невидимо) возникает и электромагнитное излучение.

А нельзя ли генерировать такое излучение, обходясь без атомного оружия? Идея подобного генератора принадлежит, как ни странно,

академику А.Д.Сахарову. Примерно полвека назад он опубликовал в открытой отечественной печати («Успехи физических наук», 1966, т.88, № 4, с.725–734) статью о том, что если магнит, который создает мощное магнитное поле, сжать посредством обычного взрыва, то должна возникнуть электромагнитная волна, подобная той, что порождается ядерным взрывом. (Интересно, а куда тогда смотрела наша цензура — пресловутый Главлит, придиравшийся даже к самым невинным публикациям?)

По-видимому, американцы взяли эту работу нашего соотечественника на замет-

ку и выполнили экспериментальные исследования, необходимые для практической реализации идеи. Поэтому можно предположить, что электронно-импульсная бомба — это мощный (возможно, сверхпроводящий) электромагнит, окруженный обычной взрывчаткой. В результате взрыва магнитное поле резко сжимается и возникает электромагнитный импульс, как раз и способный вывести из строя delicate электронику.

М.Батарцев

Разные разности

Выпуск подготовили

**М.Литвинов,
В.Скобеева,
Е.Сутоцкая**

Чем краснее клюв у самцов южных птичек — зебровых амадин и красноклювых трупиалов, — тем крепче у них иммунитет и тем больше они нравятся разборчивым самкам. К такому выводу пришли Дж.Блаунт из Университета Глазго (Шотландия) и группа под руководством Б.Февра из Университета Бургундии в Дижоне (Франция). Окраску клюву придают пигменты-каротиноиды. Чем их больше в организме, тем ярче окраска.

Каротиноиды нужны птицам не только для красоты. Они стимулируют выработку антител и обезвреживают свободные радикалы, выделяющиеся при иммунной реакции. «Давно высказывалось предположение, что яркость полового орнамента птицы отражает ее способность противостоять болезням и паразитам, — говорит доктор Февр. — Однако ни в одной работе не была прямо показана связь между активностью иммунной системы и яркостью орнамента».

Английские ученые кормили зебровых амадин пищей с повышенным содержанием каротиноидов. Для птиц эти вещества служат витаминами и в организме не синтезируются. У амадин повысилась их концентрация в крови, и в то же время окреп иммунитет и стал ярче клюв. На таких самцов самки обращали больше внимания.

Французы подошли к проблеме с другой стороны. Они создавали нагрузку на иммунную систему, и у красноклювых трупиалов уменьшалось содержание каротиноидов в крови. Клюв у них тоже становился бледнее. Видимо, пигменты переходили из него в кровь («EurekAlert!», 2003, 3 апреля).



Биолог Д.Шаттен из Университета Питтсбурга шесть лет пробовал клонировать обезьян, потратил на эксперименты 700 обезьяньих яйцеклеток, и у него ничего не получилось. Ученый считает, что и с человеком такая операция пока невозможна.

Дело в том, что у приматов белки, необходимые для правильного распределения хромосом при делении клетки, тесно связаны с ядром. Когда из яйцеклетки удаляют ее собственное ядро, чтобы заменить его донорским, вместе с ним убирают и эти белки. На ранних стадиях эмбрионы выглядят нормально, но дальше развиваться не могут. Некоторые клетки несут лишние хромосомы, другие — двойное количество, а каким-то хромосом вообще не достается.

По данным Шаттена и его коллег, похожая картина наблюдается и в яйцеклетках человека, так что сообщения компании «Клонэйд» об успешном клонировании человека вызывают большие сомнения.

У животных, которых удалось клонировать — например, коров, овец, коз, мышей, свиней, кошек и кроликов, — нормальное деление клеток делают возможным дополнительные запасы белков, участвующих в распределении хромосом.

Возможно, эту трудность удастся обойти. Шаттен оставлял в яйцеклетке обезьяны ее собственное ядро вплоть до внесения в нее нового, донорского. При этом белки, необходимые для деления, успевали мигрировать к новому ядру.

Ученый уверен, что технологию можно улучшить и научиться клонировать обезьян, но от клонирования людей лучше воздержаться. Слишком велика вероятность спонтанных аборт, смерти новорожденных и проблем со здоровьем. «Надеюсь, — говорит он, — что это естественное препятствие даст нам время на разработку эффективного законодательства, которое предотвратит любые попытки репродуктивного клонирования человека» («EurekAlert!», 2003, 10 апреля).



Психолог из американского Университета Брауна Р.Херц изучала влияние запаха на эмоции и поведение. В экспериментах участвовали только студентки. Юношей не брали, потому что у них такие эффекты проявляются намного реже.

Шестидесяти трем участникам исследования предложили сыграть в компьютерную игру, победить в которой было невозможно. Компьютер стоял в помещении с запахом, не связанным с испытываемыми ни с какими воспоминаниями. Если он был знаком участнице, ее исключали. После игры девушкам давали отдохнуть двадцать минут, а затем, разделив их на три группы, предлагали тест. Одни выполняли его в комнате с тем же запахом, который они ощущали при игре, другим предлагали еще какой-то, в третьем помещении запаха не было вовсе. В помещении с запахом, сопровождавшим проигрыш, студентки уделяли сложным вопросам гораздо меньше времени, чем в остальных комнатах. Этот показатель был выбран не случайно, поскольку результаты тестов могут быть связаны с разным уровнем интеллекта, а время, выделенное на размышление, говорит об отношении к выполняемой работе. Херц уверена, что это непосредственно связано с их предыдущим эмоциональным опытом, то есть с проигрышем «под тот же запах».

В подтверждение своего довода психолог предлагала студенткам посмотреть в комнате с новым запахом нейтральный видеоролик. В этом случае результаты работы с тестами ничем не отличались от полученных в двух других группах. Другими словами, участницы эксперимента четко связывали свои отрицательные эмоции с запахом, который их сопровождал, и свое последующее поведение строили, исходя из этого. Вероятно, это относится и к любым другим эмоциям, считает Херц («EurekAlert!», 2003, 14 апреля).



Овцы новой породы будут покрыты не плотной шубой из тонкой волнистой шерсти, а немногочисленными грубыми и прямыми волосами, периодически выпадающими («Nature News Service», 2003, 11 апреля). Таких овец выводит в Центре сельскохозяйственных исследований в Небраске (США) К.Леймастер с коллегами. «Волосяные», практически лысые овцы, по утверждению их создателей, будут более здоровыми, чем обычные, которые сильно страдают от паразитов и нуждаются в частой стрижке.

Новую породу получают, скрещивая устойчивых к паразитам катадинов и мускулистых дорперов. Животным не будет нужен особый уход, и у их мяса не должно быть явно выраженного специфического запаха. Леймастер считает это важным, поскольку многие американцы из-за этого запаха едят баранину гораздо реже, чем свинину или телятину.

Но как нет ни одной идеальной породы, так не может быть и идеального гибрида, полагают другие специалисты по разведению скота. Так, дорперов завезли в Америку из Южной Африки всего семь лет назад, а потому они еще не совсем устойчивы к местным паразитам. Американские фермеры предпочитают животных, которые самостоятельно сопротивляются напастям и не нуждаются в обработке противопаразитарными средствами. Считается, что их мясо менее вредно для здоровья людей. Составят ли им конкуренцию «лысые» овцы?

Испанские инженеры из компании «Repsol YPF» предложили несколько проектов для удаления нефти с танкера «Престиж». Судно затонуло в ноябре прошлого года недалеко от берегов Испании на глубине три с половиной километра. Около трети нефти уже попало в море, а остальные 50 тысяч тонн вытекут примерно через четверть века, после того как проржавеет корпус корабля. Впрочем, не все трещины в танкере были заделаны, и через них в воду просачивается примерно тонна нефти в сутки, так что медлить с обезвреживанием экологической мины не следует.

Основной проект заключается в том, что специальные роботы с дистанционным управлением просверлят в танках судна отверстия и пристыкуют к ним сверху большущий мешок длиной двадцать и шириной пять метров. Нефть, будучи легче воды, потечет в мешок сама, а когда он наполнится, робот закроет его, мешок всплывет на поверхность, и его можно будет опустошить и использовать снова («Nature News Service», 2003, 9 апреля).

Во втором, запасном, проекте тоже фигурирует огромный предмет, на этот раз — шатер. Его раскинут над судном, и он, как перевернутая воронка, должен улавливать всплывающую нефть. Из верхней части шатра ее можно будет откачивать на поверхность. Третий план выглядит не так экзотично и подразумевает выкачивание нефти с помощью насосов по шлангам.

Каждый из трех проектов, несмотря на простоту основного принципа, технически очень сложен. Большая глубина, высокое давление воды, вязкость нефти, необходимость удерживать на месте суда, проводящие операцию, — все это заставит инженеров как следует подумать над проектами. Подобных работ на море пока не проводили.

Изделия из обожженной глины постепенно впитывают влагу и увеличиваются в объеме. Если же их как следует прогреть, первоначальный объем восстанавливается. М.Вильсон из Института науки и технологии Манчестерского университета считает, что это свойство поможет узнать время изготовления кирпичей и построек из них.

Сейчас археологи определяют возраст керамики методом термолюминесценции, при котором исследуется свечение нагретого вещества — оно зависит от даты его обработки. Однако такой способ годится только для относительно древних находок, изготовленных несколько веков назад.

Ученые уже начали эксперименты с новыми и старыми кирпичами. Свежеобожженное изделие несколько месяцев держали на воздухе, затем грели два часа при 450°C, и оно возвращалось к первоначальному размеру. Следующую партию кирпичей искусственно старили, обрабатывая горячим паром. Несколько часов такой бани заменили столетия обычного существования. Тем не менее после прокаливания кирпичи снова стали такими же, какими были сразу после обжига. Взяв кирпичи, изготовленные 20, 120 и 1900 лет назад (последние были обожжены в Древнем Риме), ученые установили зависимость между количеством набранной влаги и возрастом. Она выполняется и для древних, и для новых кирпичей, хотя за это время технология обжига сильно изменилась. Правда, в статье не указано, зависит ли набухание кирпичей от состава глины.

У полученных результатов есть еще одно применение. С годами размер кирпичей в стене увеличивается, и здание может разрушиться, если не сделать промежутков. Рассчитать их строители и архитекторы смогут с помощью данных, полученных учеными из Манчестера («Nature News Service», 2003, 9 апреля; «Physical Review Letters», 2003, т.90, с.125503).

То, что цивилизация влияет на природу, сомнений не вызывает. Однако способы влияния могут быть весьма необычными. Недавно пекинские ученые открыли, что Великая Китайская стена ограничивает распространение пыльцы. Из-за этого растения одного и того же вида по разные стороны стены несколько отличаются друг от друга генетически.

Хонджия Гу из лаборатории белковой инженерии и генетической инженерии растений при Пекинском университете и несколько ее коллег изучали растения шести видов на трех участках в 70 км севернее Пекина. Два участка были разделены отрезком Великой стены, высота которой в этом месте составляет шесть метров. Здесь она была построена во время правления династии Мин, между 1368 и 1644 годами. Через третий участок, служивший контролем, проходила узкая горная дорога. Ученые проанализировали 416 образцов ДНК («Nature News Service», 2003, 9 апреля; «Heredity», 2003, т.90, с.212).

Генетическое разнообразие зависит не только от места обитания растений, но и от способа опыления, и от других факторов. При прочих равных условиях насекомые лучше, чем ветер, перетасовывают генетический материал. По одну сторону стены опыляемые насекомыми растения (например, кустарник *Vitex negundo*) генетически более разнообразны, чем ветроопыляемые, такие, как вяз приземистый (*Ulmus pumila*) или слива (*Prunus armeniaca*). Однако многолетняя трава *Cleistogenes caespitosa*, опыляемая ветром, все же более разнообразна, чем другие виды, чью пыльцу переносят насекомые.

Что касается барьеров, то даже по сторонам горной дороги разные варианты генов встречались у растений одного вида с разной частотой. По сторонам от Великой Китайской стены различия были намного заметнее. Нельзя сказать, что виды уже разделились на новые, но первые шаги к этому сделаны благодаря древним строителям.



Радиовзгляд С ВЫСОТЫ

Земля тоже светится

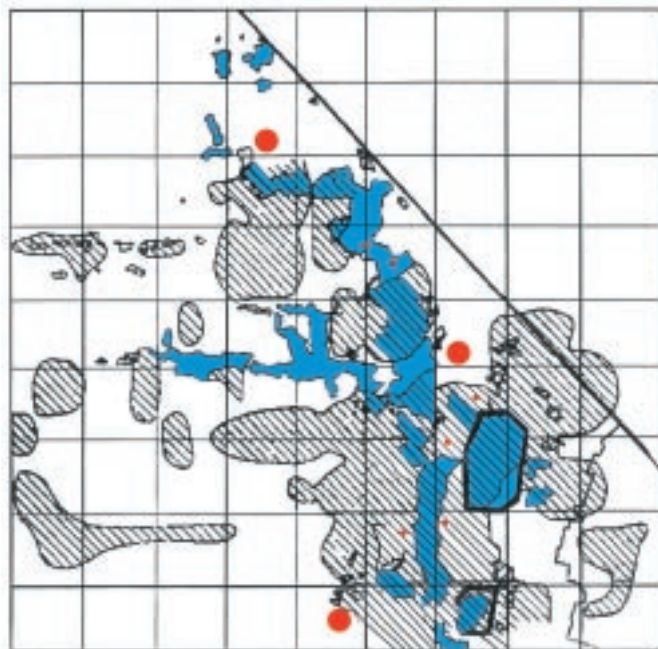
Все пишут — и это правда, — что Земля на снимках, сделанных со спутников, очень красива. Однако при ближайшем рассмотрении не все так хорошо, как кажется издали. В мире ежегодно теряется более 300 тысяч гектаров ценных поливных земель — из-за того, что при неправильном орошении из поливной воды в почву попадают минеральные соли. Это ведет к нарушению водно-солевого режима, и почва теряет урожайность. Поэтому необходимо контролировать состояние почвы и замечать изменения в почве в самом начале, когда еще можно что-то сделать.

Самое главное — проверять влажность почвы и содержание в ней солей (засоленность). Традиционные методы контроля этих параметров — отбор проб и химический анализ — трудоемки и дороги. Но влажность и засоленность почв можно определять, не спускаясь на Землю, прямо из космоса. Как мы увидим ниже, оттуда видно и многое другое.

Любое материальное тело излучает электромагнитные волны. Чем выше температура, тем выше мощность излучения, а длина излучаемых волн меньше. Поэтому Вега голубая, Солнце светит желтым и не очень ярко, а электроплита красная и еле видна в темноте. Поверхность Земли излучает в далеком инфракрасном и миллиметровом диапазонах. Интенсивность этого излучения можно измерить с помощью приборов, которые называют радиометрами. По сути дела, это радиоприемники, только на необычный диапазон волн и весьма чувствительные. Их можно установить на автомобиле, самолете или спутнике; такие измерения называются дистанционными.

Интенсивность излучения почвы зависит не только от температуры, но и от ее диэлектрической проницаемости, которая, в свою очередь, зависит от параметров почвы, например от плотности, влажности и т. д. Поэтому если удается установить связь между каким-то параметром почвы и диэлектрической проницаемостью, то, дистанционно измеряя излучение, можно будет на расстоянии определять, например, влажность или содержание солей.

Глубина залегания грунтовых вод вблизи отстойников Алтайского горно-обогатительного комбината. Отстойники — черный контур, штриховка — зона с глубиной залегания грунтовых вод менее одного метра (измерения с самолета), синий — области повышенной влажности поверхности земли (измерения со спутника), красный — данные по измерениям в скважинах: точка — уровень грунтовых вод выше одного метра от поверхности, кружок — ниже



Зачем нужны хорошие приборы

Серьезный интерес к исследованию диэлектрических и радиоизлучательных характеристик Земли в микроволновом диапазоне возник в 60-е годы. Именно тогда появилась высокоточная и малогабаритная радиометрическая аппаратура. Настолько точная, что результаты измерений привлекли внимание почвоведов, и настолько маленькая, что ее стало можно устанавливать на самолетах и спутниках.

Когда сотрудники Института радиотехники и электроники (ИРЭ) РАН Н.А.Арманд, А.Е.Башаринов, В.М.Поляков и А.М.Шутко установили радиометр на самолет и стали измерять радиоизлучение почвы, оказалось, что коэффициент излучения связан с влажностью почвы. Причем чем больше влажность почвы, тем меньше значения этого коэффициента. На основе этих данных был разработан дистанционный радиометрический метод определения влажности почвы.

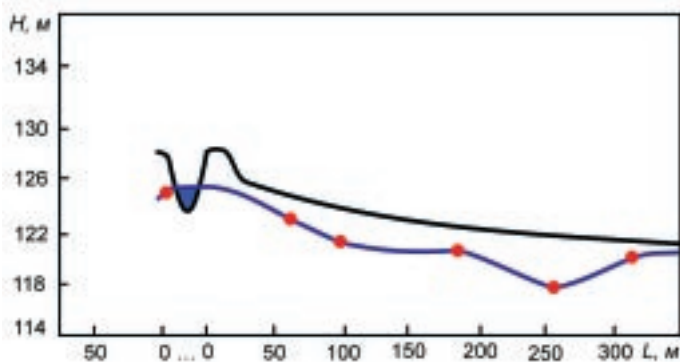
Но почему эти величины связаны? Диэлектрическая проницаемость воды намного больше, чем сухой почвы: при длине волны 27 см диэлектрическая проницаемость воздуха — 1, сухой почвы — 3–4, воды — 78 (известное из школы число 81 относится к более низким частотам). Поэтому сухая почва и вода ведут себя по-разному: при одних и тех же условиях вода излучает в три раза меньшую мощность, чем су-

хая почва. Сейчас есть радиометры, которые способны заметить изменение мощности на 0,1%, что соответствует изменению влажности почвы на 5–10%. Этого уже достаточно для практических применений.

Чем мельче, тем мокрее

В 1982 году Е.Н.Зотова и А.Г.Геллер заметили, что точность определения влажности почвы зависит от ее дисперсности, или гранулометрического состава. Оказалось, что от дисперсности зависит коэффициент излучения, несмотря на то что на диэлектрическую проницаемость размер частиц непосредственно не влияет. Зато он определяет суммарную площадь их поверхности, а именно на этой поверхности адсорбируются молекулы воды. Диэлектрическая проницаемость сорбированной воды в три — пять раз меньше, чем у свободной. Поэтому чем мельче частицы почвы, тем больше (при той же влажности) она излучает, отдаляясь по свойствам от воды и приближаясь к сухой почве. А при одном и том же излучении влажность почвы оказывается больше там, где частицы мельче.

Получается, что определить влажность по одним лишь измерениям радиоизлучения нельзя. В уравнении появляется второе неизвестное, от которого надо избавиться, прежде чем считать. Если определить количество связанной воды в почве какого-либо типа (или, что то же самое, ее гранулометрический состав), по данным об излучении можно



Глубина залегания грунтовых вод в районе Кулундинского магистрального канала: черная линия — профиль земной поверхности, синяя — дистанционные измерения уровня грунтовых вод по самолетным измерениям, красные точки — по измерениям в скважинах, синее поле — вода в канале



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

рассчитать влажность. И наоборот, если определить влажность, можно будет находить гранулометрический состав. Соответствующие методы были разработаны в 1991 году С.А.Комаровым, В.Л.Мироновым, Н.В.Рычковой и автором этой статьи.

Это — общая для техники закономерность: всякая новая зависимость осложняет измерение того, что измеряли раньше, но дает возможность измерить что-то новое. А при усложнении аппаратуры и методики появляется возможность одновременно измерять и то, что раньше, и новое. Сейчас мы увидим, как это произошло в данном случае.

При испытании методов на практике начались проблемы. Определение влажности при известном гранулометрическом составе осложнялось тем, что диэлектрическая проницаемость свободной воды намного выше, чем у связанной. Поэтому слабое влияние связанной воды становится незаметным. И если мы хотим более точно определить концентрацию связанной воды и гранулометрический состав почвы, то свободная вода должна потерять свою свободу.

О пользе заморозков

Для того чтобы вода потеряла свободу, ничего не нужно предпринимать специально. Это происходит каждую зиму. При заморозании, как известно, вода превращается в лед, а его диэлектрическая проницаемость — около 3, при том, что у сухой почвы она составляет 3–5. Поэтому вклад сорбированной воды в общую диэлектрическую проницаемость становится заметен. На основе этого эффекта в 1997 году С.А.Комаров, В.Л.Миронов и автор этой статьи разработали метод дистанционного определения гранулометрического состава почвы. Это способ позволяет, например, дистанционно различать пески, суглинки, глины — у них разная средняя дисперсность. Но применять этот способ можно не всегда и не везде, а только на мерзлой почве. Стало быть, или зимой, или там, где всегда зима.

Соль земли

Помимо влажности и дисперсности, излучение почвы зависит от того, много ли в ней минеральных солей. Если почва содержит водорастворимые соли, то ее излучение на дециметровых длинах волн (вы с ними знакомы — это те самые, которые ДМВ у телевизора) будет отличаться от излучения незасоленной почвы. Но именно на дециметровых, потому что диэлектрическая проницаемость зависит от длины волны, и, если проводить измерения в соответствующем диапазоне, можно определить степень засоленности почвы. Для этого, увы, опять-таки необходимо, чтобы другие параметры почвы, которые влияют на излучение, были постоянными или известными.

Но раз эффект зависит от длины волны, то этим можно воспользоваться. И действительно, для разделения вкладов влажности и засоленности в 1990 году Е.А.Реутов и А.М.Шутко предложили измерять коэффициент излучения почв на двух длинах волн, в сантиметровом и дециметровом диапазонах. Соответственно влияние солей на излучение почвенного покрова проявляется только в дециметровом диапазоне, а в сантиметровом — нет. Получается два уравнения с двумя неизвестными. Кстати, содержание солей влияет и на излучение замерзшей почвы, что и было использовано С.А.Комаровым, В.Л.Мироновым и автором этой статьи, которые разработали в 1998 году метод определения содержания солей в замерзшей почве по ее излучению. Казалось бы, все хорошо, но появилась еще одна проблема.

Еще проблема — еще решение

Состоит она в том, что измеряемые на двух разных длинах волн параметры почвы относятся к разным ее слоям: глубина проникновения излучения зависит от длины волны. Разумеется, это снижает точность определения засоленности почвы, но... опять же открывает некоторые новые возможности. А

именно позволяет определить такую важную вещь, как уровень грунтовых вод. Действительно, если увеличивать толщину слоя почвы, влажность которого определяется, то наступает момент, когда влажность возрастает до максимального значения — мы видим, что все почвенные пустоты заполнены водой. Эта толщина и есть уровень грунтовых вод.

Уровень грунтовых вод необходимо знать для контроля фильтрационных потерь воды, определения засоленности почв и нахождения подтопленных и заболоченных участков вблизи каналов и водохранилищ. Именно грунтовые воды поднимаются по капиллярам к корням растений. Определение уровня грунтовых вод — настолько важная задача, что первые попытки ее решения были сделаны еще в 1986 году А.М.Шутко. Усилия увенчались успехом — на основе его работ в 1997 году С.А.Комаров, В.Л.Миронов и автор этой статьи реализовали метод определения уровня грунтовых вод путем измерения излучения на двух длинах волн. На рис. 1 и 2 показаны примеры применения метода — профиль уровня земли и уровня грунтовых вод вдоль некоей трассы и сопоставление данных, полученных при съемке со спутника, с данными, полученными при бурении.

Таким образом, в итоге оказалось возможным определять и влажность, и засоленность, и гранулометрический состав, и уровень грунтовых вод. Но — ценой разработки все более сложной аппаратуры и создания соответствующей теории. Все проще, чем идти вдоль канала или просто по чистой полю, бурить и мерить, и опять бурить, мерить, кормить комаров, мошку и слепней...

Статья участвовала в конкурсе научно-популярных статей, который проводил Британский совет и агентство ИнформНаука.



Бегство от одиночества

Академик РАН
Е.Н.Панов

3. СИМВОЛИЧЕСКОЕ ЖИВОТНОЕ

Граждане, члены общества, находятся в том же состоянии, что и клетки организма. Привычка, обслуживаемая умом и воображением, внедряет среди них дисциплину, которая, благодаря устанавливаемой ею солидарности между индивидами, отдаленно имитирует единство организма.

А. Бергсон. Два источника морали и религии

Действия, достойные самого сурового осуждения, столь часто оправдываются успехом, что граница между дозволенным и запретным, справедливым и несправедливым теперь совершенно неустойчива и, кажется, может перемещаться индивидами почти произвольно.

Э.Дюркгейм. О разделении общественного труда

Лет пятнадцать–двадцать тому назад меня пригласили в один из биологических институтов Москвы прочесть лекцию о социальном поведении животных. Тема эта тогда была для многих новой, и присутствующие буквально засыпали меня вопросами. Подробности дискуссии давно уже стерлись из моей памяти, но один из вопросов я запомнил навсегда. «Но почему же, — воскликнул маститый седовласый зоолог, — вы называете животных «социальными»? У них же нет денег!»

Читатель, вероятно, знает, что появление денежного обмена — это сравнительно недавнее событие в многовековой истории человечества и что даже по сию пору существует немало так называемых первобытных культур, которым чужда сама идея звонкого металла. Так или иначе, появление денег — отнюдь не существенный рубеж для разграничения социальности у животных и человека.

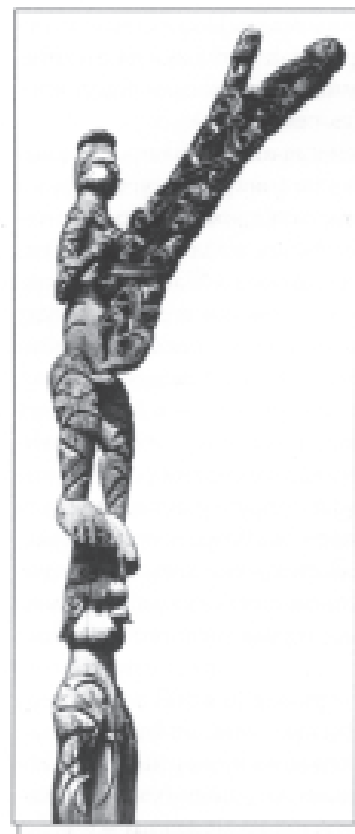
Разумеется, обмен в самых разнообразных формах (женщинами, продуктами промысла, труда и другими товарами) — черта, характеризующая человека как существо высоко социальное. Однако понимание всех тех преимуществ, которые открывал обмен, могло родиться у наших далеких предков только на сравнительно высокой стадии их интеллектуального и культурного развития. Сменилось немало поколений, прежде чем вполне привычными стали понятия «мое» и «твое» и тем самым оформилось представление о собственности. А этому на заре становления человека долж-

но было предшествовать следующее: осознанное отделение индивида (как личности!) от своих братьев и соплеменников.

Это тот самый рубеж, когда рождаются категории «мы — они», «я — ты» и группировка приматов-гоминид эволюционно перерастает в человеческое общество. Именно это имел в виду выдающийся французский социолог Э.Дюркгейм, говоря о том, что коллективная жизнь людей, вопреки кажущейся самоочевидности, возникла не из индивидуальной, а, напротив, последняя возникла из первой. Именно здесь, по всей видимости, и коренится фундаментальное отличие социальности человека от всевозможных форм коллективизма у животных.

Главенствующая роль мыслящего, самоосознающего индивида как творца материальной и духовной культуры, в координатах которой только и возможно существование человеческого общества, долгое время ускользала от внимания ученых, занятых вопросом о путях социальной эволюции. Именно этим обстоятельством можно объяснить многочисленные попытки поставить знак равенства между законами, управляющими жизнью социума животных, с одной стороны, и человеческого общества — с другой.

Конечно, особенно завораживала картина необычайной сложности и целесообразности общин социальных насекомых, их организации (в частности, пчел, муравьев и термитов). Казалось, что отличия этих общин от нашего собственного социума с его разветвленными механизмами производства, накопления материальных благ, административного и политичес-



кого управления — это всего лишь отличие в степени, но не в качестве.

Вот, к примеру, в каких выражениях описывал немецкий естествоиспытатель Людвиг Бюхнер в конце XIX века организацию общины медоносных пчел: «Возвращаясь еще раз к государственному устройству пчел, приходится признать почти достигнутый идеал благоустроенного, как в политическом, так и в социальном смысле, государства. У них нет постоянного войска — как у других родственных им насекомых, а защита государства... основана на всеобщем ополчении граждан, подобно тому, как граждане средневековых городов были в одно и то же время работниками и воинами. Но внутри все держится исключительно трудом, самоотверженным трудом ради общего блага... В труде пчелы достигли наивысшего коммунистического идеала. Труд вполне свободен, добровольен и непринудителен... Нельзя также особенно упрекать наших пчел-демократов за их монархический режим, если принять в расчет, что царица находится под присмотром и в зависимости от работниц и что сфера ее власти не может даже сравниться с полномочиями президента людских республик».

Вероятно, сегодня мало кто согласится с правомерностью использования при описании сообщества пчел таких выражений, как «государствен-

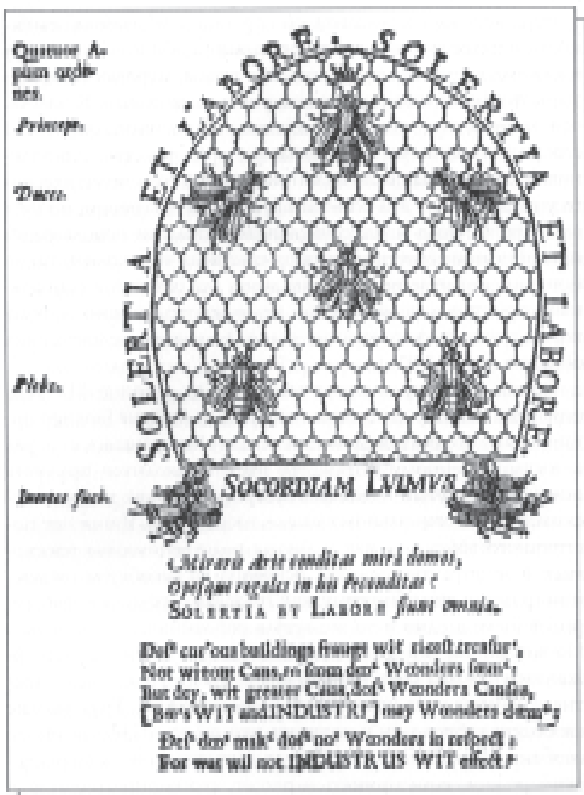


Иллюстрация из книги Ч.Бутлера «Женская монархия», 1623), посвященной королеве Генриетте-Марии, супруге Карла II. Так по аналогии с человеческим обществом представляли себе в XVII веке устройство общины медоносных пчел



КНИГИ

ное устройство», «демократия», «монархический режим», «власть», «коммунистический идеал», «ополчение граждан». Все эти термины тут допустимы лишь в качестве метафоры, но, по сути, они никак не оправданы, если мы хотим разобраться в истинных принципах строения и организации пчелиной семьи. Ведь употребление слова «труд» предполагает рациональную, сознательно планируемую деятельность — в отличие от спонтанной активности насекомых, которая направляется главным образом мощными, но неосознаваемыми импульсами инстинкта.

В общем, если мы задались целью уяснить, чем же социальная организация животных (в частности, общественных насекомых, создающих подобие материальной культуры человека) принципиально отличается от социальности Homo sapiens, нам придется осмыслить такие бытующие сегодня среди ученых и философов категории, как «общество», «культура», «государство», а также другие понятия, которые имеют немаловажное значение для обсуждаемой темы.

«Я мыслю — следовательно, я существую». В этом высказывании гениального французского философа XVII века Рене Декарта в концентрированной форме заложено, пожалуй, все глав-

ное, что необходимо для понимания природы человека.

Прежде всего, некая мысль высказана существом, которое осознает себя как индивидуальность и, стало быть, вправе приписать себе собственное «я». Далее: мысль Декарта выражена в словесной форме, то есть существо, которому приписывается высказывание, выступает в качестве носителя языка. Наконец, суждение имеет характер силлогизма, построенного по принципу «если... то...», и, таким образом, подразумевает способность субъекта к логическому мышлению: «при определенных обстоятельствах следует ожидать того-то и того-то».

Отношения в этой триаде «личность — язык — мышление» завязаны в столь крепкий узел, что каждый раз приходится думать: за какой же кончик следует потянуть, чтобы внести в проблему необходимую ясность? Любой ход в случае удачи может привести к успеху. Впрочем, давайте на этот раз начнем с мышления.

Существует расхожая фраза: «Животные ведут себя инстинктивно, а человек — разумно». Возможно, в самом общем смысле это отвечает истинному положению вещей. Но все же принять такой постулат приходится с великим множеством оговорок. Прежде всего: что такое «животные вообще»? Можно ли, скажем, поставить на одну доску пчелу и шимпанзе, приписав им нечто общее? Можно, если охарактеризовать их так: у них отсутствуют определенные качества, присущие человеку. И самое главное из таких качеств — это язык и возникающая на его основе членораздельная речь. Подобного животные, бесспорно, лишены. Что же касается всего остального, то здесь психические отличия «животных вообще» от «людей вообще» могут сводиться лишь к степени, но не к качеству.

Инстинктивное поведение насекомых — это воистину притча во языцах. Инстинкт, по сути дела, есть способность действовать во всех случа-

ях жизни в соответствии с некой врожденной программой. Такая программа записана в генетической памяти вида и практически без изменений передается из поколения в поколение. Однако нет сомнения в том, что никакая генетическая программа не в состоянии предусмотреть абсолютно все жизненные коллизии, с которыми в реальной жизни сталкивается конкретное животное. Ну хорошо, если условия внешней среды для данного вида привычны и стабильны. А если они вдруг оказываются существенно иными — что тогда? Например, ученые не раз пытались проверить, как же поведет себя насекомое, если поставить перед ним задачу, решение которой ни при каких обстоятельствах не может быть предусмотрено генетической программой. И кое-что весьма любопытное удалось выяснить.

Французский энтомолог аббат Даршен, изучая процесс постройки сота медоносными пчелами (а это, бесспорно, происходит на основе сложнейших инстинктивных программ), всячески вмешивался в созидательную деятельность насекомых. В частности, его заинтересовало, как поведут себя пчелы, если в самый центр одной из ячеек сота воткнуть металлическую иглу. Оказалось: если не загибать кончик иглы под дном сота, то пчелы неизменно вытаскивают ее. Это уже само по себе можно расценивать как величайшую находчивость со стороны насекомых!

Однако самое интересное произошло в тех случаях, когда загнутый кончик иглы не позволял пчелам справиться с задачей. Тогда пчелы начинали перестраивать ячейку так, чтобы игла торчала не из центра ячейки, а проходила бы через ее стенку. Но — и тут главное! — поскольку, согласно пчелиным законам, все ячейки в данном секторе сота должны быть одинакового диаметра, реконструкция одной из них неизбежно влекла за собой перестройку соседних ячеек, а затем и ячеек, граничащих с уже перестроенными. Перестройка без конца! (Вам это ничего не напоминает?) Понятно, что

данная задача невыполнима в принципе, если не бросить все и не начать строительство сота заново. Заново! С проблемой частичной перестройки сота не смог бы справиться и человек с инженерным образованием. Естественно, пасовали здесь и пчелы, проявившие тем не менее истинные чудеса рационализма в рамках своей ограниченной психики.

Итак, даже поведение насекомых невозможно полностью свести к чисто инстинктивной деятельности. Что же тогда говорить о психически гораздо более развитых животных — птицах и млекопитающих, а среди последних — о наших ближайших предках, человекообразных обезьянах! Например, как следует расценивать повадки небольшой, числом около двадцати особей, естественной группировки шимпанзе, обитающей на юго-востоке Гвинеи в Западной Африке?

Вот этот случай. Нидерландские зоологи Ф.Кортланд и Е.Хольцхауз недавно обнаружили, что данная группа шимпанзе регулярно пользуется камнями, чтобы разбивать орехи масляной пальмы, которую там культивируют люди местной трибы манон. Замечателен не сам факт использования камня в качестве молотка (эта повадка доступна даже птице-стервятнику, который, держа камень в клюве, пробивает им скорлупу страусового яйца, чтобы добраться до его содержимого). Поражает на редкость рациональная организация всего процесса добывания съедобной части орехов нашими шимпанзе.

Так, ученые обнаружили в лесу специальные «рабочие площадки», где разбросаны камни, часть из которых обезьяны используют в качестве молотков, а другие — как наковальни, куда кладут орехи, прежде чем они будут расколоты. Замечательно (и удивительно) еще и то, что повадка раскалывания орехов с помощью молотка (один из них выделялся тем, что имел слегка удлиненную ручку и более массивную головку!) и наковальни свойственна в Гвинею только данной группировке шимпанзе. Судя по всему, эта группировка все чаще и чаще прибегает к такому навыку. А это значит, что в данном случае мы имеем дело не только с вполне разумным поведением, но и со своего рода культурной традицией (ведь она — сигнально, то есть посредством научения — передается потомкам). Подобные проявления прогрессирующего использования рациональных повадок у обезьян некоторые ученые называют «пракультурой».

Из всего того, что было сказано до сих пор, напрашивается весьма важный вывод. Совершенно очевидно, что

граница между инстинктивным поведением (что жестко задано врожденной программой) и рациональным поведением, допускающим широкие возможности импровизации, не совпадает с границей между психикой животных и человека. Рациональное (разумное в истинном смысле этого слова) вступает в свои права лишь после того, как на способность соотносить свои действия с конкретной ситуацией накладывается принципиально новая категория поведения. Какая? И не просто «очередная», самая значимая!

Я хочу сказать, что новый, но гигантский шаг в развитии психики связан со становлением языкового, или лингвистического, поведения. Именно с появлением языка человек из существа чисто биологического начинает превращаться в уникальное, единственное по своей сути существо на планете — «символическое животное».

В основе своей язык — это не что иное, как огромная библиотека тесно взаимосвязанных символов. Каждый из них лаконично обозначает то или иное явление мира, внешнего по отношению к роду людскому в целом и к каждому из нас в отдельности. Взятые вкупе, эти символы складываются в некую единую картину той специфической среды, в которой живут и творят носители данного языка. Коль скоро природные условия, где живет тот или иной народ, а также обстановка, создаваемая самими людьми данной культуры, сплошь и рядом резко меняются с переходом от одного этноса к другому, то во многом несходными оказываются и языки разных этнических групп.

Будучи общепринятыми и, стало быть, понятными в границах данного человеческого коллектива, языковые символы в процессе речи комбинируются друг с другом. Их беспредельное сочетание позволяет формулировать сколь угодно сложные, изощренные речевые описания внешнего мира и человеческих отношений. Эти описания могут без купюр передаваться от одного члена сообщества к другому и, в устной традиции, от поколения к поколению.

Но вот в IV тысячелетии до н.э. человечество ступило в письменный период своей истории. Теперь стало возможным «консервировать» подобные тексты-описания и тексты-инструкции. Отныне они становятся неподвластными времени и могут поставлять нам богатейшие сведения о событиях давно минувших дней.

Письменный текст, будучи зафиксирован на камне, папирусе, бумаге, приобретает самостоятельное существование, словно отчуждаясь от своего творца. Этим же свойством независимости, автономности от мира реальных вещей обладает, строго говоря, вся система языковых знаков-символов. Наш соотечественник, лингвист В.В.Мартынов удачно назвал язык «действительностью 2» — в отличие от «действительности 1», какой является окружающий нас мир реальных вещей.

Уникальная способность человека творить символы и оперировать ими в рамках «действительности 2» позволяет ему думать и говорить об отсутствующих в данный момент вещах и событиях. Именно это свойство языка, получившее название «перемещаемость», дает человеку возможность планировать свою деятельность далеко вперед, используя собственный прошлый опыт, а также опыт современников и предшественников. Человек способен прогнозировать свои планы на будущее, взвешивая вероятности их осуществления и возможной неудачи. При этом он опирается на воображаемые события (которые, понятно, еще не произошли), а также на оценку своих собственных способностей и резервов.

Вот здесь еще одна удивительная особенность языка! Она позволяет нам анализировать создаваемые в рамках «действительности 2» (то есть в самом же языке) построения относительно реального либо воображаемого хода событий, взвешивать все «за» и «против», сомневаться в истинности сказанного или написанного, выбирать наиболее приемлемые решения. Все эти возможнос-

Именно с появлением языка человек из существа чисто биологического превратился в «символическое животное».

ти обязаны тому свойству языка, который называют «рефлексивностью» — способностью «обсуждать самого себя».

Это лишь часть тех гигантских преимуществ, которыми обогатилась психика человека с возникновением языка, а лингвистическое поведение словно бы наслаивалось на рациональное, рассудочное поведение наших животных предков. Однако у медали, даже такой сияющей, увы, есть и обратная сторона.

С возникновением «действительности 2» люди в известном смысле превратились в ее рабов. Создавая шаг за шагом свой собственный мир идей, надстроенный над физическим миром природы, че-



ловек не только освобождался от нее, но и множил свои заблуждения. Особенно это заметно при изучении так называемых традиционных культур, где каждый член сообщества опутан бесчисленным множеством абсурдных, с точки зрения человека нового времени, предписаний, ограничений и табу. «В простых обществах, — пишет Дюркгейм, — где традиция всемогуща... самые мелочные обычаи в силу привычки становятся безусловными обязанностями». При этом, продолжает автор, масса поступков, которые нам кажутся лишь несоблюдением приличий, там кажутся суровее, чем серьезные преступления против личности и, стало быть, против общества в целом. Не говоря уже о множестве запретов, вытекающих из веры в потусторонние силы, пища, одежда и тысячи мелочей повседневной жизни подчинены самой жесткой регламентации со стороны коллектива.

Предположение об универсальном типе человеческого общества по меньшей мере наивно.

И получается так. Представления о мире каждого этноса (ушедших в прошлое и всех ныне существующих) — это причудливый, уникальный сплав традиций, установлений и верований, коренящихся как в многовековом практическом опыте данного народа, так и в поистине бесчисленных, узаконенных веками заблуждениях разума.

Заблуждения разума... Сей микроскоп идей о мироздании с вытекающими отсюда культами и ритуалами, а также правилами поведения в приватной жизни и с прочими членами социума — все это в сумме составляет духовную основу конкретной, неповторимой культуры.

И все-таки надо сказать вот о чем. Способ социальной организации того или иного человеческого общества в огромной степени определяется экологическими условиями природной среды, которую людям приходится осваивать в своих жизненных интересах. Однако тот факт, что в одинаковых природных условиях могут существовать общества с разным социальным устройством, указывает на весьма немаловажную роль традиций — то есть опять же духовного начала. Именно оно — причина своеобразия конкретной системы социальных отношений. А коль скоро мир традиций каждого этноса абсолютно неповторим (он в принципе не подвластен закономерностям логики), то было бы по меньшей мере наивным само предположение о возможности существования универсального типа человеческого общества.

Эволюция каждого этноса, его культуры носит в значительной степени случайный, непредсказуемый характер. События, в которые вовлечены реальные люди с их конкретными желаниями и планами, слишком часто приводят к результатам, которых не ожидал никто из участников этих событий.

Тому есть много причин, но об одной из них стоит сказать особо. Актеры в драме жизни — это не пешки на шахматной доске, отштампованные по единому образу и подобию. Каждый из нас — личность с неповторимыми психическими качествами и с нестандартным отношением ко всему тому, что принято называть моральными нормами и жизненными ценностями. А эти последние, формируясь в каждом обществе под многовековым влиянием всевозможных культурных традиций, подчас входят в противоречие с основополагающими мотивами человеческой психики. Например, с инстинктом самосохранения.

Как всем известно, люди могут совершать поступки, которые, казалось бы, несовместимы с логикой рационального поведения. Во всяком случае, нам и в голову не пришло бы ожидать чего-либо подобного от животного, неизменно, в меру своих возможностей, действующего целесообразно. Взять хотя бы, к примеру, разнообразные формы самоубийства у человека (классический, японский, или современный камикадзе; офицер, проигравшийся в карты и не сумевший вовремя отдать долг; пылкий юноша, которого отвергла возлюбленная; зрелый мужчина, осознавший, что он неудачник, и не могущий смириться с этим... ну и еще десяток печальных вариантов). Как писал в свое время французский философ Анри Бергсон, «Homo sapiens, единственное существо, наделенное разумом, — это также единственное существо, которое может ставить свою жизнь в зависимость от глубоко неразумных явлений».

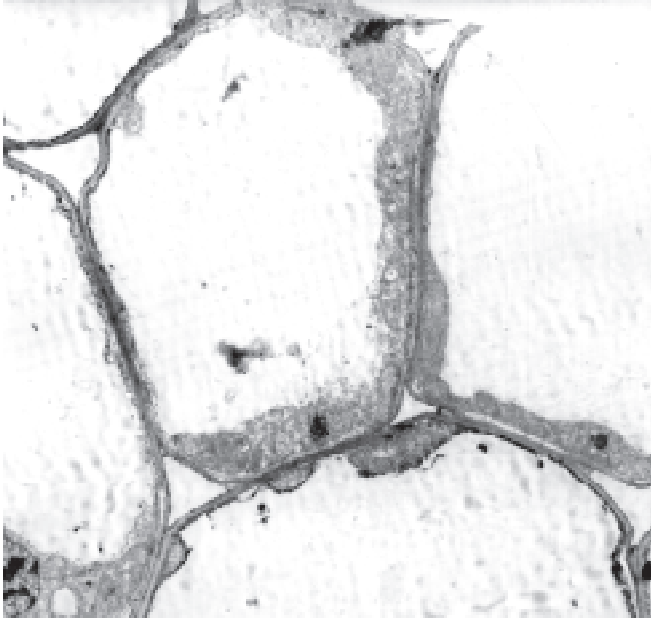
Впрочем, Бергсон здесь все-таки выразил свою мысль не вполне точно.

Для человека — как члена социума — оценка того, что разумно и что неразумно, далеко не всегда совпадает с меркантильными мотивами и даже с инстинктом самосохранения. Будучи не просто живым существом, а личностью мыслящей и ответственной, индивид способен к рефлексии, к самооценке. Она-то в первую очередь ориентирована на неписанные (!) правила поведения — на правила, освященные традициями данной культуры, на ее нормы, понятия о благородстве и чести. Словом, на то, что мы привыкли включать в понятие высших нравственных ценностей, какими бы нелепыми и абсурдными ни казались многие такие правила наблюдателю со стороны. Да, пришельцу из другой культуры «эту» (нашу современную или архаичную, первобытную) культуру не понять. И человек — носитель данной системы традиций — с фатальной необходимостью будет следовать ее предписаниям.

Поэтому необходимо сказать так: «разумное» поведение человека — это нечто совсем иное, нежели рациональное, целесообразное поведение животных. Суть поведения последних направлена на максимальное удовлетворение стремления жить и оставлять потомство. А люди (во всяком случае, многие из них) способны подчинять свои сиюминутные желания и страсти интересам более высокого порядка. Эти интересы основаны на долгосрочных, стратегических планах на будущее.

Суть человека в том (и тут я вновь обращаю внимание читателя на главный тезис этой главы), что стратегические планы в нашем сознании выстраиваются в форме языковых текстов, а эти последние базируются на ценностях, нормах и запретах, сложившихся к настоящему моменту в конкретной этнической культуре.





1



2

Под электронным микроскопом клетки хлорофиллдефектных мутантов выглядят порой почти пустыми. Иногда они заполнены лишь аморфной массой (фото 1), и только при детальном рассмотрении можно опознать в этих аморфных сгустках зачатки хлоропластов, окруженные скоплениями митохондрий (фото 2). Именно за счет митохондрий — «энергетических станций» клетки-мутанты, лишённые способности к фотосинтезу, могут некоторое время поддерживать свое существование

Мутанты-невидимки

Кандидат биологических наук
Ю.В.Венжик

Биоразнообразие, которого не видно

Слово «биоразнообразие» сегодня на слуху у каждого. Ученые и любители природы бьются за сохранение не только целых видов растений и животных, они ратуют за то, чтобы не исчезли, не вымирали даже отдельные популяции — более или менее изолированные сообщества зверей, птиц, насекомых, деревьев или трав.

Еще бы! Ведь если кому-то и кажется, что в Краснодарском крае и в Архангельской области растут совершенно одинаковые березки, то на самом деле они могут отличаться друг от друга, и довольно заметно. Пересади-ка, попробуй, южную белоствольную красавицу туда, где зима длится чуть ли не восемь месяцев в году — не приживется ведь.

А собственно, почему? Растут же здесь другие березы того же вида! Дело как раз в биоразнообразии: в популяциях «южанок» и «северянок» преобладают разные варианты (аллели) одного и того же гена.

Замена одного варианта гена на другой может и не сказаться на внешнем облике растения или на его способности скрещиваться с другими представителями вида, но в то же время эти различия могут сделать одно конкретное дерево более устойчивым к низкой температуре, чем другое. И не только к температуре: к слишком кислой или щелочной почве, к засухе, к выхлопным газам автомобилей — да мало ли еще к чему!

Благодаря такому биологическому разнообразию все растения, даже в

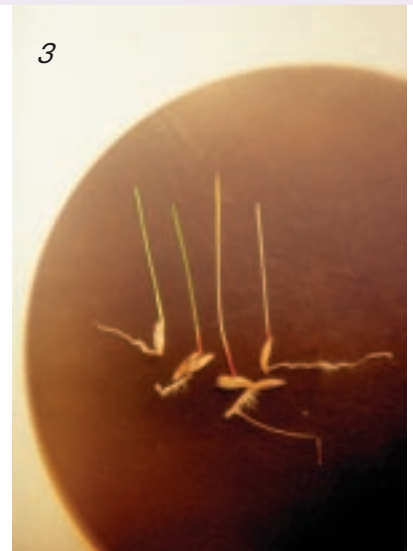
рамках одного вида, уникальны, как и люди. Именно оно сделало возможной селекцию, и ему обязан человек сотнями сортов злаков, картофеля, плодовых деревьев, пород лошадей, коров и собак. Нередко представители разных пород одного вида очень сильно отличаются друг от друга: сравните хотя бы болонку с сенбернаром.

Биоразнообразие, которое можно увидеть

Впрочем, и у растений, и у животных есть такие гены, результат действия которых виден непосредственно. Это в основном гены, кодирующие пигменты, а стало быть, отвечающие за окраску. Только вот может ли дать нам что-либо ценное изучение такого признака, как окраска? Оказывается, да.

Возьмем, к примеру, какое-нибудь известное растение, скажем клевер или пшеницу. На первый взгляд все растения в поле одинаковые — зеленые. Но если хорошо поискать, то иногда можно встретить среди них и бледно-зеленые, и почти золотистые экземпляры, а если повезет, то и в бело-зеленую полосочку.

Все растения, имеющие листья необычной окраски, называют пестролистными. Самые первые описания таких растений относятся к началу XX столетия и принадлежат шведскому ученому Х.Нильссону-Эле. С тех пор для них была предложена не одна классификация, однако наиболее проста, удобна и логична все-таки визуальная. В соответствии с окраской листа растения подразделяют на зеленые, светло-зеленые, желтые, золо-



3

Четыре маленьких проростка «осенней» окраски. Обычно растения приобретают подобные цвета лишь осенью, но в опыте экспериментаторам удалось проявить краски осенних пигментов (каротиноидов) у растений, которые только-только проклюнулись из семечка. Все они — супрессированные мутанты, а исследователям удалось подобрать условия, при которых супрессия исчезает

тистые и т. д.; выделяют растения полосатые, в крапинку и даже абсолютно бесцветные. Всем этим несколько легкомысленным терминам есть строго научные латинские эквиваленты, употребляемые обычно специалистами: *viridis*, *xantha*, *albina*, *tigrina*, *maculata*, *costata* и другие.

Нередко пестролистные растения используют в декоративном цветоводстве, но крайне интересны они и ге-



4



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Полевой питомник, в котором генетики выращивают свой экспериментальный материал — растения со скрытой хлорофиллдефектностью. Каждое растение здесь — клон хлорофиллдефектного мутанта, причем мутации разных типов характеризуется своим собственным комплексом признаков. В нормальных условиях все растения имеют одинаковую окраску, но сохраняют присущую только им внутреннюю структуру и размер листьев, форму куста и многие другие особенности

нетикам — ведь необычная окраска, скорее всего, свидетельствует о мутации в одном из генов, формирующих фотосинтезирующие структуры листа, или же просто о редком аллельном варианте такого гена. При этом необычный фрагмент ДНК может содержаться как в ядерных хромосомах, так и в ДНК самих фотосинтезирующих органелл — пластид.

Для простоты все пестролистное растение называют растениями с хлорофилльными мутациями (или хлорофилльными мутантами), хотя не все мутации этой группы связаны непосредственно с синтезом основного фотопигмента — хлорофилла. Термин просто означает, что ни одно необычное растение не может тягаться с «нормальным» по интенсивности фотосинтеза.

От следствий к причинам

Работать с разноцветными хлорофилльными мутантами — одно удовольствие: их легко идентифицировать, а при необходимости можно получить и отобрать самому. Для этого достаточно использовать хорошо известные науке мутагенные факторы: рентгеновские или гамма-лучи, некоторые химические препараты. Кроме того, иногда того же эффекта добиваются, помещая растения в экстремальные физические условия, — например, выращивают их при чрезмерно высокой либо, напротив, при аномально низкой температуре, круглосуточно освещая проростки ярким светом или выдерживая их в темноте. Но главное для

исследователя то, что для работы годится почти любой материал, имеющийся под рукой: злаки, бобовые, крестоцветные и даже зеленые водоросли, — ведь хлорофилльные мутанты для большинства видов растений совсем не редкость.

Разнообразие окраски во многом отражает разнообразие причин, вызывающих хлорофиллдефектность. В соответствии с ними мутантов тоже делят на группы. Классические пигментные мутанты, как понятно из самого названия, не способны синтезировать полный набор пигментов, необходимых для фотосинтеза. При этом речь идет не только о главных действующих лицах фотосинтеза — хлорофиллах, но и о вспомогательной группе каротиноидов. Таким образом, некоторые реакции усвоения энергии обрываются уже в самом начале: растение не может уловить свет во всем диапазоне, доступном его «нормальным» сородичам, и какая-то часть спектра оказывается для него бесполезной. При этом функциональные нарушения практически всегда сопровождаются недоразвитием пластид или, по крайней мере, их значительной трансформацией.

Однако бывают и другие причины хлорофиллдефектности. Например, известны мутанты, дефектность которых объясняется тем, что энергия поглощенного света не может трансформироваться в химическую. Происходит это из-за нарушений в структуре какого-либо фермента, участвующего в одной из стадий фотосинтеза. Наконец, есть растения, мутантные по генам, отвечающим за синтез определенных аминокислот. В этом случае в пластидах появляются дефектные белки, из-за чего могут деформироваться и сами хлоропласты. Нарушение функций хлоропластов, то есть процесса фотосинтеза, будет в таких случаях следствием структурных нарушений.

Тайное, и как его сделать явным

Вне зависимости от причины хлорофиллдефектности большинство мутаций этой группы летальны — растения, отягощенные ими, не способны размножаться, а частенько и вообще по-

гибают проростками, как только израсходуют питательные вещества семени.

Редкое исключение составляет один мало изученный класс пигментных мутантов. Это мутанты с так называемой супрессированной, то есть подавленной, невидимой в обычных условиях хлорофиллдефектностью; у высших растений их обнаружили сравнительно недавно.

Между тем разнообразие таких мутантов огромно, и при этом все они достаточно полноценно функционируют в естественной среде, да и выглядят как совершенно нормальные зеленые растения. Маскировку их многочисленных мутаций обеспечивают особые гены — супрессоры. А происходит это так.

Допустим, что у растения в результате каких-то причин (ну хотя бы внешних влияний) произошла мутация в гене, локализованном в ядре и отвечающем за синтез зеленого пигмента. Такой экземпляр потерял бы типичную окраску, став желтым или даже бесцветным (если мутация была не одна и затронула помимо хлорофиллов еще и каротиноидные пигменты). Структура листа у этого мутантного растения, как правило, тоже существенно нарушена, фотосинтез практически невозможен. Казалось бы, растение обречено на медленную смерть.

Однако природа предусмотрела возможность сохранения хлорофиллдефектных мутантов в популяции за счет оригинального генетического механизма защиты. Дело в том, что в процессе длительной эволюции некоторые растения обзавелись так называемыми генами-супрессорами (иногда только одним, а порой и несколькими), способными предохранять их от пагубных для организма мутантных ситуаций. Если с растением все в порядке, подобный ген в общем-то бесполезен, но вот если произошел генетический сбой, то продукт этого гена начинает взаимодействовать с мутантным белком.

В результате в некоторых случаях образуется комплекс, похожий на нормальную структуру, а иной раз взаимодействие двух «неправильных» биологических молекул дает клетке возможность производить на их основе нор-

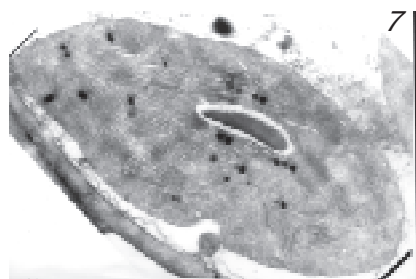


Результаты исследования ультраструктуры листа мутантов-невидимок оказались сюрпризом для ученых. Хлоропласты абсолютно нормальных на вид зеленых растений имеют многочисленные дефекты. Обычно они теряют свою типичную линзовидную форму и становятся округлыми, а их тилакоиды (основные структурные единицы пластиды, несущие пигмент) гофрированы и раздуты

Фото 5. Нормальный хлоропласт

Фото 6. Хлоропласт с деформированными гранами

Фото 7. Хлоропласт с раздутыми волнистыми гранами



мальный (или почти нормальный) конечный продукт. В общем, срабатывает простое правило: минус на минус дает плюс, и, таким образом, ген-супрессор вполне способен исправить положение, запустив нарушенный было процесс немножко в обход. Конечный результат при этом оказывается обычно таким же, как если бы нарушения не возникали вовсе.

Вот почему ученый порой даже не подозревает, что прямо у него под носом растут уникальные объекты для генетических исследований — мутанты-невидимки. Только как выявить надежно скрытый мутационный груз, как изучить малоизвестный феномен? Казалось бы, все слишком сложно, и ученые еще не скоро доберутся до него.

Но лазейка в таинственный мир невидимых мутаций все-таки нашлась: оказалось, что некоторые гены-супрессоры могут оказаться чувствительными к факторам среды, например к той же температуре или свету. Когда растение попадает в экстремальные

условия, «защитники» порой перестают справляться со своей задачей, и тогда взору экспериментатора предстает весь разноцветный хлорофиллдефектный спектр в полной своей «осенней» красе.

Иной раз достаточно перенести растения, скажем, в жарко натопленную комнату, да оставить там на недельку-другую, и, если повезет, ученый увидит, наконец, те самые светло-зеленые, золотистые и полосатые растения, которые долго и, возможно, тщетно искал бы на лугу или в лесу.

Удачный эксперимент и что из этого следует

К сожалению, подобрать условия, при которых супрессия исчезает и тайное становится явным — задача непростая. В каждом конкретном случае ее приходится решать заново, используя по большей части метод «научного тыка».

Уникальная работа сотрудников Института биологии Карельского научного центра РАН — пример удачного эксперимента такого рода. В лаборатор-

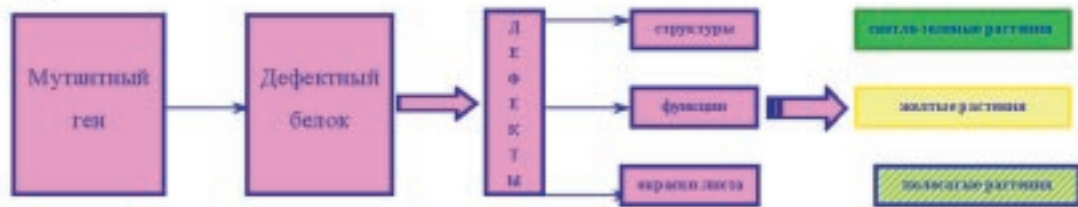
рии генетики исследовали растения овсяницы луговой — злака, типичного и для Карелии, и для многих других регионов нашей страны. И вот экспериментаторы с удивлением обнаружили, что, по крайней мере, для северных популяций овсяницы феномен супрессированной хлорофиллдефектности весьма характерен. Изменяя световой и температурный режим, исследователи сумели выявить мутационный груз злака, то есть, проще говоря, подобрать в эксперименте те самые условия, к которым чувствителен ген-супрессор.

При высокой температуре и постоянном освещении уже получен целый ряд разноцветных проростков — зеленых, светло-зеленых, желтых, бесцветных, причем, став взрослыми растениями, они не погибают: когда проростки переносят в нормальные условия, их листья зеленеют буквально на глазах. Удивляться этому не приходится, работе гена-защитника больше ничто не мешает, и супрессия восстанавливается (см. схему).

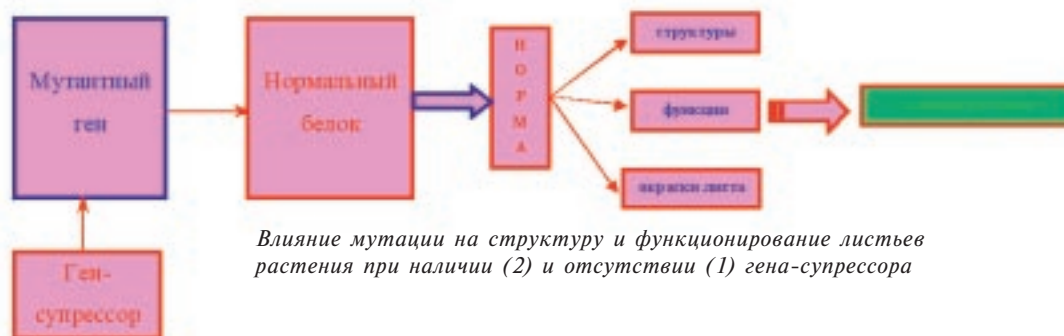
Чувствуют себя мутантные растения, как правило, весьма неплохо: в нашем опыте 80–90% из них даже давали семена, из которых, в свою очередь, выросли растения-мутанты (опять-таки супрессированные).

Что и говорить, овсяница луговая оказалась практически идеальным объектом для модельных генетических исследований. Но тут же встал вопрос: а насколько уникально обнаруженное явление? Есть ли что-то подобное у других видов растений? Чем могут оказаться полезны мутанты-невидимки человеку и почему они вообще существуют в природе?

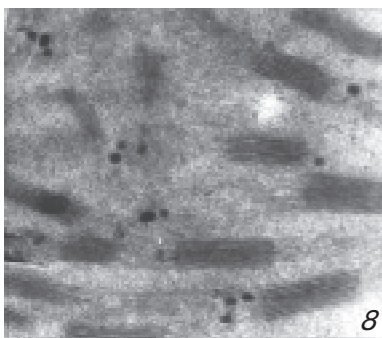
К тому же обнаруженный феномен заставил исследователей всерьез задуматься о мутационном грузе ценно-



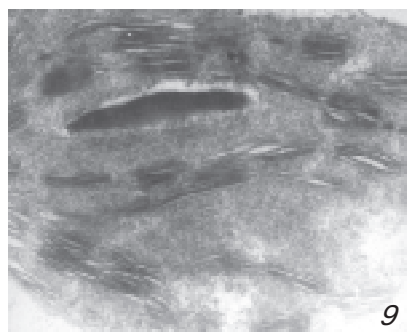
2.



Влияние мутации на структуру и функционирование листьев растения при наличии (2) и отсутствии (1) гена-супрессора



8



9

Фото 8
Нормальные грани выглядят как ровные стопки

Фото 9
Главный дефект у хлорофилльных мутантов — раздутые тилакоиды и грани



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

го кормового злака — ведь выращивают его в северных регионах, где каждая былинка на счету. Какова жизнеспособность мутантов-невидимок? Скорость их роста? Плодовитость? Не стоит ли вывести чистую линию злака и освободить от генетически дефектных растений хотя бы культурные посева?

В надежде ответить на эти вопросы мы рассортировали мутантов по типам хлорофиллдефектности еще в лаборатории, на стадии проростков, а затем перенесли растения в естественные условия. Честно говоря, рассчитывать на то, что у скрытых мутантов обнаружатся какие-то серьезные изъяны, не приходилось, поскольку в течение нескольких лет все опытные делянки оставались зелеными и растения на них выглядели совершенно нормальными.

Однако, к всеобщему удивлению, единообразие оказалось кажущимся: ультраструктура листьев, содержание в них хлорофилла, даже внешний вид кустов — все менялось от одного типа хлорофиллдефектности к другому. Самый большой сюрприз преподнес мутант, проросток которого в условиях подавленной супрессии был светло-зеленым. По многим хозяйственно-ценным признакам он заметно превосходил всех остальных своих собратьев.

Эти два куста овсяницы заметно отличаются друг от друга. Одно растение — хорошо развитое, мощное, с так называемым компактным кустом — выращено из светло-зеленого проростка. На мутации этого типа ученые возлагают большие надежды: здесь супрессия сопровождается увеличением зеленой массы, усилением репродуктивной функции. Рядом низкорослый слабый кустику с раскидистыми листьями — растение, выращенное из абсолютно бесцветного мутанта. В этом случае генетический груз столь велик, что даже супрессия не может скрыть явной дефектности растения



10



11

Особенно поразило нас то, что растения этого типа давали самые высококачественные семена.

Как сохранить биоразнообразие и зачем это нужно?

Но как же такое возможно? Ученые видят причину явления в том самом гено-супрессоре, о котором речь шла выше. Его присутствие не может исправить абсолютно все дефекты в фотосинтезирующем аппарате растения, и, если бы необычный ген не давал мутантам каких-то дополнительных преимуществ, разноцветные растения в природе, наверно, давно перевелись бы.

Удалось выяснить, что мутанты-невидимки отличаются от других растений из природных популяций не только особенностями своей физиологии, но и особенностями жизненного цикла. С одной стороны, они дают семена необычайно высокого качества, благодаря чему их потомство способно постепенно вытеснять из популяции нормальные растения. Но с другой стороны, возможности мутантов ограничены их сроком жизни — такие растения живут в два-три раза мень-

ше, чем нормальные. Именно этот баланс положительных и отрицательных качеств мутантов позволяет им вполне успешно воспроизводиться в природе, не распространяясь при этом слишком широко.

В общем, на примере овсяницы луговой мы хорошо прочувствовали, что такое биоразнообразие и зачем оно нужно. Благодаря биоразнообразию на генетическом уровне у растений одного вида иногда бывает несколько стратегий выживания, а значит, при изменении условий обитания вид может быстро адаптироваться к новым параметрам среды. Некоторые мутанты, с трудом воспроизводившиеся в прежних условиях, порой получают преимущество в новых и заполняют необычную для вида экологическую нишу.

Что же касается селекционеров, то для них большое внутривидовое разнообразие — настоящее золотое дно. И снова овсяница луговая — яркий тому пример. Ведь для кормового злака самыми важными характеристиками служат объем зеленой массы и качество семян — как раз те самые показатели, которые особенно высоки у супрессированных мутантов.

А ведь, похоже, мутанты-невидимки окружают нас на каждом шагу, и многие из них, вероятно, могут стать родителями новых сортов, намного превосходящих по своим хозяйственно-ценным качествам существующие ныне культурные растения. Надо лишь научиться выявлять скрытых мутантов и находить им правильное применение. Это — задача для ученых-практиков. А тем, кто занимается фундаментальными проблемами, предстоит понять, как возникает в живой природе то самое биоразнообразие, из которого селекционеры уже много веков черпают большой ложкой. Важно понять и то, за счет каких механизмов это биоразнообразие поддерживается и как его сохранить для селекционеров будущего.





Рыцари круглого стола биологии

Несколько месяцев назад, решив возродить на страницах нашего журнала дискуссию о возможности (или невозможности) наследования приобретенных признаков, мы не сомневались, что на эту «проклятую» тему биологии сегодня есть что сказать многим ученым. И не только с позиции обозрения прошлого (кто был прав — Дарвин или Ламарк?), а на основе именно современных научных данных. Так и вышло: только в двух номерах «Химии и жизни» за первое полугодие (№ 2, 4) свой взгляд по этой проблеме высказали сразу пять ученых. Прошло совсем немного времени, и в редакцию поступил первый отклик на эти публикации. Отклик из-за границы. Но от самого что ни на есть «нашего». Коротко представим: Анатолий Михайлович Полищук — известный советский генетик, доктор медицинских наук, ныне — руководитель лаборатории цитогенетики Медицинского центра в Ашкелоне (Израиль), зарубежный автор «Химии и жизни».

С удовольствием представляем читателям его статью. С удовольствием — потому что, как нам кажется, она подводит некую черту под упомянутой выше дискуссией. Да, точка еще не поставлена, но здесь — методологическая основа, суть которой в очень точном вопросе (и таком же точном ответе): давайте наконец договоримся, о чем мы говорим. То есть (еще раз повторим принятый в научном сообществе посыл): «Ребята, давайте договоримся о терминах!»

В действительности все не так, как на самом деле

Эта фраза, которой я решил озглавить мою статью, принадлежит вовсе не мне: она запомнилась после прочтения 12-го номера «Химии и жизни» за истекший год. Любителям парадоксов она не может не понравиться...

В очерке Л.Животовского («Химия и жизнь», 2003, № 4, а ранее — см. ссылку в конце этой статьи) обосновывается принципиальная возможность наследования приобретенных признаков. Тремя годами раньше вышла книга М.Д.Голубовского «Век генетики: эволюция идей и понятий», содержащая подробный анализ этой проблемы и — как вывод — указание на необходимость нового взгляда на наследование приобретенных признаков. А еще раньше, в 1991 году, в Международном ежегоднике по генетике была опубликована статья О.Ландмана, где прямо утверждается: наследование приобретенных признаков вполне совместимо с современными концепциями молекулярной биологии.

Естественно, все три автора упоминают давнюю, но до сих пор не забытую биологами дискуссию между сторонниками Ламарка и Вейсмана (о сути этой заочной дискуссии — см. в упомянутой выше статье Л.А.Животовского). Создается впечатление, что налицо явное возрождение интереса к проблеме, которая уже дважды была апофеозом бурных дебатов биологов: в XIX столетии — между сторонниками Ламарка и Вейсмана, а в 30–40-е годы XX века — между лысенковцами и формальными генетиками. Исход этих дискуссий известен: утвердилось мнение, что передача приобретенных признаков по наследству невозможна.

Казалось, проблема была закрыта — постепенно она исчезла даже со страниц учебников. И вот спустя полвека современные неоламаркисты предлагают ее пересмотреть вновь. Какие же основания? С их точки зрения (опять цитирую Л.А.Животовского), это — явление «прямых доказательств возможности наследования приобретенных признаков» и то, что (уже по М.Д.Голубовскому) пересмотр данной проблемы означает, по существу,

«смену основного постулата в генетике» и изменение взглядов на теорию эволюции. То есть это уже эволюция не по Дарвину, а по Ламарку–Дарвину, как полагает Животовский.

Однако после ознакомления с вышеупомянутыми работами у меня сложилось вот какое впечатление: имеет место недоразумение, и оно основано на неаккуратном использовании устоявшихся терминов, а еще на том, что в одни и те же понятия ученые вкладывают разный смысл.

Поэтому, прежде чем начать дискуссию, следует четко сформулировать эти самые основные понятия. Без этого в науке никак.

Начнем с понятия главного, кардинального: что такое наследственность? В научной литературе на эту тему сказано много, но четкие определения (с моей точки зрения, их более десятка) можно в принципе подразделить на две группы. Вот смысл первой из них: *наследственность — это способность живых организмов передавать свои свойства потомству*. Такое определение (в разных вариациях) встречается в большинстве научных источников по генетике.

А вот вторая группа мнений, где, если подытожить, приведенное выше понятие уже конкретизируется: *наследственность — это «передача из поколения в поколение генетических факторов, которые детерминируют индивидуальные признаки, ответственные за сходство родителей и их потомков»* (цит. по Collins English Dictionary, 1998).

В этом последнем определении ключевые слова, во-первых, — «генетические факторы». Если под этим выражением не понимать никакой конкретной физической природы, то оба определения не противоречат друг другу. И второе ключевое понятие — «признак». Его необходимо определить тоже. *Признак — любое свойство развивающегося или уже развившегося организма*.

После этого вполне можно рассуждать о такой серьезной вещи, как «смена основного постулата в генетике» (следовательно, в генной теории наследственности). Иначе говоря, есть смысл изложить эту теорию в виде основных постулатов. Я считаю воз-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

возможным это сделать. Формулирую постулаты генной теории в следующем виде:

1) способность организмов сохранять сходство в ряду поколений обусловлено передачей генов в ряду поколений;

2) ген (гены) контролируют развитие признака, определяя норму его реакции в данных конкретных условиях среды;

3) гены способны изменяться и существовать в этих измененных формах;

4) гены способны взаимодействовать друг с другом. (Подчеркну, что здесь слово «ген» употребляется безотносительно его физической природы; он понимается как некий материальный фактор, и не обязательно самореплицирующейся макромолекулы.)

Ряд следствий из этих постулатов имеет непосредственное отношение к обсуждаемой проблеме. Так из первого и второго постулатов следует, что *признаки вообще не наследуются — наследуются гены*. Это принципиально! Все признаки приобретаются в ходе индивидуального развития под влиянием генов и условий среды, внешней по отношению к генам.

Из приведенных выше постулатов вытекают ряд важных определений. В частности, такие (Р.Ригер и А.Михалис, а также И.И.Шмальгаузен):

а) наследственным называется признак, возникший как результат взаимодействия генов и внешней среды;

б) приобретенным называется признак, обусловленный исключительно влиянием внешней среды (это так называемые модификации).

Обратите внимание на семантику: все признаки (наследственные и ненаследственные) возникают в организме в течение жизни, и так или иначе под влиянием внешних условий. Следовательно, если строго формально, все они — приобретенные. Однако «приобретенными» называют только модификации. Да, неудобно, терминологически не точно, но так уж сложилось исторически и все привыкли: говорим «приобретенный», а понимаем «ненаследственный».

Мелочь, на первый (студенческий) взгляд. А не тут ли собака зарыта?

И вот теперь можно перейти к недоразумениям.

Первое недоразумение связано с некорректным определением понятия «приобретенный признак».

Авторы-неоламаркисты понимают под приобретенным признаком любой признак, которого не было в предыдущих поколениях и который появился у организма в течение его жизни под

влиянием внешних условий, а потом передался потомству. Так, по Л.А.Животовскому, приобретенные признаки — это «индивидуальные особенности организма, обусловленные также влиянием окружающей среды и приобретаемые в течение жизни. Передача их детям называется наследованием приобретенных признаков». М.Д.Голубовский использует определение Л.Я.Бляхера, дополняя его указанием О.Ландмана: «Приобретенными признаками следует считать такие изменения организма, которые появились у него на каком-то этапе индивидуального развития под влиянием измененных условий существования, действовавших непосредственно или посредством измененной функции. После применения воздействия и возврата в первоначальные условия среды все или большая часть организмов (или культуры клеток) проявляющие новые признаки и передают их следующему поколению».

Но как легко понять, под эти определения подпадают и все *наследственные* признаки, то есть признаки, жестко контролируемые генами. Например, как нам всем хорошо известно, редко встречающийся рецессивный ген может скрыто путешествовать в десятках поколений, пока не встретит своего рецессивного партнера (аллеля); тог-

да он и проявится в виде признака, и сей последний будет с известной вероятностью наследоваться среди потомков от данного брака.

И тем не менее изменения обычных наследственных признаков рассматриваются неоламаркистами, если встать на позицию их, приведенных выше, определений, как «прямые доказательства возможности наследования приобретенных признаков». Вот пример, который приводится в качестве наглядной иллюстрации подобного.

У дрозофил есть признак, называемый «чувствительность к CO_2 » (гибель мушек в атмосфере, насыщенной углекислым газом). Этот признак наследуется по материнской линии. Однако если мушек в период гаметогенеза содержать при повышенной температуре, то их потомство становится устойчивым к CO_2 . Это общеизвестно. Но: «Очевиден вывод: приобретенный в ходе индивидуального развития признак устойчивости наследуется в ряду поколений» (М.Д.Голубовский). Однако чувствительность к CO_2 — по определению наследственный признак! Он контролируется генетическим элементом — РНК-содержащим вирусом, который размножается также и в половых клетках. Тепловая обработка блокирует размножение вируса — поэтому потомство свободно от него и соответственно проявляет «признак устойчивости». Таким образом, тепловая обработка выступает как классический мутаген, который в данном случае вызывает элиминацию (удаление или, точнее, блокаду) конкретного гена.

Казалось бы, все достаточно просто, но между тем наблюдаемые изменения именно таких признаков (то есть признаков, контролируемых подобными генетическими элементами) и составляют значительную часть «доказательств» наследования приобретенных признаков.

Тут есть о чем поговорить (естественно, доброжелательно).

В последние десятилетия были открыты так называемые мобильные генетические элементы, отличающиеся от «классических» хромосомных генов; это — эндогенные вирусы, плазмиды, повторяющиеся последовательности ДНК, псевдогены и другие генетические «нонсенсы» (см. ссылку на монографию М.Д.Голубовского). Для этих элементов характерна сильная зависимость их числа и топографии от внешних условий. Они могут интегрироваться в хромосому хозяина (при этом их экспрессия, то есть активность, прекращается); могут приводить к мутациям рядом расположенных хромосомных генов; могут размножаться в цитоплазме или ядре, передаваясь в ряду поколений, минуя митоз и мейоз (невероятно, но это так — на то они и «мобильные»). При этом они мо-

гут сохраняться сколь угодно долго или постепенно исчезать, если скорость их размножения меньше, чем скорость размножения клетки-хозяина. А их передача возможна как вертикально, то есть от поколения к поколению (наследственно), так и горизонтально — от организма к организму, подобно бактериальной инфекции. М.Д.Голубовский удачно назвал их факультативным компонентом генома (облигатный компонент — это «классические» гены, расположенные в хромосомах), подчеркнув тем самым их принадлежность к геному клетки.

Значит, признаки, контролируемые такими генетическими элементами (хотя они и наследуются подчас довольно причудливым образом), по определению являются наследственными! Тем удивительнее вывод автора (того же М.Д.Голубовского): «Наследование приобретенных признаков наблюдается в тех случаях, когда некий фенотипический признак зависит от числа или топографии факультативных элементов». Но тогда наследованием «приобретенных признаков» надо называть и признаки, зависящие от числа и топографии облигатных компонентов генома. Ведь делеция (выпадение) типичного хромосомного гена в результате обработки мутагеном представляет собой изменение числа именно облигатных компонентов генома, а скажем, перемещение его в область гетерохроматина (в результате транслокации), где ген инактивируется, есть изменение топографии облигатных компонентов генома. Генома, подчеркиваю я.

Другая группа приводимых в современной научной литературе доказательств наследования приобретенных признаков относится к признакам, которые зависят от активации или инактивации генов.

Это действительно тонкая область (впрочем, в генетике все довольно тонко). Тот факт, что в ходе индивидуального развития (онтогенеза) происходит дифференцировка клеток (то есть появление разных типов клеток при изначальной идентичности их генома), свидетельствует о том, что по сути своей онтогенез — это избирательная активация и инактивация разных генов или, другими словами, регуляция активности генов. Совершенно естественно, что когда ген активируется, то признак проявляется; напротив, когда ген инактивируется, признак исчезает (не проявляется). Эти фенотипические изменения, обусловленные дифференциальной активностью генов, наследуются в ряду клеточных поколений. Такое наследование активного или неактивного состояния генов (заметим: без изменения закодированной в них

информации) получило название *эпигенетического наследования*.

Все это отнюдь не новость. Представление об эпигенетической наследственности было сформулировано более сорока лет назад, и до последнего времени ее никак не связывали с проблемой наследования приобретенных признаков. Но именно в истекшие десятилетия выявили некоторые конкретные молекулярные механизмы регуляции генной активности. Выявили — и только из-за отменной мною выше терминологической путаницы их-то и стали считать доказательствами наследования приобретенных признаков! Это, к примеру, метилирование оснований ДНК, гетерохроматизация хромосом и циклические системы генов с обратными связями между ними. Но прошу заметить: признаки, контролируемые такими генами, все-таки «не перешли» (то есть с позиций теории) в разряд модификаций — они остаются именно наследственными признаками, проявление которых зависит действительно и от внешней среды.

Давайте рассмотрим это на примере эпигена. Эпиген представляет собой упомянутую выше циклическую систему, которая имеет не менее двух режимов функционирования подчиненных ей генов и способна сохранять каждый из режимов в последовательном ряду поколений (Р.Н.Чураев). Один из наиболее простых эпигенов — это система из двух генов, А и В, каждый из которых синтезирует репрессор (угнетающий субстрат) для другого.

Если регуляторная часть гена А синтезирует репрессор для гена В, то, понятно, ген В инактивируется. Вследствие этого, во-первых, исчезает контролируемый им, геном В, признак и, во-вторых, он, ген В, не производит репрессора для гена А. В силу этого, естественно, ген А «цветет и пахнет», то есть находит выражение в фенотипе как признак. Такое состояние может длиться сколь угодно долго, наследуясь в ряду поколений, — до тех пор, пока какой-нибудь внешний агент случайно не инактивирует репрессор гена А.

Тогда система перейдет в другой режим работы: ген В активируется — соответственно появится контролируемый им признак; регуляторная часть гена В начнет синтезировать репрессор, который инактивирует ген А, — соответственно контролируемый им, геном А, признак исчезнет.

Если рассматривать появление и утрату этих признаков в плане соответствия основным постулатам генетики, то получим следующее. Гены А и В обеспечивают возможность (именно возможность!) проявления любого из двух признаков (состояний эпигена). А вот выбор того или иного состояния в

конечном счете определяет внешняя среда, ибо ее эффекты приводят к связыванию репрессора. Другими словами, данный генотип может по-разному проявиться в разных условиях. Диапазон же соответствий между различными возможными средами и фенотипами для данного генотипа называется нормой реакции (Ф.Добжанский. Цит. по Дж.Харрисону). И теперь самое время вспомнить второй постулат генной теории наследственности, изложенный мной выше: «Гены контролируют развитие признака, детерминируя норму реакции в данных конкретных условиях». Как видим, все правильно.

Теперь, после того как мы разобрались с первым недоразумением, связанным с некорректным определением понятия «приобретенный признак», пора перейти ко второму недоразумению. Оно возникло из-за отсутствия четкой формулировки самой проблемы наследования приобретенных признаков.

Из приводимой авторами-неоламаркистами аргументации (см. выше) создается впечатление, что они имеют в виду буквальный смысл: «Могут ли признаки, приобретаемые в процессе индивидуальной жизни под влиянием внешних условий, передаваться по наследству?» Но сформулированный в такой форме вопрос не является проблемой. Во-первых, потому, что все наследственные признаки приобретаются в течение индивидуальной жизни. Это факт, а не проблема. Во-вторых, потому, что в ходе эволюции происходило усложнение организмов, то есть возникали новые признаки, а это значит, что каким-то образом они приобретались и наследовались. Это тоже факт. Проблема же, как известно, — это вопрос, требующий разрешения, и состояла она не в том, приобретались ли признаки или нет, а в том, как они приобретались.

Ламарк и его сторонники считали, что наследственность меняется направленно вследствие «упражнения» признака. Именно так понимал эту проблему Вейсман, когда отрубал хвосты у мышей и ожидал получить короткохвостое потомство — в случае справедливости гипотезы Ламарка (!). Не прошла гипотеза. Тогда Вейсман и предположил, по существу, другую гипотезу — другой путь наследования приобретенных признаков: сначала происходят изменения в зародышевой плазме и уже вследствие этого появляются новые признаки.

С этого времени и возникла Проблема (да, с большой буквы). Ламаркисты считали, что признаки направленно меняют наследственность, а вейсманисты утверждали, что все наоборот: признаки меняются как следствие из-

менений наследственности. В том же, по сути, состоял и смысл дискуссии Лысенко и его сторонников с «вейсманистами-морганистами» в 30-40-х годах истекшего столетия: «В основе основ современного ламаркизма лежит представление, будто бы конкретная генетическая информация может быть запечатлена в организме под влиянием его нужд или воздействия извне» (П.Медавар, Дж.Медавар).

Таким образом, суть проблемы наследования приобретенных признаков заключалась в нерешенном тогда вопросе: может ли изменение признака направленно изменить контролирующий его ген? (Замечу: именно так ставили вопрос и в учебниках по генетике.) В ходе дискуссий это называли «проблемой наследования приобретенных признаков», хотя понимали под этим другое: проблему адекватного изменения наследственности под влиянием изменения признака. А утверждение «признаки, приобретенные в процессе жизни, по наследству не передаются» стало синонимом «признаки не могут направленно изменить наследственность». Тонкости, семантика, но в этом вся суть.

Использование неправильных, в сущности, но удобных и привычных формулировок — широко распространенное явление не только в обыденной жизни, но и в науке. Например, мы говорим «молекулярная биология», понимая под этим молекулярные механизмы биологических процессов, хотя «в русском языке «молекулярная биология» ничего иного, кроме биологии молекул, значить не может. А биология молекул — чепуха, чушь!» (Тимофеев-Ресовский). Так же и в бытовой жизни: мы говорим «Вот, блин!», понимая под этим досаду, удивление или восхищение, но отнюдь не блин в истинном значении этого слова. Поэтому если проблему сформулировать в явном виде: «Может ли изменение признака направленно изменить контролирующий его ген?», то генная теория наследственности дает на него отрицательный ответ: «Последовательность аминокислот в белке не может определять последовательность нуклеотидов в ДНК».

Факты, приводимые в качестве доказательств противного, отнюдь его

(противного) не доказывают. Напротив, они полностью описываются в рамках классической теории, а проблема, поднятая современными неоламаркистами, — не генетическая, а семантическая.

И напоследок. Раз я уж начал с цитаты, то по законам жанра цитатой и закончу, адресуя ее к Л.А.Животовскому:

«Видите ли, профессор... мы уважаем ваши большие знания, но сами по этому вопросу придерживаемся другой точки зрения» (М.А.Булгаков. *Мастер и Маргарита*).

Ссылки на литературные источники, содержащиеся в данной статье:

Л.Я.Бляхер. Проблема наследования приобретенных признаков. М.: Наука, 1971.

М.Д.Голубовский. Век генетики: эволюция идей и понятий. Санкт-Петербург: Борей Арт, 2000.

Л.А.Животовский. О наследовании приобретенных признаков. Материалы научной генетической конференции. 26–28 февраля 2002. М.: Изд-во МСХА, 2002.

П.Медавар, Дж.Медавар. Наука о живом. М.: Москва, 1963.

Р.Ригер и А.Михаелис. Генетический и цитогенетический словарь. М., 1967, с.328–330.

Н.В.Тимофеев-Ресовский. Воспоминания. М.: Прогресс, 1995.

Р.Н.Чураев. Гипотеза об эпигене (Исследования по математической генетике). Новосибирск: Наука, 1975.

Дж.Харрисон и др. Биология человека. М.: Мир, 1979, с.181.

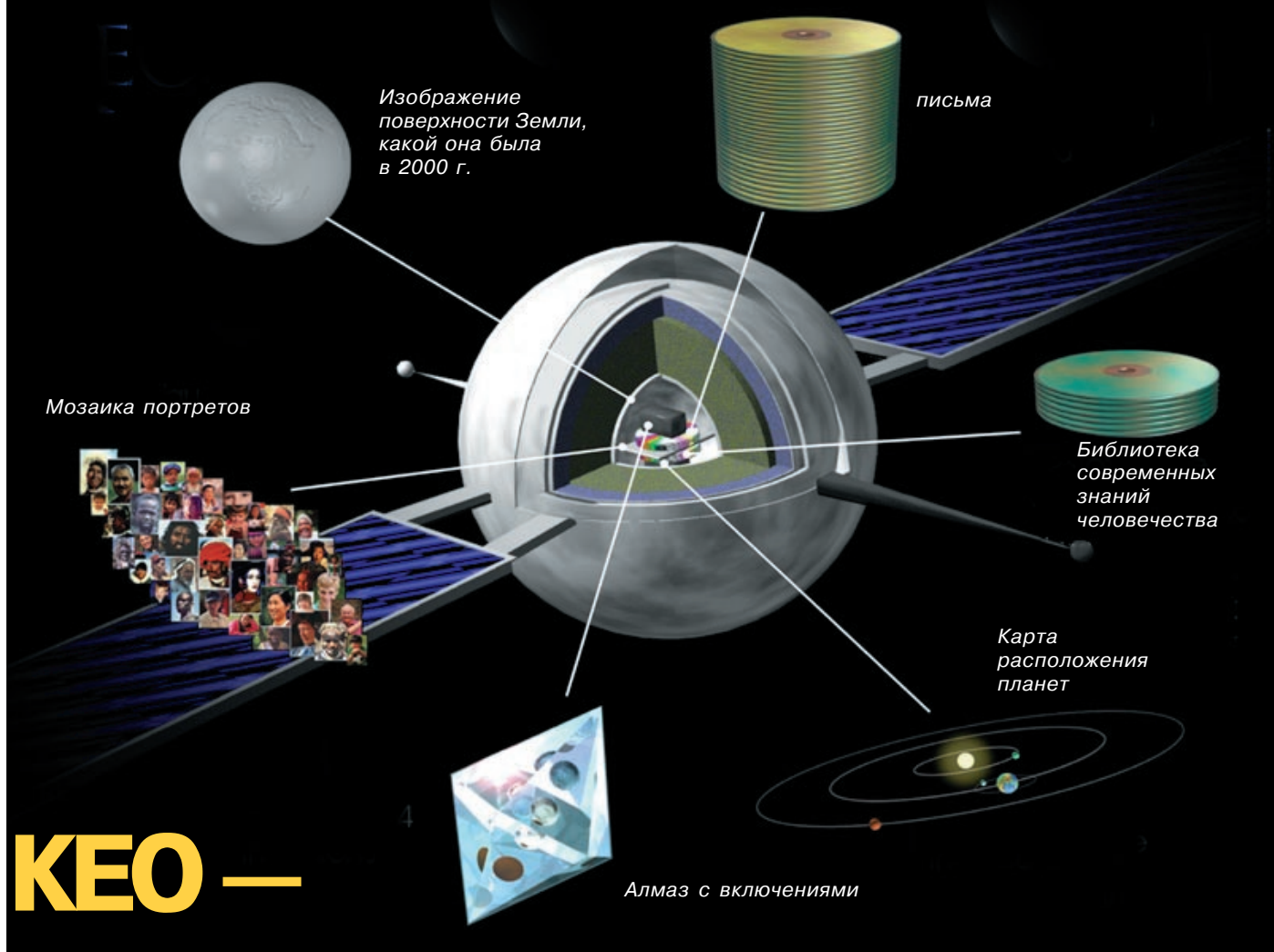
И.И.Шмальгаузен. Проблемы дарвинизма. М.: Наука, 1969, с.169

O.Landman. The inheritance of acquired characteristics. Ann. Rev. Genet., 1991, v.25. p.1–20



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ





КЕО —

письма в будущее

Л.Н.Воронина

Программа КЕО продолжает принимать послания от жителей Земли потомкам. Послания будут помещены на борт космического корабля, который стартует с Земли в 2004 году и вернется через 50 тысяч лет. Почту в будущее принимают до конца 2003 года.

Художник звезд



Идея проекта принадлежит французскому художнику и ученому Жан-Марку Филиппу. Геофизик по образованию, в своем творчестве он обращался к космосу с середины 70-х. Среди его произведений не только живописные полотна, но и технические проекты рукотворных «звезд» — искусственных спутников «Небесное колесо» и «Венера-плюс» (1980). Творческое преобразование неба над нашими головами, картины, которой любят все земляне, — именно эта красивая идея прославила художника. Он был в числе организаторов проекта «Послания человечества Вселенной», отправленного в 1986 году с радиотелескопа в Нанси к центру Галактики. Это произведение можно считать непосредственным предшественником

КЕО. Однако если «Послание Вселенной» было составлено лишь из писем французов, то КЕО — глобальный проект, рассчитанный на участие как можно большего числа стран и наций. Кроме того, адресат нового послания — не «братья по разуму», а мы сами, точнее, наши далекие потомки.

«Теперь люди, по разным причинам, редко задумываются об отдаленных последствиях своих действий, — говорил Жан-Марк Филипп на одной из пресс-конференций. — Постоянное давление проблем дома и на работе, усиливающаяся конкуренция, разброс информации, необходимость зарабатывать на жизнь в результате складывается впечатление, что дисгармоничность, «какофония» современного мира — свидетельство его движения

под уклон, его упадка. Поэтому я начал искать метафору, которую смогли бы воспринять все жители нашей планеты, без различий культур, верований и возраста метафору, которая помогла бы выйти за пределы ответственного нам лично жизненного срока и осознать течение времени для эволюции всего нашего вида в целом... Вот так родилась идея отправить в космос спутник, который должен будет вернуться на Землю и доставить в целостности и сохранности наши послания».

Название проекта складывается из трех фонем: [к], [э], [о]. Эти звуки чаще всего повторяются в ста из наиболее употребительных современных языков. Слово КЕО с легкостью может произнести большинство жителей

Как направить ваше послание в КЕО

По Интернету: www.keo.org

Почтой: прямо во Францию Programme КЕО, 15 rue de l'École de Médecine — 75006, Paris, France
или координатору программы в России Ларисе Михайловой: КЕО, журнал «Сверхновая», факультет журналистики МГУ, Моховая, 9, К-9, Москва, 125009, Россия

Объем: от 1 строчки до 4 страниц формата А4 (6000 знаков).

Чтобы ваши потомки познакомились с вами получше, не забудьте упомянуть:

▲ Имя (не обязательно)

▲ Фамилию (не обязательно)

▲ Пол

▲ **Дату рождения (день/месяц/год 4 цифрами)**

▲ **Национальность**

▲ **Страну проживания**

▲ Страну, откуда вы направляет свое послание

▲ Язык, на котором оно написано

▲ **Родной язык**

▲ Адрес (не обязательно, только если вы хотите получить от координаторов КЕО ответ)

▲ Профессию (не обязательно)

▲ Хобби (не обязательно)

▲ **Как вы узнали о КЕО (если через средства массовой информации, пожалуйста, уточните название СМИ и дату публикации, название и дату выставки или конференции).**

Будучи совершенно бесплатным предприятием, КЕО предоставляет вам свободу высказать то, что вы хотите, без всяких ограничений. Все послания будут перенесены на борт спутника без какой-либо цензуры.

Земли, тем самым оно становится символом единства всех людей. КЕО задуман как памятник современному человечеству — его создание нельзя будет приписать никакой отдельной стране. Поэтому письма для потомков принимаются от всех желающих и на всех языках и будут отправлены такими, как есть, — без цензуры, унификации или перевода.

Те, кто впервые слышат о КЕО, часто задают вопрос: обязательно ли отправлять посылку в космос? Неужели нельзя найти надежное место на Земле? Однако сделать это было бы не просто. Срок в 50 000 лет выбран не случайно, он вмещает всю историю человеческой культуры. Именно 50 000 лет назад, как принято считать, были созданы первые наскальные рисунки — абстрактные символы на стенах пещер в Австралии. КЕО как бы проецирует в будущее это важнейшее событие в эволюции нашего вида. Но кто возьмется предсказать, какими путями пойдет человечество на протяжении следующих пятисот веков, останутся ли на прежних местах города и государства, не говоря об архи-



Ограниченный алмаз с драгоценными включениями: в шариках находятся воздух, частичка почвы, капля океанской воды и капля человеческой крови

тектурных сооружений? Кроме того, КЕО — проект интернациональный, дитя всего человечества. А любая точка на Земле кому-нибудь да принадлежит. Космос же пока ничей, а значит, общий.

Как долететь в будущее

КЕО по праву можно назвать выдающимся достижением аэрокосмической индустрии современной Европы. Самое поразительное то, что проект некоммерческий: ученые, предприниматели и учреждения работают в нем без оплаты, необходимые расходы покрываются за счет добровольных пожертвований. Среди десятков организаций-партнеров, участвующих в создании КЕО, никто не трудится ради



РАДОСТИ ЖИЗНИ

выгоды (конечно, если не считать выгодой эффект рекламы — но, с другой стороны, в какой рекламе нуждается, например, Лувр?). Люди работают, потому что им это интересно, потому что проект будит фантазию, заставляет отвлечься от обыденного. И в самом деле — интересно!

КЕО — спутник пассивного типа (то есть не имеющий собственных источников энергии), который будет запущен в космос по расчетной траектории возврата к Земле через условленные 50 000 лет, с учетом законов баллистики, давления солнечного излучения и прохождения через земную атмосферу. Для уменьшения воздействия космического излучения, которое могло бы разрушить наши драгоценные послания, КЕО будет запущен на орбиту ниже пояса Ван Аллена, с удалением от Земли на 1800 км. Пояс Ван Аллена — зона движения мельчайших заряженных частиц, удерживаемых магнитным полем Земли, отклоняет значительную часть этого излучения.

Создать объект, который должен на протяжении 50 000 лет противостоять разнообразным вредным воздействиям, было непростой задачей. Корпус спутника покрывают несколько изолирующих слоев. Наружный, противокислительный, слой защитит КЕО в верхних слоях атмосферы Земли во время взлета. Долговечные титановый и вольфрамовый экраны предохранят от космического излучения. Алюминиевый, титановый и вольфрамовый экраны несут еще одну функцию: вакуум между ними будет защищать КЕО от космического мусора и микрометеоритов.

Авторы проекта все же опасаются, что, если загрязнение космического пространства будет продолжаться в нынешнем темпе, посылка не дойдет до потомков. К счастью, эта проблема беспокоит и другие организации, чья работа связана с космосом, — мусор на орбитах начал по-настоящему мешать орбитальным станциям, научным, военным и коммерческим спутникам, поэтому есть надежда, что с безобразием будет покончено в

обозримом будущем. Специалисты, в 1996–1997 годах проводившие экспертизу и составлявшие техническое обоснование проекта, считают, что у КЕО достаточно шансов на благополучное возвращение.

КЕО будет дополнительным «пассажиром» при коммерческом запуске ракеты-носителя, поэтому масса и полезный объем спутника жестко ограничены. Размах крыльев спутника — 9 м, но несущий послания шар — всего 80 см в диаметре, а вес его не должен превышать 100 кг. Кроме того, чтобы не мешать запуску основного спутника, КЕО должен быть из немагнитного сплава. Для обеспечения нейтральности, как пассивный спутник, КЕО не может нести источников энергии, двигателей и железосодержащих сплавов. Он будет располагаться на специальной платформе ракеты-носителя, под основным спутником.

Жан-Марк Филипп решил, что у птицы КЕО, несущей наши письма, обязательно должны быть крылья. Технической функции они не имеют, только символическую: несмотря на все достижения космической эры, прекрасный полет птицы по-прежнему приковывает внимание человека. При запуске крылья будут в сложном состоянии, но после выхода на орбиту особая пленка, удерживающая их, расплавится, маховой механизм крыльев активируется. В дальнейшем прохождение спутника с теневой на солнечную сторону Земли и обратно будет поддерживать машущие движения: при изготовлении крыльев использован сплав, обладающий «памятью», который заданным образом изменяет форму при изменении температуры. (Кстати, в свое время Жан-Марк Филипп применил этот же принцип при создании подвижной скульптуры «Тотем будущего».)

Птицу КЕО, летящую над Землей, мы сможем видеть в достаточно сильный оптический телескоп. Примерно через два года незащищенные крылья придется сбросить, а шар-спутник продолжит свое путешествие в космосе. Когда позади останется 14 500 миллиардов километров пути по круговой околоземной орбите, спутник постепенно начнет снижаться. Его движение будет замедляться, а при снижении до 120 км от поверхности Земли, когда КЕО войдет в плотные слои атмосферы, начнется заключительная часть полета.

Приблизительно за 20 минут до посадки КЕО оповестит о своем приближении сиянием, более ярким, чем метеорит. Минуты за две до приземления рассыплются от перегрева титановый и вольфрамовый экраны. Углеродный тепловой экран раскалится до 2800° С, при этом произойдет выброс ярко светящегося облачка ионизированного газа. Наши потомки увидят великолепное сияние в небе, возвещающее о возвращении КЕО, — даже если история культуры не сохранит информацию о спутнике, пропустить такое зрелище будет попросту невозможно! Между тем внутри шара КЕО температура не превысит 450° С, поэтому наши дары не пострадают.

Книги и письма

Когда защитные экраны выполнят свою функцию и исчезнут, КЕО будет выглядеть как небольшая титановая сфера с выгравированными изображениями материков Земли, так, как они расположены сейчас. (Под воздействием движения тектонических



Лица наших современников увидят наши потомки

плит и климатических факторов облик нашей планеты к тому времени изменится.)

Внутри КЕО наши потомки найдут стеклянную пластинку, на которой выгравированы портреты мужчин, женщин и детей разных наций. На пластинке также изображена двойная спираль ДНК, как ее принято рисовать сейчас.

При дальнейшем рассмотрении нашешшие КЕО обнаружат в нем алмаз с четырьмя золотыми шариками внутри. В первом из них заключена капля океанской воды, во втором — щепотка плодородной почвы, в третьем — воздух, взятый из современной атмосферы. Эти первоэлементы, породившие жизнь на Земле, куда драгоцен-

нее, чем самый дорогой алмаз. Внутри четвертой крохотной золотой сферы будет находиться капля человеческой крови, взятая наугад у одного из жителей Земли, — наша общая генетическая «подпись».

Чтобы наши потомки могли вычислить дату запуска КЕО, внутрь будет помещена еще одна стеклянная пластинка, на которой запечатлено положение планет Солнечной системы в момент запуска. Как надеются авторы идеи, уровень знаний наших потомков позволит им установить, что КЕО запустили на орбиту 50 000 лет назад (поскольку расположение планет повторяется не чаще, чем через 200 миллионов лет). Стопка стеклянных дисков содержит современную Александрийскую библиотеку, сокровищницу знаний человечества, с полным каталогом флоры и фауны, рассказом о разнообразии художественного творчества, основными религиозными текстами, политической картой мира, описанием его экономического устройства... Все это будет представлено в виде текстов, коротких видео- и звукозаписей.

В июле 1998 года стеклянные диски с выгравированной на них DVD-информацией были подвергнуты на гигантском ускорителе тяжелых ионов GANIL во Франции воздействию радиации, в десять раз превышающей суммарную дозу, которую получит КЕО на протяжении 50 000 лет. Эксперимент показал, что информация на дисках сохранится, может только слегка измениться их цвет.

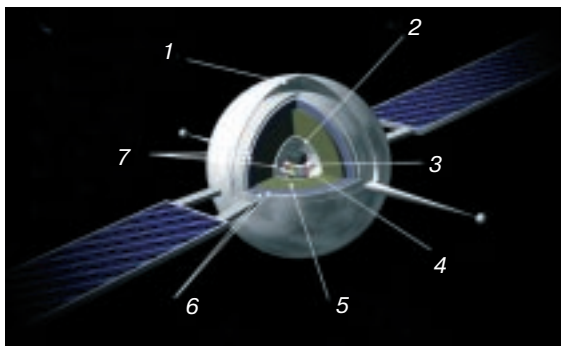
Послания людей, живших в XXI столетии, будут во второй стопке стеклянных дисков. Письма мужчин, женщин, детей — всех, кто пожелает рассказать о себе потомкам, — отправятся в далекое будущее. Если у читателей «Химии и жизни» возникнет желание принять участие, сделать это еще не поздно — письма принимают до конца 2003 года. Рисунки, фотографии, звукозапись посылать нельзя — только тексты. Они должны иметь объем не более 6000 знаков или 4 стандартных страниц и содержать минимальную информацию об авторе.

Дешифровка

Резонный вопрос: а как наши потомки все это прочтут? Никакой эксперт сегодня не скажет, какими будут адресаты КЕО, какие языки будут для

Дата окончания приема посланий — 31 декабря 2003 года.

Полученные КЕО послания без имен авторов будут опубликованы и/или предоставлены для свободного доступа и изучения после запуска КЕО в конце 2004 года



1. Противоокислительный слой
2. Конверт
3. Наши дары потомкам
4. Противоударная упаковка
5. Тепловой экран
6. Защита от метеоритов и космического мусора
7. Экраны, защищающие от космической радиации

них родными, будут ли они носить всю свою «оргтехнику» в небольших медальонах или (возьмем худший вариант) заново осваивать азы механики. Авторам проекта пришлось подготовиться к тому, что адресатам неизвестны современные языки Земли и у них нет лазерного считывающего устройства.

Прежде всего следовало дать понять, что на этих пластинках вообще что-то записано. (Ведь знаки DVD, естественно, невидимы глазу.) На нескольких пластинах изображен чертеж сборки считывающего устройства. Сами пластины помечены специальными символами. Есть также диск с простейшими значками, в разных культурах изображающими основные понятия (дом, вода...), рядом с которыми помещен их перевод на несколько языков.

Роль Розеттского камня исполнит пластинка с аналоговой (а не цифровой) гравировкой, как на виниловой грампластинке. К ней приложены игла для снятия звука, небольшой рожок, камертон и чертеж, на котором показано, как вращать диск и куда ставить иглу. При совпадении звуков камертона и рожка (то есть при верно выбранной скорости вращения) станут слышны человеческие голоса, говорящие на основных современных языках, записи музыки. Пару с этим диском составляет другой, на котором то же самое дано в цифровой записи: это позволит получателю письма сделать дешифровку.

Справятся ли они с поставленной задачей? Этого никто из нас не узнает.

Что пишут?

Сотни тысяч посланий из 181 стран на 64 языках уже получены со всех кон-

тинентов от людей всех возрастов. Это доказывает, что идея КЕО привилась повсюду, ей не страшны ни политические, ни культурные барьеры.

Сразу после старта КЕО вся гигантская фреска, составленная из писем жителей Земли (без имен авторов), появится в интернете (www.keo.org). Но избранные отрывки из писем, переведенные на французский, английский и испанский, можно почитать на этом же сайте уже сейчас.

«Я завидую людям из будущего, которые найдут капсулу и прочтут биллион писем от всех людей... Это подскжет им, что мы в самом деле были умными. — Джексон, 14 лет, Испания». «Я родом из Палестины... Я мусульманин. Через три года я окончу школу и хочу изучать компьютер, как мой брат и папа... Всем наилучшие пожелания! — Фарис, 14 лет, Иордания». «Я хочу, чтобы будущее было чудесным местом. Мирным, спокойным, без загрязнения, войн и несчастий. И чтобы все живые существа были друзьями и жили вместе. Вот и все мое письмо. — Оран, 12 лет, Таиланд». «Я надеюсь, что в будущем на Земле станет больше любви и мира. Что люди прекратят все войны и не будут применять оружие. Что все страны станут одной огромной и дружелюбной силой. Пожалуйста, вспомните обо мне и моей семье. Счастливо, потомки!!! — Алексей, 24 года, Россия». «Настоящее путешествие к новым открытиям начинается не с посещения новых мест, а с нового взгляда на знакомые пейзажи. — Леонид, 21 год, Израиль». «Помните, что сказал Марк Твен: «Маврикий был создан раньше, чем небеса, а небеса Господь скопировал с Маврикия». Любите свою страну. Вкладывайте деньги в образование. Не увлекайтесь коммунизмом (так в оригинале). Учитесь на наших



РАДОСТИ ЖИЗНИ

ошибках... — Фарахназ, 22 года, Маврикий». «Мы, люди, единственные животные на свете, имеющие наиболее развитое мышление, и мы должны использовать его к выгоде всех жителей этой планеты... — Нгауйаке, 23 года, Намибия»...

Американская бабушка со скромной гордостью объясняет, как ей удалось прожить 83 года. Восемилетний мальчишка из Южной Африки пишет по-английски, в соответствии с новой модой заменяя буквы цифрами, но слова МАТЬ-ЗЕМЛЯ набирает заглавными. Джей Джей, педагог из Австралии, подробно описывает свой день. Пятилетняя американка Энн очень взрослому рассказывает, как ей повезло, что ее устроили в интернат для слепых. Десятилетний канадец учит потомков готовить гамбургер (вот теперь мы можем быть спокойны за наше будущее: Самое Главное не потеряется в веках!). Дети пишут о родителях, юноши — о девушках, которые их любят или, наоборот, не любят. Кто-то хихикает: если это письмо читают мои потомки, значит, я все-таки женюсь! Кто-то настойчиво просит не думать о нас плохо из-за всего того, что происходило при нас, кто-то объясняет, что такое концлагерь, в которых погибли родственники его мамы...

Авторы проекта надеются, что их послание будет хорошим подарком для наших потомков и что за 50 000 лет они не утратят интереса к собственному прошлому. Но очевидно одно: материалы проекта уже сегодня интересны нам самим. Когда-то еще представится удобный случай понять, как мы выглядим со стороны...



Ричард Фейнман

Глава из книги
«Вы, конечно, шутите,
мистер Фейнман!»

Открывать замки меня научил парень по имени Лео Лавалетти. Оказалось, что открыть обычный замок с барабанным механизмом, вроде английского замка, — проще простого. Вставленной в замочную скважину отверткой вы пытаетесь повернуть барабан (толкать его приходится сбоку, чтобы отверстие оставалось свободным). Это вам не удастся, потому что внутри имеются цилиндрики, которые надо поднять как раз на нужную высоту (обычно это делает вставленный в отверстие ключ). Поскольку замок изготовлен не идеально, одни из цилиндриков начинают препятствовать поворачиванию барабана раньше, чем другие. Если теперь вставить в отверстие маленькую проволочную отмычку (например, разогнутую канцелярскую скрепку с небольшим закруглением на конце) и подвигать ею взад-вперед, вы в конце концов найдете тот цилиндрик, который больше других держит замок, и поднимете его на нужную высоту. Замок поддастся, повернувшись на самую малость, а первый цилиндрик останется поднятым, уцепившись краем за край своего отверстия. Теперь вся нагрузка приходится на другой цилиндрик, который вы тоже находите с помощью уже описанной процедуры. Так за несколько минут вы можете поднять все цилиндрики.

К сожалению, отвертка часто соскакивает, и вы слышите щелчки, постепенно доводящие вас до остервенения: в замке есть пружинки, которые возвращают цилиндрики в исходное положение при вынимании ключа из замка; они срабатывают, когда вы отпускаете отвертку. Однако в принципе это дело простое, хотя и требует практики. Надо знать, с какой силой следует поворачивать барабан, — не слишком слабо, чтобы цилиндрики не соскользнули, но и не слишком сильно: они должны иметь возможность подниматься. Те, кто пользуется замками, вряд ли отдадут себе отчет в том, насколько легко открыть их без ключа.

Когда мы начинали работать над атомной бомбой в Лос-Аламосе, из-за спешки неразбериха была жуткой. Все секреты проекта — все, относящееся к атомной бомбе, — хранились в шкафах с выдвижными ящиками, которые если и запирались, то висячими замками с трехцилиндровыми механизмами, открыть которые мог и ребенок.

В Лос-Аламосе царил атмосфера добросовестного выполнения долга, и мы считали своей обязанностью указывать на недостатки, которые надо устранять. Я много раз говорил о ненадежности шкафов с документами, о том, что висячие замки — сплошная фикция. Чтобы продемонстрировать никчемность этих замков, всякий раз, когда мне нужен был чей-нибудь отчет, а хозяина на месте не оказывалось, я просто заходил в кабинет, открывал шкаф и брал нужную бумагу. Закончив работу, я возвращал ее хозяину:

— Спасибо за твой отчет.

— А где ты его взял?

— У тебя в шкафу.

Публикуется в сокращении.



Ты шнифер,

— Но я запер его!

— Знаю, что ты запер. Но замки барахло!

Наконец привезли шкафы с цифровыми замками фирмы «Мозлер», специализировавшейся на изготовлении сейфов. У этих шкафов было три ящика, причем выдвигание верхнего ящика освобождало запер, удерживавший остальные два. Верхний ящик нужно было отпирать поворотом лимба влево до первого числа кода (числа использовались от 0 до 99. — *Примеч. ред.*), потом вправо до второго числа, потом снова влево до третьего и, наконец, вправо до 10. В результате этих операций внутри вытягивался запирающий ящик стержень. Чтобы запереть весь шкаф, нужно было сначала задвинуть нижние ящики, затем задвинуть верхний ящик и затем повернуть лимб от 10; при этом стержень возвращался в прежнее положение.



и я шнифер



АРХИВ

Разумеется, эти новые шкафы были вызовом моей любознательности. Я обожаю загадки. Кто-то хочет тебя перехитрить, но ты должен найти ответ!

Чтобы понять, как работает этот замок, мне пришлось разобрать тот, что стоял в моем кабинете. Он был устроен так: на общей оси один за другим стояли три диска с прорезями в разных местах. Идея заключалась в том, что при установке лимба на 10 фрикционный привод протягивал стержень через щель, образованную прорезями в трех дисках.

С задней стороны лимба с цифрами торчал штырек, а за него цеплялся другой штырек, установленный на том же радиусе на первом диске. Значит, за один поворот вы наверняка захватываете первый диск.

На задней стороне первого диска был еще один штырек, и на том же радиусе — штырек на передней стороне

второго диска, поэтому за два оборота лимба вы наверняка захватите и второй диск.

При дальнейшем вращении лимба штырек на задней стороне второго диска входит в соприкосновение со штырьком на передней стороне третьего диска, который теперь можно повернуть в нужное положение, определяемое первым числом цифровой комбинации.

Повернув затем лимб на один оборот в другую сторону (при этом штырек на втором диске захватывается с обратной стороны) и дальше до второго числа, вы устанавливаете в нужное положение и второй диск.

Меняя еще раз направление вращения лимба, вы ставите в правильное положение первый диск. Теперь все три прорези находятся друг против друга, и поворотом лимба на 10 вы открываете замок.

Так вот, я старался изо всех сил и ничего не мог поделывать с этим замком. Я купил пару книжек про известных взломщиков, но толку от них было чуть. В начале книжки автор излагал истории про фантастические подвиги открывателей сейфов, например как запертая в холодильнике женщина замерзла бы, если б не взломщик, который за две минуты открыл замок, вися головой вниз, или про героя, открывшего под водой сундук с золотыми слитками.

Во второй части книги шли советы, как лучше вскрыть сейф лично вам. Это была ерунда вроде того, что «прекрасная идея — попробовать в качестве комбинации цифр дату, потому что множество людей использует для этой цели даты». Или: «Подумайте о складе ума владельца сейфа и о том, что он мог использовать в качестве комбинации». Или: «Секретари часто боятся забыть комбинацию и записывают ее в одном из следующих мест: на краешке стола, в записной книжке...» — и тому подобное.

Я перепробовал с этими шкафами всякие «нечестные» способы: пытался, например, не открывая верхнего ящика, открыть защелки нижних проволочным крюком, продетым через отверстия, получающиеся при вывинчивании винтов на передней панели шкафа. Я пробовал также очень быстро вращать лимб и затем устанавливать его на 10, надеясь, что благодаря трению диски каким-то образом сами встанут в нужное положение. Короче говоря, я перепробовал все, что пришло мне в голову, и все оказалось напрасно.

Тогда я предпринял небольшое систематическое исследование. Типичной была, например, комбинация 69-32-21. Я задался вопросом, насколько неверной может быть эта комбинация, чтобы она все-таки открывала замок? Если первое число — 69, подойдет ли 68? 67? Для тех замков, что были у нас, ответом было «да», а вот 66 уже не годилось. Вы могли ошибиться на две единицы в обе стороны. Это означало, что пробовать вам надо было одно число из пяти, так что набирать нужно было ноль, пять, десять, пятнадцать и так далее. Это уменьшало количество чисел со ста до двадцати, а количество возможных комбинаций трех чисел с 1 000 000 до 8000.

После этого возникал вопрос, сколько времени займет перебор 8000 комбинаций? Допустим, я знаю два первых числа комбинации, которую хочу найти. Пусть это будут числа 69-32, но я не знаю этого — я получил их как 70-30. Я могу теперь попробовать двадцать третьих чисел, не набирая каждый раз первые два. Допустим теперь, что правильно я знаю только первое число комбинации. Тогда я могу перебирать двадцать чисел на третьем диске, затем сдвигать второй диск на пять единиц и снова перебирать двадцать чисел третьего диска.

Я тренировался на своем шкафу все свободное время и в конце концов стал проделывать эту процедуру с максимальной скоростью, не забывая при этом, какое число нужно набирать сейчас, и не путая первое число. Подобно жонглеру, я выработал у себя абсолютное чувство ритма и последние 400 чисел мог перебрать менее чем за полчаса. Это значило, что открыть сейф я смогу максимум за восемь часов при среднем времени четыре часа.

В Лос-Аламосе был один парень по имени Стейли, который тоже интересовался замками. Время от времени мы встречались и болтали, но ни к чему дельному так и не пришли. Когда я нашел способ открывать замок в среднем за четыре часа, то пошел продемонстрировать его Стейли. Я поднялся в вычислительный отдел, где он работал, и сказал: «Ребята, если вы не возражаете, я воспользуюсь вашим сейфом, чтобы кое-что показать Стейли».

Вокруг меня стали собираться сотрудники отдела, и один из них закричал: «Эй, все сюда! Фейнман будет учить

Стейли взламывать сейфы!» На самом деле я не собирался открывать сейф, я хотел только показать Стейли способ быстрого перебора последних двух чисел без повторной установки первого.

Я начал:

— Предположим, что первое число — сорок, а в качестве второго мы пробуем пятнадцать. Крутим назад и вперед до десяти, назад на пять больше и вперед до десяти и так далее... Вот мы перепробовали все возможные третьи числа. Попробуем теперь в качестве второго числа двадцать. Крутим назад и потом вперед до десяти, назад на пять больше и вперед до десяти, еще на пять больше назад и вперед...

Щелк!

Моя челюсть отпала: первое и второе числа оказались правильными!

Выражения моего лица никто не видел, потому что я стоял ко всем спиной. Стейли выглядел очень удивленным, но мы оба быстро поняли, что произошло. Я торжественно выдвинул первый ящик и сказал:

— Прошу!

Стейли ответил:

— Я понял. Это очень хорошая схема. — И мы вышли.

Все были ошарашены. Теперь я на самом деле приобрел славу взломщика.

На это у меня ушло полтора года (я работал и над бомбой, разумеется!), но я считал, что решил задачу, в том смысле, что при серьезной необходимости — если б кто-нибудь пропал или умер, а комбинацию никто больше не знал, — я смог бы открыть сейф. После той напыщенной галиматии, которую о взломщиках писали в книгах, я считал это вполне серьезным достижением.

С развлечениями у нас в Лос-Аламосе было неважно, мы придумывали их себе сами, и возня с мозлеровским замком моего шкафа была одним из моих развлечений. Как-то раз я сделал интересное наблюдение: когда замок открыт, ящик выдвинут и лимб поставлен на 10 (а именно в таком состоянии люди оставляли свои шкафы, когда доставали документы), запирающий стержень все еще остается в нижнем положении. Что же это означало, что стержень внизу? Это означало, что он продет через прорези всех трех дисков, которые, следовательно, все еще стоят друг против друга. Ага...

Если теперь лимб слегка повернуть от 10, стержень пойдет вверх, но, если лимб сразу вернуть на 10, стержень снова опустится, потому что канал из прорезей для него сохранен. Если шагами по 5 делений уходить от 10, то начиная с некоторого момента стержень перестанет опускаться при возвращении на 10: канал для стержня только что был нарушен. А непосредственно предшествовавшее этому число, при котором стержень все еще опускался, есть последнее число комбинации!

Я сообразил, что то же можно проделать и для второго числа: если я знаю последнее число, то могу прокрутить лимб в обратную сторону и снова шагами по 5 делений найти такое положение диска, при котором стержень перестанет проходить через него. Предшествовавшее этому числу будет вторым числом комбинации.

Если б я был очень терпеливым человеком, я мог бы найти так все три числа, но усилия, которые надо было затратить, чтобы найти первое число этим хитроумным способом, намного превосходили те, которые требовались для простого перебора двадцати возможных чисел с двумя уже известными последними числами комбинации (напомню, что такой перебор выполнялся на закрытом замке).

Я практиковался до тех пор, пока не наловчился подбирать последние два числа на открытом замке, почти не



глядя на лимб. И тогда я стал проделывать такую штуку: зайдя к коллеге в кабинет для обсуждения какой-нибудь физической задачи, я прислонялся к открытому шкафу и как бы в задумчивости крутил его лимб туда-сюда, как это делает человек, во время разговора рассеянно играющий ключами. Иногда я вообще не смотрел на стержень, а просто клал на него палец, чтобы знать, когда он пойдет вверх. Таким способом я выяснил последние два числа на нескольких сейфах. Придя в свой кабинет, я записывал пары последних чисел на бумажке, которую хранил в замке своего сейфа. Чтобы достать бумажку, я каждый раз разбирал свой замок: это место я считал самым надежным.

Слава обо мне вскоре стала распространяться. Кто-нибудь подходил ко мне и говорил: «Слушай, Фейнман, Кристи уехал, а нам нужна бумага из его шкафа. Ты не можешь открыть его?»

Если это был шкаф, для которого я не знал последних двух чисел, я просто отвечал: «Простите, ребята, только не сейчас. У меня работы по уши». Если я знал числа, то говорил: «Ладно, сбегая только за инструментом». Никакой инструмент мне не был нужен, я просто шел в свой кабинет, открывал тайник и смотрел в свою щпаргалку: «Кристи — 35–60». Потом брал отвертку, шел в кабинет Кристи и закрывал за собой дверь: ясно, что не всякому следовало знать, как это делается.

Оставшись один, я обычно открывал шкаф за несколько минут. Все, что нужно было сделать, — это перебрать, самое большее, 20 первых чисел. После этого я брал журнальчик и минут пятнадцать — двадцать читал. Не стоило показывать, что дело очень простое: кто-нибудь мог заподозрить, что дело нечисто. Через некоторое время я выходил и сообщал: «Готово!»

После случая со Стейли все верили, что открыть сейф для меня плевое дело. Никто не догадывался, что я тайком выяснял два последних числа, хотя (а может быть, потому что) я занимался этим постоянно, как карточный шулер, который не расстается с колодой.

Мне часто приходилось ездить в Ок-Ридж для проверки мер безопасности на урановом заводе. Время было военное, все спешили, и однажды я поехал туда на уик-энд. В воскресенье мы сидели в кабинете генерала. Мы — это сам генерал, глава какой-то компании, еще несколько важных персон и я. Собрались мы для обсуждения отчета, который хранился у генерала в сейфе — настоящем сейфе, — как вдруг выяснилось, что генерал не знает комбинацию. Ее знала только секретарша, но, когда он позвонил ей, оказалось, что она уехала за город.

Пока все это выяснялось, я спросил:

— Можно мне повозиться с сейфом?

— Конечно!

И я стал колдовать над сейфом.

Они принялись обсуждать, где достать машину, чтобы попытаться найти секретаршу, и генерал чувствовал себя все более и более виноватым в том, что он задерживает столько народу. А важные люди теряли терпение и начинали сердиться на генерала, когда — щелк! — сейф открылся.

За десять минут я открыл сейф, в котором были все секреты уранового завода. Присутствующие были изумлены. Фирменный сейф оказался не очень-то надежным, и это было просто шоком: в нем хранились бумаги с грифами «только для прочтения», «совершенно секретно» и тому подобное, и вдруг приходит какой-то тип и открывает его!

Разумеется, это мне удалось благодаря моей привычке выяснять последние два числа комбинации. Будучи в Ок-

Ридже за месяц до того, я зашел в этот самый кабинет, когда сейф был открыт, и в своей «рассеянной» манере выяснил последние два числа — своей страсти я предавался постоянно. Хотя я и не записал эти числа, смутно я их помнил. Сначала попробовал 40–15, потом 15–40, но ни одна из этих комбинаций не сработала. Тогда я попробовал 10–45 со всеми первыми числами, и сейф открылся.

Похожий случай произошел и в другой раз в Ок-Ридже. Мой отчет, который должен был одобрить полковник, хранился у него в сейфе. Все остальные тамшние сотрудники держали документы в шкафах вроде наших в Лос-Аламосе, но у полковника был гораздо более хитрый, двухдверный сейф с большими ручками, которые выдвигали из рамы четыре стальных стержня толщиной в три четверти дюйма. Раскрылись величественные бронзовые двери, и полковник извлек мой отчет, который он должен был прочесть.

Мне до этого не приходилось видеть действительно хороших сейфов, и я попросил полковника:

— Пока вы читаете мой отчет, можно мне осмотреть ваш сейф?

— Валайте, — сказал он, уверенный, что сейфу ничего не сделается. Я осмотрел заднюю сторону одной из внутренних бронзовых дверей и обнаружил, что цифровой лимб соединен с маленьким замочком, который выглядел так же, как и замок моего шкафа в Лос-Аламосе. Та же фирма, тот же маленький стержень, и вся разница в том, что при опускании этого стержня становилось возможным с помощью ручек на передней стороне дверцы и системы рычагов вытянуть стальные запоры.

Полковник тем временем читал мой отчет. Закончив, он сказал: «Чудесно», спрятал отчет в сейф, взялся за мощные ручки и закрыл величественные бронзовые дверцы. В закрытом виде они выглядели совершенно неприспособленными, но я-то знал, что это сплошная иллюзия, потому что все держит тот же барахляный замок.

Я не смог удержаться от того, чтобы не подпустить полковнику шпильку (я никогда не был равнодушен к военным с их такими красивыми мундирами), и сказал:

— Глядя, с каким видом вы закрываете этот сейф, не могу отделаться от впечатления, что вы считаете его вполне надежным.

— Конечно.

— Только потому, что гражданские зовут его «сейфом»? — Слово «гражданские» я употребил, чтобы дело выглядело так, словно гражданские надули полковника.

Он рассердился:

— Вы хотите сказать, он ненадежный?

— Хороший взломщик откроет его за полчаса.

— Вы сможете открыть его за полчаса?

— Я сказал «хороший взломщик». Мне потребуется срок пять минут.

— Ладно, — сказал он, — жена ждет меня к ужину, но я подожду и буду смотреть за вами, а вы будете сорок пять минут ковырять эту штуку и не откроете ее!

И он уселся в большое кожаное кресло, положил ноги на стол и углубился в чтение.

Я спокойно взял стул, перенес его к сейфу и сел перед ним. Изображая некую деятельность, принялся наугад крутить лимб.

Через пять минут (это довольно долгое время, если вы просто сидите и ждете) полковник начал терять терпение: — Ну как успехи?

— Когда имеешь дело со штуками вроде этой, то либо откроешь ее, либо нет.

Я рассчитал, что еще минуту или две я могу помариновать его, и по-настоящему принялся за дело. Через две минуты — щелк! — сейф открылся.

Физиономия полковника вытянулась, а глаза полезли на лоб.

— Господин полковник, — серьезно заговорил я, — позвольте мне кое-что сказать вам об этих замках. Когда дверь сейфа или верхний ящик шкафа для документов открыты, очень легко узнать комбинацию. Именно это я и проделал, пока вы читали мой отчет, только для того, чтобы продемонстрировать вам опасность. Вы должны настоять, чтобы во время работы с бумагами все держали свои шкафы закрытыми, потому что в открытом виде они очень, очень уязвимы.

— Да-да. Я вас понимаю. Это весьма существенно.

В мой следующий приезд в Ок-Ридж все секретарши и вообще все, кто знал мое имя, махали на меня руками: «Сюда не подходите! Не подходите сюда!»

Полковник разослал по заводу циркуляр, в котором спрашивалось: «Во время своего последнего визита находился ли мистер Фейнман в вашем кабинете, возле вашего кабинета, не проходил ли он через ваш кабинет?» Одни ответили «да», другие «нет». Ответившие утвердительно получили еще один циркуляр: «Пожалуйста, смените комбинацию на вашем сейфе».

Вот так он отреагировал: опасность представлял я. Из-за меня сотрудникам пришлось менять коды сейфов. Менять комбинацию и запоминать новую — удовольствие сомнительное, поэтому все злились на меня и не хотели подпускать близко, чтобы им снова не пришлось делать это. Нечего и говорить, что во время работы их шкафы по-прежнему были открыты!

В библиотеке Лос-Аламаса были все документы, которые когда-либо могли нам понадобиться. Это была комната со сплошными бетонными стенами и огромной великолепной дверью, снабженной металлическим штурвалом, наподобие дверей банковских сейфов. Во время войны я попытался разобраться с ней. Я знал библиотекаршу и упрямил ее дать мне возможность немного повозиться с дверью. Я был очарован: это был самый большой замок из виденных мной. Но мне стало ясно, что я не смогу применить к нему мой метод подбора двух последних чисел. Случилось так, что я закрыл замок, поворачивая ручку открытой двери, и его засов остался торчать наружу, не давая двери закрыться. В таком положении дверь оставалась до тех пор, пока не пришла библиотекарша и не открыла замок снова. На этом мое изучение этого замка окончилось. Я не успел понять, как он работает, это оказалось выше моих сил.

Однажды летом, уже после войны, мне понадобилось закончить одну работу, и я из Корнелла, где в тот год преподавал, отправился в Лос-Аламос. Во время работы мне понадобился мой старый отчет, который хранился в библиотеке.

Я пошел в библиотеку, но возле нее взад-вперед расхаживал солдат с винтовкой. Была суббота, а после войны по субботам библиотека была закрыта. Тогда я вспомнил про моего хорошего приятеля Фредерика де Хофмана. Он работал в комиссии по рассекречиванию. Военные после окончания войны решили рассекретить некоторые документы, и ему приходилось постоянно бегать в библиотеку: взглянуть на одну бумагу, проверить другое, уточнить третье, — от всего этого с ума можно было сойти! И он сделал копии всех документов — всех секретов атомной бомбы — и забил ими девять шкафов своего кабинета.

Я спустился к нему и обнаружил, что свет в кабинете горит. Было похоже, будто кто-то — его секретарша, наверное, — только что на минуту вышел. В ожидании я принялся крутить лимб замка одного из шкафов (кстати, последних двух чисел сейфов де Хофмана я не знал: они были установлены после войны, когда я уже уехал из Лос-Аламаса).

Я крутил лимб и вспоминал книжки про взломщиков. Я думал: «На меня никогда не производили впечатления описанные в этих книжках трюки, и я не пытался попробовать их. Посмотрим, однако, нельзя ли открыть сейф Хофмана, руководствуясь советами из этих книг?»

Трюк первый: секретарша, которая боится забыть комбинацию и где-нибудь ее записывает. Ящик стола оказался заперт, но это был обычный замок из тех, открывать которые меня научил еще Лео Лавалетти. Чпок! Я смотрю с краю — ничего.

Потом просматриваю бумаги. Нахожу листок, который есть у любой секретарши: на нем аккуратно написаны буквы греческого алфавита, чтобы их можно было узнать в математических формулах, и против каждой буквы ее название. Там же в верхней части листка небрежная запись: « $p = 3,14159$ ». Так, шесть цифр, да и вообще на кой черт секретарше знать число p ? Ясно на кой, других причин быть не может!

Отправляюсь к шкафам и набираю на первом: 31-41-59. Не открывает. Пробую 59-41-31. Тоже не годится. 95-14-13. Назад, вперед, вверх тормашками, так, эдак — никак!

Запираю ящик стола и уже направляюсь к двери, когда снова приходит в голову из книжки про взломщиков: попробуйте психологический метод. Говорю себе: «Фредди де Хофман именно такой тип, от которого можно ждать



использования математической константы в качестве комбинации для сейфа».

Снова возвращаюсь к первому шкафу и набираю 27–18–28 — щелк! Сработало! (Основание натуральных логарифмов $e = 2,71828$ — вторая по важности после π математическая константа. — *Примеч. переводчика.*) Шкафов девять, я открыл первый, но нужной бумаги в нем не было — бумаги шли в алфавитном порядке фамилий авторов. Пробую второй шкаф: 27–18–28 — щелк! Открылся той же комбинацией. «Чудесно, — думаю я, — я открыл все секреты атомной бомбы, но, если я собираюсь когда-нибудь рассказывать этот анекдот, то должен убедиться, что все комбинации действительно одинаковы!»

Некоторые из шкафов были в соседней комнате, я попробовал 21–18–28 на одном из них, и он открылся. Теперь я открыл три сейфа — и все одной комбинацией. Я сказал себе: «Ну вот, теперь я смогу написать книжку про взломщика, которая будет интересней всех остальных книжек про взломщиков, потому что в начале я опишу, как открыл сейфы, ценность содержимого которых больше ценности содержимого сейфов, открытых любым другим взломщиком, — конечно, кроме тех, которые спасали человеческие жизни, — и сравнима с ценностью золотых слитков. Я оставил их всех: открыл сейфы со всеми секретами атомной бомбы — с технологией получения плутония, описанием процесса очистки, сведениями о том, сколько нужно материала, как работает бомба, как получают нейтроны, как устроена бомба, каковы ее размеры, — словом, все, о чем знали в Лос-Аламосе, всю здешнюю кухню!»

Во втором шкафу я нашел бумагу, которая мне была нужна. Потом толстым красным карандашом на первом попавшемся под руку листке написал: «Позаимствовал документ № LA4312. Фейнман, шнифер». Я положил эту записку сверху бумаг и закрыл шкаф.

Затем я вернулся к первому открытому мной шкафу, написал еще одну записку: «Открыть этот шкаф было не труднее остальных. Умник», — и закрыл шкаф.

В последнем шкафу, что был в другой комнате, я написал: «Когда комбинации везде одинаковы, один шкаф открывается не труднее другого. Тот же тип». Я закрыл и этот шкаф и отправился к себе в кабинет писать отчет.

Вечером я пошел в кафетерий поужинать. Там был Фредди де Хофман. Он сказал, что хочет пойти поработать, и смею ради я отправился с ним.

Хофман принялся за работу и вскоре пошел в другую комнату за бумагами — на это я не рассчитывал. Случилось так, что сначала он открыл шкаф с моей третьей запиской. Выдвинув ящик, он сразу увидел посторонний предмет — ярко-желтый листок с надписью ярко-красным карандашом.

Я читал раньше, что при испуге лицо у человека желтеет, но никогда не наблюдал этого сам. Так вот, это сущая правда. Его лицо стало серым, а потом желто-зеленым — смотреть на него было действительно страшно. Он взял листок, и рука его дрожала. «П-п-погляди на это!» — заикаясь, сказал он.

В записке было написано: «Когда комбинации везде одинаковы, один шкаф открывается не труднее другого. Тот же тип».

— Что это значит? — спросил я.

— Все к-к-комбинации у моих шкафов од-д-динаковые! — выдавил он из себя.

— Не слишком удачная идея.

— Т-т-теперь я п-понял, — удрученно сказал он.

Другим результатом отлива крови от головы является, по видимому, то, что мозги перестают работать нормально.



АРХИВ

— Он подписался, он подписался! — твердил Фредди.
— Да? — Я не оставил своего имени на этой записке.
— Да! Это тот самый тип, который пытался проникнуть в здание «Омега»!

Слух о попытке проникновения в здание «Омега» ходил по Лос-Аламосу в течение всей войны и даже после нее. Дело в том, что во время войны там проводили эксперименты, целью которых было выяснить, сколько материала нужно для начала цепной реакции. В этих опытах один кусок материала падал мимо другого. В момент пролета должна была начаться цепная реакция, и количество возникших в ней нейтронов измеряли. Падающий кусок пролетал мимо неподвижного настолько быстро, что реакция не успевала развиться и привести к взрыву. Тем не менее реакция должна была начаться, и по ее ходу можно было сказать, что все в порядке, скорость реакции такая, какой ей и следует быть, и расчеты подтверждаются. Очень опасный эксперимент!

Естественно, эти опыты ставили не в самом Лос-Аламосе, а в нескольких милях от него, в каньоне, со всех сторон закрытом горами. Здание «Омега» было огорожено забором со сторожевыми вышками. Как-то тихой ночью из окрестных кустов выбежал кролик, ударился о забор и наделал шуму. Часовой начал стрелять. Прибежал дежурный лейтенант. Что было сказать часовому — что он стрелял по кролику? Конечно, нет. «Кто-то пытался проникнуть в здание, но я спугнул его».

И вот де Хофман стоял бледный и трясущийся, а «тот, кто пытался проникнуть в здание «Омега», был рядом с ним!

Он спросил меня, что делать.

— Посмотри, не пропали ли документы.

— Все в порядке. Пропажи я не вижу.

Я подумал, что надо подвести его к шкафу, из которого взял отчет:

— Если все комбинации одинаковы, может быть, он взял что-нибудь из другого шкафа?

— Да-да, — сказал он, мы вернулись в его кабинет и в первом же шкафу нашли мою вторую записку: «Этот отчет был не труднее остальных. Умник».

К этому времени Фредди было уже все равно, умник это или тот же тип. Ему было совершенно ясно, что «тот же тип» — именно тот, который пытался проникнуть в здание «Омега». Поэтому заставить его открыть шкаф с моей первой запиской было особенно трудно, и я уж не помню, как это мне удалось.

Когда он начал открывать замок, я подался в коридор, поскольку побаивался, что меня прикончат.

Разумеется, он бросился вслед за мной, но, вместо того чтобы прикончить, едва не задушил в объятьях — так он был рад, что кража атомных секретов оказалась всего лишь розыгрышем...



Теоретическая биология: научные мечтания

*Нам известны средства
жизни, ее органы,
их отправления;
но физиологическая жизнь
все-таки для нас тайна.*

В.Г.Белинский.

Литературные мечтания

В 1970 году у нас в стране вышел перевод книги «На пути к теоретической биологии» (М.: Мир), привлекая в то время большое внимание. В ней были отражены итоги работы состоявшегося в Италии симпозиума, в котором приняли участие широко мыслящие биологи и химики, математики и физики. Они попытались совместными усилиями сформулировать положения, которые могли бы лечь в основу строгой, дедуктивной науки о живой материи — по образцу давно сложившейся теоретической физики.

У сборника был подзаголовок «Пролегомены», то есть введение, предварительные рассуждения. А в предисловии к нему академик Б.Л.Астауров отметил, что, хотя изучение живой природы идет широким фронтом и количество добытых фактов растет лавинообразно, построение теоретической биологии все еще находится в начальной стадии. И это несмотря на то, что ранее уже были сделаны отдельные глубокие обобщения, например концепции Э.Бауэра, Л.Берталанфи, Э.Шредингера.

Одним из участников того симпозиума был известный французский математик Рене Том. Он родился в 1923 году, после окончания университета и защиты диссертации в Страсбурге несколько лет провел в США, а затем вернулся на родину. В 1958 году его наградили медалью Филдса за достижения в топологии, где он успешно развил подход советских математиков Л.С.Понтрягина и В.А.Рохлина. Том занялся разработкой методов строгого описания прерывистости, скачков в поведении самых разных систем, и в большой степени благодаря ему исследования таких явлений выделились в самостоятельное научное направление — математическую теорию катастроф.



Рене Том. Структурная устойчивость и морфогенез. М.: Логос, 2002, 278 с. Перевод с французского Е.Борисовой и А.Родина. Тираж 3000 экз.

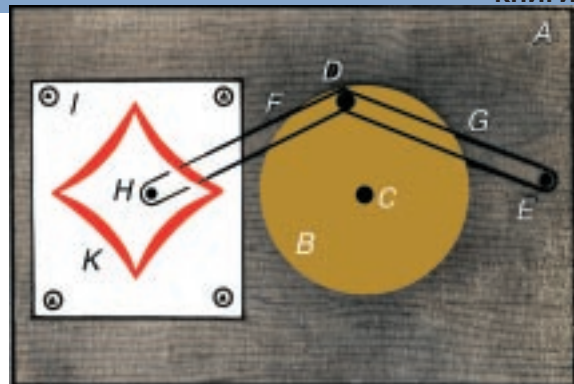
Вообще, слово «катастрофа» означает внезапное бедствие, влекущее тяжелые последствия. Но математики решили попытаться единым образом описать любые резкие изменения независимо от того, разрушительны они или созидательны. Это может быть, к примеру, быстрый прогресс в развитии некоторой системы, ее выход на более высокий уровень (вспомним гегелевский принцип перехода количества в качество). С другой стороны, катастрофы есть крайние проявления нелинейностей, с которыми имеет дело синергетика.

(Кстати, в геологии тоже есть «теория катастроф», утверждающая, что в истории Земли происходили внезапные сдвиги горных пород, с чем связаны смены



Биолог, если он хочет продвинуться в понимании жизненных процессов, не должен ждать, пока физикохимик даст ему теорию всех локальных явлений, встречающихся в живой материи... Нужно отбросить как иллюзорную ту примитивную и каннибалистскую концепцию, согласно которой, чтобы познать какую-то вещь, ее необходимо предварительно разобрать на части...

Зависимость достижений ученого от его техники и увлеченности



*Машина катастроф
К. Зимана*

флор и фаун. А в теории биологической эволюции имеется свой катастрофизм, который называют «сальтационизмом» — от итальянского *salto*, что значит прыжок.)

Катастрофы (в математическом смысле) настолько вездесущи, что мы их, как правило, просто не замечаем. В нашем нелинейном мире они не суть аномалии, — напротив, их корни лежат в самой природе вещей. Иногда они возникают в, казалось бы, совершенно безобидных ситуациях. Наглядный пример: лист бумаги можно аккуратно сложить вдвое, не помяв его (искривление происходит плавно), а вот вчетверо гладко сложить его уже нельзя — обязательно возникнет излом. Ясно, что создание общей теории подобных явлений позволит лучше понять природные и техногенные катаклизмы, с которыми человечество сталкивается все чаще.

Чтобы выявить и формализовать закономерности, управляющие скачками, английский ученый К.Зиман изобрел машину катастроф. Она проста, и ее может сделать каждый (см. рис.): диск (B) укрепляют на доске (A) так, что он свободно вращается вокруг проходящей через его центр оси (C). На периферии диска (D) к нему прикрепляют две легко растягиваемые длинные резинки (F и G). Одну из них закрепляют вторым концом на доске (E), а к другой присоединяют карандаш (H).

Если после этого, передвигая карандаш, натянуть резинки, то диск начнет поворачиваться. Главное, что при некоторых положениях карандаша будут наблюдаться скачки — резкие повороты диска из одного положения равновесия в другое. Отмеча-

все такие точки на прикрепленном к доске листе бумаги (I), получают «кривую катастроф» (K), характеризующую данную динамическую систему.

В математике нарушения гладкости функции при каких-то значениях аргументов называют особенностями. В таких точках значения функции могут изменяться скачкообразно (как говорят в синергетике, происходят бифуркации). А поскольку поведение физических систем обычно описывают дифференциальными уравнениями, то изучение особенностей их решений — одна из важнейших задач математической физики. Основы теории тут заложил еще в XIX веке А.Пуанкаре, а в 30–40-е годы большой вклад в нее внесли советские физики, прежде всего школа нелинейных колебаний академика А.А.Андропова.

Позднее американский ученый Х.Уитни рассмотрел особенности так называемых гладких отображений. В простейших случаях они представляют собой функции двух переменных $F(x, y)$, которые в трехмерном пространстве изображаются некоторыми поверхностями над плоскостью XY. Если поверхность образует складки так, что перпендикуляры к плоскости XY пересекают ее два или более раза, то функция неоднозначна и может испытывать скачки.

Одна из областей, где теория Уитни эффективно работает, — волновые процессы (вообще, распространение возмущений в некоторой среде — это может быть эпидемия или лесной пожар). Даже исходно гладкие фронты волн при движении в нелинейной среде или при отражении от препятствий образуют складки, и при этом

возникают сложные пространственные структуры. Оказалось, что число видов таких структур конечно, поэтому их смогли классифицировать и присвоить каждому из них образное название, например «ласточкин хвост», «пирамида», «кошелек».

Эти идеи развивал и Рене Том, который полагал, что применяемый тут математический аппарат многое прояснит в биологии, а также в экономике, психологии, лингвистике... В 60–70-е годы он писал многочисленные статьи, в которых обсуждал эти вопросы, делая упор на всеобъемлющем характере теории катастроф; затем они были собраны и изданы массовым тиражом в карманной книжной серии.

В результате теория катастроф стала очень популярной, что имело и отрицательные последствия: падкие на сенсации журналисты изображали ее в виде новой грандиозной парадигмы, которая пришла на смену классической науке — там ограничивались изучением постепенных изменений, а теперь удалось охватить и скачки. В ней начали видеть универсальный ключ к решению самых разных проблем.

Вот как пытаются применять метод Уитни, скажем, при моделировании творческой деятельности ученых. Их достижения (D) рассматривают как функцию двух переменных — техники (T) и увлеченности (Y). Предполагают, что изображающая эту функцию поверхность в трехмерном пространстве (см. рис.) обладает складкой (красным цветом помечена кривая катастроф). Тогда если увлеченность мала, то прогресс в технике ведет к



постепенному росту достижений, и скачков нет (кривая катастроф не пересекается). Если рост техники идет при большом значении увлеченности (линия 1), то при пересечении кривой катастроф (точка 2) достижения могут скачкообразно возрасти (как бы область гениев).

Если же увлеченность возрастает при достаточно большом значении техники, но без дальнейшего ее совершенствования (линия 3), то в точке 4 может произойти скачок вниз — достижения резко падают (область маньяков).

Как это часто бывает, столь расширительное толкование конкретного научного достижения отчасти выхолостило его содержание. Так, для успешного применения теории Уитни необходимо построить соответствующую поверхность, что в биологии и тем более в гуманитарных науках сделать можно далеко не всегда. Тут проявляется общая трудность математизации этих наук — после того как формальная модель построена, ее можно изучать строгими математическими методами; однако провести формализацию, не подменив сложную реальность примитивной схемой, во многих случаях не удастся (препятствия, стоящие на пути налаживания плодотворных контактов между биологами и математиками, обсуждались когда-то и в нашем журнале — см. № 7 за 1981 год).

В последние десятилетия область знаний, изучающая резкие изменения, катастрофы, быстро развивалась, выходило много книг. И всем, кто хочет разобраться в ее основных идеях и методах, можно в первую очередь порекомендовать небольшую и предназначенную неспециалистам книжку «Теория катастроф» (М.: Наука, 1990) нашего крупнейшего математика академика В.И. Арнольда. В ней он обсуждает и взгляды Тома, с которым был лично хорошо знаком.

Арнольд пишет, что Том, обладая блестящей интуицией, сформулировал много глубоких теорем, однако их доказательства он оставлял находить другим. В то же время наш ученый всегда с трудом воспринимал фило-

софские рассуждения французского коллеги; по мнению Арнольда, именно Том способствовал появлению разнообразных околонуточных спекуляций, составивших «мистику» теории катастроф. А изобретатель машины катастроф Зиман заметил, что он начинает понимать тексты Тома лишь после того, как между каждыми двумя его строками вставит сто своих.

И вот наконец вышел русский перевод главного труда Тома, который он издал в 1972 году (это событие почти совпало по времени с кончиной ее автора — см. некролог в «Nature» от 19/26 декабря прошлого года). Теперь его книга имеет уже в большой степени исторический интерес, как бы из серии «Классики науки». По ней можно проследить попытки автора приложить свои математические результаты к происхождению жизни, перестройкам метаболизма, морфогенезу (одна из глав называется «Великие проблемы биологии»), а также в других естественных и гуманитарных науках, например к процессу мышления. Том признает, что пока его теория дает лишь чисто качественное описание, однако он не видит причин, по которым в будущем она не сможет стать основой теоретической биологии.

Книга есть, и теперь каждый желающий сможет составить собственное мнение о творчестве Рене Тома. Правда, сделать это будет нелегко: в ней много математических выкладок, хотя они идут не сплошь, а чередуются с общими рассуждениями и лирическими отступлениями. Приведу образцы его стиля: «Не вызывает сомнений, что именно в философском плане наши модели представляют собой наиболее интересный вклад в науку. Они впервые дают строго монистическую модель живого существа, разрешая антиномию души и тела в рамках единой геометрической сущности» (с.238).

И далее (с.240): «Значительная часть моих утверждений получена чисто умозрительным путем. Можно, конечно, считать их грезами... Я не возражаю. Разве мечта — это не виртуальная катастрофа, с которой начинается знание? Когда столько ученых занимаются расчетами мироздания, неужели будет плохо, если те, кто на это способен, будут мечтать?»

Итак, прошло уже более 30 лет после итальянского симпозиума и выхода книги Тома, а теоретическая биология по-прежнему остается в стадии мечтаний. Видимо, в этой области все еще не раскрыты какие-то базовые принципы, что не позволяет исследо-

вателям выйти на широкую дорогу. Отдельные ветви биологии развиты неодинаково, скажем, такая ключевая ее составляющая, как эмбриология, биология развития, сейчас похожа на клеточную биологию полвека назад, когда не были известны ни строение ДНК, ни генетический код.

Значит, будем ждать — и в меру сил приближать — катастрофу, которая приведет к прорыву.

Кстати, недавно вышла книга «Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики» (М.: УРСС, 2002) нашего известного теоретика профессора Л.А.Блюменфельда, который ушел из жизни 3 сентября прошлого года. В 1959 году Лев Александрович основал и почти тридцать лет возглавлял кафедру биофизики на физическом факультете МГУ (и это была первая такая кафедра в мире). Круг его интересов — химическая термодинамика, биоэнергетика, ферментативный катализ и электронный перенос в биологических системах, сверхслабые взаимодействия в них (все они нашли отражение в первых двух частях книги).

А в третьей части он рассмотрел две проблемы, решение которых, по его мнению, невозможно в рамках современной физики, — это начальные этапы биологической эволюции и индивидуальное сознание. Если раньше, пишет автор, он полагал, что для полного описания всех аспектов феномена жизни вполне достаточно уже открытых законов природы, то теперь он сомневается в этом.

В нашем журнале в 1993 году (№ 8—12) были опубликованы отрывки из автобиографического романа Л.А.Блюменфельда (под псевдонимом Лев Александров) «Две жизни».

Л.Каховский

Что еще можно прочитать о применении математики в биологии:

Математическая биология развития. М.: Наука, 1982;

Е.В.Преснов, В.В.Исаева. Перестройки топологии при форфогенезе. М.: Наука, 1985;

Б.Н.Белинцев. Физические основы биологического формообразования. М.: Наука, 1991.



Генераторы чистого водорода ГВЧ

Лабораторный аппарат для получения чистой воды ВОДОЛЕЙ

Всевозможные аналитические приборы

Химические реактивы

Лабораторная посуда

Расходные материалы



ООО Химтехприбор

115230 Москва, Варшавское шоссе, дом 51, корп.2

тел./факс (095) 111 88 14, 111 50 82, 232 65 85, 232 65 89

E-mail: himtech@comtv.ru, m118814@front.ru URL: <http://www.cht-device.ru>



АКАДЕМКНИГА:

Книга почтой (безналичный расчет, наложенный платеж).
Учебная, специальная и научная литература по химии, биологии, физике, математике и экологии.
НОВИНКИ:

Б.В.Столяров. «Практическая газовая и жидкостная хроматография», 240 р.

Г.В.Королев. «Ассоциация жидких органических соединений», 195 р.

Б.Глик. «Молекулярная биотехнология», 510 р.

М.К.Роко. «Нанотехнология в ближайшем десятилетии», 450 р.

Заявки принимаются по тел.:(8432)13-00-13;
e-mail: book@ecopharm.ru; www.a-book.ru



Компания «Экофарм»:

Комплексное оснащение лабораторий и производств.
Производство лабораторной мебели и лабораторных аксессуаров.

Штативы «Крепыш-2»

в комплекте и отдельными узлами.

Тел.: (8432) 99-00-78
многоканальный;
e-mail: info@ecopharm.ru
www.ecopharm.ru



420029, Казань,
Сибирский тракт, 34, а/я 193

ПРИГЛАШАЕМ НА ПОСТОЯННУЮ РАБОТУ

**ХИМИКОВ, СПЕЦИАЛИСТОВ
в области органического синтеза,
а также программистов**
(желательно с химическим образованием)



в **МОСКОВСКУЮ** лабораторию
фирмы ChemBridge Corporation
с перспективой работы за рубежом
оклад 12–25 тыс. рублей + премия
Иногородним предоставляется общежитие

Для рассмотрения Вашей кандидатуры
присылайте резюме.

E-mail: job@chembridge.ru

**Предлагаем спонсорскую поддержку
конференций и симпозиумов
по органической химии**

Факс: (095) 956-49-48 Тел.: (095) 775-08-54,
E-mail: chembridge@online.ru 246-48-11
Почтовый адрес: 119048 Москва а/я 424

ОБОРУДОВАНИЕ, РЕАКТИВЫ

Трость



*За цепь унылых гор Луны
Отвечал пришелец из хлада:
«В страну теней скачи смелей,
Если ищешь Эльдорадо!»*

Э.По. Эльдорадо

Константин Ситников



ФАНТАСТИКА

3 октября 1849 года дверь таверны «Кут и Сарджент», что на Ломбард-стрит в Балтиморе, распахнулась, и на пороге появился невысокий худощавый мужчина лет сорока в черном мешковатом пальто, под которым виднелась грязная жилетка и не первой свежести сорочка; заношенные темно-серые панталоны приходились ему явно не впору, а шелковый платок на шее был повязан весьма дурно и неряшливо. Длинные вьющиеся волосы, спутанные и давно не мытые, ниспадали в стороны, открывая широкий, иссеченный морщинами лоб; усы под узким, хрящеватым носом обвисли; тонкие бледные губы были расслаблены и слегка подрагивали. Мужчина не был пьян — даже если он и выпил в тот день, то не больше одного стакана легкого вина. И все же его изможденное, помятое лицо несло на себе явственные отпечатки недавнего запоя и мучительного похмелья. Распахнув дверь, он приподнял голову и, слегка прищурившись, обвел взглядом небольшой зал с низким закопченным потолком.

Вошедший страдал близорукостью, и это была единственная причина его прищур, однако завсегда таверны, которые в ответ на звяканье железного колокольчика дружно оторвались от своего пива и с воловьей прямоотой усталились на нежданного гостя, прищур этот не понравился: заносчивость и нарочитое высокомерие, оскорбляющие их простые и грубые нравы, почудились им в этом прищуре. Но особенно не пришлось по душе сидевшим в таверне толстая дорогая трость с серебряным набалдашником, которую мужчина держал в руке и которая так не соответствовала его потрепанному виду.

Оглядевшись, мужчина сунул трость под мышку, погрузил руку в, казалось, бездонный карман и долго шарил там. Вся компания в таверне с молчаливым напряжением ожидала, каков будет итог этих поисков. Наконец незнакомец извлек руку из кармана и, приблизившись нетвердой походкой к стойке, выложил на нее несколько мелких серебряных монет. Бармен небрежно сгреб серебро в деревянный ящичек и налил клиенту бренди. Тот взял стакан дрожащими пальцами и одним глотком осушил его. Замечательные его большие серые глаза, и прежде беспокойные, теперь лихорадочно заблестели.

Ограничившись одним стаканом, мужчина прошел в глубину зала и уселся за пустой столик в углу. Трость же он с необыкновенной заботой положил перед собой на стол и, утомленно опустив веки, откинулся на высокую спинку стула. При этом он продолжал придерживать трость рукой, словно опасался за ее сохранность. Это тоже не понравилась завсегда таверны.

Они продолжали пялиться на странного посетителя, словно ожидали от него какого-нибудь фортеля. Однако время шло, а ничего не происходило: мужчина неподвижно сидел за пустым столиком и, казалось, намеревался просидеть так до самого закрытия. И тут, когда надежда развлечься за

чужой счет уже, считай, пропала, случилось нечто, и это вызвало недоумение еще большее, чем сам вид и непонятное поведение незнакомца.

Из угла, скрытого от посторонних глаз толстой балясиной, высунулся дряхлый старик лет шестидесяти пяти или семидесяти, в рваном сюртуке, сквозь прорехи которого виднелось заношенное, но дорогое белье. Один глаз у него, под дряблым веком, был голубоватый, подернутый пленкой, как у хищной птицы. Из провалившихся щек во все стороны торчала белесоватая щетина. Но более всего замечателен этот старик был тем, что на плече у него, нахохлившись, дремал столь же старый, как и он сам, лысый ворон с побелевшим от дряхлости оперением. Кажется, он был очень недоволен тем, что старик стронулся с места, нарушив его покой.

Старик прошел через весь зал и, приблизившись к странному посетителю, продребезжал над самым его ухом:

— Сдается мне, это не кто иной, как Эдди По, приемный сын торговца Аллана, да упокоит Господь его грешную душу!

Заслышав эти слова, мужчина вздрогнул и открыл глаза. Болезненная судорога исказила его лицо, он мертвецки побледнел и вцепился в свою трость, как только увидел ворона. Ворон тоже пристально посмотрел на мужчину, но тут же равнодушно отвернулся и стал оправлять клювом перья.

— Эй, да ты только взгляни, Неви! — воскликнул старик, обращаясь к птице. — Видать, жизнь здорово помяла красавчика Эдди. Не правда ли, мистер По?

— Ступай прочь, старик! — раздраженно ответил тот хриплым голосом.

— Э-э, а мы слышали о вашей громкой славе, мистер По! — с укоризной сказал старик и затем снова кивнул птице, словно ища подтверждения: — Верно ведь, Мори? — Ворон не ответил, и старик продолжил: — Как я понимаю, мистер По, в кармане у вас негусто. Но все равно позвольте мне присесть за вашим столиком.

— Делайте что хотите, — безразлично ответил мужчина и снова откинулся на спинку стула, прикрыв глаза.

Его явно знобило: на бледном лбу выступила испарина. Но назойливый старик, казалось, не обратил на это внимания.

— А мне, грешным делом, захотелось поговорить с вами, — добродушно начал он, усевшись. — Да, да, поговорить с вами о вашей трости. Разумеется, если это действительно ваша трость. Действительно ваша. — Он выделил голосом именно эти последние слова.

— Что вы хотите сказать? — вскинулся мужчина.

— Что я хочу сказать? А то, что, сдается мне, это вовсе не ваша трость, а? Не ваша, не ваша, мистер. Вы просто-напросто украли ее у своего друга Джима Картера! Да-да, просто-напросто украли ее: присвоили, прибрали к рукам! Что, скажете, нет?

— А вам какое дело? — грубо оборвал его мужчина.

— Совершенно справедливо: мне нет до Джима Картера никакого дела. Но, видите ли, это я продал доктору Картеру трость и в некотором роде несу за нее ответственность. Мне вовсе не хотелось бы, чтобы меня обвинили в том, что я продаю некачественный товар. Вот если бы вы согласились выкупить эту трость у меня, тогда другое дело.

— Что? Выкупить ее у вас? Дьявол, кто вы такой?

— Кто я такой? — вкрадчиво переспросил старик. — Так уж и не знаете? — Его губы растянулись в неприятной ухмылке, а из ушей поднялись и тут же растаяли в воздухе желтоватые дымные струйки. Или это только показалось? Скорее всего, именно так. — Поверьте мне, — с горячностью продолжил он, прикладывая руки к груди, — вы не пожалеете, если согласитесь на мои условия. Спросите у доктора Картера. Уж он-то вам скажет, что эта трость приносит удачу. Мало того, она приносит богатство. Вы знаете, кем был Джим Картер до того, как выменял эту трость у меня? Жалким лекаришкой с крошечной практикой. Он носился с бредовой идеей изобрести панацею от всех недугов, телесных и душевных. Его никто не принимал всерьез, для окружающих он был настоящим посмешищем, чем-то вроде городского сумасшедшего. А теперь это всеми уважаемый господин, известный своей трезвостью и уравновешенностью. Понимаете? И вы можете достичь того же, если приобретете эту чудесную трость. Вы станете истинно семейным человеком. Вы получите положение в обществе. Я знаю: вы как-то хлопотали о месте в городском таможенном управлении. Вы получите это место. И главное, главное — подумайте об этом! — вы наконец-то сможете приступить к изданию толстого литературного журнала, о котором мечтаете столько лет!

— Убирайтесь! — крикнул мужчина.

— Напрасно, напрасно, мистер По. Ведь и прошу-то я взамен всего ничего. Сущую безделицу, пустячок, без которого вам станет только легче. — В голосе старика проскользнули нотки сладострастия, и вслед за тем он протянул к собеседнику кривые руки: — Ваш талант! Ваш сверхъестественный талант! Ваша умопомрачительная фантазия! Ваш поэтический дар! Вот что я хотел бы иметь взамен... Но поторопитесь, поторопитесь, пока не вернулся владелец трости! Он уже близок. Я слышу его шаги. Скорее, скорее! Отдайте мне ее! Отдайте мне свою душу! — Старик порывисто вскочил со стула, но затем в нем словно что-то сломалось: он обессиленно осел и уронил голову на грудь.

Тут над дверью стукнул колокольчик, она широко распахнулась, и в таверну вошел низенький толстяк весьма самоуверенного вида. Он стянул с левой руки перчатку, бодро огляделся и, различив среди присутствующих в таверне нужного ему человека, устремился прямо к его столу.

— А, вот ты где, Эдди! — воскликнул радостно. — А я тебя ищу по всему городу. Послушай, где ты пропадал столько дней? Мне сообщили, что ты остановился в «Брэдшоус», я прихожу туда — и что же? Узнаю, что ты снял комнату только на одну ночь и тут же исчез куда-то, как провалился! Поверишь ли, мне пришлось выкупать твои вещи, иначе они грозились распродать их с аукциона, чтобы возместить убытки. Эти мошенники просили с меня пятнадцать долларов, но я-то знал, что у тебя нет ничего, кроме старого тряпья и рукописей. Мы сговорились на пяти и расстались добрыми друзьями. Так что, дружок, ты должен мне пять долларов. Впрочем, я пришел не за этим, Эдди. — Он плюхнулся на свободный стул и, пристально глядя в расширенные зрачки собеседника, проговорил раздельно и отчетливо: — Я — пришел — за моей — тростью.

При этих словах его рука в желтой перчатке легла на трость, которую мужчина продолжал держать на столе. Тол-

стые пальцы плотно обхватили гладко отполированную палку. Мужчина дернул трость на себя, толстяк не отпустил, все так же пристально глядя тому в глаза.

— Кто вы такой? — раздраженно спросил мужчина. — Какого черта вам всем от меня нужно?

— Ты что же, не узнаешь меня, Эдди? — удивился толстяк. — Я твой друг, Джимми Картер, доктор Картер. Мы познакомились в «Старом лебеде». Я пользовал тебя, когда ты жил у Макензи, ты разве забыл? Помнится, тогда ты обещал мне, что больше капли в рот не возьмешь. Похоже, дружок, ты нарушил свое обещание. Неудивительно, что у тебя отшибло память.

— Вы не Джим Картер, — возразил мужчина. — Я хорошо знаю доктора Картера. Он остался в Ричмонде. И я никогда не поверю, чтобы он проделал двухдневный путь морем только ради того, чтобы украсть у меня мою трость.

— Твою трость?! — вскричал толстяк. — Это не твоя трость!

— Это моя трость! А вы... вы самозванец!

— Что?

— Да, вы не доктор Картер. Я знаю, кто вы: вы — Вильям Вильсон!

Произнеся это, мужчина схватил со стола трость и размахнулся ею, намереваясь ударить толстяка серебряным набалдашником. Однако в самый последний момент проворный толстяк успел нагнуться — трость просвистела у него над головой и со всего маху влепила в лоб старику, который как раз привстал со стула и предостерегающе вытянул руку.

Пару секунд старик стоял с выпученными глазами и раскрытым ртом, а затем замертво рухнул на пол. Ворон вспорхнул с его плеча и, прыгнув на стол, каркнул на всю таверну. Этот выкрик птицы послужил сигналом для всех, кто здесь находился. Повскакав со своих мест, одни бросились к расprostертому на грязном полу старику, а другие схватили под руки мужчину, который, казалось, меньше всего ожидал такого исхода. Трость он по-прежнему сжимал в кулаке и пытался отыскать глазами толстяка, однако тот словно испарился. Вместо него в толпе появился неизвестный человек с бледным лицом и горящими глазами. Странное было на нем одеяние для дешевой таверны: испанский плащ голубого бархата, стянутый у талии алым поясом, а на боку рапира.

Едва завидев его, мужчина принялся вырываться из рук удерживавших его людей:

— Вот он! Держите его! Это Вильям Вильсон! Это он убил старика!

Однако на эти слова никто не обратил внимания — скрутили руки, а кто-то еще ткнул кулаком в бок...

Очнувшись, мужчина обнаружил, что сидит на жестком стуле, бумажный воротничок сорван, а с волос стекает вода. В таверне — пусто, ни посетителей, ни даже бармена. Зато напротив, за другим концом стола, — незнакомый джентльмен со злополучной тростью на коленях.

Мужчина опасливо огляделся. Мертвого старика не было. Не было и ворона. Не было и толстяка. Только джентльмен, сидящий напротив.

— Где он? — проговорил мужчина, с трудом шевеля губами и все еще озираясь.

— Кто? — поинтересовался джентльмен.

— Да Вильям Вильсон же!

— А кто такой Вильям Вильсон? — Это прозвучало совершенно спокойно.

— Вы не знаете Вильяма Вильсона? Он похож на меня! — заявил мужчина и подозрительно посмотрел на собеседника: — А вы-то сами кто?

Джентльмен удивленно приподнял бровь:

— Мне казалось, что мы с вами знакомы. Но если хотите, то я — Дюпен, а Дюпен — это ваш покорный слуга.

— Дюпен? — обрадованно переспросил мужчина. — Вы-то мне и нужны, дружище Дюпен! Уж вы-то сможете разобраться в том, что произошло. Поверьте, я вовсе не крал у него эту проклятую трость. Все было совсем не так.

Дюпен доброжелательно похлопал его по руке:

— Расскажите все по порядку. Так нам будет легче разобраться в том, что произошло.

— Хорошо. Видите ли, — начал мужчина, пытаясь приладить оторванный воротничок и придать себе более пристойный вид, — я собираюсь жениться. Да, мой друг, я собираюсь жениться, — повторил он, словно предвидя возражения. — Невесту зовут миссис Шелтон, Эльмира Шелтон. Ее девичья фамилия Ройстер... В юности мы были тайно помолвлены, но отец обманом выдал ее замуж за этого дельца Шелтона. Теперь она состоятельная вдова и живет в Ричмонде, в собственном двухэтажном особняке. Венчание назначено на семнадцатое октября. Все уже готово. Сразу после свадьбы мы уедем куда-нибудь поближе к Уэстфорду, где я собираюсь снять небольшой коттедж. Впрочем, это не важно... Вы хотите знать, что произошло в тот день, когда я отбыл из Ричмонда? Что ж, извольте. Я расскажу вам все по порядку, ничего не утаивая.

В среду, а это было двадцать шестое сентября, я навестил нескольких своих ричмондских друзей, но затем, ближе к вечеру, зашел к миссис Шелтон попрощаться. Она отговаривала меня от поездки, говорила, что я болен... и это правда, в тот день у меня началась лихорадка, но что же делать — дела в Филадельфии и Балтиморе, и я не мог отказаться от этой поездки. Возвращаясь от миссис Шелтон по Брот-стрит, я заглянул к доктору Картеру... Да, я был у него в ту ночь! Но совсем недолго — столько времени, сколько необходимо для того, чтобы пролистать газету. Выйдя от него, я встретил на улице старых знакомых, и мы зашли в ресторан к Сэдлеру — так он и называется: «У Сэдлера». Мне не хотелось возвращаться домой, я был слишком возбужден, чтобы уснуть. Мы засиделись допоздна, а потом вся компания пошла провожать меня на пристань. Пароход из Ричмонда отходит в четыре часа утра. Дорожный сундук из черной кожи был со мной. Я сел на пароход — и через два дня был уже здесь. Вот, это все. Вы можете проверить.

— Я верю вам, — кивнул мсье Дюпен. — Тем более что доктор Картер утверждает то же самое. Не удивляйтесь, я говорил с ним несколько минут назад, сейчас он дожидается в комнатах на втором этаже. Так вот, он утверждает то же самое, но за одним маленьким исключением. По его словам, выходя в тот вечер из его дома, вы по рассеянности вместо своей трости прихватили его трость. Когда он обнаружил вашу оплошность, было уже слишком поздно. Он выбежал на улицу, но вас и след простыл: он же не знал, что вы зашли с приятелями к этому вашему Сэдлеру!

— Почему же он не пришел на пристань, чтобы вернуть свою трость, если она так уж ему дорога?

— Вы ошибаетесь. Он пришел на пристань. Но, несмотря на все старания, так и не смог отыскать вас в толпе провожающих. Он решил было, что вы все же отказались от поездки и вернулись к себе. Дождавшись утра, он пошел к вам, однако миссис Клемм, которую он поднял с постели, сказала ему, что вас не было дома всю ночь и что вы, вероятно, уже находитесь на пути в Балтимор.

— И тогда он бросил все свои дела, сел на следующий пароход и доплыл до самого Балтимора? И все это ради



ФАНТАСТИКА

какой-то трости, пусть даже она стоит десять долларов! И вы всерьез полагаете, что он говорит правду? Одумайтесь, мсье Дюпен, этот пройдоха просто дурачит вас!

— Я понимаю, мистер По, — мягко возразил Дюпен, — на первый взгляд вся эта история кажется весьма странной. Но поймите и вы меня. Доктор Картер утверждает, что его трость — не простая трость. Это трость, которая приносит удачу. Ее ему подарили коллеги на пятидесятилетие, во всяком случае, он так говорит. Она очень дорога ему. Он в ней души не чаёт. У каждого свои причуды, мистер По, и мы должны уважать их. Вот почему он так огорчился, когда трость пропала. Вы меня понимаете? Думаю, лучше вернуть эту злополучную трость хозяину.

На несколько минут воцарилось молчание. Потом мужчина сказал, явно нехотя, со вздохом:

— Хорошо, я верну ее... Но не понимаю, почему мы говорим о какой-то дурацкой трости, когда этот старик с бельмом... — Он не договорил, и его аж передернуло.

— А вот в этом и заключается вся хитрость! — тут же откликнулся Дюпен. — И раз уж вы согласились признать, что трость принадлежит не вам, а мистеру Картеру, то это меняет дело. Посудите сами: убийство было совершено тростью, принадлежащей мистеру Картеру, хотя она временно и находилась у вас, но это не важно. Не нужно иметь семи пядей во лбу, чтобы догадаться, кто был настоящим убийцей.

— Я не понимаю, — пробормотал мужчина, ошеломленно глядя на своего прославленного друга. — Вы хотите сказать, что это не я убил старика, а...

— ...А владелец трости, разве это не очевидно? — И Дюпен рассмеялся. — Это же просто как дважды два. Убийство совершено тростью. Трость принадлежит мистеру Картеру. Значит, Картер и совершил убийство. Понимаете?

— Действительно, — пробормотал мужчина, с силой растирая виски, — теперь я, кажется, начинаю понимать. В этом есть своя логика. Убийство совершено тростью. Трость принадлежит Джиму Картеру. А я не имею к этому никакого отношения.

— Совершенно верно. Вы просто молодчина, дружище! Хотите что-нибудь выпить?

— Н-нет... То есть да: сейчас мне нужно выпить, чтобы успокоиться.

— Отлично. Эй, бармен, два бренди!

Тут же, невесть откуда, появился бармен с подносом и чистой салфеткой.

— Позвольте поинтересоваться, — спросил Дюпен, отхлебнув, — у вас есть дети?

Кажется, этот вопрос застал мужчину врасплох: он опять глянул на собеседника подозрительно.

— Если не хотите, можете не отвечать, — поспешно проговорил Дюпен и продолжил: — Растолкуйте-ка мне лучше вот что. Вы сказали, что миссис Шелтон, ваша невеста, живет в Ричмонде и что у нее собственный двухэтажный особняк. А

между тем вы собираетесь переселиться поближе к Уэстфорду и снять там небольшой коттедж. Мне кажется это довольно странным.

Мужчина смутился, опустил глаза.

— Видите ли, — пробормотал он, — некоторые обстоятельства... Мне не хотелось бы говорить о них. Здесь замешана другая женщина. Но если вы настаиваете... В Уэстфорде живет семья Ричмондов... О, миссис Ричмонд — это само очарование. Я зову ее просто Анни. Не видеть ее — это выше моих сил! Когда в прошлом году (моя жена Вирджиния была еще жива) я сопровождал Фрэнсис Осгуд в Провиденс, там она познакомила меня с Хелен Уитмен. Э, вы должны были слышать это имя — она поэтесса, трансценденталистка... Через некоторое время (Вирджиния уже умерла) я предложил ей стать моей женой, но в последний момент все расстроилось. И вот тогда, ожидая ее письменного ответа на мое предложение (дело было в Фордхэме, откуда я иногда приезжал в Уэстфорд навестить Ричмондов), я и понял, что мое спасение только в моей маленькой Анни... Ведь вы меня понимаете?

Проговорив все это, он поднял глаза на Дюпена и остолбенел: никакого Дюпена напротив не было, а сидел там давешний щетинистый старик с бельмом на глазу (живехонек). Сидел и глядел издевательски.

— Разумеется, мистер По, — скрипучим голосом заговорил старик, безобразно ухмыляясь, — я хорошо понимаю вас, мистер По. Да и кто лишен этих маленьких слабостей? Приволокнуться, увлечься смазливой мордашкой... Да разве ж мы осуждаем? Разве мы осуждаем? Да, господа? — И, подмигнув мужчине, он повернулся за подтверждением к всегдашатаям таверны, которые, будто по мановению волшебного жезла, вернулись на свои места, точно не исчезали вовсе.

— Нет, вы не... вы не смеете! — закричал мужчина и вскочил со стула, тут же задев за край стола. — Вы жалкие обманщики! Ничтожества! Просто ничтожества! Вы не можете смеяться надо мной! Вы не имеете права оскорблять мой гений!.. Вы... вы...

Он будто захлебнулся. Все поплыло перед его глазами: какие-то усатые морды, похожие на квашеную капусту... жирные пальцы, похожие на сосиски... И с хрипом повалился на стол.

— Он умрет?

Доктор Моран вздохнул.

— Все мы смертны, мэм, — философически изрек он. И повернулся к посетительнице, чтобы сказать ей что-нибудь утешительное, но, к своему крайнему изумлению, обнаружил, что в кресле никого нет. Повернулся в другую сторону — стул для сиделки тоже был пуст.

— Что за чертовщина? — пробормотал доктор. — Не сам же с собой я разговариваю. Это все от переутомления.

Он достал из кармана большой клетчатый платок, вытер лоб и тут увидел женщину. Она стояла у окна, сложив руки на груди, и пристально смотрела на доктора. Высокая и очень худая, почти изможденная. Вероятно, подумал доктор, страдает каким-нибудь неизлечимым недугом. Однако уже в следующее мгновение забыл об этом — он был просто потрясен величественной осанкой и красотой этой женщины. Широкий бледный лоб, слегка выпуклый на висках, окруженный густыми иссиня-черными волосами, но главное, глаза — огромные, подернутые влажной поволокой, подобной ночному туману над тусклой гладью озера.

Минуту (а может быть, целую вечность) доктор глядел в эти глаза, чувствуя, как неотвратимо подпадает под их гу-

бительное месмерическое влияние. Но в конце концов чувство долга взяло верх: он справился с наваждением и решительно шагнул к женщине:

— Кто вы? Я же запретил пускать к больному кого бы то ни было!

Странная посетительница не ответила. Вынув из складки дорожного платья изящный флакон фиолетового стекла, она мягкой, бесшумной поступью приблизилась к столу, на котором стоял наполненный стакан, и уронила в воду три или четыре большие рубиновые капли.

— Дайте ему, когда он очнется, — произнесла она низким грудным голосом. И, обойдя остолбеневшего доктора, вышла из комнаты.

Дверь затворилась, но уже через мгновение сюда спокойно вошла Мэри, жена доктора. Доктор Моран ни на секунду не сомневался, что в коридоре она никого не встретила.

— Ну как он, дорогой? — спросила Мэри, направляясь к постели.

Она взяла со стола стакан с водой, чтобы дать больному лекарство.

Доктор протянул к ней руку, желая остановить, но было уже поздно: Мэри приподняла голову больному и влила сквозь его запекшиеся губы воду с растворенными в ней рубиновыми каплями.

Через несколько дней больной пошел на поправку.

Произошло ли это стараниями доктора Морана или оказали свое целебное действие капли таинственной незнакомки, о которой доктор во избежание кривотолков предпочел не распространяться, Бог весть. Но факт тот, что к вечеру шестого октября пациент уже не только садился в постели, но и самостоятельно, хотя и не без помощи добрейшей Мэри, поел куриного бульона. А доктор распорядился открыть шторы, и на потолок палаты легли последние лучи красного закатного солнца.

Сидя перед постелью выздоравливающего пациента и похлопывая его ладонью по руке, доктор Моран добродушно вещал:

— Правду сказать, мистер По, я и не надеялся, что вы выкарабкаетесь. Очень ослаблен был ваш организм. Не поверите, но моя жена Мэри уже сшила вам саван, прекрасный саван... Я человек не суеверный, но не иначе тут вмешалось само провидение!.. Еще одну ночь вы проведете у нас, а завтра кузен ваш, мистер Нельсон, заберет вас к себе.

— Сегодня ночью я отправляюсь в плавание, — тихо проговорил По.

— Э... как вы сказали? — переспросил Моран, наклоняясь к больному (он был туговат на ухо). — А, понимаю, вы хотите вернуться в Ричмонд. Ну, это вы напрасно. Я бы не рекомендовал вам подвергать себя превратностям морского путешествия, пока вы окончательно не окрепнете.

— Ночью за мной придет корабль, — все так же тихо, но твердо произнес По.

Доктор Моран, бросив на него быстрый взгляд, нахмурился:

— И куда же вы намерены направиться, мистер?

— На Южный полюс.

— Вот как?

Моран поджал губы. Он все еще рассеянно похлопывал больного по руке, но теперь на его лице не осталось и следа добродушия. словно бы спохватившись, он убрал руку в карман...

На ночь доктор оставил странного пациента на попечение сиделки, наказав ей в случае чего звать на помощь. Палата больного находилась по соседству с комнатами семьи док-

тора, на втором этаже левой башни «Вашингтон хоспитэл», почти над самой крышей.

Забираясь под одеяло, Моран сказал жене:

— Бедняга сбрендил.

Мэри вздохнула, делая последнюю стежку на саване.

А ночью поднялась буря. Принявшего снотворное доктора растолкала испуганная жена. В дверь колотили. Путаясь в ночной рубашке, Моран вскочил с постели и отпер дверь. И в то же мгновение окно за его спиной с треском распахнулось от сквозняка и яростный порыв ветра промчался по комнате. Мэри вскрикнула. Моран резко обернулся, чтобы посмотреть, что случилось.

Странное голубоватое свечение изливалось на потолок между взвившимися к потолку шторами. Как замороженный, Моран подошел к окну. Высокие черные тополя больничного парка оглушительно шумели. Над их вершинами ширилось голубое сияние. Оно становилось ярче и ярче — все вокруг уже было залито этим холодным мертвенным светом. И тогда доктор Моран увидел, как над верхушками тополя медленно возникает и начинает расти, как в кошмарном сне, черный, чудовищный нос исполинского корабля.

Он был водоизмещением никак не меньше четырех тысяч тонн. Колоссальный тускло-черный корпус не оживляли обычные для всех кораблей резные украшения. Из открытых портов торчали в один ряд медные пушки, полированные поверхности которых отражали огни бесчисленных боевых фонарей, качавшихся на снастях. От них-то и исходило странное голубое свечение. И только парусов не было у этого корабля.

Высунувшись по поясу в окно и придерживая рукой ночной колпак, изумленный доктор различил высоко в темном небе неясные очертания гигантского воздушного шара, о размерах которого лучше всего говорило то, что корзиной ему служил огромный старинный корабль.

— Мать Божья! — пробормотал Моран и попятился.

В коридоре, в красноватом сумраке, плавало бледное лицо перепуганной сиделки. В руках у нее была свеча.

— Скорее, доктор! — поторопила она, и Моран, натягивая на ходу сюртук, поспешил за ней.

В палате, как и в спальне доктора, окно оказалось распахнуто настежь, и в него, вскидывая шторы до самого потолка, врвался поток сырого осеннего ветра. В голубом свечении, шедшим из окна, все казалось пепельно-серым. Большой в одной рубашке стоял на кровати и пристально вглядывался в ночь.

Будто сомнамбула, доктор медленно подошел к окну, но тут же попятился и, наткнувшись на кресло, рухнул в него. Он увидел, как в носу исполинского корабля открылся прямоугольный люк и широкая полоса яркого света легла от него на подоконник, подобно сходням. Тут же в освещенном прямоугольнике появилась изящная фигура, и... и по сходням в палату легко сбежал молодой рыжеволосый капитан в белой фуражке. Не обращая внимания на доктора и сиделку, он отдал честь мужчине в ночной рубашке и отчетливо:

— «Эврика» готова к отплытию, сэр!

— Капитан Гай, вы? — воскликнул По. — Разве вы не погibli там, на архипелаге, в южных морях, под завалом, который устроили нам коварные туземцы?

— Никак нет, сэр.

— Я счастлив, капитан, снова видеть вас, — искренне сказал По, пожимая ему руку. — Но ради всего святого, дружище, скажите мне, почему у вашего корабля такой странный вид?

— Вы разве забыли о цели нашего путешествия, сэр?



ФАНТАСТИКА

— Мы отправляемся на Южный полюс. Разве не так?

— Совершенно верно, сэр. Сначала на Южный полюс. А затем...

— Затем? — переспросил По.

Капитан Гай мечтательно улыбнулся.

— За цепь унылых гор Луны, в долину тени и хлада... — негромко продекламировал он, слегка покачиваясь, явно замороженный музыкой чудесных слов.

— Так мы отправляемся... на Луну? Но как же?..

По растерянно оглянулся. В кресле для посетителей, безмолвно внимая их разговору, сидел доктор Моран. Возле дверей со свечой в руках стояла сиделка. И никого, никого больше!

Капитан Гай вежливо кашлянул.

— Вы хотите сказать, сэр, — проговорил он тихо, — а как же леди Лигейя? Она на борту, ждет вас. Сэр! — повысил он голос. — Вся команда в сборе, «Эврика» готова к отправлению. — И добавил уже просительно: — Ветер может переместиться.

— Да, да, конечно! — прошептал По, охваченный странным волнением. — Я немедленно поднимаюсь на борт. Все дела закончены, все рукописи завершены. Меня больше ничто не держит на этой планете. Но, дружище, как же я предстану перед леди Лигейей вот в этом? — И он развел руками, оглядывая себя.

— Действительно, — смущенно пробормотал капитан. — Я должен был позаботиться об этом.

Из темного коридора в освещенную комнату шагнула Мэри, жена доктора. Оказывается, все это время она стояла за полуприкрытой дверью, внимательно прислушиваясь к разговору. У нее в руках было какое-то белое одеяние. Сурово поджав губы, Мэри протянула наряд пациенту.

Тот быстро облачился, и лицо его просветлело.

— Даже не знаю, как вас отблагодарить за вашу доброту, миссис Моран. Разве что этим. — Он протянул ей какой-то листок, и Мэри машинально взяла его. — Прощайте!

Коротко поклонившись доктору, По шагнул на сходни. Капитан Гай последовал за ним. Крышка люка захлопнулась, и сходни исчезли. Исполинское черное судно, озаренное голубыми огнями боевых фонарей, стремительно поднялось и скрылось за тучами.

Мэри посмотрела на листок, оставшийся у нее в руке. Это было последнее стихотворение Эдгара По, написанное накануне вечером. Двадцать лет спустя сыновья доктора Морана продали рукопись за двести долларов сумасшедшему старику с тростью из Филадельфии, и следы этого листка затерялись.



24-26 сентября
Воронеж
межрегиональная
выставка

ХИМИЯ. КРАСКИ. ПЛАСТМАССЫ.

Тематические разделы выставки

- Продукция химического и нефтехимического производства;
- Оборудование для химической промышленности;
- Высокие технологии для химии;
- Органический синтез;
- Измерительные, контрольные механизмы и приборы;
- Оборудование для химической промышленности;
- Промышленные и бытовые очистные сооружения;
- Автоматизированные системы управления производством (АСУ)
- Лакокрасочная продукция, растворители;
- Промышленное и лабораторное оборудование;
- Изделия из пластмасс;
- Синтетические материалы

Вета Тел./факс: (0732) 51-20-12, 77-48-36
E-mail: veta@expocity.ru www.veta.ru

Данио — НОВАЯ ЗВЕЗДА

Кандидат
биологических наук
Наталья Резник

*Взор его упал
на электрическую рыбку,
что плавала
в серебряной клетке
у трона, лицо его
прояснилось,
понравилось ему это
маленькое создание.*

Станислав Лем.
Советники короля
Гидропса



Д

ревнюю науку эмбриологию теперь называют биологией развития, но без эмбрионов она по-прежнему не обходится. Много лет исследователи извлекают эмбрионы из мышей, разбивают куриные яйца, рассматривают на просвет лягушачью икру, любят развиваться дрозофилы или морского ежа. К сожалению, традиционные объекты биологии развития не идеальны: или они беспозвоночные, или слишком крупны, или развиваются медленно. Вот если бы были такие маленькие, плодовые и скороспелые позвоночные, у которых эмбрионы на виду и можно наблюдать за их развитием, не прерывая одного, — как было бы удобно.

Да ведь такие позвоночные есть: это аквариумные рыбки данио. Помимо всех вышеперечисленных достоинств, у рыб имеется еще одно — наружное оплодотворение. Икринки и сперму легко собирать, хранить и комбинировать по желанию экспериментатора. А если ученый подбирает пары для скрещивания, то он уже генетик.

Американский исследователь Дж. Стрейзингер был молекулярным генетиком, учеником Лурия и Дельбрюка. Он работал с фагами, но интересовался и другими вопросами, в том числе ранним развитием нервной системы позвоночных. А еще Стрейзингер обожал тропических рыбок. Объединив все свои увлечения, он в конце 60-х годов приступил к изучению эмбрионального развития своей любимой аквариумной рыбки данио рерио (*Brachydanio rerio*). По-английски ее называют «zebrafish» за полосатую окраску. На месте данио могла бы оказаться и какая-нибудь другая рыбка, способная прожить всю жизнь в чашке Петри, но Стрейзингеру приглянулась именно «зебра».

Трудно найти более удачный объект для наблюдений. Данио развивается так быстро, что уже через сутки после оплодотворения в прозрачной икринке хорошо видно что-то похожее на рыбку. У эмбрионов легко идентифицировать нейроны, наблюдать их мор-

ЭКРО
САРАТОВ

Выставочный Центр "СОФИТ-ЭКСПО" предлагает
НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМ.
2003

7-я специализированная выставка с международным участием

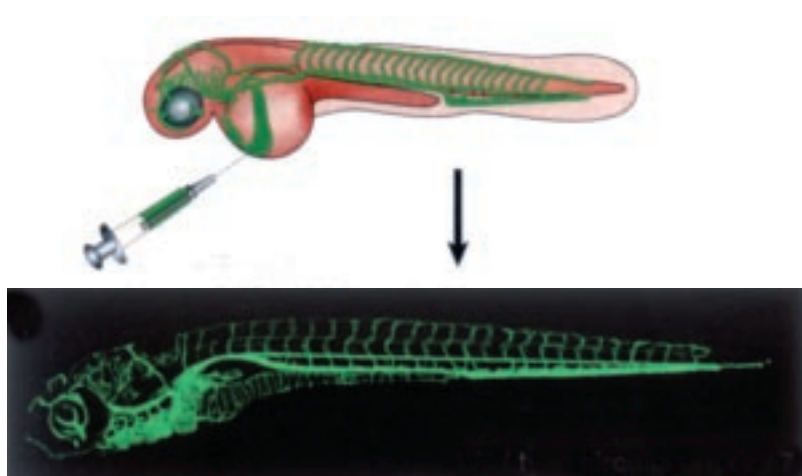
ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:

- Оборудование и технологии для нефтяной, газовой и химической промышленности
- Машиностроение
- Спектроанализ

12, 13, 14
АВГУСТА

Выставочный Центр "СОФИТ-ЭКСПО"
Офис: Россия, 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 60/62
Для писем: Россия, 410031, г. Саратов, ул. 30-е
Тел./факс: (8402) 227-473, 227-009
E-mail: office@expo.sar.ru, info@expo.sar.ru
<http://expo.sar.ru>

Спонсоры:



Данно
Фото из «Nature Reviews
Genetics», 2002, 3, 9



ЖЕРТВА НАУКИ

фологию и перестройку и даже рост аксонов нервных клеток. Любой эмбриолог пришел бы в восторг от такого зрелища, но Стрейзингер был генетиком, и работать с данио он начал как генетик — не с зарисовки стадий развития нервной системы, а с получения генетической коллекции, то есть с собора мутантов.

Данио и тут проявил себя с наилучшей стороны. Под влиянием мутагенов у рыбок возникали сотни мутаций, явно влияющих на развитие нервной и кровеносной систем, пигментацию, эмбриональную смертность и многое-многое другое. У большинства позвоночных одиночная мутация редко приводит к таким четким результатам — слишком много взаимодействующих генов отвечают за один признак. У данио же причинно-следственная связь очевидна, к тому же его эмбрионы иногда выживают с такими дефектами, от которых мышинные зародыши погибают.

Но мало получить и описать мутацию, ее надо закрепить, то есть получить лабораторную мутантную линию. Обычно для этого приходится ставить не одно скрещивание и дожидаться третьего поколения потомков. У данио мутантные линии можно получить за один ход. Для этого икринки мутантной рыбки обрабатывают спермой, предварительно облученной ультрафиолетом. Такая сперма генетически мертва и ничего не оплодотворяет, но дает икринке импульс к развитию, и из нее возникает эмбрион с генотипом

матери — диплоидный или гаплоидный, по желанию экспериментатора. А можно и отцовский генотип закрепить. У данио полиспермия, то есть в одну икринку проникают несколько спермиев. Если убить собственное ядро клетки, то ядра двух спермиев сливаются и возникает андрогенный эмбрион. Кстати, получая эмбрионы с материнским или отцовским генотипом, очень удобно картировать хромосомы, что ученые и сделали. Так данио дал биологам возможность выйти на качественный новый уровень исследований и изучать особенности развития, зная, какие гены и каким образом на них влияют.

К середине 80-х годов данио стал популярен как новый объект исследования. Даже дрозофилисты бросали своих мух, чтобы работать с «зебррой». А вскоре, как по заказу, подоспели новые методы исследования, которые необычайно удобно применить именно к данио, так что теперь у ученых есть возможность наслаждаться паразитическими сценами из эмбриональной жизни. Если, например, надо проследить за развитием кровеносной системы, прямо в эмбриональный сосудик вводят флуоресцирующий краситель, связанный со светящимися шариками. Эти шарики растекутся по сосудам, на сероватом прозрачном фоне четко проступят зелененькие ниточки, и будет видно, у каких мутантов какой части кровеносной системы не хватает. Или вводят в эмбрион ген зеленого светящегося белка, который светится только в определенной ткани, например в эндотелии, выстилающем артерии, но не вены.

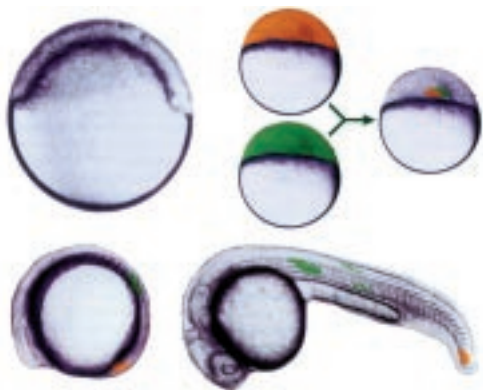
А иногда клеточку или группу клеток эмбриона метят красителем, который светится под действием ультрафиолета или сфокусированного света (разные клетки можно покрасить в разные цвета). И становится понятно, где окажутся меченая клетка и ее потомки на той или иной стадии развития. Сейчас специалисты знают судьбу каждой кле-

точки эмбриона данио — куда и откуда она приползет и что из нее получится.

Движение клеток по организму — процесс фундаментальный. Клетки перемещаются во время эмбрионального развития, при иммунном ответе, заживлении ран и распространении раковых клеток. Недавно немецкие ученые наблюдали, как предшественники половых клеток путешествуют через все тело эмбриона, чтобы прибыть в место, где предполагается быть гонадам. Они обнаружили гены и белки, ответственные за это перемещение и указывающие путь будущим половым клеткам. У обладателей мутантных генов клетки тоже движутся, но не дружно и не направленно. Возможно, в ближайшие годы ученые решат фундаментальную проблему миграции клеток, равно как и многие другие проблемы биологии развития, которыми интересуются уже несколько столетий, а к разгадке приблизились только сейчас. Преуспели же они благодаря тому, что в последние несколько лет, когда методические возможности генетики, биохимии и молекулярной биологии неизмеримо возросли, для их применения нашелся идеальный объект — данио.

Сейчас ученые описали уже несколько тысяч мутантов данио, составили подробную генетическую карту хромосом данио и «прочитали» весь его геном. Мутантные гены клонированы, многие их продукты известны. Результаты, которые ученые получают, работая с данио, часто справедливы и для человека. Неудивительно, что за последнее десятилетие работы, выполненные на данио, потекли широким потоком, международные конференции, посвященные этой рыбке, собирают сотни ученых со всего мира, а сам данио стал настоящей звездой генетики, молекулярной биологии и биологии развития. Практически ни одна статья о данио не обходится без комплимента объекту исследования. Он и вправду замечательный.

Разные клетки — разные судьбы





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Слоны умеют бегать. Но не любят

Американские ученые официально присвоили слонам статус «бегающих» животных.

Джон Хатчинсон и его коллеги из Стэнфордского университета в Калифорнии пришли к совершенно определенному выводу: когда слоны достигают скорости 16 километров в час и более, они движутся не иноходью и не рысью, а именно бегут (по сообщению агентства «Nature News Service» от 4 апреля 2003 г.). Раньше считалось, что этим животным несвойствен подобный способ перемещения, поскольку они никогда не отрывают от поверхности все четыре ноги сразу — одной обязательно «держатся» за землю. Это отличает их от других умеющих быстро бегать млекопитающих, например львов и гепардов, у которых есть фаза полного отрыва от поверхности. Впрочем, нужно заметить, что чистокровный исландский пони, который, безусловно, бежит, тоже всегда касается земли хотя бы одним копытом. Из-за этого он не скачет, а «перекатывается» с боку на бок, так что езда на нем более удобна.

Авторы работы устроили слоновьи гонки в национальном парке в Таиланде, на 30-метровой дорожке. В забеге приняли участие 42 представителя вида азиатских слонов, разных возрастов и весовых категорий, как самцы, так и самки. Животные бегали по 5–10 раз в день, с перерывами в несколько дней. Для подробного изучения движения на их суставы была нанесена безвредная белая краска, а специальные датчики фиксировали бег.

Оказалось, что задние ноги слонов «сжимаются» на несколько сантиметров, давая импульс их движению вперед. Рекордсменом оказался 20-летний Биг. При весе в три тонны он развивал скорость до 24 километров в час, то есть бежал в полтора раза быстрее остальных. Второе место досталось семилетней слонихе по имени Поп. Ее вес — 1500 килограммов.

Самым же сложным в эксперименте было заставить животных бегать — приходилось уговаривать, задабривать, поощрять, в зависимости от характера каждого.

Е. Сутоцкая

Пишут, что...



...химики не сразу оценили значение открытия двойной спирали ДНК, и поэтому Нобелевская премия его авторам была присуждена не по химии, а по физиологии и медицине («Chemistry International», 2003, № 1, с.23)...

...во Франции имеется дворец, построенный в XVI веке, в котором две спиральные лестницы закручены как в модели ДНК Уотсона и Крика, а чертежи таких перекрученных лестниц есть у Леонардо да Винчи («Notices of the AMS», 2003, № 3, с.328)...

...на аукционе «Кристи» будет выставлена коллекция статей по молекулярной биологии, включающая работы А.Клуга, М.Перуца, Р.Фрэнклин, Ф.Крика и Дж.Уотсона («Nature», 2003, т.422, с.102)...

...в ходе эксперимента, проводимого в Японии, обнаружены осцилляции рождающихся в атомных реакторах электронных нейтрино, то есть их превращения в другие сорта нейтрино («Physical Review Letters», 2003, т.86, с.783)...

...электроды из алмаза, в который ввели примесь бора, обладают исключительной стабильностью, и поэтому их можно использовать для электрохимического генерирования озона («Электрохимия», 2003, № 3, с.356)...

...из растений наиболее интенсивно поглощают и накапливают благородные металлы клевер ползучий, лапчатка гусиная и одуванчик обыкновенный («Доклады Академии наук», 2003, т.388, с.96)...

...капля соленой воды диаметром 3 мм, расположенная между двумя электродами, формой которой управляет электрическое поле, может служить микролинзой для пучка света («Applied Physics Letters», 2003, т.82, с.316)...

...при очистке почвы от нефтяных загрязнений наилучшие результаты дает совместное применение микробиологических препаратов и дождевых червей («Почвоведение», 2003, № 3, с.359)...



...в мире уже есть восемь трансгенных коров, которые дают молоко с повышенным содержанием белка казеина («Nature Biotechnology», 2003, т.21, с.138)...

...ввод в поврежденную после приступа сердечную мышцу собственных стволовых клеток больного, взятых из его костного мозга, способствует восстановлению работы сердца («The Lancet», 2003, т.361, с.45)...

...по расчетам экспертов ВОЗ, циркуляция вируса полиомиелита на нашей планете прекратится к 2005 году («Доклады РАМН», 2003, № 1, с.21)...

...ускоренное развитие АЭС в России приведет к росту их доли в общей выработке электроэнергии с 14,6% в 2000 году до 30% в 2030-м («Известия Академии наук. Энергетика», 2003, № 1, с.48)...

...результаты лазерной локации Луны показали, что радиус ее орбиты увеличивается на 3,8 см в год («Квантовая электроника», 2003, № 1, с.47)...

...по оценкам, ежедневно поверхности Земли достигают около 2000 метеоритов («Атомная техника за рубежом», 2003, № 3, с.3)...

...для тушения пожара нужно вбрасывать в зону пламени диспергированную воду в количестве, равном массе образующихся там газообразных продуктов горения («Письма в ЖТФ», 2003, № 6, с.5)...

...если в 1990 году среди взрослого населения развивающихся стран было 65% грамотных, то в конце 90-х годов — уже более 73% («Известия Академии наук, серия Географическая», 2003, № 1, с.11)...

...в США 75% женщин считают себя слишком толстыми, а 80% девочек от 10 до 13 лет заявили, что уже пытались похудеть («Ex libris НГ», 03.4.2003, с.7)...

...отношение студенческой молодежи к приему наркотиков можно охарактеризовать как лояльное или нейтрально-безразличное («Вузовские вести», 2003, № 6, с.2)...

Сильные землетрясения — самые безопасные

Ученые обнаружили, а главное, сумели объяснить удивительный факт: чем сильнее землетрясение по шкале Рихтера, тем меньше высокочастотные колебания, которые приводят к наибольшим разрушениям зданий.

«Сначала люди подумали, что с местной геологией произошло что-то забавное», — рассказывает Эмили Бродски, геофизик из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, о сильном землетрясении на Тайване в 1999 году (7,6 баллов по шкале Рихтера). Оно было



таким мощным, что за секунду над гладкой поверхностью вздымались двенадцатиметровые утесы, а участки земли двигались с самой высокой скоростью, какую когда-либо отмечали сейсмологи. Наибольшие смещения по разлому произошли на севере — и там же были зарегистрированы наименьшие колебания (по сообщению агентства «EurekAlert!» от 9 апреля 2003 г.). Когда в 2002 году похожее землетрясение — массивное смещение земной поверхности с небольшими колебаниями произошло на Аляске — ученые попытались дать этому парадоксу объяснение.

Сила землетрясений оценивается по шкале Рихтера, когда измеряется общее движение земли, но здания рушатся большей частью по вине высокочастотных колебаний. При очень быстром движении пластов во время землетрясения внутри разлома поднимается гидростатическое давление подземных вод и частичек глины. Из-за этого пласты раздвигаются и трение между ними уменьшается. А разрушительные высокочастотные колебания возникают именно при трении друг о друга неровностей на краях разлома.

Оценив размер сдвигов в разломах и скорости их движения на Тайване, Бродски пришла к выводу, что пласты могли быть разделены на пять — восемь миллиметров. Этого достаточно, чтобы значительно уменьшить трение между ними. Такой «смазочный эффект», вероятно, играет важную роль при всех землетрясениях выше семи баллов по шкале Рихтера.

Сейсмолог Пауль Сомервилл из Пасадены (США) считает, что нет более подходящего объяснения, чем это. По его мнению, раньше на такие особенности сильных землетрясений не обращали внимания из-за отсутствия полноценных наблюдений за катаклизмами, а также потому, что очень трудно оценить причину разрушения зданий, которые плохо построены.

О. Тельпуховская



ООО «АО РЕАХИМ»

ООО «АО Реахим» основано в 1993 году на базе бывшего В/О «Союзреактив» министерства химической промышленности.
Наш ассортимент — более 3000 наименований химических реактивов



С.В.СЯСИКОВУ, ст. Латная Воронежской обл.: Действительно, еще в начале XX века энциклопедия Брокгауза и Ефрона рекомендовала использовать обычную дровяную сажу в качестве удобрения, а также для присыпки почвы с целью лучшего поглощения тепла, главным образом в оконной культуре; однако современные садоводы, прежде чем удобрять землю сажей, должны хорошо подумать, не сжигали ли они в печке, например, пластмассовые изделия.

А.Е.ХЛОПЦЕВОЙ, Москва: Серицин — вязкий белок натурального шелка, склеивающий нити в коко-не, характеризуется высоким содержанием аминокислоты серина (до 40%); название белка, как и этой аминокислоты, и минерала серицита, происходит от латинского слова *sericium* — шелк.

М.Т.ЛЯЛИНУ, вопрос из интернета: Статья про оптические причины голубизны глаз была опубликована в «Химии и жизни» в 1986 году (№ 3, с.54–55), отклики на нее — в августовском номере того же года.

А.Л.КАРЕЛЬСКОМУ, Санкт-Петербург: Просветленные стекла — такие, на которые нанесено покрытие, снижающее коэффициент отражения; применительно к очкам это, вероятно, нужно для того, чтобы лучше были видны прекрасные глаза.

А.В.СОТНИК, Вологда: Чтобы варенье из розовых лепестков не получалось синеватым, в него добавляют щепотку лимонной кислоты.

М.П., Клин: Сбирать аир болотный будет пора совсем скоро — в конце лета; корневища можно доставать со дна водоема вилами, а на небольшой глубине просто руками; чистить или не чистить — вопрос спорный: неочищенный аир более душист; а вот нагревать при сушке его рекомендуется не более чем до 35°C; от язвы сушеное корневище аира безусловно помогает, однако подобное воздействие перегнанной аирной водки не доказано.

Предприятию «Уралаэротранс Эк.»: Большое спасибо, но редакции не нужен самолет Ту-154, нам его негде парковать; вот вертолет мы, может быть, и взяли бы, у нас крыша плоская...

Автором заметки «Бесхвостые кошки оказались зайцами» в апрельском номере «Химии и жизни» является Н.Резник; редакция приносит извинения читателям и автору.

Набор 1С	
«Кислоты» (по 200 г):	64.66
Кислота азотная, кислота ортофосфорная	
Набор 1В	
«Кислоты»:	57.64
Кислота азотная (200 г), кислота ортофосфорная (50 г)	
Набор 2М	
«Кислоты»:	93.00
Кислота соляная (1,5 кг), кислота серная (2,7 кг)	
Набор 3ВС	
«Щелочи»:	53.46
Гидроокись калия (250 г), гидроокись натрия (200 г), гидроокись кальция (50 г)	
Набор 5С	
«Органические вещества»	256.23
Набор 6С	
«Органические вещества»	175.09
Набор 7С	
«Минеральные удобрения» (по 250 г):	150.00
Аммофос, карбамид, натрий азотнокислый тех., селитра кальциевая, соль калийная (калий хлористый), сульфат аммония, суперфосфат двойной гранулированный	
Набор 8С «Иониты» (по 50 г):	37.66
Анионит, катионит	
Набор 9ВС	
«Образцы неорганических веществ» (по 50 г):	156.00
Алюминий азотнокислый, бария окись, квасцы алюмокалиевые, калий фосфорнокислый 2-х зам., кобальт сернокислый, кислота борная, литий хлористый 1-водн., марганец (2) сернокислый 5-водн., марганец хлористый, натрий кремнекислый мета 9-водн., никель сернокислый, свинец (2) окись	
Набор 11С	
«Соли для демонстрационных опытов» (по 50 г):	121.09
Аммиак водный, аммоний углекислый, калий углекислый (поташ), калий углекислый кислый, калий фосфорнокислый 2-зам. 3-водн., натрий углекислый, натрий фосфорнокислый 12-водн. или тринатрийфосфат 12-водн.	
Набор 12ВС «Неорганические вещества» (по 50 г):	135.00
Калий роданистый, калий железистосинеродистый 3-водн., натрий углекислый, натрий бромистый, натрий сернокислый кислый, натрий фтористый, сера молотая, калий железосинеродистый, натрий сернокислый	

Предлагает наборы химических реактивов для школ

101000, г. Москва,
Кривоколенный пер.,
12, стр. 2.
Тел.: (095) 786-35-50,
923-38-19
<http://www.reachem.ru>;
reachem@mail.cnt.ru



Цена набора приведена в рублях без НДС

Набор 17С «Нитраты» (малый) (по 50 г): 106.51
Алюминий азотнокислый 9-водн., аммоний азотнокислый
барий азотнокислый, калий азотнокислый, натрий азотнокислый

Набор 17С
«Нитраты» (большой) (по 50 г): 180.00
Алюминий азотнокислый 9-водн., аммоний азотнокислый,
барий азотнокислый, калий азотнокислый, натрий азотнокислый,
серебро азотнокислое (10 г)

Набор 19ВС
«Соединения марганца» (по 100 г): 92.00
Калий марганцевокислый, марганец(4) окись

Набор 20ВС
«Кислоты»: 94.00
Соляная кислота (3 кг), серная кислота (900 г)

Набор 21ВС
«Неорганические вещества» (по 200 г): 151.00
Кальция окись, медь(2) серноокислая б/в, медь(2) углекислая осн.,
натрий углекислый, натрий углекислый кислый

Набор 22ВС
«Индикаторы» (по 10 г): 117.00

Метиловый оранжевый индикатор, фенолфталеин индикатор

Набор 18С
«Соединения хрома»: 92.00
Аммоний двухромовокислый (200 г), калий двухромовокислый (50 г),
калий хромовокислый (50 г)

Набор 13ВС
«Галогениды» (по 40–50 г): 120.00
Алюминий хлористый 6-водн., аммоний хлористый, барий хлорис-
тый, железо хлорное 6-водн., калий хлористый, кальций хлористый,
магний хлористый, медь хлорная, цинк хлористый, натрий хлорис-
тый очищенный, хром треххлористый

Набор 14ВС
«Сульфаты, сульфиты, сульфиды» (по 50 г): 147.01
Аммоний серноокислый, алюминий серноокислый, железный
купорос, калий серноокислый, калий серноокислый кислый, кальций
серноокислый 2-водн., магний серноокислый, медный купорос,
натрий сернистый 9-водн., натрий серноокислый 9-водн., сульфит
натрия б/в, цинковый купорос

Набор 16ВС
«Металлы, оксиды»: 145.00
Олово гранулированное (50 г), железо(3) окись (50 г),
железо мет. восп. (200 г), меди(2) окись (100 г), цинк гранулиро-
ванный (100 г)



МИНУСТРОМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ТОРГОВЛИ РОССИИ



8 - 12 сентября 2003 г.

ХИМИЯ

12-я международная выставка
химической промышленности

'2003

Организаторы

ООО "Экспоцентр"
при поддержке ЗАО "Росхиминформ"

Официальные партнеры:

Министерство промышленности,
энергетики и транспорта РФ
Министерство сельского хозяйства и
развития торговли РФ
Президентская комиссия
Государственной Думы

Россия, Москва. Выставочный комплекс
ЗАО "Экспоцентр" на Красной Пресне



ЭКСПОЦЕНТР

125130, Москва, Пресненская набережная, д. 38/39 "Экспоцентр"
Тел: (495) 924-11-11, 924-11-12, 924-11-13, 924-11-14, 924-11-15
Факс: (495) 924-11-16, 924-11-17