

В МИРЕ НАУКИ

scientific american

WWW.SCIAM.COM

№5 2003

НАНОВОДЫ

переворот в хранении данных

"ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ"

■ в кадре и за кадром

СВЕТ

■ против рака

ПРЕДСКАЗЫВАЕМ

■ землетрясения

БРЫЗГИ

■ шампанского

ISSN 0208-0621



9 770208 062001 >

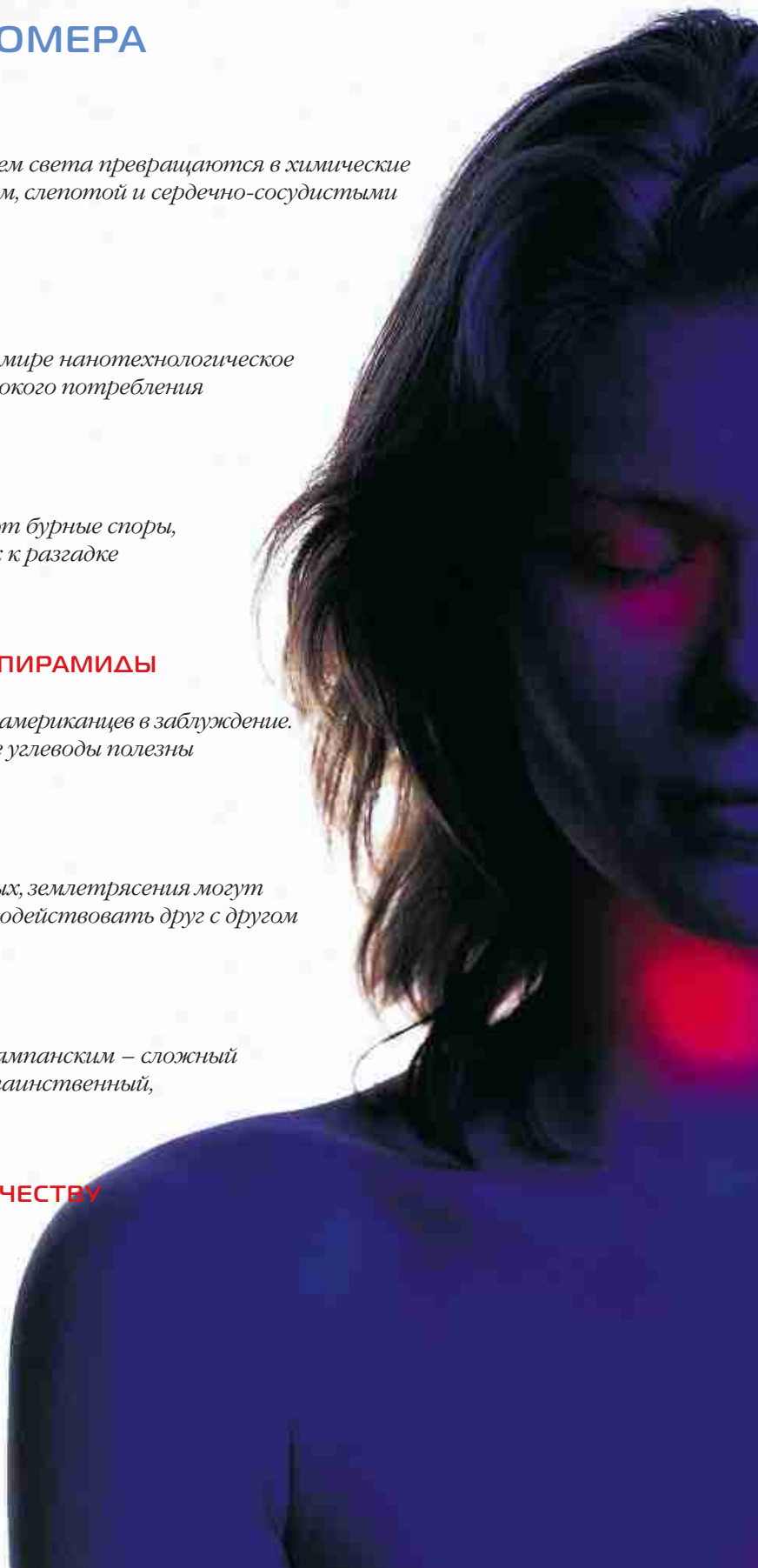
ежемесячный научно-информационный журнал

СОДЕРЖАНИЕ

МАЙ 2003

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 22** **ТЕРАПИЯ**
НОВЫЙ СВЕТ В МЕДИЦИНЕ
Ник Лэйн
Пигменты, которые под воздействием света превращаются в химические вещества, способны бороться с раком, слепотой и сердечно-сосудистыми заболеваниями
- 30** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ПРОЕКТ «НАНОПРИВОД»
Питер Веттигер, Герд Бинниг
Не так-то просто создать первое в мире нанотехнологическое запоминающее устройство для широкого потребления
- 38** **ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ**
ЗОВ ДАЛЕКОГО ПРЕДКА
Кейт Вонг
Новые ископаемые находки вызывают бурные споры, но как никогда приближают ученых к разгадке происхождения человека
- 48** **ДИЕТОЛОГИЯ**
РЕКОНСТРУКЦИЯ ПИЩЕВОЙ ПИРАМИДЫ
Уолтер Уиллет и Меир Стэмпфер
Рекомендации диетологов США ввели американцев в заблуждение. Не всякий жир вреден и далеко не все углеводы полезны
- 56** **ГЕОЛОГИЯ**
ДИАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
Росс Стейн
Вопреки мнению большинства ученых, землетрясения могут самым неожиданным образом взаимодействовать друг с другом
- 66** **ФИЗИКА**
НАУКА О ПУЗЫРЬКАХ
Жерар Лигер-Белэр
Образование пузырьков в бокале с шампанским – сложный физико-химический процесс, более таинственный, чем это кажется на первый взгляд
- 74** **ЭКОЛОГИЯ**
ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ
Эндрю Блаустейн и Питер Джонсон
Ученые уже давно рассматривают амфибий как надежный индикатор здоровья Земли
- 84** **ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ**
ЦАРЬ МОРСКИХ ПРОСТОРОВ
По следам передачи



В МИРЕ НАУКИ

Учредитель и издатель:

Негосударственное образовательное учреждение
«Российский новый университет»

Главный редактор: С. П. Капица

Заместитель главного редактора:
В. Э. Катаева

Ответственный секретарь: О. И. Стрельцова

Редакторы отделов: А. Ю. Мостинская
В. Д. Ардаматская

Редакторы: Д. В. Костикова, А. А. Приходько

Старший менеджер по распространению:
С. М. Николаев

Научные консультанты:

доктор биологических наук В. М. Белькович
доктор физико-математических наук

А. В. Ксанфомалити

доктор экономических наук, профессор

М. В. Конотопов

кандидат биологических наук Е. А. Северцова

профессор Н. М. Сергеев

кандидат медицинских наук Н. П. Теплоу

Над номером работали:

Н. А. Агаджанян, М. М. Агафонов, В. В. Асадов,

Е. Г. Булгакова, О. А. Василенко, И. Я. Дихтер,

А. В. Зернов, А. А. Рогова, Ф. С. Капица,

Э. Е. Кожанова, Н. М. Моисеева, В. А. Пангаева,

Ю. А. Рыжов, М. А. Сажин, И. Е. Сацевич,

В. В. Свечников, А. А. Сорокин, О. Г. Сорохтин,

Н. Н. Шафрановская, Н. А. Шурыгина

Корректурa: И. Е. Крoль

Препресс: P-studio

Отпечатано Федеральным государственным
унитарным издательско-полиграфическим
предприятием «Кострома» Заказ №2120

Адрес редакции:

105005 Москва, ул. Радио д. 22, к. 409

Телефон:

(095) 105-03-72, тел/факс (095) 105-03-83

e-mail: red_nauka@rosnou.ru

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2002

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
Свидетельство ПИ № 77-13655 от 30.09.02

Тираж: 15000 экземпляров

Цена договорная.

Перепечатка текстов и иллюстраций только
с письменного согласия редакции.

При цитировании ссылка на журнал «В мире науки»
обязательна.

Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins,
Carol Ezzell, Steve Mirsky, Georg Musser

Art director: Edward Bell

Publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer:
Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director:
Charles McCullagh

Vice President: Frances Newburg

© 2002 by Scientific American, Inc.

Торговая марка **Scientific American**, ее текст
и шрифтовое оформление являются исключительной
собственностью Scientific American, Inc.
и использованы здесь в соответствии с лицензионным
договором.

РАЗДЕЛЫ

18 СЕРЬЕЗНЫЕ ПРИТЯЖАНИЯ СЛОВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ

Еще раз о правах потребителей

19 СКЕПТИК В ПОИСКАХ СОЗДАТЕЛЯ

*Неужели Вселенная специально приспособлена
для жизни?*

20 ПРОФИЛЬ НАУКА СПАСЕТ МИР

Мнение экономиста

ОБЗОРЫ

3 ОТ РЕДАКЦИИ ЧЕЛОВЕК И МИКРОСХЕМА

4 ТРИБУНА ЕЩЕ РАЗ О «ПОЧТОВЫХ ЯЩИКАХ»

*Вопрос об открытости научных исследований
выходит за узконаучные рамки и постепенно
приобретает общемировые масштабы*

6 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

8 НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ

- NASA не торопится осваивать Луну
- Электроника забирается под кожу
- Стохастический резонанс и легкая походка
- Генетика против аллергии
- Ледяные чудеса
- Динамическая квазигодограмма в белом свете
- Прощание с «Пионером-10»

82 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

90 ПУТЕШЕСТВИЕ ЗАГЛЯДЫВАЯ ВНУТРЬ ЗЕМЛИ

Гавайский национальный парк вулканов

92 ЗНАНИЕ – СИЛА О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЮТ ЦАРАПИНЫ

Секреты баллистической экспертизы

94 ГОЛОВОЛОМКА БЕЛКОВЫЙ ПЕРЕЗВОН

95 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

*Как работают поисковые системы Интернета?
Что такое зыбучие пески?*

ЧЕЛОВЕК И МИКРОСХЕМА

Прибор под названием *VeryChip* по размеру сопоставим с зерном риса и легко размещается под кожей человека. При получении радиосигналов от портативного сканера он передает идентификационную информацию о личности носителя.

Сегодня вряд ли найдется взрослый человек, организм которого не содержал бы таких инородных тел, как металлические штифты, мосты, коронки, модные ныне брэкеты (для исправления зубного ряда). Кардиостимуляторы, искусственные суставы, грудные имплантанты, хирургические винты и скобы – вот далеко не полный перечень медицинских приборов и приспособлений, с которыми приходится мириться. Обычно люди отрицательно относятся к идее вживления, но в безвыходных ситуациях вынуждены привыкнуть к подобным вмешательствам. Во-первых, потому что большинство имплантантов, например стоматологические конструкции, изготавливаются из адаптированных к тканям материалов и конструктивно просты. Во-вторых, кардиостимуляторы и другие сложные медицинские приборы назначаются врачами, исходя из жизненно важных показаний.

В 2002 г. компания «Прикладные цифровые решения» *Applied Digital Solutions* из Палм-Бич, Флорида, представила новую разработку – прибор под названием *VeryChip*. Чип по размеру сопоставим с зерном риса и легко размещается под кожей человека. При получении радиосигналов от портативного сканера он передает идентификационную информацию о личности носителя.

Число функций чипов год от года увеличивается. Например, для определения местонахождения применяются чипы-геолокаторы.

Вживляемые чипы могут использоваться в сфере коммуникаций, индустрии развлечений и косметологии. Администрация по контролю за продуктами и лекарствами США приняла закон, согласно которому *VeryChip* не может рассматриваться как медицинский прибор, если он не используется в соответствующих целях. Устройства большей мощности могут быть подвергнуты экспертизе безопасности.

Массовое промышленное производство новых чипов вызывает много споров. Следует ли метить преступников постоянными идентификаторами? А как быть с иностранцами? Могут ли работодатели требовать от своих рабочих, чтобы те были помечены чипами? Могут ли они применяться для предотвращения похищений детей? Не ведет ли это к нарушению гражданских прав? Все вопросы правомерны, но есть главный: «Как внедряется сложная электроника в организм человека?» Подобный имплантант – не стоматологическое приспособление или терапия, призванная облегчить или спасти жизнь, а управляемый микропроцессором электронный идентификационный (*ID*) маячок, навсегда вживляемый в тело. Лет 20 назад выпуск подобной продукции рассматривался бы как шаг

к созданию единого мирового правительства и контролю над разумом, о чем и предупреждал Джордж Оруэлл (George Orwell) в книге «1984».

1984 год пришел и ушел, а электронные приборы, включая и те, которые отслеживают наше местонахождение, стали столь же привычными, как и наводнившие художественные фильмы и телевизионные передачи дружелюбные роботы и киборги. Популярность косметической хирургии, бодиарта и декоративного пирсинга показывает, что идея изменения человеческого тела получает дальнейшее развитие. Новые приборы сулят ощутимую выгоду человечеству. Слияние человека и машины становится обычным явлением. Техника буквально забирается к нам под кожу. ■



VeryChip

ЕЩЕ РАЗ О «ПОЧТОВЫХ ЯЩИКАХ»

Юрий Рыжов

В последние годы новую остроту приобрела проблема открытости научных исследований. Вопрос вышел за узконаучные рамки и постепенно достигает государственных и даже общемировых масштабов. Отчасти это связано с реальной угрозой терроризма, отчасти (по крайней мере, в России) имеет иные, более глубокие исторические корни. В первом номере журнала «В мире науки» (*Scientific American*) была опубликована статья Дэниела Дюпона «Университеты боятся превратиться в «почтовые ящики», где высказывалась озабоченность попытками американских властей ограничить свободу научных исследований и публикации их результатов в открытой печати. По мнению автора, решение вопроса о свободе обмена научной информацией возможно только при широком обсуждении и только совместными усилиями ученых, политиков и общественности.

Прокомментировать ситуацию мы попросили Юрия Алексеевича Рыжова, человека, имеющего огромный опыт международной работы, действительного члена Российской академии наук, президента Международного инженерного университета, посла России во Франции (1992–1999 гг.) и одного из инициаторов создания Комитета защиты ученых.

Традиционно в период «холодной войны» и изоляции российской науки от мирового сообщества в СССР засекречивалось буквально все, а компетентные органы ревностно хранили государственные тайны – истинные и мнимые. Но умные люди уже в конце 80-х годов писали (даже в таких правозащитных журналах, как «Коммунист»), что повальная секретность вредит государству, поскольку когда охраняется все, в результате не охраняется ничего. В годы перестройки оттепель

коснулась и сферы науки – многие данные утратили гриф «секретно». Как только была приподнята завеса сверхсекретности, развеялись многие мифы. В том числе одно из наших вечных обольщений, что у нас непаханные поля инновационных идей, которые мы в простоте своей не умеем выгодно продать на мировом интеллектуальном рынке. Кое-какие проекты, правда, удалось реализовать в 80–90-х гг. Однако уже к концу 90-х наши бдительные стражи воспряли духом, а к 2000 г. вновь ринулись ревностно охранять существующие и несуществующие секреты и ловить да судить мнимых ученых-шпионов. В некоторых официальных циркулярах снова появляются противоречащие Конституции положения, ограничивающие свободу передвижения и обмена информацией. Понятно, что в подобных условиях рождается как неуверенность в завтрашнем дне нашей науки, так и опасения за судьбы российских ученых, более того – подрываются основы международного научно-технического сотрудничества, без которого немислимо вхождение в единое информационное поле мировой науки. Современная российская наука и так находится в довольно плачевном финансовом и, я бы сказал, возрастном состоянии. И попытка снова изолировать наших ученых от мирового сообщества (а именно к этому ведет охота на «шпионов») вредит как развитию науки, так и авторитету России в мировом научном сообществе.

Вот несколько конкретных примеров. В начале 90-х группу химиков обвинили в шпионаже. Основанием послужила публикация статьи о продолжении разработки в СССР химического оружия, вопреки подписанной конвенции о запрете подобного рода исследований. Ученых осудили за разглашение секретов. Группа коллег выступила

с протестом, вмешалась пресса. Борис Ельцин готов был подписать помилование, но это означало бы признание вины. В конце концов, дело лопнуло. Но меня настораживает, что эта практика: «вы повинитесь, а мы вас простим» – стала очень распространенной. Так же рассыпалось «дело А. Никитина» и дальневосточного ученого-океанолога В. Соифера, занимающегося изучением последствий захоронения ядерных отходов в Японском море, к сожалению, до сих пор не закрыто «дело Г. Пасько». Порой случаются настоящие курьезы, когда спецслужбы извлекают на свет божий «дела давно минувших дней». В 70-х годах специалист по космическим исследованиям В. Данилов работал над системой защиты спутников от статического электричества, позднее данные исследований были опубликованы в открытой печати. Наши космические конкуренты к тому времени самостоятельно решили этот вопрос. И вот в 90-х годах Данилова обвинили в том, что он продал секрет китайцам, хотя речь шла всего-навсего о вполне легальном контракте с одним из институтов. И опять уже знакомый сценарий – ученого освободили, но дело так и не закрыли – на всякий случай. И этот мартиролог можно продолжать до бесконечности.

Условные шпионы получают условные сроки – подобная практика вызывает недоумение и озабоченность в научных кругах и нагнетает истерию, особенно при очевидном несовершенстве российской правовой системы.

Последнее время давлению на ученых невольно способствует борьба с терроризмом. Беда в том, что под этим предлогом идет наступление на нежные ростки российских гражданских свобод. Права и законность не должны стать еще одной жертвой терроризма!

Войны с учеными и шпиономания безмерно вредят не только российской науке, но – шире – экономике, образованию, политической стабильности и престижу страны, более того – изолируют нас от мирового научного сообщества. Кстати, одна из причин научно-технического прорыва Китая, о котором неоднократно говорилось на разных уровнях, связана с тем, что они в массовом порядке отправляли своих студентов на учебу за границу, не опасаясь «утечки умов».

Разумеется, некоторые исследования должны быть закрытыми. Любое государство охраняет свои секреты, и понятие «государственная тайна» существует на всех языках. Но должны быть разумные пределы, объективная необходимость и ясные критерии, в соответствии с которыми информация «закрывается» и которых, к сожалению, нет. С конца 90-х существует некий перечень, весьма формальный, который, по сути, является настоящей лазейкой для ловцов шпионов – в соответствии с ним даже

мыловаренный завод может приобрести очертания производства химического оружия. Дело в том, что создать адекватную систему защиты государственных интересов и тайн возможно только при наличии четкого понимания национальных интересов страны. Россия же до сих пор не осознала ни своего места в мире, ни реальных перспектив развития, а потому наши национальные интересы просто не сформулированы.

Разумеется, утечка информации всегда была и будет. Секреты уплывали и при самой жестокой слежке. Но сейчас благодаря развитию информационных технологий, сети Интернет ситуация изменилась – полный информационный блокаут ввести невозможно, и страсть к сверхсекретности вредит только и единственно нам самим и ведет к потере выгодных контрактов. Французы, например, предложили на уже имеющемся и вовсе не секретном оборудовании провести ряд совместных испытаний модели перспективного двигателя, который

в случае удачи был бы введен в эксплуатацию не раньше чем через четверть века. Французская сторона готова была не только оплачивать испытания, но и оставить в нашем распоряжении их результаты. Однако, поскольку в названии работы фигурировало понятие «гиперзвуковая скорость», наши секретчики рассудили, что речь может идти только о ракете, и затормозили контракт. Французы рано или поздно свои эксперименты проведут, но уже без нас. А мы в результате лишаемся и денег, и возможности приобрести уникальный опыт, и результатов, и рабочих мест.

Вопрос об открытости научных исследований нельзя рассматривать вне общегосударственного контекста. Но у нас, как ни странно это прозвучит, еще нет государства. Оно появляется там, где есть гражданское общество и национальное самосознание народа. А там, где этого нет – есть население и власть. А потому и об открытости научных исследований в России пока остается только мечтать – я в этом вопросе пессимист. ■



АПРЕЛЬ 1953

ГРИПП ПРОТИВ ИММУНИТЕТА. С 1933 года серотипы вируса гриппа типа А менялись 7–8 раз и распространялись по всему миру. Вскоре после того, как вирус А2 был обнаружен в США, он появился в Австралии и Англии, а штаммы А1 исчезли. И так происходило при каждом изменении его характера. Для того чтобы выжить (единственная среда его обитания – организм человека), вирус должен постоянно перемещаться от одного больного к другому. Эта воздушно-капельная инфекция оседает в верхних отделах дыхательных путей. Со временем практически все население становится невосприимчивым к данной инфекции, вирус не может распространяться и мутирует, что приводит к образованию новых антигенных вариантов, способных преодолеть человеческий иммунитет. Сэр Бёрнет (Sir Burnet). (Фрэнк Бёрнет в 1960 году получил Нобелевскую премию в области физиологии и медицины за «открытие приобретенной иммунологической толерантности». – Прим. ред.) ■

ВАЖНЕЙШИЙ ПОИСК. Взаимодействие элементарных частиц любого физического поля, в том числе и гравитационного, получило название гравитация, или тяготение. С точки зрения математики гравитация, безусловно, существует. Однако еще никому не удалось наблюдать индивидуальную гравитацию. Это связано с тем, что гравитационное взаимодействие, присущее всем видам материи, – самое слабое из взаимодействий элементарных частиц. На практике только при очень больших массах возможно наблюдать гравитационные эффекты. Большинство физиков считает, что индивидуальную гравитацию увидеть невозможно. Существует ли она на самом деле, по-прежнему не ясно. Фримэн Дайсон (Freeman J. Dyson). ■

АПРЕЛЬ 1903

ВЫЗОВ АНТАРКТИКЕ. Корабль *Discovery* вошел в область паковых льдов 23 декабря 1901 года на широте 67° и замерз 24 марта. Экспедиции удалось перезимовать вблизи вулканов

Эребус и Террор. Капитан Роберт Скотт (Robert F. Scott), доктор Эдвард Вилсон (Edward Wilson) и лейтенант Эрнст Шеклтон (Ernest Shackleton) прокинули место зимовки и продвинулись на юг до широты 80° 7 мин. Это самая южная точка, которую когда-либо удавалось достичь человеку. Экспедиция оказалась суровым испытанием: все собаки погибли, и людям пришлось встать в упряжку. ■

КОМФОРТНАЯ ЕЗДА. Так называемый «индийский» мотоцикл – наиболее популярная модель среди велосипедистов. Усовершенствованный мотор и многочисленные испытания, проведенные в различных условиях, позволили добиться высоких показателей у данного транспортного средства. (До Первой мировой войны Индийская компания по производству мотоциклов была самым крупным производителем мотоциклов в мире. – Прим. ред.) ■

АПРЕЛЬ 1853

ЛЕТАЕТ КАК РЫБА. Теодор Пёш (Theodore Poesche) работает над созданием летательного аппарата. Длинное, узкое судно из легкого пород дерева с крыльями из парусины приводится в движение винтовым пропеллером, работающим от парового двигателя. Автор поясняет: «Корабль напоминает летящую рыбу, передвигающуюся при помощи вращения хвоста и удерживающуюся в воздухе за счет раскрытых плавников». Реализация идеи Пёша невозможна: в конструкции отсутствует аэростат. ■

SCIENTIFIC AMERICAN



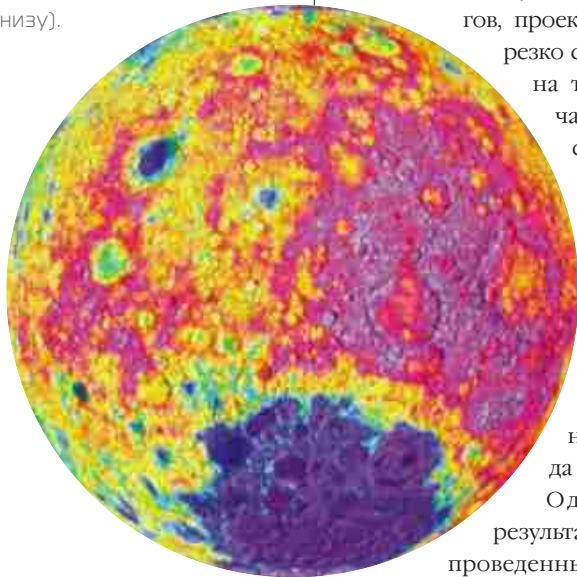
Индийский мопед, 1903.

ОБРАТНО НА ЛУНУ?

Зондирование может продолжаться, а астронавтам придется подождать.

Марк Алперт

На топографической карте обратной стороны Луны отчетливо виден гигантский кратер Антарктический Айткен (внизу).



¹ Одна шестая расстояния от Земли до Луны.

В 1969–1972 гг. было совершено шесть легендарных экспедиций на Луну.

К большому сожалению селенологов, проект «Аполлон» был резко свернут, несмотря на то, что огромная часть поверхности спутника осталась неизученной. К тому же лунная одиссея породила распространенное в обществе мнение, что раз люди уже побывали на Луне, то и летать туда больше незачем.

Однако в 90-х гг. результаты наблюдений, проведенных с помощью лунных зондов *Clementine* и *Lunar Prospector*, заинтриговали ученых. Во-первых, в постоянно затененных зонах около полюсов Луны был обнаружен водяной лед. Считается, что вода и органические соединения были доставлены на Землю и ее спутник кометами. Поэтому хорошо сохранившиеся лунные льды могут приоткрыть тайну происхождения жизни. Во-вторых, на обратной стороне Луны была замечена огромная впадина размером 2,5 тыс. км. Образованный астероидом или кометой, крупнейший в Солнечной системе кратер Антарктический Айткен углубляется в лунную кору на 13 км и, возможно, достигает лунной мантии.

Анализ доставленных астронавтами образцов грунта показал, что ударные кратеры на видимой стороне Луны образовались около 3,9 млрд. лет назад. Считается, что Антарктический Айткен – самый старый кратер

на Луне. Если он ненамного старше кратеров на видимой стороне, то верна теория «лунного катаклизма», согласно которой Земля и ее спутник пережили короткую, но достаточно интенсивную бомбардировку спустя 500 млн. лет после возникновения Солнечной системы.

Хотя исследование Луны снова на повестке дня, некоторые ученые недовольны программами готовящихся лунных запусков. Европейское космическое агентство собирается запустить лунный спутник *SMART-1*, однако основной его целью станут испытания ионного двигателя. Японский зонд *Lunar-A*, запуск которого планируется этим летом, должен внедрить в поверхность луны сейсмометры, однако из-за технических сложностей аппарат будет оснащен всего двумя пенетраторами, так что вероятность неудачи очень велика. На 2005 г. Японское космическое агентство запланировало более амбициозную миссию *Selene*, которая, впрочем, не сможет ответить на главные вопросы, возникшие после полетов *Clementine* и *Lunar Prospector*.

В ходе планируемого NASA комплекса миссий «Новые рубежи» автоматический луноход соберет около килограмма камней из кратера Антарктический Айткен и доставит их на Землю. Очень важно, чтобы в точке прилунения оказались расплавленные ударом породы, которые смогут поведать о возрасте кратера и о составе лунной мантии. С другой стороны, хотелось бы обследовать Южный полюс и убедиться в наличии льда. Идеальное решение – послать несколько луноходов, но это может подорвать бюджет миссии, который вряд ли превысит \$650 млн.

Из-за финансовых проблем в NASA отправка астронавтов на Луну в ближайшем будущем маловероятна. Тем не менее в прошлом году Гэри Мартин (Gary L. Martin), первый «космический архитектор NASA», предложил проект следующего этапа исследований с участием человека: расположить небольшую космическую станцию на расстоянии

65 тыс. км¹ от Луны в точке Лагранжа, где силы притяжения Земли и Луны компенсируют друг друга. Но пока NASA занимается сборкой Международной космической станции на низкой околоземной орбите, возобновления программы «Аполлон» ожидать не приходится. ■

¹ Одна шестая расстояния от Земли до Луны.

ВСТРЯХНИТЕСЬ – И НА ПРОГУЛКУ!

Вибрирующие стельки помогут сохранить равновесие.

Чарльз Чой

В старости людям все труднее сохранять равновесие. Шатающаяся походка появляется из-за того, что нервная система престарелого человека не так чутко реагирует на изменение давления на стопы. Биоинженер из Бостонского университета Джеймс Коллинз (James Collins) обнаружил, что легкое раздражение ступней помогает пожилым людям сохранять равновесие. Главное – чтобы вибрация была шумовой.

Шум, как правило, является помехой полезному сигналу – вспомните хотя бы о статических искажениях телевизионного изображения или о попытках поговорить в галдящей толпе. Однако при определенных условиях шум способствует усилению слабого сигнала. Этот эффект называется стохастическим резонансом. Представьте себе, что лягушка попала в кувшин и не может выпрыгнуть. Если же кувшин находится в грузовике, громящем по дороге, тряска поможет несчастной амфибии выбраться наружу. Вот и сигнал бывает настолько слабым, что его невозможно обнаружить. Зато слабый фон случайных импульсов может его усилить, и тогда он превысит порог

обнаружения. Стохастический резонанс можно наблюдать в электронных схемах, в моделях глобального климата и в нервных клетках.

Исследователи соорудили платформу с сотнями произвольно вибрирующих нейлоновых стержней. На нее с закрытыми глазами босиком встали добровольцы, держа руки на поясе. Когда колебания стержней были настроены таким образом, чтобы участники эксперимента их не чувствовали, семидесятилетние старики перестали покачиваться и держались не хуже молодых добровольцев, стоящих на твердой поверхности. Ощутимая вибрация, напротив, не дала положительных результатов.

Группой Коллинза уже разработаны вибрирующие гелевые стельки толщиной 1,25 см. Стоя на них, испытуемые чувствовали себя даже более уверенно, чем на тестовой платформе. Скорее всего, такие стельки появятся в продаже через пару лет. Первые стохастический резонанс найдет повседневное применение. ■

Сейчас сохранять равновесие помогает физзарядка, а когда-нибудь ее сменит мелкая вибрация под ногами.



ЧТО СОГРЕВАЕТ АМЕРИКАНЦЕВ?

Для домашнего отопления по-прежнему используются в основном традиционные виды топлива.

Роджер Дойл

Центральное отопление появилось в США в начале XIX в., но стало широко применяться только после Гражданской войны. Тогда повсюду использовались угольные печи, которые приходилось часто топить. К тому же они постоянно коробились и растрескивались, отравляя домочадцев печными газами. Лишь в середине 20-х гг. прошлого века система стала надежной, а после появления печей, использующих нефть, более удобной.

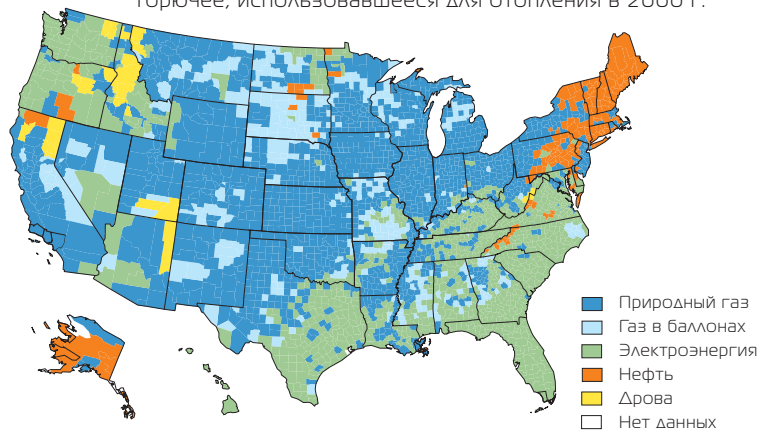
К 1960 г. основным топливом стал природный газ, доступный благодаря

оборудованных кондиционерами. На северо-востоке и среднем западе США отапливаться электричеством невыгодно: в холодные зимы дешевле использовать газовое или нефтяное отопление. А в некоторых районах, например в Калифорнии, ограничения на электрообогрев накладывает строительный кодекс. Сжиженный газ в баллонах в несколько раз дороже обычного бытового и используется преимущественно в сельских областях, куда не подведены трубы газоснабжения. Дрова, столь популярные до 80-х гг. XIX в., находят применение лишь в нескольких аграрных районах.

Коммунальное отопление, на которое приходится только 7% всей потребляемой в США энергии, установило завидный рекорд эффективности: с 1978 по 1997 гг. объем топлива, потраченного на эти цели, уменьшился на 44%, хотя количество и размеры домов выросли на 33%. Объясняется это тем, что энергетический кризис начала 70-х гг. прошлого века заставил улучшить теплоизоляцию и установить более эффективное оборудование. По прогнозам министерства энергетики, в течение ближайших 20 лет потребление энергии на отопление возрастет на 14%. При этом количество жилых домов увеличится на 21%. Предполагается, что общее энергопотребление в экономике (включая транспорт, промышленность и торговлю) вырастет на 45%.

В ближайшие десятилетия на рынке отопления будут доминировать природный газ и электричество. Солнечная энергия никогда не выйдет на первый план из-за дороговизны оборудования и недостатка солнечного излучения зимой в большинстве районов: в 2000 г. она использовалась всего в 47 тыс. домов. А водородные топливные элементы вряд ли станут конкурентноспособными, по крайней мере до 2010 года. ■

Горячее, использовавшееся для отопления в 2000 г.



БЬЕТСЯ В ТЕСНОЙ ПЕЧУРКЕ...

Использование различных видов топлива для коммунального отопления в США, %

Вид топлива	2000	1980	1960	1940
Природный газ	51,2	53,1	43,1	11,3
Электроэнергия	30,4	18,4	1,8	-
Нефть	9,0	18,2	32,4	10
Газ в баллонах	6,5	5,6	5,1	-
Уголь	0,14	0,6	12,2	54,7
Дрова	1,7	3,2	4,2	22,8
Солнечная энергия	0,04	-	-	-
Другие виды топлива	0,4	0,2	0,4	0,4
Без топлива	0,7	0,7	0,9	0,8

ИСТОЧНИК: Бюро статистики США. Нефть включает керосин; уголь включает кокс; газ в баллонах включает пропан и нефтяной попутный газ.

системе газопроводов, созданной после Второй мировой войны. Его применяют повсеместно: в стиральных машинах и сушках для белья, в кухонных плитах и грилях. Добыча газа ведется преимущественно на территории США и Канады и поэтому не зависит от войн и эмбарго. Там, где система газопроводов развита слабо, продолжают использовать нефть.

В середине XX в. лишь в 1% жилых домов было электрическое отопление, доминирующее теперь на большинстве территорий с мягкой зимой и дешевой электроэнергией. На юге страны его популярность обуславливается низкой стоимостью установки дополнительного электрического обогревателя в домах,

ТЕПЛО И СВЕТ

Так возможно ли отрицательное преломление?

Грэхем Коллинз

Явление преломления светового луча при прохождении через прозрачную среду изучают в средней школе. Обычные вещества, такие как оптическое стекло, отклоняют преломленный луч в плоскости падения в противоположную сторону от нормали к поверхности среды. У так называемого леворукого вещества показатель преломления отрицателен: падающий и преломленный лучи лежат по одну сторону от нормали. Джон Пендри (John Pendry) из лондонского Имперского колледжа считает, что идеальный слой такого материала представляет собой совершенную линзу, формирующую изображение, детальность которого лежит за так называемым дифракционным пределом обычных линз.

Показатель преломления определяется диэлектрической и магнитной проницаемостью вещества. В 60-х гг. прошлого века советский физик Виктор Веселаго отметил, что в среде, у которой обе эти величины отрицательны, показатель преломления также будет отрицательным. В веществе с отрицательным показателем преломления (ВОП) гребни и впадины электромагнитных волн будут двигаться назад, хотя энергия волны будет продолжать распространяться вперед. При этом будут наблюдаться чрезвычайно странные явления. Например, обращение эффекта Доплера: движение к источнику излучения будет сопровождаться красным, а не фиолетовым смещением.

Многие среды, в том числе плазма и металлы, имеют отрицательную диэлектрическую проницаемость, но в природе нет веществ с отрицательной магнитной проницаемостью. В 2001 г. группа ученых из Калифорнийского университета под руководством Дэвида

Смита (David Smith) продемонстрировала метавещество, якобы имеющее отрицательную диэлектрическую и магнитную проницаемость в узкой полосе СВЧ-диапазона. Оно представляет собой совокупность медных колечек и проволочек. Проходя через небольшую призму из метавещества и через такую же призму из тefлона (который прозрачен для радиоизлучения, как обычное стекло для видимого света), электромагнитные волны отклоняются в разные стороны.

Но не все согласны с тем, что наблюдаемый эффект объясняется отрицательным преломлением. Николас Гарсия (Nicolas Garcia) и Мануэль Нието-Весперинас (Manuel Nieto-Vesperinas) из Национального научно-исследовательского совета Испании заявили, что толстое основание призмы просто поглощает больше радиоволн. Они поставили опыт с тонким золотым клином в видимом свете и добились тех же результатов без всякого отрицательного преломления. Смит, однако, считает, что клин из золота характеризуется на несколько порядков большим поглощением, чем метавещество, и поэтому испанцам не удалось воспроизвести его эксперимент.

Примерно в то же время Прашант Валанджу (Prashant Valanju) из Техасского университета опубликовал статью, в которой отметил, что волновые фронты в средах с отрицательным и положительным преломлением выстроены одинаково – что-либо иное противоречит основному принципу причинности и требует, чтобы часть волны распространялась с бесконечной скоростью. Кроме того, любая отрицательно преломленная волна немедленно размазалась бы на протяжении всего нескольких длин волн из-за дисперсии, ▶



оппонентов. ■

которая, по мнению Валанджу, в отрицательно преломляющей среде выражена гораздо сильнее, чем в обычной.

Смит и Пендри согласны, что волновые фронты выстроены именно так, как утверждает Валанджу, но продолжают утверждать, что волны, тем не менее, распространяются в направлении, соответствующем отрицательному преломлению. Что же касается дисперсии, то Смит заявляет, что ВОП ничем не хуже, чем обычное вещество, и в пределах узкой, но доступной для использования полосы частот отрицательное преломление все же существует. В самом деле, результаты калифорнийских ученых получили некоторое подтверждение: группа из *Boeing's Phantomworks* успешно повторила эксперимент с призмой для 30 диапазонов длин волн.

Вопрос о совершенном изображении куда менее ясен. В одних статьях утверждается, что поглощение и дисперсия полностью подавят эффект. В других говорится, что хотя создать совершенный слой нельзя, изображение более детальное, чем допускает дифракционный предел, получить можно. При этом формулируется ряд строгих условий, которым должно удовлетворять метавещество. Пендри предположил, что чередование тонких слоев ВОП с вакуумом позволит существенно улучшить фокусировку.

Исследование эффекта сверхизображения продолжается. Однако, судя по предыстории, результаты экспериментов уже не в силах убедить оппонентов. ■

ПОДКОЖНЫЙ ОСВЕДОМИТЕЛЬ

Так ли уж безопасны имплантируемые чипы?

Дэвид Аппель



ЧИП НЕ ЖЕЛАЕТЕ?

Характеристики *VeryChip* фирмы *ADS*:

- Длина: 12 мм
- Толщина: 2,1 мм
- Стеклоанная капсула
- Полиэтиленовое покрытие
- Стоимость установки: \$200
- Предполагаемый срок эксплуатации: 20 лет

Специалисты фирмы *Applied Digital Solutions (ADS)* (Палм-Бич, штат Флорида) потратили несколько месяцев на создание имплантируемого под кожу микрочипа *VeryChip*, который способен отвечать на радиосигналы специального сканера. Он может служить как простым идентификатором, так и средством связи с базой данных, в которой содержатся медицинские сведения о его владельце. Кроме того, фирма *ADS* намеревается создать чип-радиопередатчик, сообщающий *GPS*-координаты своего хозяина. Такое устройство пригодится при поиске жертв похищения.

Президент *ADS* Скотт Сильверман (Scott Silverman) заявил, что в ноябре 2002 г. чипы были имплантированы 11 гражданам США и нескольким жителям других стран. Но после майского

шоу у компании возникли проблемы. Стало известно, что данные о чипах могут поступать на некий сайт, имеющий отношение к Администрации по контролю за продуктами и лекарствами, которая тут же решила познакомиться с чипами поближе. (Кроме того, акционеры *ADS* подали на компанию иск, поскольку та якобы распространила ложные сведения об оснащении ряда больниц во Флориде сканирующими устройствами. В результате акции фирмы, возросшие было на 400%, резко упали, и *ADS* была исключена из списка *NASDAQ*.)

17 октября 2002 г. *FDA* сделала несколько неожиданное заявление: *VeryChip* не подлежат контролю со стороны Администрации по контролю за продуктами и лекарствами, если применяются «в целях обеспечения

безопасности и идентификации личности». Но если чипы будут продаваться как устройства, «передающие информацию, которую можно использовать для диагностики или лечения, то будут считаться медицинскими приборами». Как поступать в последнем случае, официальные лица FDA пока не решили.

Большое сомнение вызывает решение FDA не подвергать строгому контролю саму имплантацию. А между тем результаты экспериментов на животных показывают, что эта процедура отнюдь не безобидна. В 1990 г. в журнале *Toxicologic Pathology* была опубликована статья Ганты Рао (Ghanta N. Rao) и Дженнифер Эдмондсон (Jennifer Edmondson) из Национального института по изучению влияния экологических факторов на здоровье человека. В ней сообщалось о реакции тканей мышей на подкожную имплантацию микрочипа, заключенного в стеклянную капсулу (этот чип не так уж сильно отличался от *VeryChip*). Из 140 мышей, за которыми велось наблюдение в течение 24 месяцев, проблемы возникли только у животных, несущих мутацию в гене *p53*. Если микроустройство находилось в их телах слишком долго, то у них развивались подкожные опухоли – фибросаркомы.

У людей мутации в гене *p53* приводят к возникновению синдрома Ли–Фраумени – редкого заболевания, которое характеризуется предрасположенностью к различным видам рака. Рао считает, что есть все основания для беспокойства: «Прежде чем имплантировать чипы человеку, нужно все как следует проверить». Есть еще одна проблема: электронные имплантанты могут перемещаться в теле носителя. Голландский ученый Янс Янсен (Jans Jansen) из Неймегенского университета написал об этом в своей статье, опубликованной в 1999 г. в *Veterinary Record*. Он обнаружил, что чипы, имплантированные в область плеча пятнадцати собакам (коротконогим гончим), всего за 16 недель сместились в среднем на 11 см. (Впрочем, импульсный повторитель,

имплантированный в область головы, остался на месте.) К тому же имплантация любых медицинских устройств чревата воспалением в точке внедрения. «Я не утверждаю, что чипы опасны, – говорит Рао. – Но мы должны быть уверены, что они не причинят пациенту никакого вреда».

Фирма ADS настаивает на том, что имплантированные чипы абсолютно безвредны. Впрочем, как замечает сам Сильверман, эти выводы основаны «на результатах имплантации животным». По данным исследовательского института фирмы Sandoz (Ист-Хановер, штат Нью-Джерси) у крыс с подкожными микросхемами никаких негативных последствий не отмечалось, правда за ними наблюдали всего один год. Как бы то ни было, собакам, кошкам, скаковым лошадям и другим животным уже имплантировано 25 млн. чипов, и пока ничто не вызывает беспокойства. Президент ADS заявил, что у тех, кому чипы были имплантированы в мае прошлого года, в том числе у него самого и других руководителей компании, никаких побочных эффектов до сих пор не наблюдалось.

С тех пор, как FDA приняла половинчатое решение по поводу чипов, ADS уже успела подписать договор с дистрибьютерами в странах Латинской Америки, в Европе и в Китае. Сейчас тестирование скандальных устройств проводится в четырех больницах Флориды. Компания получила запрос от нескольких сотен людей, желающих обзавестись подкожной электроникой.

Но у создателей *VeryChip* вскоре возникнут другие проблемы. До тех пор, пока значительная часть населения не обзаведется чипами, медицинские учреждения не станут заботиться об установке сканирующих устройств. А тогда какой смысл имплантировать себе микросхему? И, конечно, нельзя забывать о том, что подобный идентификатор – это инструмент негласного надзора и вторжения в частную жизнь. От таких мыслей у кого угодно побегут мурашки по коже, даже если под ней нет чипов. ■

НЕ ДЕРГАЙСЯ!

Лабрадор, которому, как и миллионам домашних животных, имплантируют отслеживающее устройство.



СИЛИКОНОВАЯ ВЯЗЬ

Область применения имплантируемых устройств может оказаться гораздо шире, чем у *VeryChip*. Британские инженеры заняты разработкой миниатюрного сотового телефона, который будет встраиваться в зуб. А футуролог Иан Пирсон (Ian D. Pearson) из *BTexact Technologies* (Эдастрал Парк, Англия) предрекает наступление эры «электронной татуировки», когда бесчисленные миниатюрные чипы, имплантированные под кожу, превратятся в телеэкран, заменят макияж и даже предоставят интерфейс виртуальной реальности (при этом не понадобятся ни шлем, ни перчатки).

МЕЗОЗОЙСКАЯ ПОДВОДНАЯ ОХОТА

Кейт Вонг

НОВОСТИ ОДНОЙ СТРОКОЙ

Загрузка в мгновение ока: для преобразования электрических сигналов в световые импульсы в оптоволоконных системах связи используются кристаллы ниобата лития. Если их заменить на новый, более дешевый многослойный полимер, то скорость передачи данных увеличится в 20 раз.

Science,
15 ноября 2002 г.

Установлено, что сердечные приступы не всегда связаны с уровнем гомоцистеина в крови. Их истинный источник – злость. Враждебное отношение человека к окружающим увеличивает вероятность заболеваний сердца сильнее, чем высокий уровень холестерина в крови, курение или излишний вес.

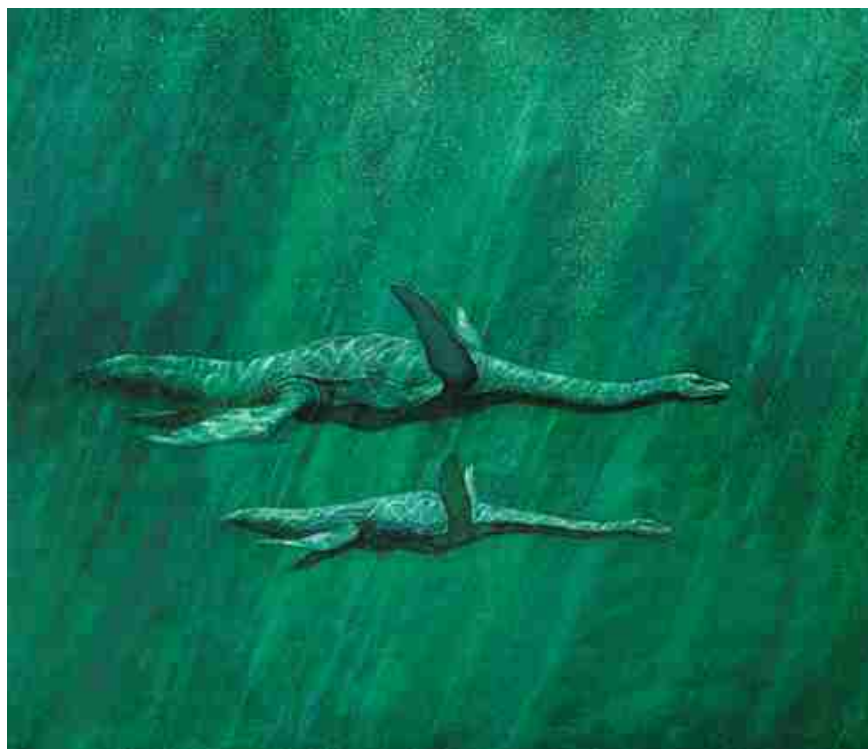
*Journal of the American
Medical Association*,
23 октября 2002 г.

У взрослых, привитых против оспы, имеется остаточный иммунитет, и при вспышке заболевания избирательная вакцинация населения предотвратит распространение вируса столь же эффективно, как и массовая (в США такие прививки не ставятся с 1972 г.).

Science,
15 ноября 2002 г.

Не оскудеет рука дающего: у пожилых людей, помогающих вести хозяйство и ухаживать за детьми, риск смерти почти на 60% ниже, чем у их сверстников, не участвующих в жизни семьи.

Psychological Science,
www.umich.edu/~newsinfo/



В мезозойскую эру, задолго до того как на Земле появились киты, в океанах господствовали гигантские морские рептилии – плезиозавры. Палеонтологи давно уже пытались понять, как эти загадочные ящеры, похожие скорее на неуклюжий гибрид жирафа и черепахи, охотились на своих жертв. Предполагалось, что плезиозавроморфы – плезиозавры с короткой шеей и крупной головой – стремительно преследовали добычу в открытом океане, а плезиозавроморфы, имевшие длинную шею и маленькую голову, предпочитали сидеть в засаде.

Робин О'Киф (F. Robin O'Keefe) из Нью-Йоркского колледжа остеопатической медицины изучил геометрию плавников древних ящеров. Оказалось, что у плезиозавроморфов были

короткие и сильные, как крылья сокола или самолета-истребителя, ласты, обеспечивающие высокую маневренность и успешное преследование добычи. Для плезиозавроморфов, наоборот, были характерны продолговатые плавники, сравнимые с длинными узкими крыльями чайки или бомбардировщика. Ученый предположил, что эти морские гиганты не устраивали засад, а неспешно бороздили пучину в поисках мелких и нерасторопных жертв. Результаты исследований были представлены на заседании Общества палеонтологии позвоночных в октябре 2002 г. ■

ЛЕД, КОТОРЫЙ ТОНЕТ

Чарльз Чой

Представьте брошенные в стакан воды кубики льда, которые не всплывают на поверхность, а камнем падают на дно. Под действием высокого давления при температуре около -200°C образуется лед, который на 25% плотнее воды (плотность обычного льда примерно на 8% меньше плотности воды). Британские и австрийские ученые обнаружили, что сверхплотный лед, как и большая часть замерзшей воды во Вселенной, имеет аморфную структуру. Таким образом, открыта пятая форма плотного аморфного льда (сегодня известно 13 форм кристаллического льда). Если удастся понять, как упакованы молекулы в таких структурах, то можно будет объяснить свойства неупорядоченных систем вообще и поведение воды при сверхнизких температурах в частности. Не исключено, что найдет подтверждение и гипотеза о существовании второй формы жидкой воды. О своем открытии ученые сообщили в ноябрьском номере журнала *Physical Review Letters* за 2002 г. ■

ПРОЧНАЯ ВЯЗКАЯ МЕДЬ

Стивен Эшли

Чем тверже материал, тем он менее пластичен. Медь в этом смысле не исключение: когда ее структура образована мельчайшими кристаллическими доменами (кристаллитами) размером менее 10 нм, она становится в несколько раз прочнее обычной меди, состоящей из более крупных кристаллитов. К сожалению, нанокристаллическая медь хрупка и потому непрактична. Исследователи из Университета Джонса Гопкинса нашли способ совместить в красном металле оба полезных качества. Сначала медь охлаждается жидким азотом, а затем прокатывается до толщины 1 мм – кристаллическая структура при этом разрушается. Дальнейшая термообработка приводит к образованию микрзернистой структуры, примерно на четверть состоящей из более крупных доменов. Полученный прочный и пластичный металл можно использовать для создания микроэлектромеханических и биомедицинских устройств. ■

НА ВОЛОСОК ОТ ЯДЕРНОЙ ВОЙНЫ

Чарльз Чой

Уничтожить почти все человечество может не только крупный астероид размером от 25 до 50 км, но и камешек поменьше – от 5 до 10 м, если ядерная держава примет его падение за превентивный ядерный удар. Об этой постоянной угрозе говорил бригадный генерал ВВС США Саймон Уорден (Simon P. Worden) на заседании конгресса в октябре прошлого года. Он сообщил, что подобный метеорит сгорел над Средиземным морем 6 июня 2002 г., когда напряженность между Индией и Пакистаном достигла наивысшей точки. Спутники системы раннего оповещения США засекли яркую вспышку в точке вхождения объекта в атмосферу. Если бы это случилось несколькими часами раньше, то болид упал бы в районе индо-пакистанской границы и его могли бы принять за ядерный удар. В журнале *Nature* от 21 ноября 2002 г. сообщается, что за последние 8 лет порядка 300 метеоритов размером от 1 до 10 м взорвались в верхних слоях атмосферы. Примерно раз в год там происходит взрыв мощностью в 5 килотонн. ■



В БОРЬБЕ ЗА ТРЕХМЕРНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Алла Рогова

После перехода к цветным телевизорам и дисплеям в 60–70-х гг. трехмерное изображение (3D) оставалось последним бастионом, отделяющим зрителей от наиболее реалистичного восприятия информации. Решение проблемы демонстрации изображений 3D пытались найти как в России, так и за рубежом. Наиболее известные результаты в этом направлении были получены в НИКФИ (Научно-исследовательский кино фотоинститут – научный центр по развитию техники и технологии профессионального кинематографа, фотографии и других средств формирования изображения), за что коллектив разработчиков был удостоен «технологического» «Оскара» в США в 80-х гг. Однако проблема реалистичного 3D оставалась нерешенной.

Разработки специалистов компании «НейрОК-Оптика» в области 3D не только стали первыми в постсоветской России, но и в чем-то обошли западные.

Дело в том, что все существующие технологии, и российские, и западные, – оптические: параллакс-барьеры, микролинзовые растры, голографические экраны и т.д. (об этих видах 3D дисплеев читайте в №4, «Приближаясь к реальности»). Их можно разделить на три большие группы: внешние устройства (очки, шлемы), волюметрики и автостереоскопические экраны (параллакс-барьерная схема).

Параллакс обладает рядом недостатков: во-первых, противоречие между фокусировкой глаз и конвергенцией, как следствие, головная боль после длительного использования, во-вторых, потеря разрешения и яркости как минимум в два раза за счет потери света и информации в параллакс-барьере; в-третьих, необходимость использования большого



количества ракурсов в случае многозонных систем.

Тем не менее компания *Sharp* объявила о создании 3D-консорциума и о выпуске 3D-дисплея на основе систем параллакса.

Российские же специалисты совместили оптику и математику, а точнее, оптику и нейросетевые алгоритмы.

Технология компании «НейрОК-Оптика» представляет собой соединения аппаратного, оптического и алгоритмического подходов. Сам дисплей состоит из двух стандартных жидкокристаллических панелей. Изображения для этих панелей рассчитываются определенным образом нейросетевыми алгоритмами. Фактически эта система трехмерного изображения представляет собой квазидинамическую голограмму в белом свете. Голограмма – это запись светового поля, сделанная с помощью монохромного когерентного света, например чистого красного, идущего от лазерного источника. Запись осуществляется в специальной среде и один раз, как на фото пленке. Жидкокристаллические панели могут меняться во времени

свободно, свет от источника разночастотный (белый цвет есть смесь всех спектральных цветов), однако угол обзора не 100%, а составляет 30–40 градусов, отсюда понятие квазидинамической голограммы. Но когерентность света – условие строгое, а записывающих материалов, меняющихся во времени, которые позволяют перезаписывать изображения много раз, практически нет, поэтому создать идеальные 3D-голографические экраны сегодня невозможно. Все алгоритмы реализованы на языке стандартных видеокарт и работают в режиме реального времени (30 и более кадров в секунду).

На сегодняшний день стоимость монитора составляет \$5000. Такая высокая цена обусловлена небольшим количеством производимых дисплеев. Сейчас компания *IEE Corp* выпускает их в Калифорнии, ее возможности ограничиваются 5000 дисплеев в год, но в ближайшей перспективе планируется перенести производство в Азию (в Корею или Тайвань) и снизить уровень цен до \$700–800 за 15-дюймовый монитор. ■

ПРОЩАНИЕ С «ПИОНЕРОМ»

Алла Рогова

Недавно Американское космическое агентство (NASA) объявило о прекращении наблюдений за космическим аппаратом «Пионер-10».

2 марта 1972 года «Пионер-10» покинул стартовую площадку на мысе Кеннеди. Его основной миссией был полет к Юпитеру, с целью документально подтвердить или опровергнуть предположения ученых о планете. Этот этап путешествия зонда в открытый космос, как и было предусмотрено, продлился 630 дней. Аппарат сделал качественные снимки поверхности Юпитера с близкого расстояния и передал данные, на основании которых подтверждалась гипотеза о газоидной природе планеты.

Но на этом история «Пионера-10» не закончилась. Благодаря использованию при его создании передовых разработок – например, специально спроектированный радиоизотопный генератор – мини-реактор, аппарат был наделен значительным технологическим запасом. Это позволило еще более 30 лет использовать зонд на благо мировой науки.

Эксперимент дал возможность значительно продвинуться в изучении не только Юпитера, но и космических явлений. «Пионер-10» первым прошел через пояс астероидов, зарегистрировал «солнечный ветер» и подтвердил существование «межпланетной пыли».

В 1983 году аппарат миновал орбиту Плутона и покинул пределы Солнечной системы.

На протяжении 30 лет связь с «Пионером-10» терялась несколько раз, но он вновь давал о себе знать. По информации NASA, последний сигнал от зонда был получен 22 января нынешнего года, он шел со скоростью света и достиг Земли через 11 часов 20 минут. По официальной версии, ученые решили

отказаться от последующих наблюдений за зондом поскольку, в отличие от всех предыдущих, этот сигнал был слишком слабым. Вероятность возобновить связь с аппаратом в очередной раз крайне невелика, т.к. сейчас аппарат находится на расстоянии свыше 12 млрд километров от нашей планеты и продолжает удаляться со скоростью 12,5 км/с. Через 300 тысяч лет он приблизится практически вплотную, на расстояние в 3 световых года, к одной из самых близких к Земле звезд – Росс 248.

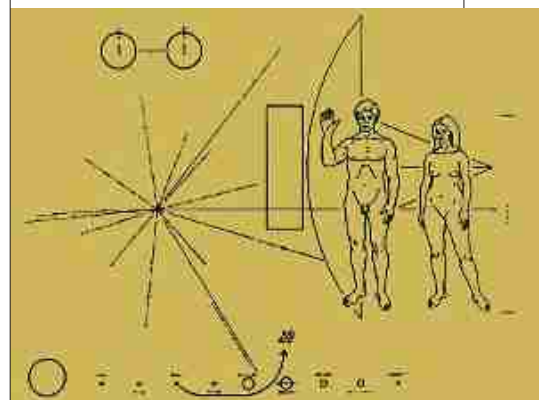
Путь его лежит к Альдебарану, красной звезде в созвездии Тельца. Чтобы добраться до нее «Пионеру-10» потребуются 2 миллиона лет.

Человечество не теряет надежду на возможное существование внеземных цивилизаций. Поэтому, как и на многих других аппаратах, запускаемых учеными в далекий космос, на борту «Пионера-10» находится послание для инопланетного разума – пластина из алюминия, покрытая золотом. Авторы зашифрованного послания, астрофизик Карл Саган из Корнуэльского университета и экзобиолог Фрэнк Дрейк из Центра астрономических исследований США, разработали систему символов, понятную, по их мнению, любому разумному существу. Ключ к информации – атом кислорода, изображенный в верхнем углу (считается, что его структура одинакова во всей Вселенной). Внизу пластины изображена Солнечная система. Расстояния от планет до Солнца даны в двоичной системе исчисления (на основе которой работают компьютеры). Над планетами изображены обнаженные мужчина с поднятой правой рукой в знак мира и женщина. С правой стороны на пластине выгравированы контуры «Пионера-10» на траектории Земля–Юпитер. ■

«Пионер-10» в межпланетном пространстве



Послание внеземным цивилизациям.



СЛОВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ

Никогда не поздно поговорить о правах потребителей.

Гэри Стикс

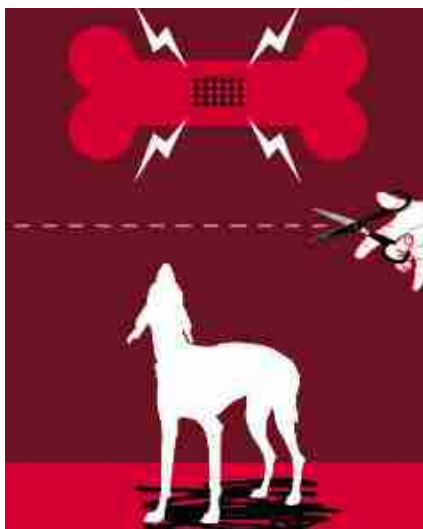
Парадоксально, но большая пушистая косточка, разговаривающая с собакой голосом хозяина; музыкальный горшочек, обучающий незатейливым мелодиям, – все эти забавные игрушки попали в «черный список Фрица». Его составил специалист по вычислительной технике из Принстонского университета Эдвард Фелтен (Edward W. Felten), чтобы показать, какими могут быть последствия законопроекта, предложенного сенатором из Южной Каролины Эрнестом «Фрицем» Холлингсом (Ernest «Fritz» Hollings). Если билль Холлингса будет принят, то даже безобидные электронные приспособления попадут в разряд «цифровых информационных устройств» и потребуются сертификаты о средствах защиты от нелегального копирования.

Закон о широкоэвещательных сетях и цифровом телевидении создан для защиты авторских прав на кинофильмы, музыкальные произведения и книги, распространяемые через Интернет и телевидение. К счастью, пришедшие к власти республиканцы не намерены внедрять защиту от копирования в говорящие косточки. Впрочем, для тех, кто поддерживает билль Холлингса (гиганты музыкальной и киноиндустрии), – видео- и аудиопиратство остается главной проблемой. В 2002 г., на заседании конгресса, посвященном усилению мер по защите авторских прав, было представлено сразу несколько законопроектов. Все они опираются на закон об электронных кражах, принятый в 1997 г., и на постановление о защите авторских прав в цифровом тысячелетии (*DMCA*), принятом в 1998 г. как поправка к закону США о защите авторских прав.

Но индустрии развлечений рано потирать руки, а производителям и потребителям музыкальных горшочков пока нечего бояться. В конце 2002 г. конгрессмены Рик Баучер (Rick Boucher), Вирд-

жиния, и г-жа Зое Лофгрэн (Zoe Lofgren), Калифорния, представили два проекта постановления о легальном использовании цифровой информации. Оба направлены на усовершенствование действующих законов, не требующих дополнительных мер, если использование продукта не нарушает авторских прав. Кроме того, согласно проекту г-жи Лофгрэн, потребитель получит право делать некоторое количество копий легального приобретения и сохранять их на других носителях.

Есть все основания полагать, что противоборствующие законопроекты снова будут представлены в конгрессе,



а звукозаписывающие студии и кинокомпании по-прежнему будут трезво помнить о миллиардных убытках, причиненных «пиратами».

На стороне потребителей выступают фирмы, производящие бытовую электронную аппаратуру, и представители рынка информационных технологий. На подмогу Баучеру и Лофгрэн уже спешат рядовые избиратели. В прошлом году зародилось движение *digitalconsumers.org*, участники которого выступают

против протекционистских законопроектов и предлагают альтернативу *DMCA*. Они разработали постановление о защите прав потребителей бытовой электроники, гарантирующее легальность таких видов деятельности, как записывание и последующий просмотр телевизионных передач, копирование музыки с компакт-дисков в портативные *MP3*-проигрыватели и создание резервных копий.

DMCA не только угрожает законопослушным пользователям, но и ставит под угрозу научные исследования. Фелтен чуть не угодил под суд, когда стал публично высказываться по поводу взлома одной из систем защиты от копирования. А российского программиста Дмитрия Склярова, написавшего программу, позволяющую обходить алгоритм защиты электронных книг фирмы *Adobe*, арестовали и посадили за решетку. В законе о защите авторских прав должен быть достигнут справедливый компромисс между правом на интеллектуальную собственность и правом на свободный обмен информацией. Похоже, без горячих споров тут не обойтись. ■

ОТ РЕДАКЦИИ:

Согласно *DMCA*, наказание грозит всем, чья деятельность связана с обнаружением слабых мест в системах защиты программных или любых других цифровых продуктов. Даже если работа носит сугубо научный характер, публикация любой информации на эту тему грозит судебным преследованием. Дмитрий Скляров разработал алгоритм программы *Advanced eBook Processor*, которая дает возможность пользователю, купившему электронную книгу в формате *Adobe eBook Reader*, обходить некоторые ограничения, которые фирма *Adobe* наложила на ее использование.

В ПОИСКАХ СОЗДАТЕЛЯ

Неужели Вселенная специально приспособлена для жизни?

Майкл Шермер



*Какой-то студент по беспечности
Посчитал логарифм бесконечности.
Осознав результат,
Он и сам был не рад:
Обратился к Божественной*

Вечности.

Г. А. Гамов

В последнее время религиозные деятели пытаются научно обосновать идею о сотворении мира. Фонд Джона Темплтона даже учредил денежные премии за «прогресс в области религии». В прошлом году англиканский священник Джон Полкингхорн (John C. Polkinghorne), истолковавший теологию как естественную науку, получил \$1 млн. за «поиск взаимосвязи науки и религии». В 2000 г. физик Фриман Дайсон (Freeman Dyson) удостоился премии в \$945 тыс. за свою книгу *Disturbing the Universe*, в которой написал: «Когда мы проникаем в тайны мироздания и осознаем, что своим появлением на свет обязаны череде случайных событий, начинает казаться, что наш приход был предначертан».

Физик-теоретик Пол Дэвис (Paul Davies) тоже удостоился премии Темплтона. В книге *The Fifth Miracle* он говорит о тщательно продуманной структуре космоса: «Если возникновение жизни из первичного бульона обусловлено каузальной неизбежностью, то в законах природы содержится скрытый подтекст, космическое повеление: «Да будет жизнь!», а вместе с нею разум, знание, понимание. Стало быть, Вселенная позаботилась о собственном механизме самопознания. Я надеюсь, что такое видение природы, велико-

лепной в своем величественном шествии, истинно».

По-моему, было бы не менее замечательно, если бы оно оказалось ложным. Даже атеист Стивен Хокинг (Stephen W. Hawking) порой высказывается как сторонник разумного сотворения мира: «Как Вселенная оказалась на грани, разделяющей коллапс и безграничное расширение?.. Если бы через секунду после Большого взрыва она расширялась на миллиардную долю процента медленнее, то через несколько миллионов лет сжалась бы вновь. А если бы расширение в этот момент происходило хоть немного быстрее, то вскоре кругом был бы почти полный вакуум. В обоих случаях жизнь не успела бы развиваться. Таким образом, приходится либо соглашаться с религиозными взглядами, либо снова пытаться научно объяснить, почему мир таков, каков он есть».

Возможно, наша Вселенная – лишь одна из многих существующих. В тех мирах, где законы природы более благоприятны для возникновения жизни, в конце концов появляются разумные существа, задающиеся вопросом «почему?» и способные сформулировать такие понятия, как «Бог» и «космология». Другое объяснение основано на свойствах самоорганизации и следственности. Особенно это касается воды – следствие определенной конфигурации молекул водорода и кислорода, так же как сознание – следствие самоорганизации миллиардов нейронов. Развитие сложной жизни следует из свойств простой клетки: прокариоты самоорганизуются в эукариоты, которые самоор-

ганизуются в многоклеточные организмы, которые самоорганизуются в... и вот появляется человек.

Самоорганизация и следственность возникают в сложных адаптивных системах, способных расти, изменяться и обучаться. Космос представляет собой именно такую систему – гигантскую автокаталитическую петлю обратной связи, вследствие деятельности которой появляются такие феномены, как жизнь. Можно рассматривать самоорганизацию как следственное свойство, а следственность – как форму самоорганизации. Сложность столь проста, что выражается буквально в двух словах: ЖИЗНЬ СЛУЧАЕТСЯ.

Если жизнь на Земле – уникальное или исключительно редкое явление, то насколько значимо наше скоротечное существование? Важно ли, как мы живем и как любим, как стремимся сохранить себя, другие виды и биосферу в целом? Независимо от того, кишит ли Вселенная жизнью или мы одиноки, является ли наше существование неизбежным следствием законов природы или оно непредвиденно и случайно, появится ли что-то еще или это все, что есть, – перед нами захватывающее зрелище мира, величественно плывущего сквозь время и пространство. ■

ОБ АВТОРЕ:

Майкл Шермер (Michael Shermer) – издатель журнала *Skeptic* (www.skeptic.com) и автор книги *In Darwin's Shadow*.

НАУКА СПАСЕТ МИР

«Богатые уже достаточно богаты, чтобы покончить с бедностью»

Дэвид Аппель

Мы встретились с Джеффри Саксом (Jeffrey D. Sachs) в его офисе, расположенном на 16-м этаже здания Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. «Человек на своем месте», – решил я сразу.

Джеффри Сакс – ректор Института земли Колумбийского университета,

объединяющего около тысячи ученых из 8 институтов, специальный советник Генерального секретаря ООН Кофи Аннана. Недавно он получил пост председателя комиссии по макроэкономике и здравоохранению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

В синем костюме, белоснежной рубашке и в красном галстуке, с прической а la Кеннеди, 48-летний Сакс выглядит представительно и независимо. За два месяца он успел побывать на станции *Biosphere-2* Колумбийского университета в Аризоне, на конференции по СПИДу в Барселоне, на Тибетском нагорье и на саммите по устойчивому развитию в Йоханнесбурге.

У нас есть еще немного времени до намеченной встречи с президентом Болгарии, и он высказал мнение, что частые командировки помогли ему понять важность изучения географии. «Невозможно обеспечить успешное развитие экономики без глубокого понимания особенности той или иной местности», – считает Сакс. Эта важная составляющая не рассматривается Всемирным банком и Международным валютным фондом и не преподается студентам-экономистам. В результате «специалисты по естественным наукам чувствуют себя обойденными. Политики недооценивают антропогенные изменения климата или сокращение биологического разнообразия. Ученые, занимающиеся социальными науками, во всем видят только политический аспект», – замечает Сакс.

Наконец прибывает президент Болгарии Георгий Пырванов (Georgy Purvanov), который обращается к Саксу за консультацией. «Членство в Европейском союзе и вступление в НАТО будет способствовать дальнейшему успешному развитию Болгарии», – ответил ему Сакс. Он посоветовал увеличить инвестиции в образование, а также следовать примеру Ирландии, развивающей финансовую сферу и информационные технологии.



ДЖЕФФРИ САКС: КОММИВОЯЖЕР НАУКИ

- Директор Института земли Колумбийского университета; специальный советник Генерального секретаря ООН Кофи Аннана; председатель комиссии по макроэкономике и здравоохранению Всемирной организации здравоохранения.
- Интерес к экономике появился в период соревнования между капитализмом и социализмом. «Экономика отвечает на самые важные вопросы», – считает Сакс.
- Без усталости путешествует по всему миру: «Этот человек, если надо, может поехать в Индию всего на один день», – говорит его помощник Гордон Маккорд.

Впервые международное признание Сакс получил как экономический советник правительства Боливии в 1986–1990 гг., когда помог снизить инфляцию от 40000% в год до 10%. Однако его роль как ведущего экономического советника в России в 1992–1993 гг. вызвала немало нареканий. Он рекомендовал снять контроль над ценами и прекратить субсидирование не приносящих прибыли государственных предприятий. Приемлемые для Восточной Европы, его советы оказались бесплодными в хаосе перехода России к капитализму.

Встреча с Пырвановым закончилась, и Сакс очутился под софитами

за политических ошибок мы становимся свидетелями распада государств, крушений экономик и как следствие – огромного количества беженцев, распространения болезней и терроризма, не говоря уже о таких глобальных проблемах, как изменение климата и истощение основных биологических ресурсов».

Следующие 45 минут Сакс излагает свои взгляды на экономику Индии участникам конференции Всемирной организации выходцев из Индии. Демонстрируя знание нюансов экономики применительно к бизнесу в Индии, он обсуждает влияние сезона дождей, указывает на низкое финан-

сен. Он предлагал встретиться на собрании благотворительного фонда, один из инвесторов которого – Джордж Сорос.

В Геофизической обсерватории Земли им. Ламонта-Догерти, в парке «Палисейдс» в Нью-Йорке, Сакс прочел лекцию, посвященную биологии и эпидемиологии. «Малярия разделила мир на богатых и бедных», – говорит он собравшимся. «Джеффри Сакс оказал нам поддержку, когда мы собирали деньги на исследование малярии», – напомнил Гарольд Вармус (Harold E. Varmus), президент Мемориального центра раковых заболеваний им. Слоуна-Кеттеринга

Экономист Джеффри Сакс считает, что научно-технический прогресс поможет победить бедность, СПИД, тропические болезни, решить многие проблемы, с которыми сталкиваются развивающиеся страны.

болгарских СМИ. Его помощник Гордон Маккорд (Gordon McCord) напомнил, что осталось всего 30 минут, чтобы добраться до места, где предстоит еще одна встреча.

В такси Сакс говорит по сотовому телефону с репортером из *Nation* о займах коммерческого банка. На улицах пробки, и, опоздав на 45 минут, мы высаживаемся у отеля «Краун Плаза». «Каждый день живу в цейтноте», – улыбается советник.

Сакс считает, что помощь, оказываемая США, не соответствует тому уровню проблем, с которыми сталкиваются развивающиеся страны. Со времен «холодной войны» она выступает в качестве механизма воздействия на другие государства. Эта же стратегия, по его мнению, действует и поныне. «До сих пор Америка лукавит и не принимает реальных решений, провоцируя в мире накал антиамериканских настроений. Из-

сирование здравоохранения (всего около \$2 в год на человека).

Сакс не сторонник свободного капитализма. «В здравоохранении и науке не может быть рыночных отношений», – говорит он. Будучи свидетелем былого соревнования между капитализмом и социализмом, уроженец Детройта изучал экономику в Гарварде, собирая материал для своей диссертации «в полевых условиях».

Возвращаясь в машину, Сакс звонит Боно (*Bono*), певцу группы *U2*, проявлявшему интерес к проблемам развивающихся стран. В январе прошлого года они вместе путешествовали, и на Сакса большое впечатление произвело посещение больницы для больных СПИДом в Малави. Помещение не могло вместить всех страждущих, не хватало противорвусного лекарства, которое стоило \$1 и продавалось всюду.

По словам Сакса, Боно был потря-

в Нью-Йорке. Вармус вспоминает, что Сакс составлял отчет для ВОЗ во время своей поездки по Великому шелковому пути, посылая его по электронной почте из монгольских селений. «Он – феномен», – добавляет Вармус.

Сакс спешит улететь в Бостон на выходные, где живут его жена и сын. «Всякий удачный день заканчивается гонкой в какой-нибудь аэропорт», – говорит он.

По дороге Сакс излагает свой взгляд на мировое развитие. Он отмечает ряд позитивных тенденций, в первую очередь – развитие научно-технического прогресса. «Богатые уже достаточно богаты, чтобы покончить с бедностью», – говорит он. – Сколько проблем можно решить при помощи мирового сотрудничества». В аэропорту Сакс деловито кивает мне на прощанье и уходит решать мировые проблемы. ■



НОВЫЙ
СВЕТ
В МЕДИЦИНЕ

Ник Лэйн

Пигменты, которые под воздействием света превращаются в химические вещества, способны бороться с раком, слепотой и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Возможно, именно здесь кроется объяснение слухов о происхождении вампиров.

Вампир в нашем представлении это классический Дракула Брэма Стокера (Bram Stoker) или романтический, кровососущий изгнанник в исполнении Бела Лугоси (Bela Lugosi), испытывающий панический страх перед солнечным светом и распятием, отвращение к чесноку. Пытаясь отыскать истину в историях о вурдалаках, исследователи предположили, что прототипами могли быть реальные люди, страдавшие редким заболеванием крови – порфирией.

При этой болезни пигмент порфирин накапливается в коже, костях или зубах. Многие порфирины интактны в темноте, но становятся токсичными при солнечном свете. Тяжелые формы заболевания (например, врожденная эритропоэтическая порфирия), если их не лечить, приводят к уродствам: уши и нос жертвы деформируются, на губах и деснах появляются язвы, обнажая окровавленные, похожие на клыки зубы, на коже возникают рубцы и темные пигментные пятна, а вследствие анемии появляется смертельная бледность.

Поскольку анемию лечат с помощью переливания крови, историки предполагают, что в Средние века люди, страдавшие порфирией, в качестве лечебного средства могли пить кровь, остерегались выходить днем, избегали чеснока, который содержит химические вещества, усиливающие симптомы болезни.

Порфирины, как утверждают ученые, не только порождают болезни, но и помогают их лечить. Пигмент, введенный в пораженную ткань (например, злокачественную опухоль), под воздействием света разрушает ее. Се-

годня лучевая терапия с применением пигментов стала эффективным оружием в борьбе со злокачественными новообразованиями, дегенерацией сетчатки глаза и патологической миопией, приводящих к слепоте. Уже ведутся поиски раннего лечения заболеваний коронарных артерий, СПИДа, лейкемии, аутоиммунных нарушений и отторжения при трансплантации.

Молекулярные механизмы

Вещества, вызывающие порфирии и применяющиеся в фотодинамической терапии (ФДТ), участвуют в двух главных энергогенерирующих процессах: фотосинтеза и дыхания. Порфирины имеют обычно плоское кольцо, состоящее из углерода и азота, и связанный с кольцом металл (железо или магний), занимающий центральное положение. Когда атомы металла правильно расположены по отношению к порфириновым кольцам, они катализируют основные энергогенерирующие процессы. К группе порфиринов относятся растительный пигмент хлорофилл, поглощающий солнечную энергию в процессе фотосинтеза; гем, основной переносчик кислорода в составе белка гемоглобина и многих жизненно важных ферментов, включая цитохромоксидазу.

Порфирия – результат сбоя в работе гемпродуцирующей машины. Образование гема и других порфиринов состоит из восьми последовательных реакций, каждая из которых катализируется определенным ферментом. Железо присоединяется в конце образования гема. При порфирии одна из ступеней отсутствует, приводя к избытку ранее синтезированных проме-

жуточных компонентов. Организм не в состоянии обеспечить их вывод, и эти промежуточные вещества накапливаются в коже, не повреждая ее. Но многие из них причиняют вред опосредованно. Порфирины без иона металла (металлнесодержащие порфирины) переходят в возбужденное состояние при поглощении света определенной длины волны, их электроны перескакивают на орбиты с более высокой энергией. Возбуждение передается другим молекулам, имеющим подобный тип сцепления, особенно кислороду, приводя к появлению его синглетной формы и не менее опасных свободных радикалов. Иными словами, металлнесодержащие порфирины ускоряют выработку токсичных форм кислорода.

Но светочувствительные реакции не всегда вредны. Например, фоточувствительные химические вещества (фотосенсибилизаторы) псоралены (*psoralens*), содержащиеся в некоторых зерновых культурах и фруктах, используются для лечения кожных заболеваний в Египте и Индии уже несколько тысячелетий. В современной медицине они впервые были применены египетским дерматологом Абдель Монем Эль-Мофти (Abdel Monem El Mofty) из Каирского университета. Полвека назад он лечил пациентов с витилиго (болезнь, при которой на коже образуются пятна, лишённые пигмента), а позже и больных псориазом, используя очищенные псоралены и солнце. Активированные светом псоралены реагируют с ДНК делящихся клеток, убивая их.

В 60-е гг. американские дерматологи Аарон Лернер (Aaron B. Lerner) из Йельского университета и Томас

Фицпатрик (Thomas B. Fitzpatrick) из Гарвардского университета предложили активировать псоралены ультрафиолетовыми лучами (УФ). Они применили ультрафиолетовую лампу (такую же, как используют сегодня в соляриях) и разработали метод ПУВА-терапии (псорален+УФ длинной волны А), один из наиболее эффективных при лечении псориаза и других заболеваний кожи.

Средство уничтожения раковых клеток?

В 70-х гг. на заре успеха ПУВА-терапии Томас Догерти (Thomas J. Dougherty) из Института раковых заболеваний в Росвелл-парке в Буффало попробовал реализовать идею воздействия на пигмент светом, чтобы побороть рак. Активированные псоралены способны убивать клетки, участвующие в процессе воспаления; но, в отличие от порфиринов, они менее чувствительны. Возникает закономерный вопрос: если псоралены способны убить отдельные клетки, могут ли порфирины уничтожить опухоли? Применение порфиринов легло в основу фотодинамической терапии, при которой фотосенсибилизаторы ускоряли выработку свободных радикалов кислорода. Методика строилась на избирательном накоплении в раковых клетках порфиринов и возможности активации красным светом, который проникает в ткани глубже, чем коротковолновые излучения, такие как голубой свет или УФ.

Догерти вводил смесь порфиринов в кровотоки мыши, а через пару дней,

когда они внедрялись в опухоль молочной железы, облучал красным светом. Активированные пигменты передавали энергию клеточному кислороду, уничтожая окружающие ткани. После лучевой терапии опухоли чернели и погибали, а рецидивов не возникало.

Догерти и его коллеги опубликовали данные исследований в журнале Национального института раковых заболеваний за 1975 г. под названием «Фотолучевая терапия II: лечение опухолей у животных с помощью гематопорфирина и света». За несколько лет они усовершенствовали аппаратуру, используя маломощный лазер для фокусировки пучка света на опухоли. Им удалось вылечить свыше 100 пациентов, включая больных раком молочной железы, легких, предстательной железы и кожи. Результаты впечатляли: полное или частичное излечение в 111 из 113 случаев.

Но рак победить непросто. В процессе ФДТ порфирины захватывались не только опухолевой, но и любой быстро пролиферирующей тканью, включая кожу, и приводили к появлению фоточувствительности. Несмотря на то, что пациенты Догерти избегали солнечного света, около 40% из них сообщили об ожогах и кожной сыпи, возникавших через неделю после процедур.

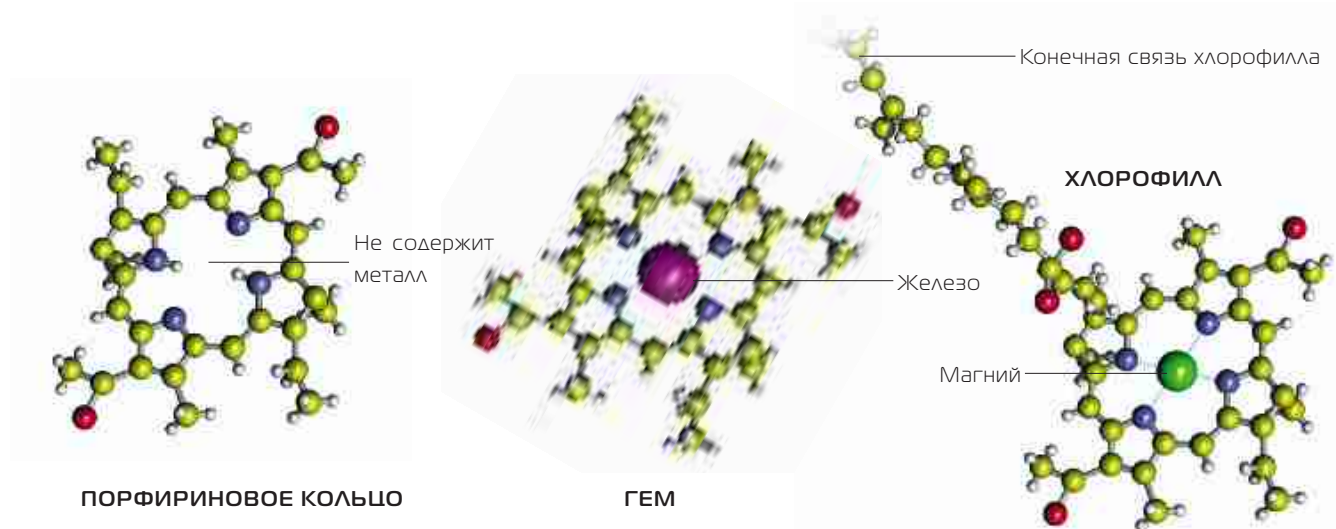
Ранние порфириновые препараты представляли собой смесь порфиринов и не всегда убивали всю опухоль. Некоторые оказались не эффективны при передаче энергии кислороду, другие активировались только под

воздействием света, проникающая способность которого в опухоли ограничивалась несколькими миллиметрами. Достижению успеха препятствовали некоторые пигменты, присутствующие в тканях (например, гемоглобин и меланин), и сам порфирин, который, накапливаясь в поверхностных слоях опухоли, не позволял свету проникать вглубь. Проблема приобрела междисциплинарный характер. Химикам потребовалось разработать синтетические порфирины, имеющие большую тропность к опухолям и активирующиеся длиной волны, которая проникала бы в ткани опухоли как можно глубже. (В связи с тем, что у каждого отдельно взятого порфирина индивидуальная способность к поглощению и своя длина волны световой активности, важно было создать универсальный пигмент.) Физикам необходимо было придумать источники, излучающие свет с соответствующими характеристиками, и разработать методы его проникновения в опухоль. Фармакологам предстояло сократить время циркуляции пигментов в крови, чтобы избежать побочных действий. И, наконец, клиницисты составляли оптимальные схемы лечения больных.

Идеальное лекарство должно быть эффективным, высоко избирательным к опухолям, быстро разлагаться на безвредные компоненты и выводиться из организма. Первый коммерческий препарат, порфирин натрия (*porfimer sodium*) фотофрин (*photofrin*), для лечения различных форм рака (рак пищевода, верхушки и шейки мочевого пузыря, кожи и некоторые стадии рака легких) был одобрен американской Администрацией по контролю за продуктами и лекарствами (FDA). Но он не решил всех проблем. Первое фотосенсибилизирующее средство, отвечающее практически всем требованиям, вертепорфин визудин (*Visudyne*), было одобрено в апреле 2000 г. для фотодинамической терапии, но не для лечения рака, а для предотвращения слепоты.

ОБЗОР: ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

- При фотодинамической терапии активированные светом химические элементы, называемые порфиринами, используются для разрушения быстро растущих клеток. Лечение может быть показано при самых разнообразных заболеваниях, включая возрастную макулодистрофию, опухоли и атеросклеротические бляшки.
- Несколько препаратов, содержащих порфирины, уже выпускаются, другие проходят клинические испытания.
- Идея создания фотодинамической терапии появилась для лечения редкой болезни – порфирии. На последней стадии заболевания жертвы болезни приобретают уродливые черты. Это и привело исследователей к мысли, что такие больные стали прототипами средневековых легенд о вампирах.



Порфирины имеют обычно плоское кольцо, состоящее из углерода и азота, и связанный с кольцом металл (железо или магний), занимающий центральное положение. К группе порфиринов относятся растительный пигмент хлорофилл, поглощающий солнечную энергию в процессе фотосинтеза; гем, основной переносчик кислорода и многих жизненно важных ферментов.

Наступающая слепота

Фотодинамическая терапия может применяться и в борьбе с возрастной макулодистрофией (ВМД), одной из распространенных причин слепоты среди людей преклонного возраста. У большинства людей ВМД протекает без потери зрения, но около 10% страдают агрессивной формой – так называемой экссудативной ВМД. В этом случае нездоровые кровеносные сосуды разрастаются и формируют под сетчаткой образования, напоминающие миниатюрные узелки варикозных вен. Именно они пагубно влияют на центральное зрение, отвечающее за чтение и вождение автомобиля. Болезнь приводит к тому, что человек перестает различать лица людей и детали объектов.

Ничто не может остановить этот процесс. Диетические антиоксиданты способны лишь отсрочить начало заболевания, но практически не влияют на течение развившейся болезни. До недавнего времени только лазерная фотокоагуляция могла замедлить прогрессирование экссудативной ВМД: кровеносные сосуды прижигали тепловым лазером, но он разрушал и нормальную сетчатку.

То есть для предотвращения падения зрения в остальных участках глаза необходимо было пожертвовать малой областью сетчатки. У большинства людей с диагнозом «экссудативная ВМД» зона поражения расположена под критической центральной частью зрения или она слишком обширна, и лазерная коагуляция оказывается бессильной.

Несмотря на это, исследователи из Гарварда и из биотехнологической компании *QLT, Inc.* в Ванкувере верили в то, что фотодинамическая терапия (ФДТ) может предотвратить слепоту. Если порфирины накапливаются в любой быстро пролиферирующей ткани, как при раке, то, возможно, они могут собираться и в кровеносных сосудах, расположенных под сетчаткой.

Вертепорфин, новый синтетический порфирин, накапливается в пораженных сосудах сетчатки очень быстро, в течение 15 минут после внутривенной инъекции в руку. После активации красным светом лазера он плотно заполняет сосуды, не затрагивая вышерасположенную сетчатку. Возобновление роста любых кровеносных сосудов может быть в корне

пресечено дальнейшим лечением. Клинические испытания, возглавляемые Нейлом Бресслером (Neil M. Bressler) в Глазном институте Уилмера при Университете Джонса Гопкинса, подтвердили, что шести- или семикратное применение ФДТ за трехлетний период не опасно для здоровой сетчатки. Для пациентов с наиболее агрессивной формой возрастной макулодистрофии (с классическими поражениями) вертепорфин вдвое снижает риск потери зрения за двухлетний период терапии. Эффект сохраняется по крайней мере в течение трех-четырех лет. Лечение дает результаты, хотя и менее значительные, чем при легкой форме и родственных заболеваниях – патологической миопии, глазном синдроме гистоплазмозе. У незначительной части пациентов через 24 часа могут наблюдаться солнечные ожоги и другие нежелательные реакции.

Клинические данные, представленные Бресслером в апреле 2000 г. на Международном конгрессе офтальмологов в Сиднее, показали, что фотодинамическая терапия наиболее эффективна при ранней диагностике и своевременном назначении ▶

КАК РАБОТАЕТ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ

Врач, проводя фотодинамическую терапию, внутривенно вводит светочувствительные химические элементы – порфирины. Они накапливаются в активно делящихся клетках и под воздействием света инициируют каскад молекулярных реакций, которые способны разрушить те клетки и ткани, где находятся порфирины. Мишенями для этой терапии становятся измененные кровеносные сосуды сетчатки глаза у пациентов с возрастной макулодистрофией (самая распространенная причина старческой слепоты), злокачественные опухоли и атеросклеротические бляшки коронарных артерий.

...НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ



...В ГЛАЗАХ

1 При лечении макулодистрофии порфирин (зеленый) вводится в вену пациента. Через 15 мин. он накапливается в измененных кровеносных сосудах под желтым пятном, которое находится в центре сетчатки и отвечает за центральное зрение.



2 Красный луч лазера активирует порфирин, который приводит к разрушению сосудистой ткани.



3 Терапия тормозит повреждение сетчатки, после чего вылеченная сосудистая ткань снова погружается, а вышерасположенные фоторецепторы могут вернуться на место. Поскольку рост сосудов может возобновиться, пациентам рекомендуется проходить несколько курсов лечения.

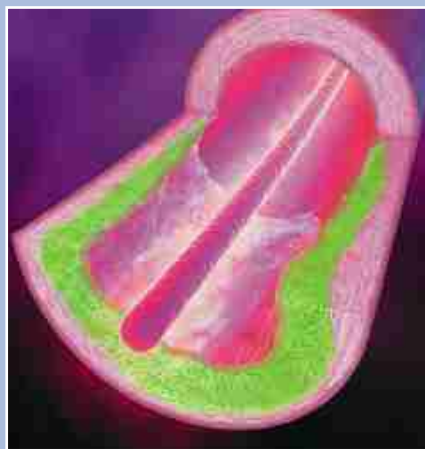
...ГЛУБОКО В ОРГАНИЗМЕ

Даже длинноволновый видимый свет не может проникать глубоко в ткани, поэтому фотодинамическая терапия глуболежащих пораженных тканей требует применения системы внутренней доставки света.

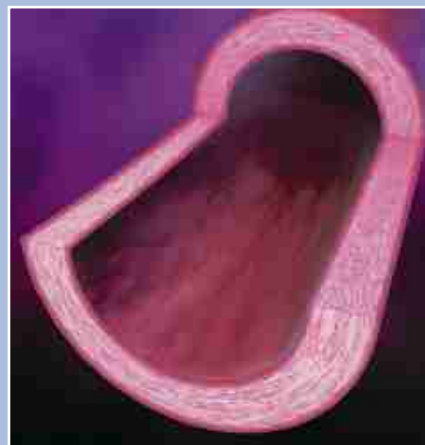
1 В экспериментальной терапии оптическое волокно проникает в артерию, в которой атеросклеротические бляшки уже накопили порфирин.



2 Волокно излучает красный свет, активирующий порфирин.



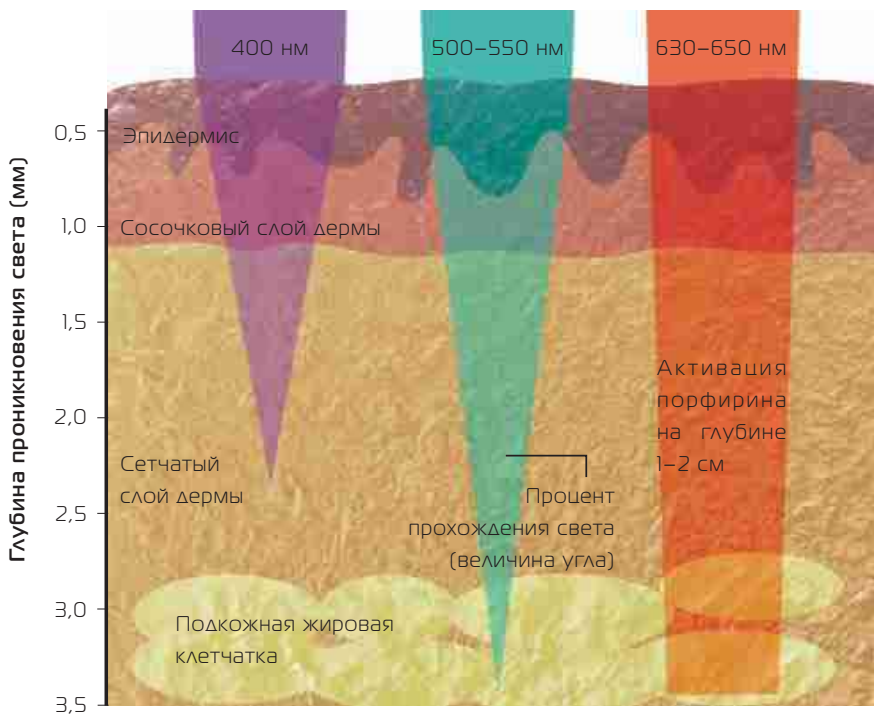
3 Курс лечения, рассчитанный на несколько дней, позволяет порфирину разрушить нежелательные бляшки.



Другие пути лечения

Успех применения ФТД в офтальмологии показал, что недостатки метода преодолимы. Несмотря на то, что проникающая способность даже красного света в биологических тканях ограничена несколькими сантиметрами, фотодинамическая терапия может применяться при болезнях внутренних органов. Например, для лечения патологий коронарных артерий используют фотоангиопластику, которая помогла решить многие проблемы в традиционной ангиопластике, особенно при рестенозировании (повторном стенозе) артерий. Процедура начинается с введения порфирина в кровоток. После того, как он закрепится в пораженном участке артериальной стенки, крошечный световой источник на конце катетера воздействует на артерию изнутри. Свет активирует порфирин в бляшке, разрушая пораженную ткань и сохраняя здоровую стенку сосуда. Результаты немногочисленных испытаний синтетического порфирина мотексафина лютеция (*motexafin lutetium*) на людях были представлены в марте 2002 г. Джеффри Попмой (Jeffrey J. Popma) из Госпиталя для женщин им. Браяма на ежегодной встрече Американской коллегии кардиологов. Процедура оказалась безвредной, при увеличении дозы по предотвращению рестенозирования гарантия успеха увеличивалась.

Накопление порфиринов в активных и делящихся клетках позволяет проводить лечение заболеваний, при которых наблюдается измененная активность клеток или их пролиферация. Попытки победить инфекции с помощью пигментов были тщетными: сложное строение клеточной стенки грамм-отрицательных бактерий препятствовало проникновению порфиринов. Майкл Хамблин (Michael R. Hamblin) и его коллеги предложили присоединить полимер (обычно это полилизин), который разрушает липидную структуру клеточной стенки бактерии, обеспечивая порфирину возможность ▶



Каждому значению длины волны света соответствует глубина его проникновения в ткани. Порфирин, активируемый глубоко проникающим светом, оптимален для лечения внутренних опухолей. По сравнению с порфинами псоралены, которые используют в ПУВА-терапии при псориазе, активируются ультрафиолетовым светом (400 нм), проникающим только в кожу.

проникнуть внутрь. Испытания измененного пигмента на животных с инфекциями ротовой полости и инфицированными ранами продемонстрировали эффективность препарата при широком спектре грамм-отрицательных и грамм-положительных бактерий.

Другие методы, родственные фотодинамическому, основываются на том, что активированные иммунные клетки захватывают большее количество препаратов-фотосенсибилизаторов, чем покоящиеся иммунциты и красные клетки крови. При инфекционных заболеваниях нежелательно разрушать активированные иммунные клетки: именно они помогают организму справиться с болезнью.

Однако при СПИДе действует обратный механизм: вирус инфицирует сами иммунные клетки. В лаборатории ВИЧ-инфицированные иммунные клетки захватывают порфирины

и становятся чувствительными к свету. Световая терапия применяется либо при облучении взятой, а затем возвращенной крови (экстракорпоральная фототерапия), либо при облучении кожи видимым светом (трансдер-

ОБ АВТОРЕ:

Ник Лэйн (Nick Lane) изучал биохимию в Имперском колледже Лондонского университета. Его докторская диссертация, написанная на базе Королевской общедоступной больницы, посвящена свободным радикалам кислорода и метаболическим изменениям в трансплантатах органов. Лэйн – почетный старший научный сотрудник Лондонского университетского колледжа и директор по стратегическим вопросам *Adelphi MediCine*, медицинской мультимедийной компании, основанной в Лондоне. Его книга «Кислород: молекула, которая сделала мир» будет опубликована в США издательством Оксфордского университета весной 2003 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

The Colours of Life: An Introduction to the Chemistry of Porphyrins and Related Compounds. L.R.Milgrom. Oxford University Press, New York, 1997.
Oxygen: The Molecule that Made the World. Nick Lane. Oxford University Press.

мальная фототерапия). Вопрос о том, в состоянии ли такая методика истребить зараженные иммунные клетки у ВИЧ-инфицированных, остается открытым.

Аутоиммунные заболевания, отторжение трансплантатов органов и лейкемия объединены одним свойством – присутствием активированных и делящихся иммунных клеток. При аутоиммунных заболеваниях иммунциты ошибочно начинают действовать против компонентов организма хозяина, разрушая различные структуры, например миелиновую оболочку при рассеянном склерозе или коллаген при ревматоидном артрите. После операции по пересадке органов активированные иммунные клетки могут начать размножаться, отторгая чужеродную ткань, как это происходит при трансплантации костного мозга. При лейкемии иммунные клетки и их предшественники продуцируют в костном мозге большое количество измененных клеток. В каждом случае ФДТ потенциально может уничтожить нежелательные иммунциты, оберегая при этом покоящиеся клетки, и поддерживать тем самым иммунный ответ. Большинство этих исследований находится сейчас на завершающей стадии доклинических или начальной стадии клинических испытаний. ■

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ

Светоактивируемые препараты – образцы, которые находятся в продаже или на стадии испытаний

Препарат	Область применения	Производитель	Статус
Левулан (Levulan) (5-аминолевулино- вая кислота)	Акне и лучевой кератоз (предраковые кожные изменения), пищевод Баррет- та (предраковое состояние)	<i>Dusa pharmaceuticals</i> (Торонто)	В продаже для лучевых кератозов, II фаза испытаний (относительно мало изучен на человеке) завершена при пищеводе Барретта
Фотофрин (вертепорфин)	Рак пищевода и легкого, высокая сте- пень дисплазии при пищеводе Барретта	<i>Axcan Scandipharm</i> (Бирмингем)	В продаже для применения при крупно- клеточном раке легкого; ожидание реше- ния ФДТ по дисплазии высокой степени
Визудин (вертепорфин)	Возрастная макулодистрофия, пато- логическая миопия и гистоплазмоз глаз (офтальмологические патологии)	<i>QLT, Inc, and Novartis Ophthalmics</i>	В продаже
Метвикс (метиламинолеву- линовая кислота)	Лучевой кератоз, базально-клеточный и плоскоклеточный рак кожи	<i>Photocure</i>	Ожидание окончательного утверждения ФДТ для использования при лучевых ке- ратозах; III фаза испытаний (масштабные исследова- ния эффективности) для клеточных раков
Фотопoint <i>SnET2</i> (этилэтиопурпурин олова)	Возрастная макулодистрофия	<i>Miravant Medical Technologies</i>	Завершена III фаза испытаний
Вертепорфин	Базально-клеточный рак, андроген- ная алопеция (облысение по мужско- му типу у женщин), гиперплазия про- статы (увеличение предстательной железы)	<i>QLT, Inc.</i>	III фаза испытаний при базально-клеточ- ном раке; как <i>QLT0074</i> I фаза испытаний (тесты на безопасность у малого числа пациентов при различных состояниях)
Фотопoint <i>MV9411</i> (содержит индий)	Чешуйчатый лишай (псориаз)	<i>Miravant Medical Technologies</i>	II фаза испытаний
Антрин (мотексафин лютеция – <i>motexafin lutetium</i>)	Патологии артерий	<i>Pharmacyclics</i>	II фаза испытаний при заболеваниях пери- ферических артерий и завершена I фаза испытаний при патологии коронарных ар- терий
Лютрин (мотексафин лютеция)	Злокачественные опухоли	<i>Pharmacyclics</i>	I фаза испытаний при раке предстатель- ной железы и внутриэпителиальном раке шейки матки

КОММЕНТАРИЙ

Светолечение применяется как с профилактической, так и с лечебной целью. Широкий диапазон использования света связан с его многоликостью. Световой поток состоит из трех частей: инфракрасной части, видимой и ультрафиолетовой. Инфракрасные невидимые лучи – с длиной волны 3–4 мк до 760 нм являются тепловыми; видимые лучи имеют длину волны 760–400 нм и также обладают тепловым воздействием, ультрафиолетовые лучи (УФ) представлены длиной волны 400–180 нм, они невидимые и обладают фотохимическим воздействием.

Лазеры, использующиеся в фотодинамической терапии, генерируют излучение с длиной волны 632,8 нм (красный свет). Почему их стали использовать с порфиринами в качестве фотосенсибилизатора? Дело в том, что сами порфирины демонстрируют красное свечение. У ребенка с врожденной эритропоэтической порфирией первым признаком заболевания является красное окрашивание пеленок. В результате красный цвет порфиринов как бы притягивает луч инфракрасного лазера.

Сейчас в России проводятся некоторые разработки по применению порфиринов в фотодинамической терапии.

Теплюк Н. П.,

кандидат медицинских наук, дерматолог;

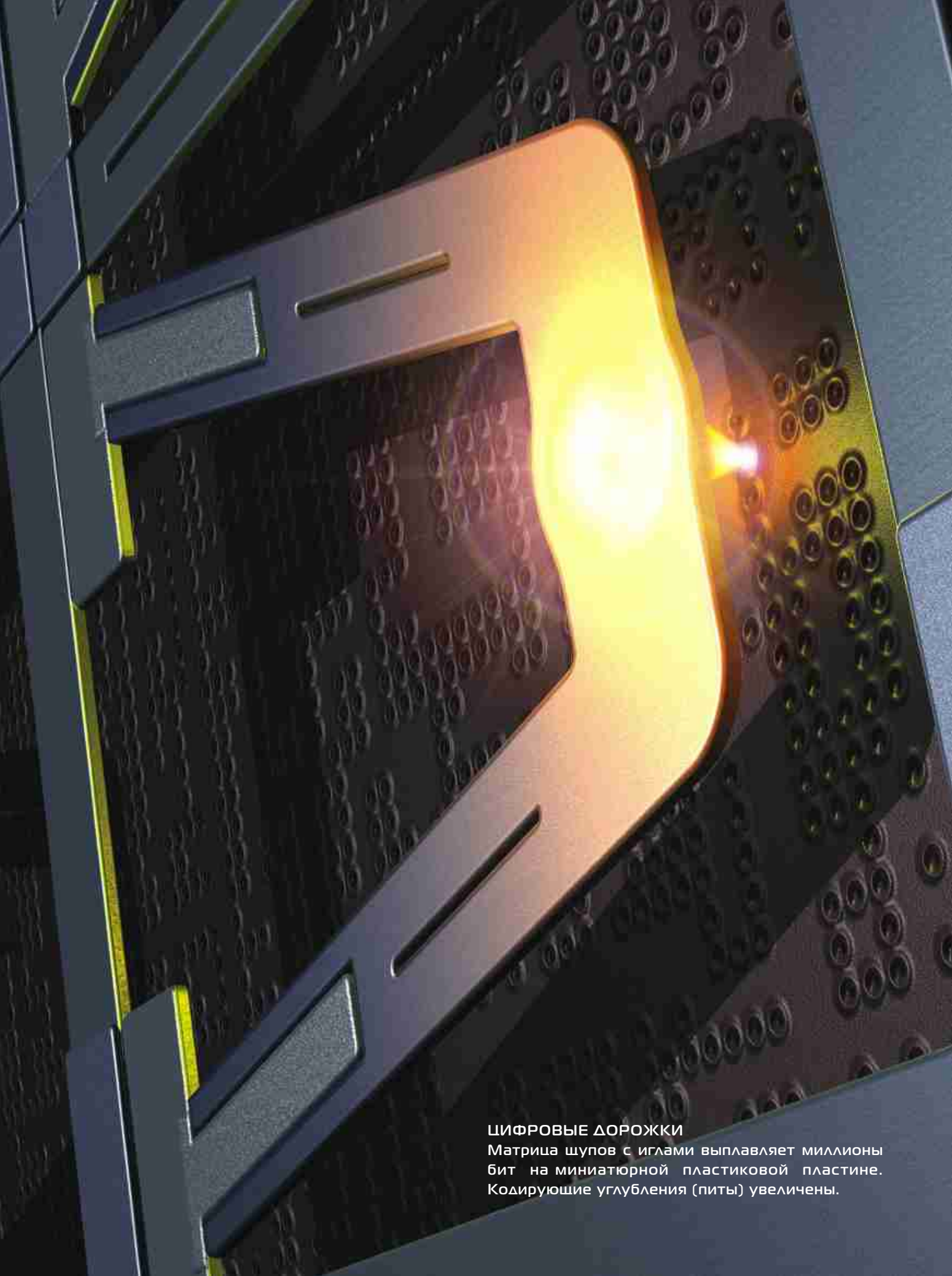
кафедра кожных и венерических болезней ММА им. Сеченова.



ПРОЕКТ
НАНОПРИВОД

Питер Веттигер, Герд Бинниг

Не так-то просто изобрести нанотехнологическое устройство для широкого потребления.



ЦИФРОВЫЕ ДОРОЖКИ

Матрица шупов с иглами выплавляет миллионы бит на миниатюрной пластиковой пластине. Кодированные углубления (питы) увеличены.

Счастливы тот инженер, чьи изобретения внедрены в производство и востребованы. Хочется верить, что через пару лет мы с гордостью сможем сказать, что создали совершенно новый класс механизмов.

Микроскопические электромеханические системы (МЭМС), изготавливаемые по микроэлектронной технологии, наделали много шума, но лишь в единичных случаях обрели коммерческое воплощение. И это не удивительно: когда речь идет о миллионных долях миллиметра ($\sim 10^{-9}$ м), инженерное проектирование тесно связано с научными исследованиями. Самые неожиданные препятствия возникают на пути от принципиального эксперимента до первого рабочего прототипа и далее до успешного продукта на рынке.

В *IBM* наш проект носит название *Millipede*¹. Если мы не собьемся с пути, то примерно в 2005 г. в недрах цифровых камер и *MP3*-плееров можно будет обнаружить нанопривод – запоминающее устройство размером с почтовую марку и емкостью несколько гигабайт. (Этого достаточно для хранения коллекции компакт-дисков или десятилетия любимых фильмов.)

Согласитесь, заявление интересное, но вряд ли сенсационное: объем памяти обычных флэш-карт также приближается к гигабайту. Удивительно другое: принцип хранения информации в наноприводе кардинально отличается от используемого в магнитных и оптических дисках и интегральных микросхемах. Старые добрые технологии практически достигли физического

предела своих возможностей. У наномеханики, напротив, огромный потенциал – пройдут десятилетия, прежде чем биты будут записываться с помощью отдельных молекул или даже атомов.

Бредовая идея

Нас познакомил Хайнрих Рорер (Heinrich Rohrer), с которым Питер Веттигер работал в Цюрихской лаборатории *IBM* с 1963 г. В этой же лаборатории Герд Бинниг и Рорер в 1981 г. создали сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), который позволил рассматривать отдельные атомы и даже манипулировать ими.

В начале 90-х для *IBM* настали трудные времена: компании пришлось продать отделение лазерных разработок, где Веттигер был главным технологом. Мюнхенскую лабораторию спутниковых исследований тоже закрыли, и возглавлявший ее Бинниг был вынужден вернуться в Цюрих. И тогда мы вместе с Рорером решили найти практическое применение для СТМ и других методов зондирования, таких как атомная силовая микроскопия (АСМ).

АСМ была изобретена Биннигом и разработана им совместно с Кристофером Гербером (Christoph Gerber) из Цюрихской лаборатории и Кельвином Квейтом (Calvin F. Quate) из Стэнфордского университета. Сегодня это самый распространенный способ локального микрозондирования. Как и СТМ, АСМ предлагает совершенно новый подход: вместо увеличивающих линз или зондирующих электронов

используется миниатюрный щуп толщиной в несколько сотен атомов – менее 20 нм. Он проходит по неровностям исследуемой поверхности, а компьютер переводит его отклонения в изображение рельефа, на котором порой можно различить даже отдельные атомы.

Бинниг заметил, что когда зондирующая игла случайно ударяет образец, на нем остается маленькая ямка. Если принять подобное углубление (так называемый пит) за единицу, а его отсутствие – за ноль, то принципы АСМ или СТМ можно использовать для создания запоминающего устройства. Идея неплоха, но для ее воплощения необходимо преодолеть несколько принципиальных технических трудностей. Во-первых, механически сканируемая поверхность пластины должна перемещаться гораздо медленнее, чем поверхность магнитного или оптического диска, что чревато невероятно низкой скоростью чтения записанных данных. Во-вторых, неясно, как стирать сделанные щупом питы.

В Алмаденском научно-исследовательском центре *IBM* в Сан-Хосе, Калифорния, группа ученых под руководством Дэна Ругера (Dan Rugar) использовала лазер для нагрева иглы, выплавлявшей углубления в пластике. Плотность записи при этом оказалась выше, чем у сегодняшних *DVD*. Результаты испытаний на износ выглядели весьма обнадеживающе, но система обладала очень низким быстродействием. К тому же информацию нельзя было стирать и перезаписывать.

Мы решили набросать эскиз устройства, лишённого перечисленных недостатков. Вместо того чтобы использовать один щуп, почему бы не воспользоваться возможностями современной технологии производства чипов, позволяющей размещать тысячи или даже миллионы идентичных микроскопических компонентов на кусочке кремния размером с ноготь? Работая параллельно – как

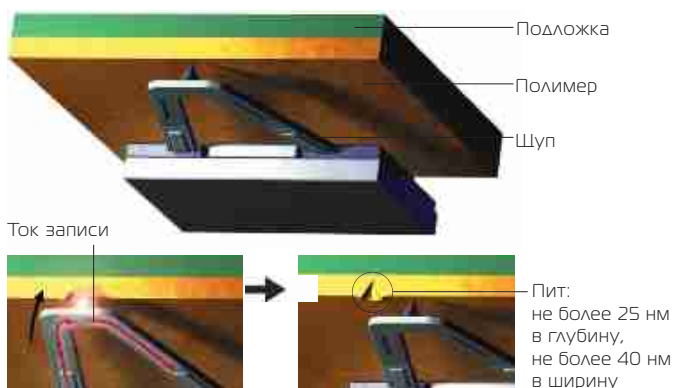
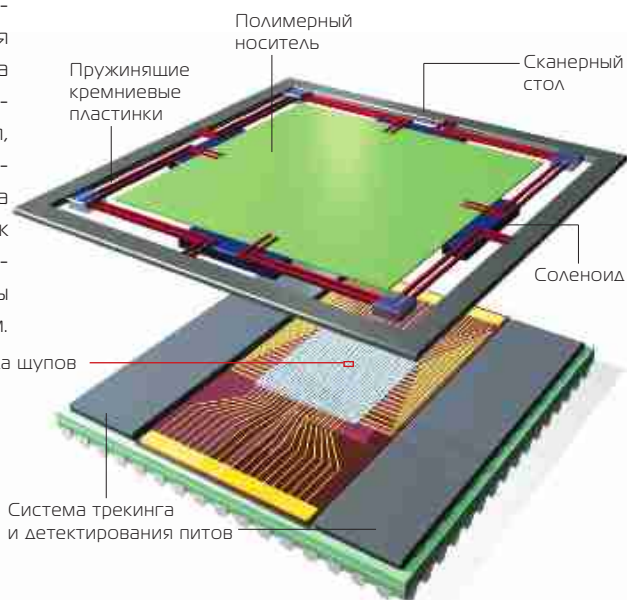
ОБЗОР: MILLIPEDE

- Традиционные технологии хранения информации сегодня близки к своему физическому пределу плотности записи данных.
- В *Millipede* используется матрица из миниатюрных щупов для считывания, записи и перезаписи данных на полимерный носитель. Сделанное иглой углубление в носителе соответствует единице, а его отсутствие – нулю.
- В первую очередь технология *Millipede* будет использована для создания компактных – размером с почтовую марку – карт памяти емкостью несколько гигабайт для сотовых телефонов, карманных компьютеров, цифровых видеокамер и других портативных устройств.

¹Millipede – тысяченожка (лат.).

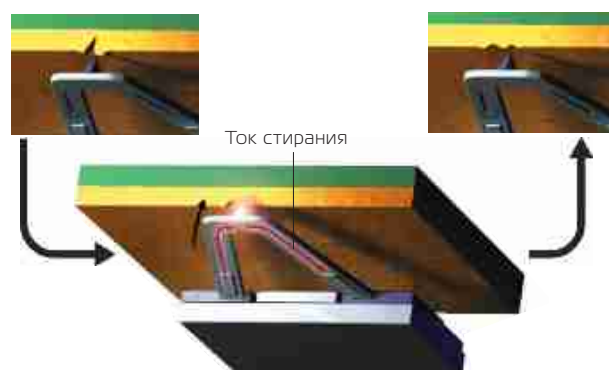
УСТРОЙСТВО НАНОПРИВОДА

Нанопривод *Millipede* работает как микроскопическое перфорационное устройство, выплавляя в полимерном носителе углубления (питы) при помощи набора миниатюрных иглол, установленных на концах кремниевых щупов. Матрица из 4096 щупов с иглами, обращенными вверх, подключена к системе трекинга и детектирования, которая считывает информацию, закодированную питам, и транслирует ее в поток битов. Полимерный носитель данных размещен на сканерном столе при помощи пружинящих кремниевых пластинок и перемещается крошечными магнитами (не показаны) и электромагнитными катушками в плоскости, параллельной щупам. Когда щупы поднимаются меньше чем на микрон, иглы контактируют с носителем.



ЗАПИСЬ БИТА

Нагретые иглы выдавливают углубления конической формы, представляющие собой единицу. Предварительно напряженный щуп пригибается к носителю, когда через него проходит электрический ток, нагревающий легированную область до 400°C. Отсутствие углубления означает ноль.

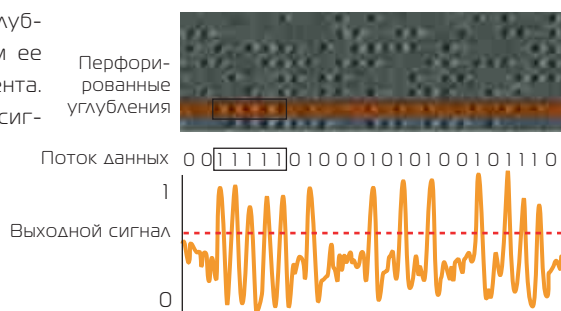


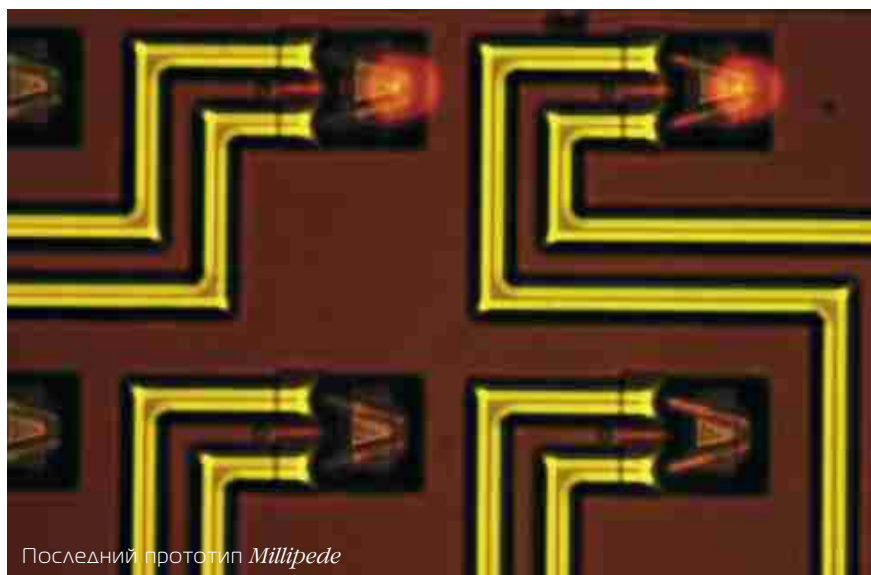
СТИРАНИЕ БИТА

Последний прототип *Millipede* удаляет пит, нагревая иглу до 400°C и выдавливая рядом с ним другое углубление, как бы заполняя старую ямку. Другой способ заключается в том, что горячая игла утапливается во впадину и вновь извлекается. При этом поверхность носителя выравнивается.

СЧИТЫВАНИЕ БИТА

В процессе считывания данных нагретая до 300°C игла попадает в углубление, отдает тепло поверхности пластика и охлаждается. При этом ее электрическое сопротивление уменьшается на несколько сотых процента. Цифровой сигнальный процессор преобразует эти слабые изменения сигнала (внизу) в поток битов (справа).





Последний прототип *Millipede*

деялись получить поддержку после демонстрации работающего прототипа на Международном симпозиуме разработчиков микроэлектромеханических систем, проходившем в январе 1998 г. в Институте инженеров-электротехников и электронщиков (*IEEE*) в Гейдельберге, Германия. Нами была представлена матрица 5 на 5 шупов со встроенными пьезоэлектрическими преобразователями для регистрации отклонений. Площадь устройства составила 25 мм².

Демонстрация параллельного воспроизведения прошла успешно, но показ параллельной записи провалился. Была упущена мелкая, но очень важная деталь: проводники,

Опытные разработчики микроскопических электромеханических систем и сканирующих технологий отвергли наш проект как безрассудный.

ноги у многоножки, – армия медлительных зондов сможет считывать данные быстрее. Несмотря на сложность управления, у такой схемы были реальные шансы на успех.

Еще нужно было изобрести хотя бы один, пусть даже непростой способ стирания информации. Для удаления больших полей битов мы оплавливали поверхность носителя, и биты исчезали. Точно так же разглаживается нагретая поверхность воска. К сожалению, данные, которые необходимо было сохранить, приходилось переносить на другое поле.

С такими общими представлениями мы занялись данным проектом, объединив два подразделения *IBM*: департамент физики и департамент устройств. Позднее к нам присоединился Эвангело Эльфериу (Evangelos Eleftheriou) со своей командой из департамента систем связи. Сегодня с нами сотрудничают еще несколько групп из *IBM* и некоторых университетов.

До седьмого пота

Эксперты в области МЭМС и сканирующих технологий отвергли наш проект как безрассудный. И все же мы на-

питающие нагревательные элементы, оказались слишком тонкими. Из-за металлопленочной электромиграции они моментально перегорели. Явление электромиграции хорошо описано в литературе, и мы обязаны были знать о нем. Печальный опыт наглядно показал, что необходимо заменить алюминиевую проводку, которая изготавливалась вместе с высоколегированными кремниевыми шупами. К тому же стало ясно, что сканирующую матрицу можно позиционировать над поверхностью носителя с высокой точностью на достаточно большой площади. Поэтому было решено перейти к разработке матрицы большего размера.

Однако оказалось, что существует еще одна серьезная проблема. Анализируя, как матрица шупов будет выравниваться в регулярные строки и столбцы, связанные между собой сеткой электрических проводников, мы выяснили, что схема не будет работать. Адресовать сигнал конкретному шупу по номеру столбца и строки будет невоз-

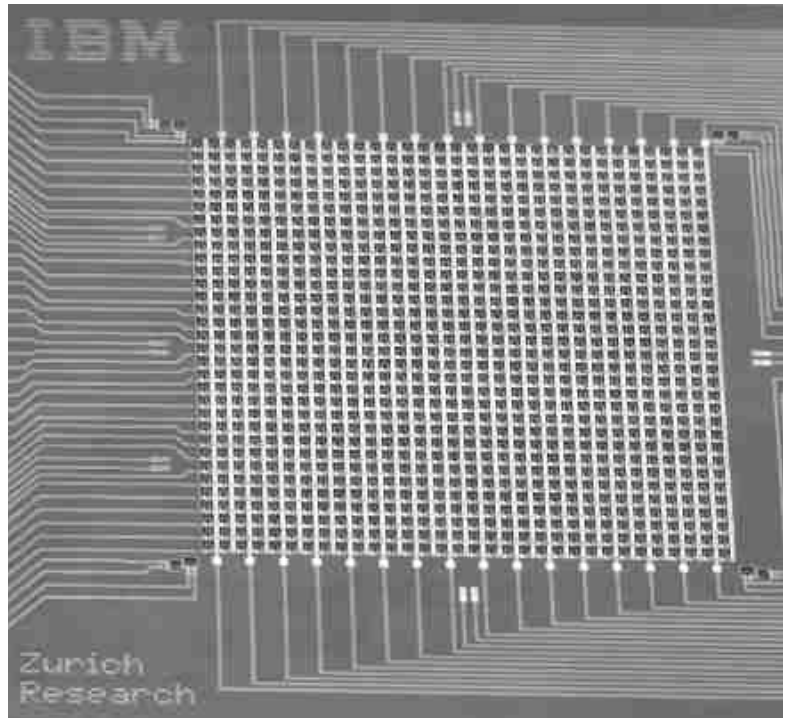
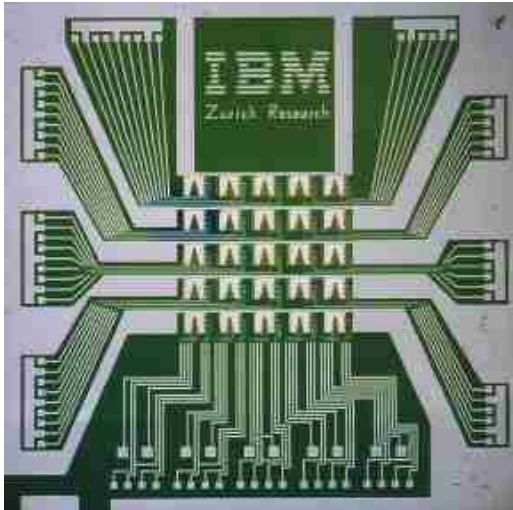
ОБ АВТОРАХ:

Питер Веттигер (Peter Vettiger) и **Герд Бинниг** (Gerd Binnig) возглавляют разработку нанопривода *Millipede*. У Веттигера большой опыт в области микро- и нанотехнологии. С 1963 г. он работает в Цюрихской исследовательской лаборатории *IBM*. В 1965 г. он получил ученую степень в Цюрихском университете прикладных наук, а в 2001 г. был удостоен звания почетного доктора наук Базельского университета. Бинниг защитил кандидатскую в 1978 г. в Университете им. Гете во Франкфурте-на-Майне и тогда же начал работать в Цюрихской лаборатории. Он удостоен Нобелевской премии в области физики, которую получил вместе с Хайнрихом Рорером за изобретение сканирующего туннельного микроскопа.

ДАЕШЬ БОЛЬШЕ ИГЛ НА МЕНЬШЕЙ ПЛОЩАДИ!

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОТОТИПА

Первое поколение *Millipede* содержало матрицу всего лишь из 25 щупов на площади 5 мм² (внизу). Последний прототип (справа) включает в себя матрицу размером 3 мм², состоящую из 1024 щупов.



можно: возникнет хорошо известное явление – неконтрольное протекание тока по всей матрице сразу.

Наиболее распространенное решение заключается в присоединении к каждому элементу транзисторного ключа. Но транзисторы и щупы нельзя размещать на одной микросхеме, поскольку для заострения последних необходима высокая температура. С ростом матрицы задача усложняется. Эскизные расчеты, проведенные Урсом Дюригом (Urs Durig), показали, что при наличии 1000 элементов адресация для проведения записи еще возможна, но распознать слабый сигнал от щупа при чтении не удастся.

Команда уже была готова представить чертежи микросхемы для матрицы из 1024 элементов, но Веттигер попросил подождать. Целыми днями мы бились над решением этой головоломки, пока Веттигер и Мишель Депон (Michel Despont) не нашли разгадку: рядом с каждым щупом нужно интегрировать «электрическую улицу с односторонним движением» – диод

Шотки, который исключит утечку сигнала в другие щупы. Схему доработали, и в скором времени был изготовлен второй прототип размером 32 на 32 элемента.

Все 1024 щупа поднимались точно на нужное расстояние, прилагая необходимое усилие для продавливания пиков в мягкой полимерной пластине из полиметилметакрилата (ПММА), установленной на отдельном чипе – сканерном столе. Медные соленоиды, расположенные позади него, предотвращали чрезмерные отклонения в процессе его движения над щупами. Новый сканер, сконструированный Марком Ланцем (Mark Lantz) и Хьюго Ротузенем (Hugo Rothuizen), оказался практически нечувствительным к вибрациям. На конце каждого щупа размером 50 мкм разместился резистор, нагревающий иглу до 400°C за несколько микросекунд.

Результаты тестов превзошли все самые смелые ожидания: более 80% щупов работали должным образом! Имелась только одна узкая «темная» зона в

центре поля записи, получившаяся в результате перекоса чипа при монтаже.

От исследований – к проектированию

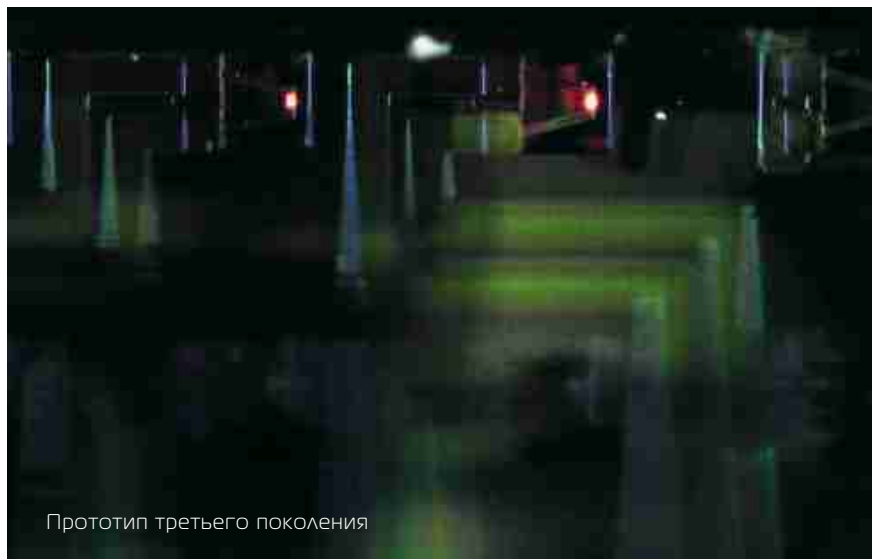
В устройстве с матрицей 5 на 5 в основании каждого щупа располагался пьезочувствительный датчик, сопротивление которого изменялось при механической деформации. Это позволяло системе определять, что зонд попал в пик – цифровую единицу. Было решено найти более эффективный способ детектирования впадин. В ходе опытов уровень сигнала заметно изменялся при попадании иглы в углубление. Сначала нам казалось, что механическое напряжение влияет на характеристики интегрированных диодов Шотки, но потом выяснилось, что их сопротивление не зависит от наклона щупа. После некоторых раздумий мы пришли к неожиданному выводу: всему виной тепловые эффекты. Если щуп нагреть до температуры порядка 300°C, его электрическое сопротивление при попадании во впадину ▶

значительно уменьшается (см. рис. на стр. 35). Нам и в голову не приходило использовать явление теплопередачи для измерения отклонения. В макромасштабах теплообмен протекает слишком медленно и неустойчиво из-за конвекции. Зато в микромире нет

Вскоре проект *Millipede* поменял направленность. Все силы были брошены на разработку целостной системы хранения информации. Группа выросла до дюжины работников: к нам присоединился Эльферуа со своей командой. Его уникальные разработ-

верхность всего поля данных, мы стали использовать сами щупы для локального нагрева носителя. Когда горячая игла выдавливает очередное углубление, находящиеся вблизи старые впадины стираются. Если питы располагаются в строке достаточно плотно, то каждый новый пит стирает предыдущий, и остается только последний в строке. Нами был разработан специальный код с ограничениями для непосредственной перезаписи данных описанным выше методом.

Настало время задуматься о повышении быстродействия и снижении энергопотребления нанопривода. Были измерены отношение «сигнал–шум», достоверность чтения и записи по частоте однобитовых ошибок и другие параметры. Также необходимо было определить форму и размеры (форм-фактор) будущего устройства, поскольку это играет большую роль для массового производства, особенно в сфере мобильной техники.



Прототип третьего поколения

Мы давно не считаем проект *Millipede* рискованным, но до сих пор радуемся, когда очередной прототип успешно работает.

воздушных потоков, и теплопередача занимает микросекунды.

Этот неожиданный результат оказался очень полезным: можно использовать нагревательный элемент на щупе как для записи, так и для считывания данных. Теперь для каждого щупа требуется не три или четыре, а всего лишь два проводника.

В 1999 г. наш второй прототип произвел большое впечатление на участников Конференции разработчиков МЭМС. Однако руководству *IBM* больше всего понравилось изображение ровных колонок питов, оставленных «многоножкой» на носителе. Расстояние между ними было всего 40 нм! Плотность записи оказалась примерно в 30 раз выше, чем у лучших современных винчестеров.

ки в области канальной записи уже давно использовались в магнитных накопителях. Вновь прибывшие сразу взялись за разработку полнофункционального прототипа запоминающего устройства – начиная от первичной обработки сигнала и помехоустойчивого кодирования и заканчивая подробной архитектурой и системой управления.

К тому времени мы уже разработали новый способ выборочного удаления питов и вместе с Эльферуа спроектировали систему, где стирание данных перед перезаписью не требуется. Когда температура достаточно высока для размягчения материала, его упругие свойства и поверхностное натяжение выравнивают углубления. Вместо того чтобы оплачивать по-

Планы на будущее

В конце 2002 г. появился прототип третьего поколения с матрицей 64 на 64 размером 6,4х6,4 мм, содержащей 4096 щупов. Сегодня на стандартной 200-миллиметровой подложке из монокристаллического кремния можно изготовить 250 чипов, с миллионом игл каждый. Сейчас усовершенствование идет по двум направлениям. Во-первых, необходимо создать полную функциональную схему устройства – не только матрицу и сканерный стол, но и дешевую электронную систему управления с низким энергопотреблением. Во-вторых, нужно обеспечить отказоустойчивость системы и надежность хранения данных при возможных повреждениях во время эксплуатации.

Уже подобраны полимеры, которые работают даже лучше, чем ПММА. В них форма пята остается стабильной по крайней мере три года, а количество циклов перезаписи более 100 тыс. Пока нет уверенности, что щупы сохранят работоспособность в течение нескольких лет, когда количество произведенных пиков превысит 100 млрд.

На увеличенном изображении поля записи человеческий глаз без труда различает пята, но создать электронную систему, функционирующую с такой же точностью, не просто. Задача распознавания данных облегчается, если пята одинаковы по глубине и расположены на ровных прямых дорожках. Поэтому сканерный стол нужно изготовить идеально плоским, расположить параллельно щупам, двигать линейно с постоянной скоростью – и все это с точностью до нескольких нанометров. Совсем недавно мы обнаружили, что если подвесить его на тонких пружинящих кремниевых пластинках, то можно значительно снизить погрешность перемещений. В любом случае необходимо добавить следящую систему с активной обратной связью.

Любая механическая система типа *Millipede* выделяет тепло, и поэтому должна учитывать расширение узлов при нагреве. Если разница температур между носителем информации и кремниевыми щупами составляет около 1°C, пята и иглы не совпадут друг с другом. Компенсирующая схема обратной связи неизбежно приведет к усложнению и удорожанию устройства, а поиски приемлемого компромисса пока не увенчались успехом.

К счастью, законы природы снова помогли нам – зондирующая матрица и подложка носителя информации сделаны из кремния и имеют одинаковый коэффициент линейного расширения. Кроме того, зазор между щупами и носителем настолько мал, что теплопроводности воздуха вполне достаточно, чтобы разница температур была минимальна.

Обзор устройств со сверхвысокой плотностью записи

IBM Millipede – один из нескольких проектов по созданию цифровой памяти большой емкости.

Компания	Применяемая технология	Объем памяти	Выход на рынок
<i>Hewlett-Packard</i> Пало-Альто, Калифорния	Миниатюрный атомный силовой микроскоп (АСМ), использующий электронный луч для записи и считывания информации с носителя	Не менее 1 Гб	Конец десятилетия
<i>Hitachi</i> Токио	Устройство на базе АСМ, подробности не известны	Не разглашается	Не разглашается
<i>Nanobip</i> Окленд, Калифорния	Матрица АСМ-щупов с хранением данных на кремниевом чипе	До 50 Гб; в настоящее время – 0,5 Гб	Ожидается в 2004 г.
<i>Royal Philips Electronics</i> Эйнховен, Нидерланды	Оптическая система, похожая на перезаписываемые CD, использующая голубой лазер для чтения и записи на диск диаметром 3 см	От 1 до 2 Гб на сторону	Ожидается в 2004 г.
<i>Seagate Technology</i> Скотт-Вэлли, Калифорния	Система с возможностью перезаписи, построенная по принципу АСМ и работающая на чипе размером 1 см	До 10 Гб на чип	Ожидается не раньше 2006 г.

Поскольку проект созрел до разработки коммерческого продукта, нашу команду пополнил Томас Альбрехт (Thomas R. Albrecht), технолог по системам хранения данных из Алмаденского научно-исследовательского центра, помогающий продвигать на рынок микропривод *IBM*. Такая эволюция проекта означает, что мы постепенно передаем его в руки других специалистов.

Пока нельзя с уверенностью сказать, что *Millipede* ждет коммерческий успех. Мы будем счастливы, если наши разработки позволят ученым отсканировать хотя бы квадратный сантиметр материала с точностью почти до атома. В любом случае наноприводы станут совершенно новым классом полезных устройств, и это – наш главный успех. ■

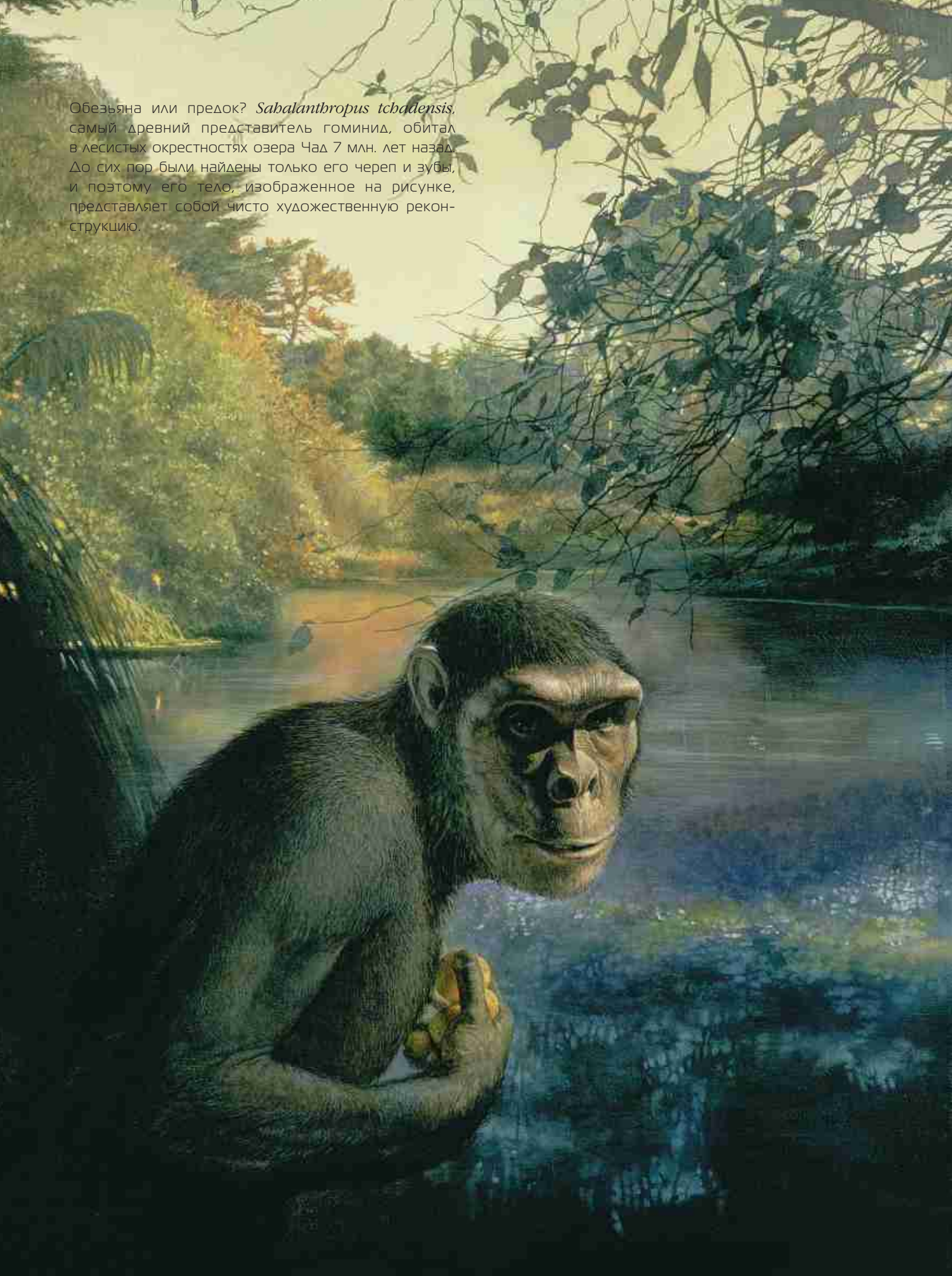
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

In Touch with Atoms. Gerd Binnig, Heinrich Rohrer. *Reviews of Modern Physics*, t. 71, № 2, p. 324–330. Centenary, 1999

The «Millipede» – Nanotechnology Entering Data Storage. P.Vettiger, G.Cross, M.Despont, Drechsler, U.Duerig, B.Gotsmann, W.Haeberle, M.Lantz, H.Rothuizen, R.Stutz and G.Binnig. *IEEE Transactions on Nanotechnology*, t. 1, № 1, p. 39–55; march 2002 г. Более подробно о нанотехнологии в *IBM* и в мире см.

www.research.com/pics/nanotech

Обезьяна или предок? *Sabalanthropus tchadensis*, самый древний представитель гоминид, обитал в лесистых окрестностях озера Чад 7 млн. лет назад. До сих пор были найдены только его череп и зубы, и поэтому его тело, изображенное на рисунке, представляет собой чисто художественную реконструкцию.



ЗОВ ДАЛЕКОГО ПРЕДКА

Новые ископаемые находки вызывают бурные споры, но как никогда приближают ученых к разгадке происхождения человека.

Кейт Вонг

Мишель Брюне (Michel Brunet) вынимает из металлического кейса потемневший коричневый череп и бережно кладет его передо мной на стол. Размером он с кокосовый орех, массивные надбровья нависают над окаменевшими глазницами. Его очертания кажутся мне чужими и одновременно очень знакомыми. Но Брюне (палеонтолог из Университета в Пуатье) видит в нем нашего утерянного предка, поиском которого он посвятил 26 лет жизни. «Это самый древний из гоминид», – с восхищением говорит ученый.

Своей находкой Брюне переполошил все палеоантропологическое сообщество. Возраст на удивление хорошо сохранившегося черепа, извлеченного из занесенных песками отложений в пустыне Джураб на севере Чада и получившего название *Sabalanthropus tchadenis* (а также прозвище Тумай, что на местном языке означает «надежда жизни»), – 7 млн. лет. По-видимому, он принадлежит нашему самому далекому предку.

В 1872 г. Чарлз Дарвин предсказал, что древнейших пращуров человека следует искать в Африке, где сегодня обитают наши двоюродные братья – шимпанзе и гориллы. Подтверждения гипотезы появились лишь спустя полвека, когда антрополог Раймонд Дарт (Raymond Dart) из Витватерсрандского университета, ЮАР, описал ископа-

емый череп из Таунга в Южной Африке и отнес его к вымершему человеку *Australopithecus africanus*. Открытие было встречено с холодным скептицизмом и единодушно отвергнуто. Критики утверждали, что останки принадлежат молодой горилле. Факт, что у человека были обезьяноподобные предки, был признан только в 50-х гг. прошлого века.

В последующие десятилетия в Восточной Африке были обнаружены новые окаменелости. К концу 70-х гг. семья австралопитеков пополнилась такими видами, как *A. boisei*, *A. aethiopicus* и *A. afarensis* (Люси и ее сородичи, жившие в эпоху плиоцена 3–3,6 млн. лет назад и давшие начало роду *Homo*). Каждый из них занимал особую экологическую нишу, но при этом все они были двуногими, с массивными челюстями, крупными коренными зубами и небольшими клыками, что радикально отличало их от более древних четвероногих обезьян из миоцена. Однако попытки найти более ранних предков человека были безрезультатны. Вопрос, кто же был прародителем Люси, оставался без ответа в течение последних 20 лет.

Удача улыбнулась ученым в середине 90-х гг., когда Мив Лики (Meave Leakey) из Национального музея Кении объявила об открытии *A. anamensis*. Этот вид, живший 4 млн. лет назад и отличавшийся

Это изображение утерянного предка, которого Мишель Брюне искал 26 лет. «Это самый древний представитель гоминид», – с восхищением говорит ученый.



более архаичными признаками, и был, возможно, непосредственным предком Люси. Одновременно Тим Уайт (Tim White) из Калифорнийского университета в Беркли обнаружил в Эфиопии ископаемые останки возрастом 4,4 млн. лет, принадлежавшие более примитивным гоминидам – *Ardipithecus ramidus ramidus*. Однако, по мнению молекулярных биологов, до того времени, когда произошло окончательное разделение эволюционных линий шимпанзе и человека, должны были существовать еще более древние виды гоминид.

Недавно предположение подтвердилось. Найденные окаменелые останки (возрастом 5–7 млн. лет) кардинально изменили представление о том, где и когда началась линия эволюции человека и как выглядел его общий предок с шимпанзе. Не удивительно, что этот вопрос вызвал горячие споры о том, какое место на нашем генеалогическом древе занимают вновь открытые виды и, в первую очередь, какими видами представлено семейство гоминид.

В полный рост

Весной 2001 г. палеонтологи Мартин Пикфорд (Martin Pickford) и Бриджит Сеню (Brigitte Senut) из парижского

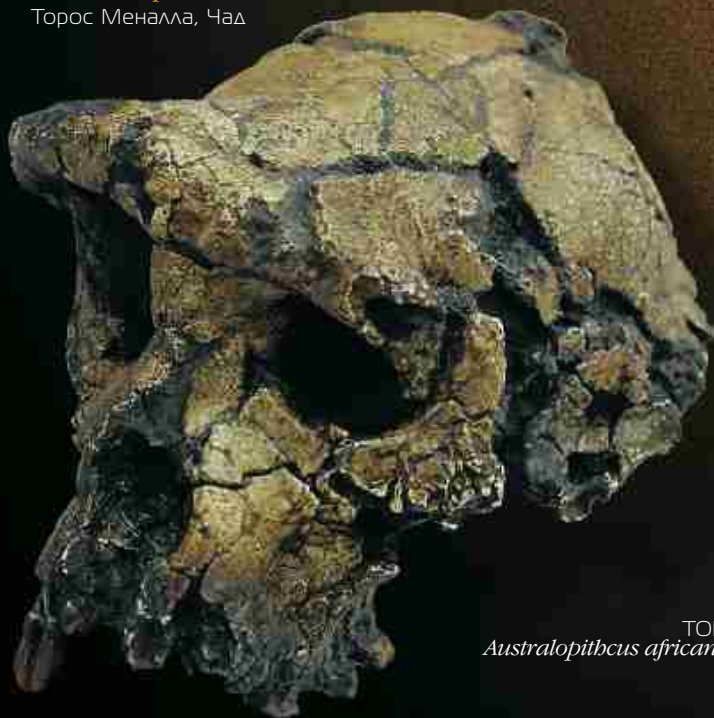
ОБЗОР: ДРЕВНЕЙШИЕ ГОМИНИДЫ

- Согласно описанию эволюции человека в учебниках, человек произошел от общего с шимпанзе предка 5–6 млн. лет назад в восточно-африканских саваннах, где и освоил двуногую походку. Однако до недавнего времени останков гоминид возрастом более 4,4 миллиона лет найдено не было.
- Недавно обнаруженные останки древнейших гоминид в Чаде, Кении и Эфиопии отодвигают время возникновения человека до 7 млн. лет назад.
- Последние находки опровергают традиционные представления об эволюции человека. Палеоантропологи спорят, в каком родстве с человеком состоят эти существа?

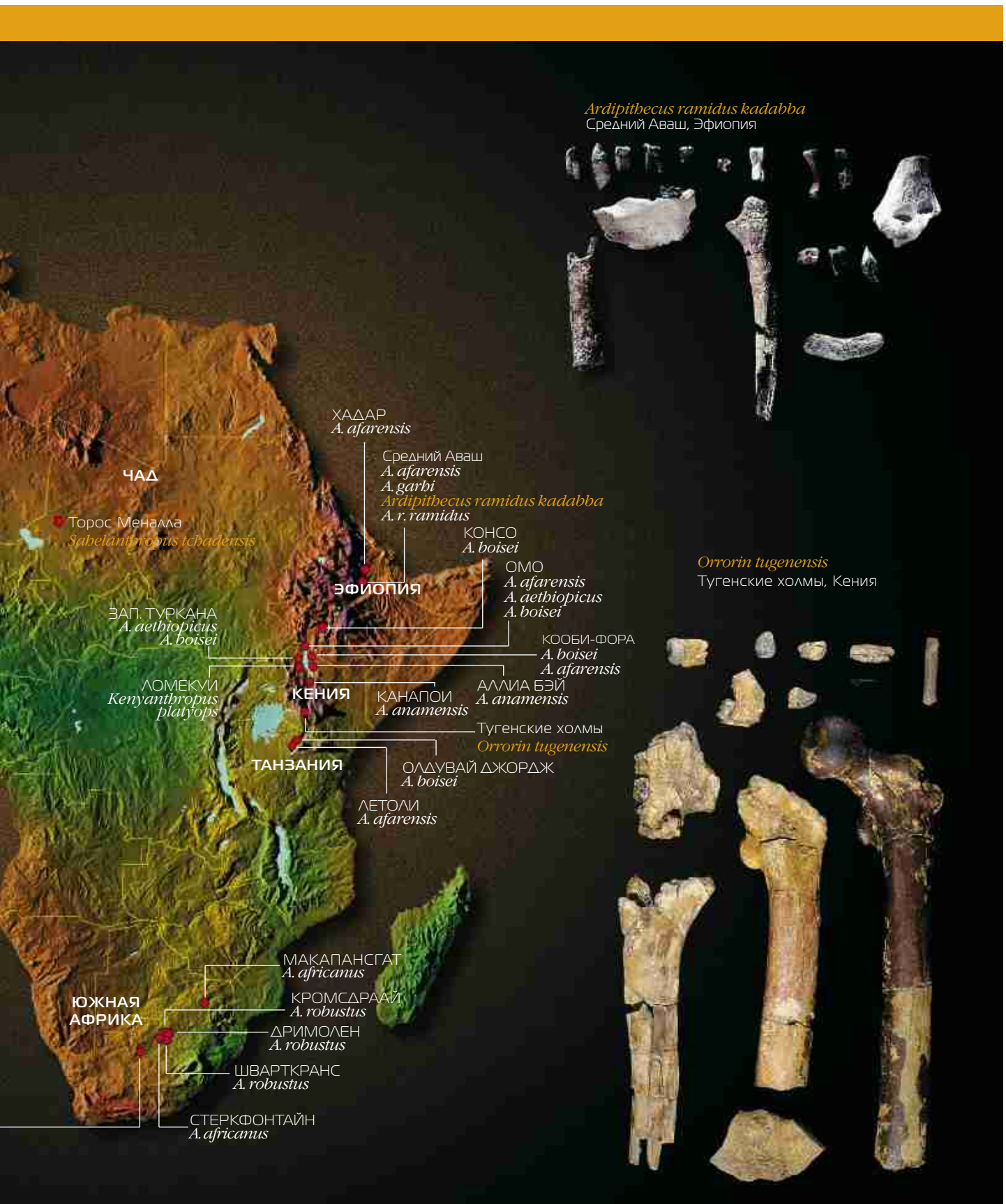
АФРИКАНСКИЕ КОРНИ

Вплоть до последнего времени все останки древнейших предков человека обнаруживали только в Восточной Африке, а находки возрастом более 4,4 млн. лет вообще не были известны. В 2001 г. палеонтологи, работавшие на Тугенских холмах в Кении и в районе Средний Аваш в Эфиопии, объявили об открытии гоминид, живших почти 6 млн. лет назад (*Orrorin tugenensis* и *Ardipithecus ramidus kadabba*). В июле 2002 г. палеонтолог Мишель Брюне раскопал в районе Торос-Меналла на севере Чада останки представителя гоминид возрастом 7 млн. лет, названного им *Sabelanthropus tchadensis*. Этот район находится в 2500 км к западу от районов прежних находок останков гоминид.

Sabelanthropus tchadensis
Торос Меналла, Чад



ТОНГ
Australopithecus africanus



Музея естественной истории нашли в районе Тугенских холмов в Кении останки существа, жившего 6 млн. лет тому назад, – *Orrorin tugenensis*. Всего они собрали 19 образцов, включая фрагменты челюсти, отдельные зубы, кости руки, а также несколько обломков бедренных костей. Ряд характеристик позволил отнести *Orrorin* к семейству гоминид. По словам Пикфорда, бедро напоминало человеческое: имея длинную шейку, оно располагалось под определенным углом к голени, что обеспечивало его стабилизацию при вертикальной походке. Кроме того, на

задней стороне шейки имелась борозда, к которой при ходьбе на двух ногах прижималась наружная запирающая мышца. Строение бедра убедило ученых в том, что по земле он передвигался на двух ногах и походка у него была более похожа на человеческую, нежели у Люси. В остальном *Orrorin* был примитивным животным: у него были большие заостренные клыки, руки и пальцы были приспособлены к лазанию. Но вопреки палеонтологической догме, Пикфорд и Сению полагают, что именно *Orrorin* положил начало *Homo* через предполагаемый

род *Praeanthropus* (к нему они относят часть останков, обычно приписываемых *A.afarensis* и *A.anamensis*) и что Люси находится на боковой эволюционной ветви. Они также считают, что *Ardipithecus* был предком шимпанзе.

Однако аргументы Пикфорда и Сению убедили не всех. Оуэн Лавджой (C. Owen Lovejoy) из Кентского университета утверждает, что сканы шейки бедра *Orrorin*, полученные методом компьютерной томографии, указывают на характерное для шимпанзе распределение коркового вещества кости – важного показателя напряжения,

АНАТОМИЯ ПРЕДКА

Ряд ключевых черт *Ardipithecus ramidus kaddaba*, *Orrorin* и *Sabelantbropus* связывают этих гоминид с человеком и отличают их от шимпанзе. Останки обладают (как этого можно было ожидать для столь древних существ) некоторыми примитивными обезьяноподобными чертами. Например, фаланга большого пальца стопы *A. r. kaddaba*, как и у человека, скошена вверх к суставной поверхности, но сама кость длинная и загибается книзу, как у шимпанзе. У *Sabelantbropus* – небольшая черепная коробка, но более человекоподобная форма клыков и умеренно выступающая вперед нижняя часть лица. (Реконструкция черепа *Sabelantbropus* поможет исследователям лучше понять его морфологию.) Бедренная кость *Orrorin* имеет длинную шейку и бороздку, где помещается наружная запирающая мышца, – признаки, характерные для бипедализма, и следовательно, человека. Но распределение коркового вещества кости в шейке бедра более характерно для животного, передвигающегося на четырех конечностях.

Фаланга большого пальца стопы



Бедро



которое при движении испытывает эта часть бедра. Напротив, поперечные срезы шейки бедра *A. afarensis* напоминают человеческие. Лавджой полагает, что *Orrorin* передвигался на двух ногах часто и непостоянно и много времени проводил на деревьях. Однако вышесказанное не отрицает его принадлежности к гоминидам, поскольку постоянный бипедализм возник не сразу. С этой точки зрения, *Orrorin* относится к линии наших предков, хотя и более удален от *Homo*, чем полагали ученые.

Более веским доказательством раннего бипедализма послужили останки,

обнаруженные в районе Среднего Аваша в Эфиопии. Их возраст – от 5,2 до 5,8 млн. лет, и они относятся к подвиду *Ardipithecus ramidus kadabba*. Была найдена хорошо сохранившаяся фаланга большого пальца стопы, где отчетливо видно, что сустав располагался под углом, обеспечивавшим *A. r. kadabba* двуногую человеческую походку. Морфология большого пальца произвела впечатление далеко не на всех ученых. Дэвид Биган (David Begun) из Торонтского университета считает, что она длиннее, тоньше и больше искривлена, чем требуется

для прямохождения, и что она напоминает фалангу стопы шимпанзе.

Независимо от того, передвигались ли *Orrorin* или *A. r. kadabba* на двух ногах, происхождение человеческой походки отодвигается еще на 1,5 млн. лет назад; меняются и наши представления об условиях, в которых она возникла. По устоявшемуся мнению, наши предки встали на две ноги в африканской саванне, что помогло им защитить спину от обжигающего солнца, получить доступ к новым источникам пищи и увеличить дальность обзора местности. Однако палеоэкологический

Череп

Современный человек

Sabelanthropus

Шимпанзе



небольшие
клыки, напоминающие резцы

крупные
острые клыки

вертикальная
нижняя
часть
лица

умеренно
выступающая
нижняя часть лица

сильно
выступающая
нижняя часть лица

Человечество возникло на один миллион лет раньше, чем предполагали молекулярные биологи. Еще важнее то, что место его происхождения находится вовсе не там, где считалось прежде.

анализ показывает, что и *Orrorin*, и *Ardipithecus* обитали в лесистой местности вместе с обезьянами, слонами и другими животными. Исследования химии почв и останков животных в местах, где был обнаружен *A.r.kadabba*, показали, что ранние гоминиды, возможно, отважились покинуть сырые леса только 4,4 млн. лет назад.

Если это так, то переход наших предков с четвероногой на двуногую походку не был обусловлен изменением климата, как считалось ранее. Более вероятным объяснением кажется высвобождение рук, что позволило самцам собирать больше пищи для самок в надежде добиться их благосклонности. Согласно этой модели, самка, выбравшая лучшего добытчика, могла посвятить больше времени и усилий уходу за детенышем, повышая тем самым репродуктивный успех пары.

Древнейший предок?

Пока палеоантропологическое сообщество осмысливало информацию об останках *Orrorin* и *A.r.kadabba*, на свет явилось открытие Брюне. Окаменелости *Sabelanthropus* позволили ответить на многие вопросы, но одновременно поставили новые. Правда, исследователям удалось обнаружить только череп *Sabelanthropus*, что не позволяет пока узнать, как он передвигался по земле. Однако многие характеристики черепа и зубов, которые, судя по массивности надбровья, принадлежали особи мужского пола, несомненно связывают это существо со всеми позднейшими гоминидами. Важную роль для оценки *Sabelanthropus* играют особенности его клыков. У всех современных и ископаемых обезьян, а также у последнего общего предка шимпанзе и челове-

ка крупные верхние клыки прилегают к первым нижним премолярам, образуя вдоль задней стороны клыков острый край. Человек сменил это «оружие» на менее крупные клыки, на которых со временем остаются следы истирания. По мнению Брюне, своими размерами, формой и характером истирания клыки *Sabelanthropus* сильно напоминают человеческие.

Если Брюне прав, то человечество возникло на миллион лет раньше, причем не там, где предполагалось ранее. Местом происхождения человека, согласно одной из моделей, была Восточная Африка. Ученые полагают, что Восточно-Африканская зона разломов разделила единый вид обезьян на две популяции. Восточная популяция дала начало предкам человека, а западная – современным обезьянам. Ученые и раньше предполагали, что гео-



графическое разобнение древних родственников человека является артефактом, связанным со скудостью ископаемых находок. Открытие гоминид возрастом 7 млн. лет в Чаде в 2500 км от рифтовой долины наносит этой теории смертельный удар.

Череп *Sabelantropus* может поведать много любопытного об общем предке человека и шимпанзе. Наряду с основными обезьяноподобными чертами для *Sabelantropus* были характерны умеренно выступающая верхняя челюсть, небольшие клыки, сравнительно толстая эмаль зубов и очень массивные надбровные гребни. «Всем своим видом *Sabelantropus* демонстрирует, что нашим общим с обезьянами предком был не шимпанзе, – замечает Уайт из Беркли, – но почему мы должны были ожидать иного?» У шимпанзе для эволюции было столько же времени, сколько и у человека.

Тем не менее многие ученые не согласны с утверждением Брюне, что чадские

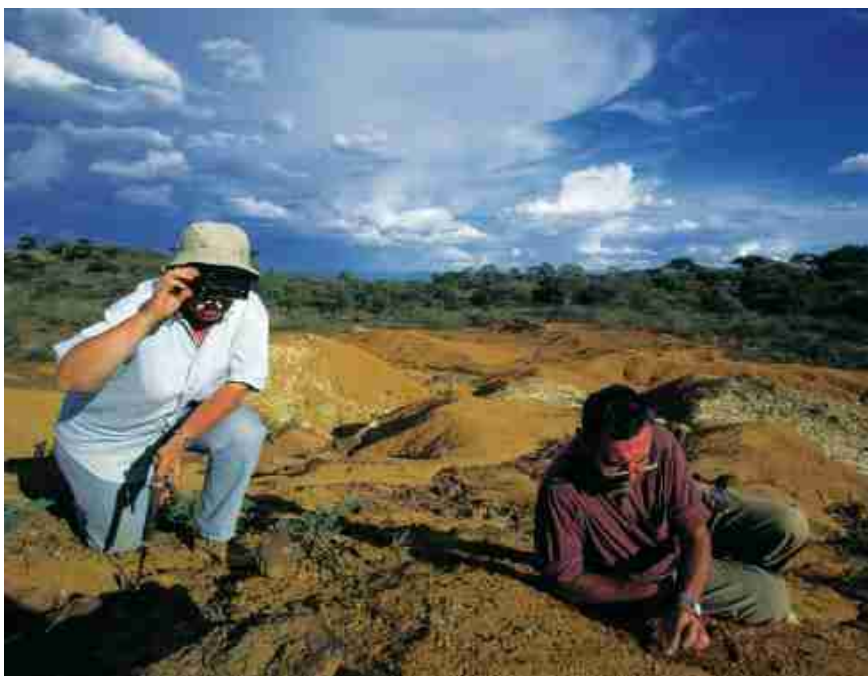
останки принадлежат предку человека. Палеоантрополог из Мичиганского университета Милфорд Уолпофф (Milford H. Wolpoff) и открывшие *Orrorin* Пикфорд и Сеню полагают, что *Sabelantropus* скорее был гориллоподобным животным, а не гоминидом. По их мнению, его массивное надбровье и определенные черты основания и затылочной части черепа больше соответствуют анатомии четвероногих обезьян, употреблявших грубую пищу, а небольшие клыки свидетельствуют о том, что останки принадлежат самке, а не самцу. Отсутствие же доказательств того, что *Sabelantropus* был двуногим, лишает Брюне всех оснований для своего утверждения

Ученые расходятся в определении уникальности эволюционной линии человека. Палеоантропологи традиционно рассматривали бипедализм как основную характеристику, отделяющую предков человека от обезьян. Но появлению этой особенности мог-

ли предшествовать более тонкие перемены, например изменения клыков. Для того чтобы понять, в каком родстве находятся те или иные животные, биологи-эволюционисты используют кладистический метод – группируют организмы в соответствии с общими вновь приобретенными признаками. Считается, что животные, имеющие общие черты, находятся в более тесном родстве друг с другом, чем с существами, обладающими лишь примитивными признаками, унаследованными от более далеких общих предков. Появление в ископаемых останках некой новой особенности указывает на то, что предковый вид дал начало двум дочерним видам. Этот признак и рассматривается как отличительная характеристика группы.

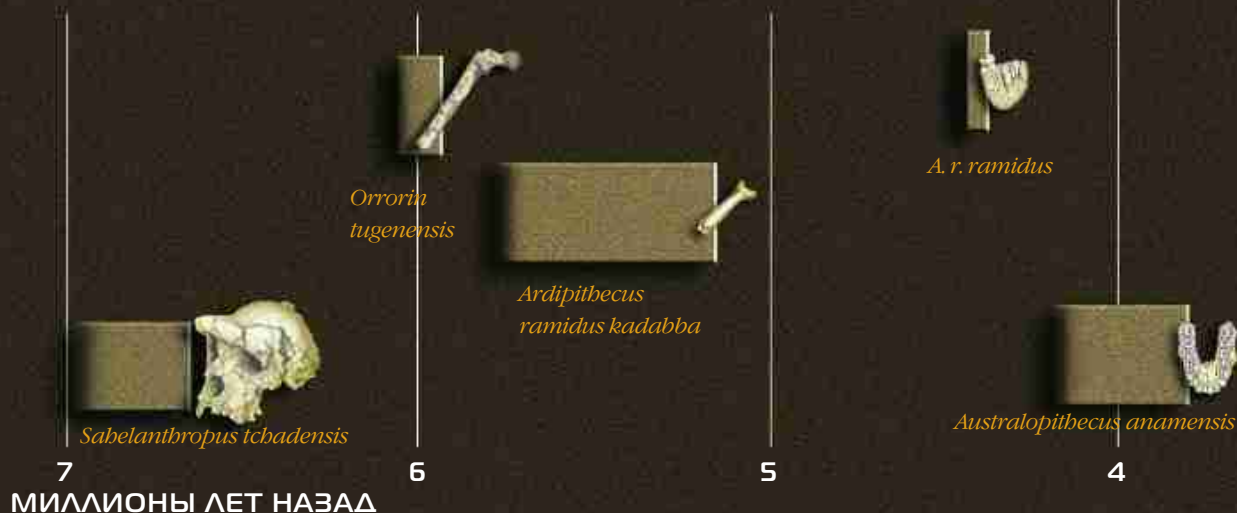
«В морфологическом отношении гоминиды определяются теми чертами скелета, которые присутствуют в популяциях, продолживших развитие сразу после генетического разделения ▶

Охота на гоминид. Мишель Брюне (слева), открывший *Sabelantropus*, почти 10 лет провел в песках пустыни Джураб в Чаде. Мартин Пикфорд и Бриджит Сеню (в центре) обнаружили *Orrorin* в районе Тугенских холмов в Кении. Тим Уайт (вверху справа) и Йоханес Хайле-Селассие (внизу справа) нашли *Ardipithecus* в области Средний Аваш в Эфиопии.



ГОМИНИДЫ ВО ВРЕМЕНИ

Находки останков гоминид показывают, что на поздних стадиях эволюции человека одновременно сосуществовали многие их виды. Можно ли то же самое сказать о нашем семействе? Некоторые ученые считают, что находки, относящиеся к периоду от 7 до 3 млн. лет назад, хорошо укладываются в единую линию эволюции. Другие рассматривают эти образцы как свидетельство громадного разнообразия ранних гоминид, которых еще предстоит открыть. (Сторонники такого сценария склонны приписывать известные останки гоминид большому числу таксонов, чем показано здесь.) Диаграмма иллюстрирует две конкурирующие гипотезы о родственных связях между недавно открытыми *Sabelantbripus*, *Orrorin* и *Ardipithecus ramidus kadabba* и человеком. На эволюционном древе слева все новые виды располагаются на прямой линии, начинающейся от *Sabelantbripus* (древнейшего из известных гоминид), и ведут к человеку. На древе справа единственным предком человека является *Orrorin*, а *Ardipithecus* и *Sabelantbripus* – предки шимпанзе и гориллы.

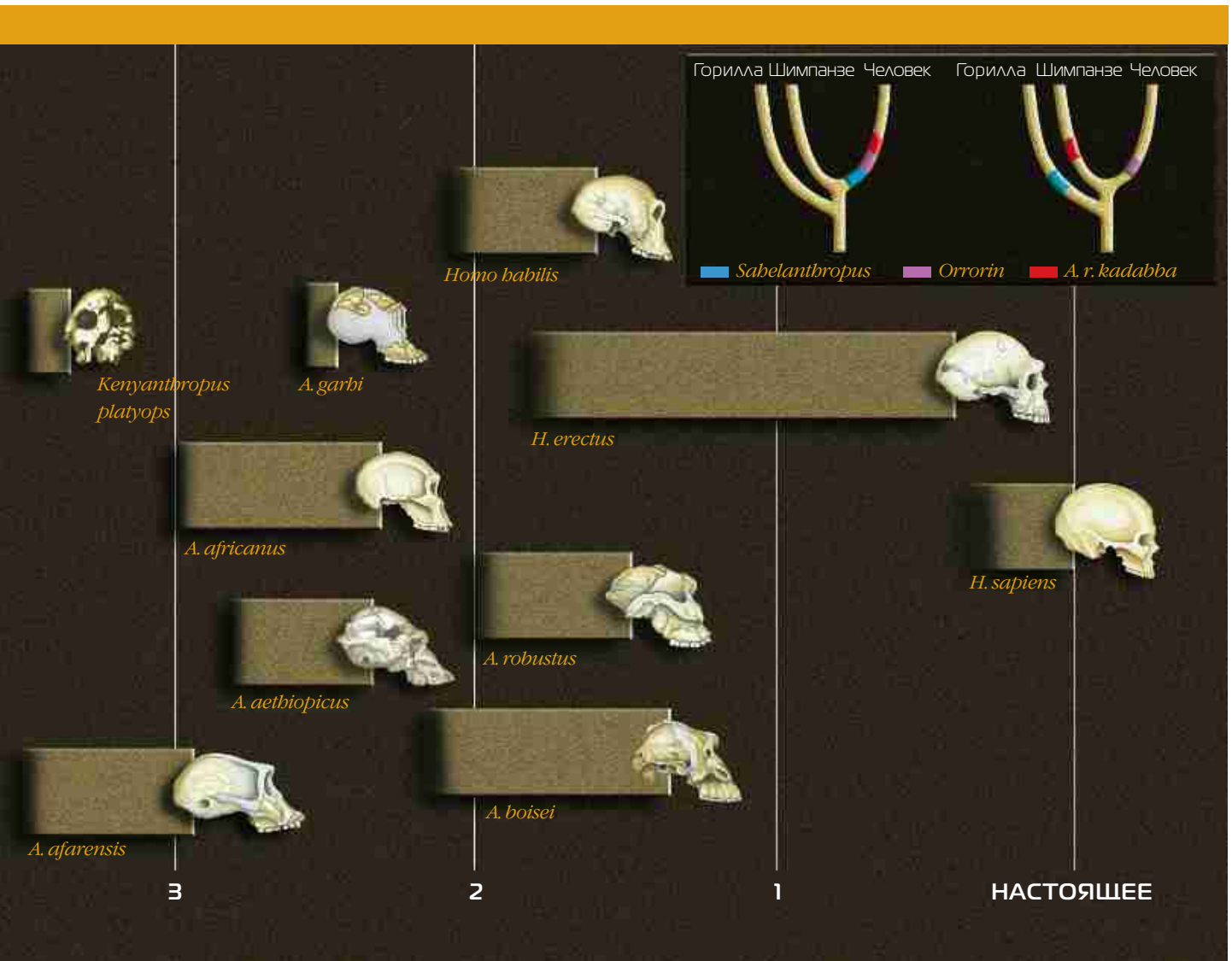


между шимпанзе и человеком», – поясняет Уильям Кимбел (William H. Kimbel) из Университета штата Аризона. Поскольку в распоряжении палеонтологов имеется очень скудный материал, нельзя сказать в точности, какими были эти особенности. Кимбел считает, что для гоминид такими признаками являются бипедализм и видоизменение клыков. Однако исследователи, пытающиеся определить, какой представитель гоминид стал прародителем человека, сталкиваются с серьезной проблемой: *Orrorin*, *A.r. kadabba* и *Sabelantbropus* представлены различными костными элементами, что сильно затрудняет их сравнение.

Сколько же было гоминид?

Эксперты полагают, что в интервале между 3 и 1,5 млн. лет назад (по крайней мере, на протяжении некоторых отрезков времени) бок о бок существовали разные виды гоминид, что указывает на изначальную сложность процесса эволюции человека. Дэвид Биган считает, что жившие в миоцене предки современных обезьян и человека, до того как вернуться в Африку, эволюционировали в Европе и Западной Азии. По его мнению, для *Sabelantbropus* в полной мере характерны признаки, которых можно было бы ожидать у животного, участвовавшего в адаптивной радиации обезьян

в новой среде обитания. «Меня бы не удивило, если бы тогда жило 10–15 видов существ, более родственных *Homo*, чем шимпанзе», – замечает он. Некоторые ученые задаются вопросом: не могли ли *Sabelantbropus* появиться в период массового возникновения новых видов африканских обезьян, подобно тому, как в кембрийском периоде произошло массовое возникновение предков современных групп животных? С этой точки зрения, эволюционное древо человека выглядит скорее как раскидистый куст, на котором ископаемые находки разбросаны по разным веткам, а не сосредоточены на едином извилистом стволе, ведущем к человеку.



Другие исследователи не поддерживают эту версию и отмечают, что в период от 7 до 4 млн. лет назад на протяжении каждого отрезка времени существовал только один вид гоминид. По мнению Уайта, даже на пике разнообразия, 2 млн. лет назад, жизненное пространство делили не более трех человеческих таксонов. Нет никаких свидетельств и того, что эволюция человека шла не по прямой линии и что один вид попросту не переходил в другой. Уайт считает, что новые ископаемые находки представляют своего рода поперечные срезы эволюции рода *Ardipithecus*: *Sabelantropus* дал начало *Orrorin*, а тот, в свою очередь, –

Ardipithecus r. kadabba. (В рамках этой схемы *Sabelantropus* и *Orrorin* являются разновидностями *Ardipithecus*.) Ученые полагают, что необходимо собрать как можно больше материала, чтобы понять, как взаимодействовали между собой *Orrorin*, *Ardipithecus r. kadabba* и *Sabelantropus*, и более детально разобраться в картине происхождения человека. Чем больше мы приблизимся к нашему общему предку, тем больше трудностей возникнет при идентификации древнейших прародителей человека, утверждают они. Возможно, настанет момент, когда обнаружение еще более древних гоминид станет не-


возможным. Но вряд ли это остановит палеоантропологов. Брюне, упорно преследовавший свою цель под палящим солнцем и непрестанным ветром пустыни в течение четверти века, говорит, что работы хватит еще на многие годы. Здесь, в его кабинете, где передо мной лежит череп *Sabelantropus*, жившего 7 млн. лет назад, мне становится понятна одержимость ученого. Ведь многие из нас тратят лучшую часть жизни в поисках самих себя. ■

ОБ АВТОРЕ:

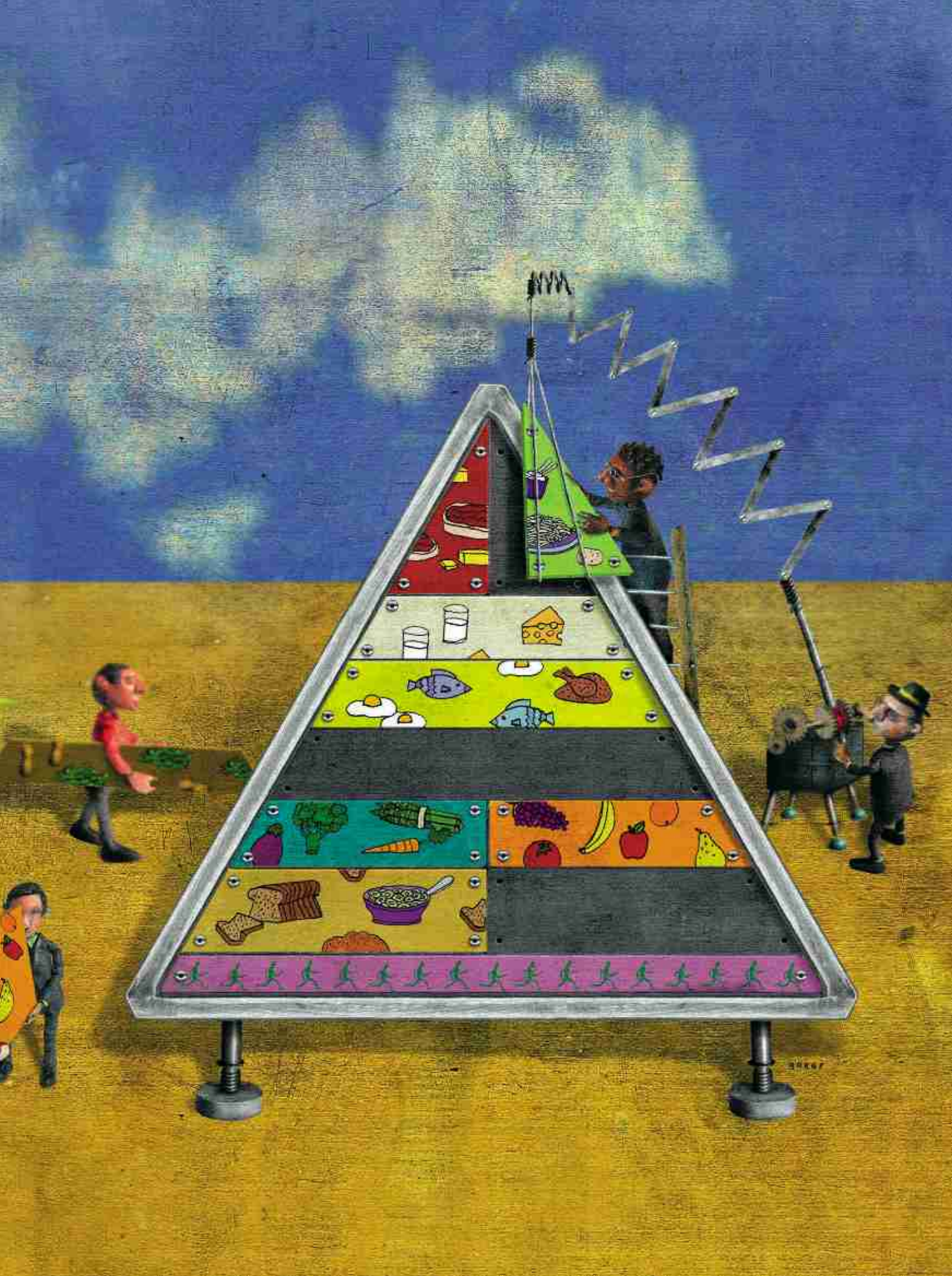
Кейт Вонг (Kate Wong) – писатель и редактор журнала *Scientific American*.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПИЩЕВОЙ ПИРАМИДЫ

Уолтер Уиллет и Меир Стэмпфер

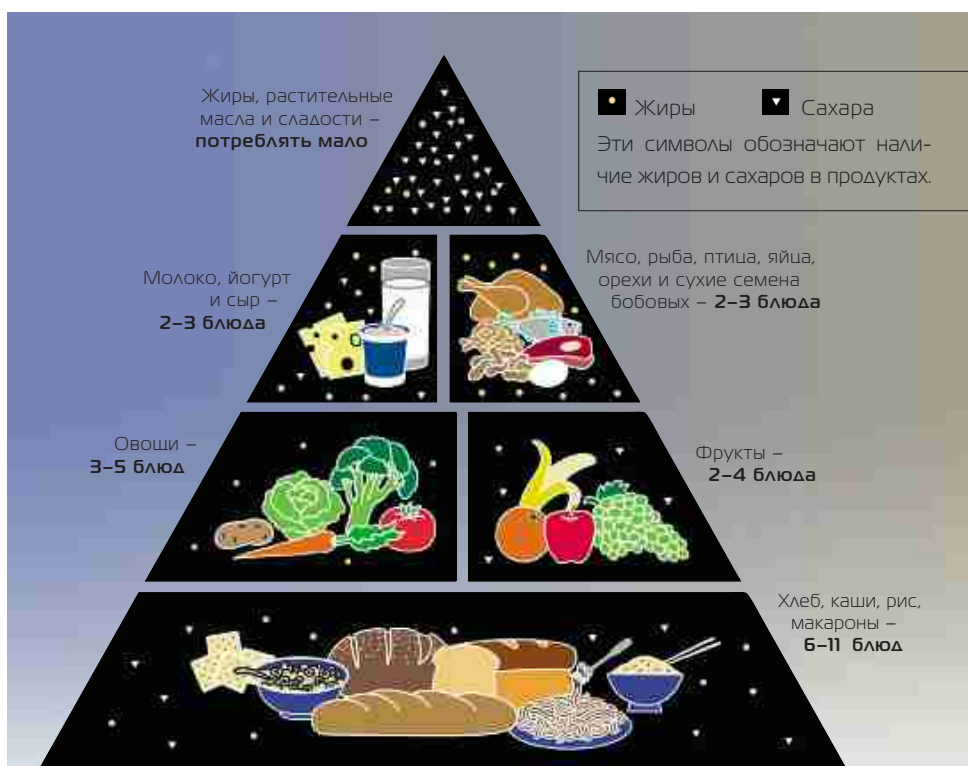


Сформулированные
10 лет назад рекомендации
американских диетологов
ввели всех в заблуждение.
Не всякий жир вреден и далеко
не все углеводы полезны.



В 1992 г. министерство сельского хозяйства США разработало пищевую пирамиду, призванную помочь населению в выборе полезных для здоровья продуктов. Специалисты рекомендовали сократить до минимума потребление жиров и масел, ежедневно съедать от 6 до 11 блюд, богатых сложными углеводами, – хлеб, каши, рис, макароны и хотя бы три блюда из мяса и бобовых (в эту группу были включены также птица, рыба, орехи и яйца). Было предложено потреблять больше овощей (в том числе картофель – еще один богатый источник углеводов), фруктов и молочных продуктов.

Между тем диетологам было известно, что некоторые типы жиров очень полезны для здоровья и снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний. Более того, они не смогли подтвердить пользу от сложных углеводов. Начиная с 1992 г. все чаще стали появляться сообщения, что у пирамиды минсельхоза США слишком много изъянов. Рекомендация потреблять все подряд сложные углеводы и отказываться от всех без исключения жиров и масел ввела людей в заблуждение: человеку вредны далеко не все жиры, как далеко не все сложные углеводы идут ему на пользу. Сегодня центр по разработке стратегий питания и рекламе пищевых продуктов при МСХ США проводит переоценку пирамиды, но работа завершится не раньше 2004 г. А мы тем временем разработали новую схему, которая лучше



СТАРАЯ ПИЩЕВАЯ ПИРАМИДА,

разработанная министерством сельского хозяйства США, провозгласила лозунг «Жир есть вредно!», подразумевавший, что «Углеводы есть полезно». Сегодня эти категоричные и слишком общие положения подвергаются резкой критике.

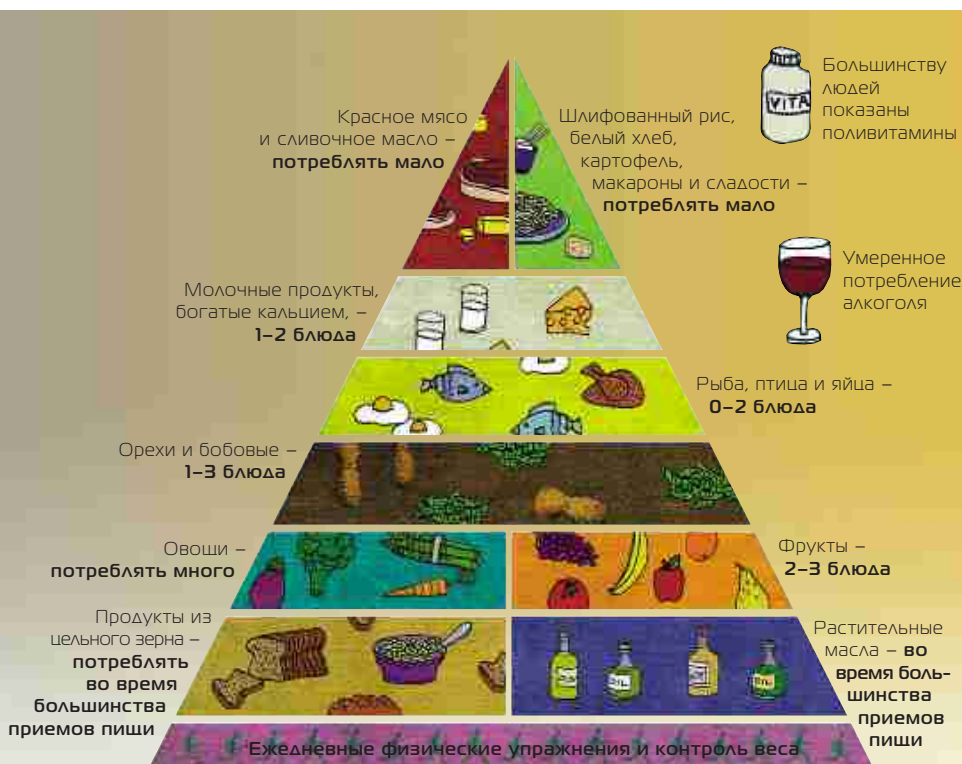
отражает современное понимание связи между питанием и здоровьем.

Откуда у пирамиды минсельхоза столько недостатков? Отчасти диетологи пали жертвой вполне понятного желания упростить свои рекомендации и сделать их максимально

доходчивыми. Специалистам давно известно, что насыщенные жиры (которыми богато мясо и молочные продукты) увеличивают уровень холестерина в крови, который, в свою очередь, повышает риск ишемической болезни сердца (ИБС). Этот факт был обнаружен еще в 1960-х гг., тогда же было установлено, что полиненасыщенные жиры (которые содержатся в растительных маслах и рыбе) снижают уровень холестерина. Таким образом, еще 40 лет назад диетологи подчеркивали важность замены насыщенных жиров на ненасыщенные, а не настаивали на их общем сокращении. (Последовавший за этим рост потребления американцами полиненасыщенных жиров и стал главной причиной двукратного снижения заболеваемости ИБС в США в 1970–80-х гг.)

ОБЗОР: РЕКОМЕНДАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПИРАМИДЫ

- В 1992 г. министерство сельского хозяйства США разработало пищевую пирамиду. Специалисты рекомендовали населению ограничить потребление жиров, повышающих уровень холестерина в крови, и есть больше углеводов (хлеб, каш, риса, макарон и т.д.).
- Исследователи обнаружили, что потребление очищенных углеводов (белый хлеб, шлифованный рис и др.) неблагоприятно влияет на уровень глюкозы и инсулина. Замена этих углеводов на полезные – моно- и полиненасыщенные жиры – снижает риск ишемической болезни сердца.
- Диетологи разработали новую схему питания, рекомендующую населению потреблять полезные для здоровья жиры, продукты из цельного зерна и избегать очищенных углеводов и красного мяса (говядину, свинину и баранину).



НОВАЯ ПИЩЕВАЯ ПИРАМИДА,

разработанная авторами этой статьи, делает различие между полезными и вредными типами жиров и углеводов. Она по-прежнему рекомендует есть много фруктов и овощей, но советует ограничить потребление молочных продуктов.

Когда разрабатывалась пищевая пирамида, средний американец получал 40% всех калорий с жирами, 15% – с белками и 45% – с углеводами. Диетологи не советовали есть больше белка, т.к. многие его источники (например, мясо скота) богаты также насыщенными жирами. Так девиз «Жир есть вредно!» незаметно породил лозунг «Углеводы есть полезно». Американская ассоциация кардиологов рекомендовала населению получать по меньшей мере 50% всех калорий за счет углеводов и не более 30% калорий за счет жиров. Но ни одно исследование не выявило целебного действия, которое можно было бы однозначно связать с потреблением пищи с низким содержанием жира. Видимо, 30%-ный лимит на потребление жира был взят из воздуха.

Мудрость директив министерства стала еще более сомнительной после того, как ученые обнаружили, что два главных химических носителя холестерина – липопротеиды низкой плотности (ЛПНП, более известные как «плохой» холестерин) и липопротеиды высокой плотности (ЛПВП – «хороший» холестерин) – абсолютно по-разному влияют на развитие ИБС. Если соотношение между уровнем ЛПНП и ЛПВП в крови увеличивается, вероятность ИБС возрастает; если оно падает – риск болезни снижается. В начале 1990-х гг. было установлено, что если человек заменяет насыщенные жиры углеводами (эквивалентными по калорийности), уровень ЛПНП и общего холестерина у него падает, но при этом снижается и уровень ЛПВП. Поскольку отношение уровня «плохого» холестерина к «хорошему» не изменяется, риск ИБС у человека снижается незначительно. Кроме того, переход на углеводы увеличивает уровень триглицеридов в крови, что также увеличивает вероятность ИБС.

Если человек заменяет моно- или полиненасыщенные жиры на углеводы, последствия становятся еще более опасными. Уровень ЛПНП в крови увеличивается, ЛПВП падает, и соотношение между ними становится еще «хуже». Напротив, замена насыщенных

Рекомендации отказаться от жиров основаны на печальной статистике богатых западных стран, где высоки и потребление жира, и заболеваемость ИБС. Эта взаимосвязь, правда, касается только насыщенных жиров. В странах, где люди отдают предпочтение моно- и полиненасыщенным жирам, ишемическая болезнь сердца, как правило, встречается реже. Так, на острове Крит основа национальной кухни – оливковое масло (богатое мононенасыщенными жирами) и рыба (богатая полиненасыщенными жирами). Хотя на долю жиров в таком рационе приходится 40% его общей калорийности, заболеваемость ИБС среди жителей острова столь же низка, сколько и заболеваемость ИБС среди японцев, придерживающихся традиционной диеты, в которой на долю жиров приходится всего 8–10% калорий. Кроме того,

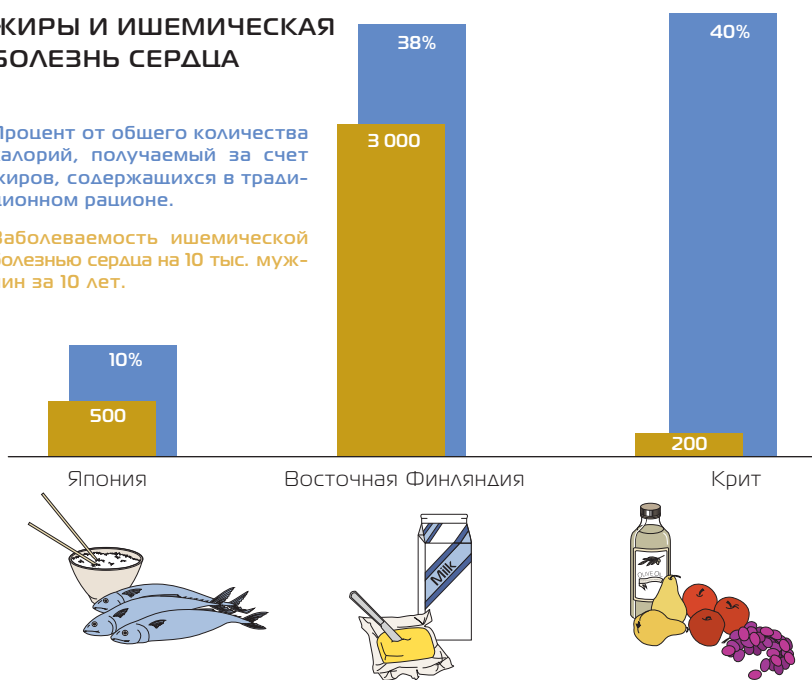
какие-либо международные сравнения здесь не уместны: с западным образом жизни связаны такие негативные факторы, как курение, низкий уровень физической активности и ожирение.

К сожалению, многие диетологи сочли, что большинству населения все эти тонкости будут непонятны. А потому они сделали простое и ясное заявление: «Жир вреден!» Разработчики пирамиды минсельхоза предположили, что пропаганда обезжиренного рациона неминуемо приведет и к сокращению потребления насыщенных жиров. Вскоре рекомендации были подхвачены производителями пищевой продукции, быстро наладившими выпуск печенья, чипсов и прочих продуктов с низким содержанием жира, но зачастую подслащенных богатым фруктозой кукурузным сиропом и иными добавками.

ЖИРЫ И ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА

Процент от общего количества калорий, получаемый за счет жиров, содержащихся в традиционном рационе.

Заболееваемость ишемической болезнью сердца на 10 тыс. мужчин за 10 лет.



Различия между полезными и вредными жирами отчетливо выявлены при сравнении их потребления в разных странах. Там, где насыщенные жиры составляют значительную часть рациона (например, в Восточной Финляндии), заболеваемость ишемической болезнью сердца гораздо выше, чем в регионах, где в диете преобладают мононенасыщенные жиры (например, на острове Крит). Основу рациона, характерного для всего Средиземноморья, составляет оливковое масло, что гораздо полезнее для сердца, чем даже традиционная японская диета с низким содержанием жиров.

жиров на моно- и полиненасыщенные жиры улучшает эту пропорцию и, соответственно, снижает риск ИБС. Единственный тип жиров, способствующий развитию болезни еще больше, чем углеводы, – трансненасыщенные жирные кислоты, образующиеся в результате частичной дегидрогенизации жидкого растительного масла, вызывающей его затвердевание. Трансжиры, содержащиеся во многих сортах маргарина, в печеных и жареных продуктах, очень вредны для здоровья, т.к. увеличивают уровень ЛПНП и триглицеридов и, кроме того, уменьшают уровень ЛПВП.

Общая картина

Чтобы оценить общую пользу или вред пищевого рациона, нельзя ограничиваться только холестерином и триглицеридами. Пища может вызывать

ИБС и другими способами, например повышая кровяное давление или увеличивая свертываемость крови. Зато некоторые продукты способны поразительным образом предотвращать сердечные недуги. Так, омега-3-жирные кислоты (содержащиеся в рыбе и некоторых растительных маслах) снижают вероятность фибрилляции предсердий – одной из форм нарушения сердечного ритма, чреватой внезапной смертью.

Лучший способ оценки всех пагубных и благотворных воздействий пищи – широкомасштабные исследования, в которых периодически сравниваются диеты испытуемых и проводятся их регулярные обследования по поводу ИБС и других заболеваний. Одно из таких исследований, учитывающее привычку к курению, уровень физической активности и другие факторы, показало, что

риск ИБС сильно зависит от типа поглощаемых жиров. Трансжиры существенно влияют на возникновение ИБС, а насыщенные жиры – незначительно. Напротив, потребление моно- и полиненасыщенных жиров снижает вероятность заболевания. Поскольку эти два противоположных эффекта уравновешивают друг друга, общее увеличение потребления жиров не приводит к повышению риска ИБС.

А как обстоит дело с другими болезнями? Высокая заболеваемость раком груди, толстого кишечника и простаты в развитых странах породила мнение, что один из факторов риска – большое потребление жиров (особенно животных). Однако никаких доказательств не найдено. Правда, была установлена некоторая связь между потреблением животных жиров и раком простаты, но свидетельств того, что растительные масла увеличивают риск возникновения различных форм рака, обнаружено не было. Ученые даже предполагают, что они незначительно снижают вероятность заболевания.

И, наконец, как влияет потребление жира на тучность – самую распространенную в США проблему, связанную с питанием? Ожирение – главная причина многих болезней, в том числе диабета 2-го типа, ИБС, рака груди, толстого кишечника, почек и пищевода. Многие диетологи полагают, что потребление жира способствует накоплению избыточного веса не только потому, что он гораздо калорийнее белков и углеводов, но и в силу того, что процесс превращения жиров в жировые запасы идет быстрее, чем углеводов. Однако исследование показывает, что это не так. Лучший способ избежать тучности – ограничить общее потребление калорий, а не только тех, что мы употребляем с жирами. Вот почему становится актуальным вопрос: может ли содержание жира в пище влиять на способность человека контролировать потребление калорий? Рандомизированные исследования выявили, что испытуемые, придерживавшиеся диеты с низким содержанием жира, обычно теряют несколько килограммов веса

в течение первых месяцев, а потом снова набирают их.

Углеводные нагрузки

Рассмотрим, как влияют на здоровье углеводы. Поскольку принято считать, что простые углеводы (сахара) содержат лишь пустые калории, диетологи из минсельхоза решили сделать основой пирамиды сложные углеводы. Но очищенные углеводы (белый хлеб и шлифованный рис) очень быстро расщепляются до глюкозы – главного вида топлива в организме. В процессе очистки продуктов образуется легко усваиваемая форма крахмала, а также теряются многие витамины, минеральные вещества и волокна. Такие углеводы повышают уровень глюкозы в крови гораздо сильнее, чем цельное зерно.

Возьмем картофель. В вареном виде он увеличивает уровень сахара в крови сильнее, чем эквивалентное

в крови. Резкое падение уровня глюкозы после приема углеводной пищи может также привести к усилению чувства голода, а значит, способствовать перееданию и ожирению.

Высокое потребление крахмала в виде очищенного зерна и картофеля связано с вероятностью возникновения диабета 2-го типа и ИБС. Напротив, пищевые волокна понижают риск этих болезней, однако не уменьшают риск возникновения рака толстого кишечника, о чем так много говорят диетологи.

У малоподвижных людей с избыточным весом может возникнуть устойчивость к действию инсулина, поэтому для регулирования уровня сахара в крови им потребуются более высокие дозы этого гормона. Мы обнаружили, что неблагоприятные метаболические реакции на углеводы гораздо сильнее выражены у людей, у которых уже возникла резистент-

дах, благотворно влияют на здоровье человека, например фолиевая кислота из зеленых (листных) овощей, способна снижать вероятность возникновения рака толстого кишечника, а присутствующий в помидорах ликопин – рака простаты.

Реальная польза фруктов и овощей – снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний. За это отвечают фолиевая кислота и калий. Кроме того, недостаток в организме фолиевой кислоты приводит к повышенной вероятности появления серьезных врожденных дефектов, а низкое потребление лютеина (пигмента, содержащегося в листовых овощах) связано с высоким риском развития катаракты и дегенерации сетчатки. Фрукты и овощи – главный источник многих витаминов, необходимых для поддержания здоровья. Ежедневное потребление пяти овощных блюд, рекомен-

Лучший способ избежать тучности – ограничить общее потребление калорий, а не только калорий, содержащихся в жирах.

по калорийности количество сахарного песка. Поскольку этот корнеплод состоит в основном из крахмала, он быстро расщепляется до глюкозы. Напротив, сахарному песку – дисахариду, состоящему из молекулы глюкозы и молекулы фруктозы, требуется больше времени, поэтому он увеличивает уровень глюкозы в крови медленнее.

Быстрое повышение уровня сахара в крови стимулирует интенсивное высвобождение инсулина – гормона, направляющего глюкозу в мышцы и печень. В результате сахар в крови стремительно падает (иногда даже ниже нормы). Повышение уровня глюкозы и инсулина может пагубно отразиться на состоянии сердечно-сосудистой системы за счет увеличения содержания триглицеридов и уменьшения содержания ЛПВП

к инсулину. Этим объясняется способность чрезвычайно худых и подвижных крестьян в Азии и других частях света поглощать большое количество очищенных углеводов и не болеть при этом ни диабетом, ни ИБС – хотя такой рацион для людей, ведущих малоподвижный образ жизни, неизбежно приводит к самым плачевным последствиям.

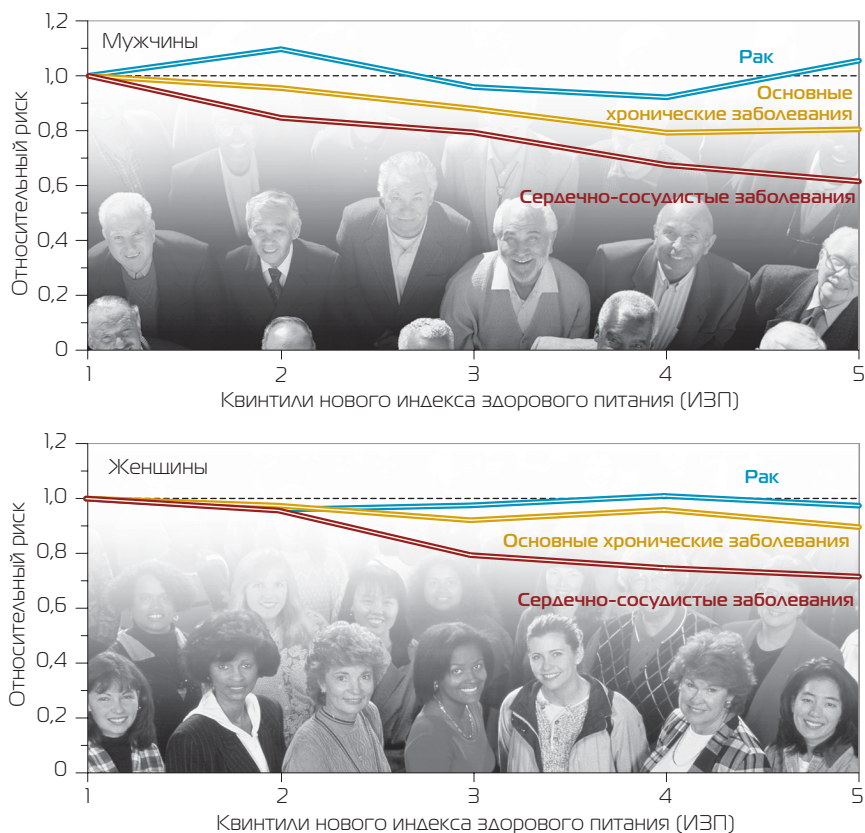
Ешьте фрукты и овощи!

Фрукты и овощи вызывают, пожалуй, наименьшие споры. Однако их способность снижать риск раковых заболеваний сильно преувеличена. Последние исследования выявили лишь незначительную связь между общим потреблением фруктов и овощей и возникновением этой болезни. Хотя некоторые питательные вещества, содержащиеся в определенных пло-

дующих пирамидой минсельхоза, достаточно разумно. Зато включение картофеля в эту категорию – не вполне оправданно, т.к. он содержит в основном крахмал, а потому менее полезен для здоровья, чем другие овощи.

Еще одна погрешность пищевой пирамиды МСХ США – нежелание признать важные различия, связанные с пользой для здоровья, между красным мясом (говядина, свинина, баранина) и остальными продуктами из мясо-бобовой группы (птица, рыба, бобовые, орехи, яйца). Обнаруженная связь между высоким потреблением красного мяса и повышенным риском заболеваемости ишемической болезнью сердца обусловлена высоким содержанием насыщенных жиров и холестерина. Красное мясо также способствует развитию диабета 2-го типа и рака толстого кишечника, что связано с канцерогенами, ▶

ПРЕИМУЩЕСТВА НОВОЙ ПИРАМИДЫ



Эффективность новой пищевой пирамиды изучалась у 67271 женщины в рамках Программы исследования здоровья медсестер и у 38615 мужчин – участников долгосрочной Программы исследования работников здравоохранения. Женщины и мужчины в пятом квинтиле (20% участников, чей рацион больше всего соответствовал рекомендациям пирамиды) отличались существенно более низкой заболеваемостью ишемической болезнью сердца, чем испытуемые в первом квинтиле (20% участников, чей рацион наиболее сильно отличался от рекомендованного). Соблюдение рекомендаций пирамиды не влияло на риск рака.

образующимися при кулинарной обработке мяса, и вредными химическими веществами, обнаруженными в копченых продуктах (например, в салями и болонской колбасе).

Птица и рыба, в отличие от красного мяса, содержат меньше насыщенных жиров и больше ненасыщенных. А рыба – еще и богатый источник незаменимых омега-3-жирных кислот. У людей, потребляющих вместо красного мяса кур и рыбу, риск ИБС и рака толстого кишечника снижается. Яйца богаты холестерином, однако потребление не более чем одного яйца в день не увеличивает вероятность заболевания

ИБС (исключение составляют диабетиками). Возможно, незначительное повышение уровня холестерина в крови уравнивается некоторыми полезными качествами этого продукта. Орехи содержат в основном ненасыщенные жиры (грецкие орехи – еще и богатый источник омега-3-жирных кислот). Как показывают исследования, они улучшают холестериновое соотношение и могут препятствовать развитию ИБС и диабета, снижают вероятность стать тучным – возможно, потому, что орехи прекрасно насыщают, отбивая у человека желание есть другие продукты.

Вызывает беспокойство и рекомендуемое министерством высокое потребление молочных продуктов – 2–3 стакана молока в день. Польза этих продуктов – в высоком содержании кальция, который, как полагают специалисты, предупреждает остеопороз и переломы костей. Однако последние исследования не подтверждают этого и показывают, что наибольшая частота переломов костей отмечается как раз в странах с высоким потреблением молочных продуктов. Диетологи, вероятно, преувеличивают потребности нашего организма в кальции. К тому же несколькими учеными было установлено, что у мужчин, потребляющих много молочного, отмечается повышенный риск рака простаты, а у женщин – рака яичников. Поначалу всю ответственность за это возлагали на жир, но более детальный анализ не подтвердил этот вывод.

Новая пищевая пирамида

Хотя за последние 10 лет пищевая пирамида минсельхоза стала своего рода «диетологической иконой», вплоть до недавнего времени никто не удосужился проверить здоровье тех, кто неукоснительно соблюдал все ее предписания. Некоторым, возможно, она пошла на пользу – особенно благодаря высокому потреблению фруктов и овощей. Кто-то, вероятно, уменьшив общее потребление жиров, сократил и потребление вредных насыщенных и трансжиров. Но одновременно многие начали больше есть очищенных углеводов.

Для изучения широкого воздействия пирамиды на население мы воспользовались индексом здорового питания (ИЗП) – показателем, разработанным для оценки того, насколько строго человек соблюдает пищевые директивы пирамиды. Мы рассчитали ИЗП каждого участника наших исследований, а затем изучили связь между этими показателями и последующим риском основных хронических заболеваний – инфаркта, инсульта, рака или нетравматической смерти в результате любого недуга. Сравнение людей, относящихся к одним возрастным

группам, показало, что мужчины и женщины с наиболее высоким ИЗП отличались пониженным риском перечисленных болезней. Но они меньше курили, больше занимались физическими упражнениями и вели более здоровый образ жизни, чем остальные участники. Сделав поправку на эти факторы, мы обнаружили, что лица с наиболее высокими ИЗП существенно не отличались от остальных испытуемых с более высокими показателями здоровья. Как и предполагалось, вредные эффекты пирамиды уравновешивали полезные.

Разработанный нами альтернативный вариант помимо основной задачи включает поддержание нормального веса за счет ежедневных физических

рис и макаронные изделия), картофеля и сахара.

Трансжиры не фигурируют в пирамиде вовсе: в здоровой диете им не место. Рекомендуется принимать поливитамины и ограничивать себя в потреблении алкоголя. Сделаем оговорку: не пить спиртное вовсе – гораздо полезнее, чем пить слишком много. Однако все больше исследований показывает пользу умеренного потребления алкоголя (в любой форме – вина, пива или крепких напитков) для сердечно-сосудистой системы. (Подробнее об этом читайте статью «Пейте на здоровье?» в следующем номере журнала «В мире науки».)

Есть ли доказательства, что наша пищевая пирамида лучше пирамиды

у женщин и до 40% у мужчин. Соблюдение рекомендаций, однако, не снижает вероятность возникновения рака. Уменьшение риска, скорее всего, связано с поддержанием нормального веса и уровнем физической активности, нежели с особенностями рациона.

Мы еще очень далеки от полного понимания связи между питанием и здоровьем. Необходимо обстоятельно изучить свойства молочных продуктов, благотворное воздействие некоторых фруктов и овощей, возможный вред и пользу витаминных добавок и долгосрочные эффекты диеты в детском и юношеском возрасте. Нужно исследовать и взаимодействие факторов питания с генетической предрасположенностью людей к тем или

Люди, соблюдающие рекомендации новой пирамиды, менее подвержены основным хроническим заболеваниям.

упражнений и отказа от избыточного потребления калорий. Согласно структуре этой схемы, основу суточного рациона человека должны составлять полезные жиры (жидкие растительные масла – оливковое, кукурузное, подсолнечное и др.) и «здоровые» углеводы (продукты из цельного зерна – хлеб, овсяные отруби, неочищенный рис). Если диета состоит из полезных жиров и полезных углеводов, нет нужды беспокоиться о том, сколько процентов общего количества калорий вы получаете с каждым из этих компонентов. Необходимо есть много овощей и фруктов. Рекомендуется умеренное потребление «здоровых» белковых продуктов (орехов, бобовых, рыбы, птицы и яиц), а вот молочные продукты следует ограничить до 1–2 блюд в день. Новая пирамида советует также сократить до минимума потребление красного мяса, сливочного масла, продуктов из очищенного зерна (включая белый хлеб, шлифованный

минсельхоза США? В соответствии с новым индексом здорового питания оказалось, что мужчины и женщины, придерживающиеся новой схемы, отличались пониженным риском основных хронических болезней. Это снижение почти всецело было достигнуто за счет изменения риска ИБС – до 30%

ОБ АВТОРАХ:

Уолтер Уиллет (Walter C. Willett) и **Меир Стэмпфер** (Meir J. Stampfer) – профессора эпидемиологии и диетологии в Гарвардской школе здравоохранения. Уиллет возглавляет отдел диетологии, а Стэмпфер – отдел эпидемиологии. Оба ученых строго придерживаются проповедуемых ими принципов – они правильно питаются и занимаются физкультурой.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Eat, Drink and Be Healthy: The Harvard Medical School Guide to Healthy Eating. Walter C. Willett, P.J. Skerrett and Edward L. Giovannucci. Simon & Schuster, 2001.

Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. National Academies Press, 2002. Available online at www.nap.edu/books/0309085373/html/

ДИАЛОГИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Росс Стейн



Вентура

Долина Сайми

1994
Магнитуда 6,0

1994
Магнитуда 6,7

Санта-Моника

Бербанк
Голливудские холмы

Центр

Комптон

Лонг-Бич

13 млн. человек проживают в районе Лос-Анджелеса и его окрестностях, где располагается сложная система сейсмически активных разломов (белые линии), к которым относится и знаменитый Сан-Андреас. Как считают некоторые ученые, каждый из сильных толчков, сотрясавших эту область начиная с середины XIX столетия (овалы), мог влиять на время и место возникновения последующих землетрясений.

Вопреки мнению большинства людей, сильнейшие землетрясения на нашей планете могут самым неожиданным образом взаимодействовать друг с другом. Зная об этом, ученые смогут точнее предсказывать сейсмические события.



1971
Магнитуда 6,6

Хребет Сан-Габриель

Сьерра-Невада

Разлом Сан-Андреас

Пустыня Мохаве

База ВВС «Эдвардс»

Разлом Сан-Андреас

Пасадина
Лос-Анджелеса

1987
Магнитуда 6,0

В течение многих десятилетий специалисты-сейсмологи мечтали о том, что когда-нибудь они смогут прогнозировать точное время и место следующего катастрофического землетрясения. Однако к началу 90-х гг. прошлого века на основе накопленных данных ученые пришли к выводу, что активные разломы, порождающие сотрясения, ведут себя исключительно сложным образом, и поэтому самые сильные содрогания планеты происходят беспорядочно и никак не связаны между собой. В наше время большинство сейсмологов считают, что как только крупное землетрясение и, возможно, следующие за ним афтершоки сделают свое черное дело, геологический разлом останется в покое до тех пор, пока в земной коре снова не накопится достаточно механических напряжений, а на это потребуется сотни или даже тысячи лет. Но сделанное недавно открытие говорит о том, что землетрясения самым неожиданным образом взаимодействуют друг с другом.

Сильный толчок, произошедший в каком-то районе, разгружает его от напряжений, и следовательно, повторная крупная встряска недр здесь маловероятна. Также можно предположить, что в другом месте того же разлома или на соседнем разломе вероятность последующего землетрясения возрастает чуть ли не в три раза. Возможность возникновения подобной катастрофы вовсе не требует немедленной эвакуации всего окрестного населения. Однако для работников

аварийных служб и страховых компаний уточненные прогнозы могут быть весьма полезны.

Главное в гипотезе, называемой «иницирование напряжениями», – осознание того, что геологические разломы чувствительны к самым малым напряжениям, приобретаемым при смещениях и содроганиях на соседних разломах. Основываясь на сейсмограммах предыдущих толчков, результатах последних лабораторных экспериментов и на ранее не проводившихся расчетах параметров, характеризующих поведение разрыва, мы с коллегами установили, что высвобождающиеся в процессе землетрясения напряжения перемещаются по разлому и концентрируются где-то по соседству. Резкое увеличение напряжений провоцирует последующие толчки. Изучение приблизительно двух десятков разломов начиная с 1992 г. убедило нас в том, что землетрясения могут возникать даже тогда, когда рост напряжения составляет всего-навсего одну восьмую от величины давления, необходимого для наполнения воздухом автомобильной шины.

Ранее столь слабо различимые причинно-следственные связи между крупными сейсмическими событиями не принимались в расчет при составлении прогнозов, а многие ученые до сих пор скептически относятся к включению фактора напряжения в новую методику прогнозирования землетрясений. Тем не менее гипотеза инициирования напряжением

смогла выявить местоположение и повторяемость землетрясений, последовавших за разрушительными толчками в Калифорнии, Японии и Турции. Главной причиной, побудившей нас искать ответ на вопрос, как истолковать неожиданные диалоги между землетрясениями, была надежда научиться давать более надежные оповещения.

Игнорирование афтершоков

Уже десятки лет сотни ученых тщательно пытаются найти в глобальном распределении землетрясений на нашей планете какие-либо закономерности. Одни исследователи анализировали частоту повторяемости слабых сотрясений или с помощью чувствительных приборов измеряли степень наклона и растяжения пород земной коры, их смещение на расстояния, невидимые невооруженным глазом. Другие прослеживали пути движения под землей газов, жидкостей и электромагнитных волн или наблюдали за крошечными трещинами в горных породах, с тем чтобы установить, раскрываются они или закрываются в преддверии крупных сейсмических толчков. Независимо от того, за чем именно велись наблюдения, исследователи находили очень слабую согласованность одного землетрясения с другим.

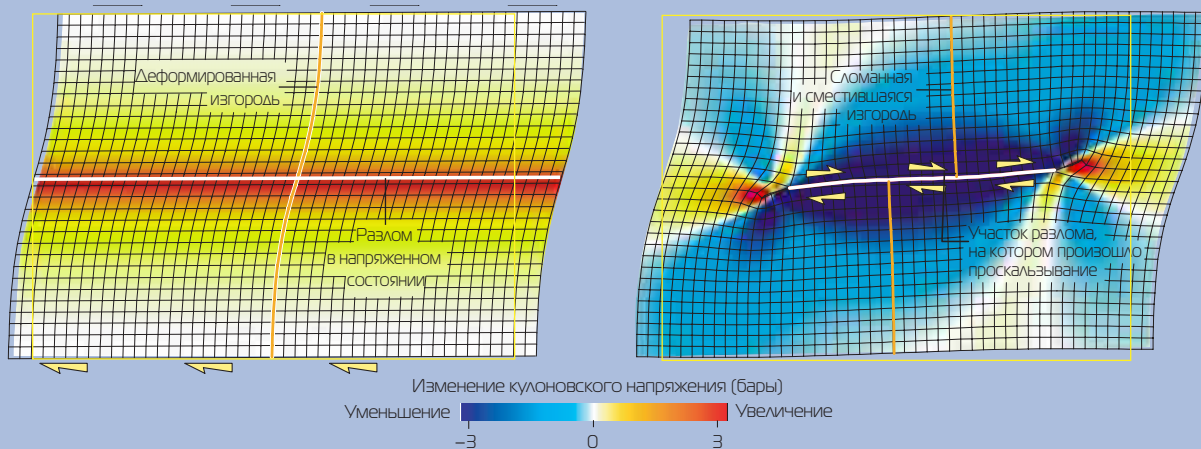
Несмотря на подобные несоответствия, исторические записи подтверждают, что около трети зарегистрированных на земном шаре толчков – так называемые афтершоки – образуют группы (рои) во времени и пространстве. Считалось, что истинные афтершоки возникают в каком-то месте того самого участка разлома, на котором произошло проскальзывание во время главного толчка. Согласно наблюдениям, впервые сделанным в 1891 г. японским сейсмологом Фусакучи Омори (Fusakuchi Omori), толчки распределены во времени определенным образом (закон Омори). Наибольшее количество афтершоков отмечается непосредственно после главного толчка. Через десять дней их происходит в десять раз меньше, через сто – в сто раз меньше

ОБЗОР: СМЕНА ПРИОРИТЕТОВ

- Раньше ученые были склонны полагать, что одно сильное землетрясение не оказывает заметного влияния на время и место возникновения последующего крупного события. Недавнее открытие заставляет усомниться в этом.
- Активные разломы оказываются чувствительными к небольшим напряжениям, приобретаемым во время толчков, происходящих на соседних разломах.
- При прочих равных условиях те области земной коры, в которых напряжение возрастает (пусть даже на совсем небольшую величину), станут очагами последующих землетрясений.
- Если гипотеза окажется верной, то оценки сейсмической опасности станут более точными и более достоверными.

СНЯТИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Составляющие внешнюю оболочку Земли литосферные плиты, перемещаясь, с огромной силой трутся друг о друга. При этом в земных недрах медленно накапливаются упругие напряжения, рост и снятие которых характеризуют цикл развития всех крупных землетрясений. В Турции в зоне Северо-Анатолийского разлома (белая линия) породы, находящиеся к северу от разлома, смещаются в восточном направлении относительно пород, расположенных южнее него (желтые стрелки), но прилипают вдоль поверхности разлома. Когда величина напряжения превышает силу трения на поверхности разлома, породы по обе его стороны резко проскальзывают друг относительно друга. На Северо-Анатолийском разломе землетрясение 17 августа 1999 г. с магнитудой 7,4 имело катастрофические последствия: в городе Измит и его окрестностях погибли 25 тыс. человек. Расчеты напряжений до и после Измитского землетрясения (схема внизу) показывают, что после толчка на участке разлома, подвергшемся вспарыванию, произошло падение так называемого кулоновского напряжения, возросшего где-то в другом месте.



ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ. За 200 лет, прошедших после предыдущего сильного толчка, на участке Северо-Анатолийского разлома вблизи Измита накопилось напряжение (красный цвет), высокий уровень которого иллюстрируется деформацией воображаемой изгороди и наложенной на ландшафт сетки. Ее квадратики, располагающиеся вдоль разлома, вытянулись и превратились в параллелограммы (увеличено в 15 тыс. раз). Изменения формы и напряжения возрастают по мере приближения к разлому.

ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ. В результате землетрясения вдоль всего участка, по которому произошло проскальзывание, напряжения были сняты (голубой цвет). Деформированная ранее изгородь оказалась сломана и смещена на несколько метров, а ближайшие к разлому ячейки сетки приобрели первоначальную форму. Высокие напряжения теперь сконцентрированы за пределами зоны, где произошло вспарывание. Квадратики сетки деформированы сильнее, чем до начала землетрясения.

и тд. Подобные предсказуемые нарастания и затухания сейсмической активности означают, что первоначальные толчки приводят к таким изменениям в земной коре, при которых повышаются шансы возникновения последующих сотрясений, а это противоречит мнению о случайном времени землетрясения. Однако аф-

тершоки, как правило, слабее наиболее разрушительных землетрясений, которые ученые хотели бы научиться предсказывать, и потому долгое время ими пренебрегали, не предполагая, что именно в них заключена разгадка тайн сейсмичности.

Мы с коллегами решили выяснить, чем объясняется наблюдаемая зако-

номерность у афтершоков. Поиски начались в одном из самых сейсмически активных регионов земного шара – системе разломов Сан-Андреас в Южной Калифорнии. Из сейсмограмм землетрясений и афтершоков следовало, что на следующий день после землетрясения с магнитудой 7,3 вероятность возникновения сильного ▶

ПРОГНОЗ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

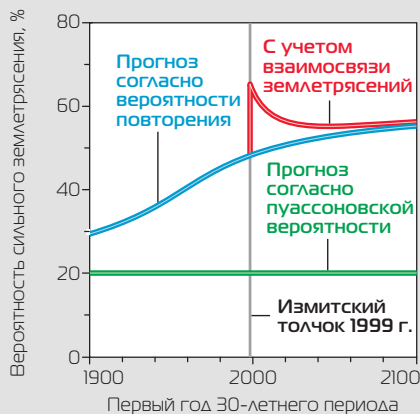
У землетрясений столько неразгаданных тайн, что ученые используют каждую возможность для прогнозирования.

Большинство составляемых сейчас прогнозов основаны на предположении, что землетрясения никак не связаны между собой. Кроме того, на каждом участке разлома толчки определенной силы происходят через определенные промежутки времени (чем сильнее толчок, тем больше промежутков), но конкретное время толчков считается случайным. Преимущество метода, называемого пуассоновской вероятностью, в том, что для составления прогноза не нужно знать, когда произошло последнее сильное землетрясение. Сейсмологи определяют промежутки времени между сотрясениями, основываясь на геологических свидетельствах о древних сейсмических событиях, происходивших на данном участке разлома.

Если такая консервативная стратегия не учитывает изменения во времени, то прогноз усовершенствованного типа под названием «вероятность повторения» предсказывает, что чем больше проходит времени после последнего толчка, тем выше становится вероятность последующего сильного землетрясения. Другая традиционная методика прогнозирования базируется на допущении, что после крупного толчка напряжения на разломе постепенно увеличиваются. В дополнение к этому мы с коллегами рассчитали вероятности, связанные с взаимодействиями землетрясений, приняв во внимание роль изменений в поле напряжений, вызванных соседними землетрясениями. Если сравнить прогнозы всех трех типов для области Северо-Анатолийского разлома вблизи Стамбула, то можно увидеть различия, которые особенно заметны непосредственно после сильного толчка.

В годы, предшествовавшие катастрофическому Измитскому землетрясению в августе 1999 г., вероятность повторения толчка с магнитудой 7 и выше, который мог бы произойти на четырех разломах в радиусе 50 км от Стамбула, постепенно возрастала после последнего сильного землетря-

сения, происшедшего на каждом из них от 100 до 500 лет назад. Согласно прогнозу этого типа, августовский толчок резко снизил вероятность мощного повторного сотрясения в непосредственной близости от Из-



Предсказываемая вероятность сильного землетрясения в 50-километровой области вокруг Стамбула может быть самой разной. Оставаясь одной и той же или медленно увеличиваясь со временем при традиционных методах прогноза (зеленый и синий цвета), она резко взмывает вверх, если учесть перенос напряжений в результате Измитского толчка 1999 г. (красный цвет).

мита, поскольку, как полагали, на разломах произошла релаксация напряжений. Но на 100 км западнее – в Стамбуле – этот толчок не привел к какому-либо изменению 48% возможности сильного толчка в последующие 30 лет. Шансы сильного землетрясения будут увеличиваться со временем, вопреки пуассоновской вероятности, которая останется на уровне всего 20% независимо от других сотрясений, которые могут произойти вблизи столицы Турции. Когда к этим данным были добавлены результаты, полученные согласно гипотезе инициирования напряжением, все изменилось. Вследствие Измитского толчка шансы Стамбульского землетрясения из-за напряжений, переместившихся по разлому на запад и сконцентрировавшихся ближе к столице, на ближайшие 30 лет возросли с 48% до 62%. Эта так называемая вероятность из-за взаимодействия будет со временем уменьшаться, тогда как вероятность повторения будет увеличиваться. В 2060 г. оба прогноза сойдутся на уровне 54%, если до этого времени не произойдет еще одного сильного землетрясения.



Обрушение зданий в Дюздже было вызвано сильным землетрясением в ноябре 1999 г. По мнению некоторых ученых, это бедствие было связано с произошедшим ранее толчком вблизи Измита.

толчка в радиусе 100 км от эпицентра составляет почти 67%, что в 20 тыс. раз больше, чем в любой другой день. Получается, что в первом толчке заключено нечто такое, благодаря чему резко возрастают шансы последующих толчков.

В июне 1992 г. неподалеку от южно-калифорнийского городка Биг-Бэр разразилось землетрясение с магнитудой 6,5. Это случилось всего через три часа после толчка с магнитудой 7,3, произошедшего на расстоянии 40 км – вблизи Ландерса. (К счастью, оба сейсмических события имели место в редко населенной местности.) Загадочное противоречие с широко распростра-

и следовательно, далеко от места, где можно было ожидать афтершоков. Если удастся определить, что управляет распределением, то тот же фактор можно будет соотнести и с главными толчками. Это может стать началом разработки новой стратегии предсказания землетрясений.

Спускные механизмы и зоны тени

Крупные землетрясения высвобождают часть напряжений, накапливающихся в недрах Земли по мере того, как составляющие ее внешнюю оболочку литосферные плиты, перемещаясь, со скрежетом трутся друг

Но поскольку напряжение не может бесследно исчезнуть, оно перераспределяется вдоль того же разлома или по находящимся поблизости другим разломам, где могут произойти землетрясения.

Геофизики годами вычисляли кулоновские напряжения, однако никогда не пытались использовать их для объяснения характера сейсмичности. Они полагали, что изменений недостаточно, чтобы произвести какой-либо заметный эффект. В самом деле, величина переносимого напряжения в общем крайне мала – менее 3,0 бара ($3 \cdot 10^5$ Па), т.е. не превышает 10% от суммарного изменения напряжения на разломе

Даже очень малые изменения напряжений могут сопровождаться весьма важными последствиями – как безопасными, так и катастрофическими.

ненным мнением состояло в том, что толчок с эпицентром в Биг-Бэр был вызван смещением в той части разлома, которая не испытала проскальзывания во время землетрясения в Ландерсе. Толчок Биг-Бэр вполне можно было рассматривать как афтершок по времени, но не по месту его расположения. Мы подозревали, что местоположение могло бы содержать в себе ключ к разгадке, который мы ищем.

Нанеся на карту эпицентры толчков Ландерс, Биг-Бэр и сотен других калифорнийских землетрясений, мы стали замечать, что существует удивительная закономерность в распределении мест не только истинных афтершоков, но и более слабых толчков, произошедших через дни, недели и даже годы после главного землетрясения. Как и в случае в Биг-Бэр, большинство последующих содроганий земли было сосредоточено в районах, удаленных от того разрыва, по которому произошло проскальзывание во время землетрясения,

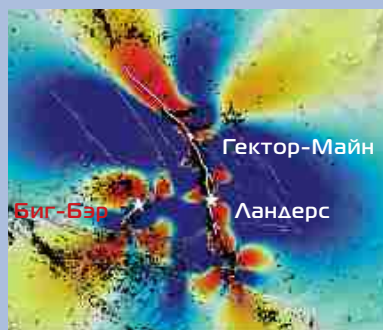
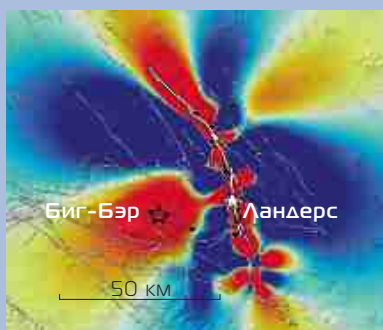
о друга. Например, по разлому Сан-Андреас плита, несущая на себе Северную Америку, движется на юг относительно плиты, подстилающей Тихий океан. Когда две стенки перемещаются в противоположных направлениях, параллельно поверхности разлома действует сдвиговое напряжение. На противоположных сторонах разлома давящие друг на друга породы создают другое напряжение, направленное перпендикулярно плоскости разлома. Если сдвиговое напряжение превысит предельную величину сопротивления силы трения или если ослабеет давление, прижимающее обе стенки друг к другу, породы по разные стороны разлома могут проскользнуть друг относительно друга, в результате чего выделится громадное количество энергии – произойдет землетрясение. На отрезке, претерпевшем проскальзывание, обе компоненты напряжения, которые в сумме называют кулоновским напряжением, уменьшаются.

в процессе землетрясения. Я сомневался в том, достаточно ли этого для инициирования возникновения разрыва. Но когда мы с Джефффри Кингом (Geoffrey King) из Парижского геофизического института и Джиян Лин (Jian Lin) из Океанографического института в Вудс-Холл рассчитали площади в Южной Калифорнии, где напряжение возрастало после сильного землетрясения, мы с изумлением увидели, что возрастания, хотя и были очень малы, явно соответствовали местам, где были сосредоточены последующие толчки. Из такой корреляции следовал неоспоримый вывод: большинство последующих землетрясений – как сильных, так и слабых – будет приурочено к тем областям, в которых напряжение возрастает. Наряду с этим мы начали замечать, что малые уменьшения напряжения препятствуют возникновению толчков в будущем. На наших картах в так называемых зонах тени напряжений сейсмическая активность резко падала. Анализ кулоновских напряжений ►

ЧЕРЕДА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

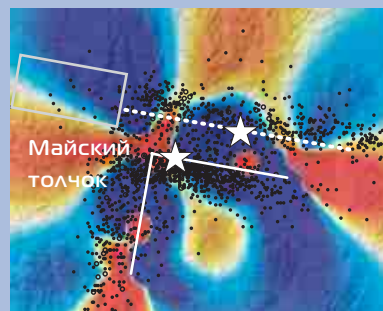
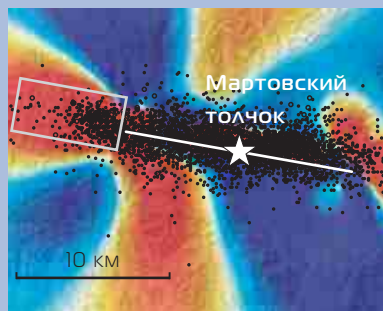
Места, где после сильных землетрясений (закрашенные звездочки) напряжение резко возрастает (красный цвет), становятся средоточием сильных (светлые звездочки) и слабых (черные точки) последующих толчков. И наоборот, независимо от местоположения соседних разломов (белые линии), там, где напряжение резко падает (синий цвет), количество толчков уменьшается.

Южная Калифорния, США



Землетрясение с магнитудой 7,3, произошедшее в 1992 г. в пустынной местности в южной части Калифорнии вблизи Ландерса, привело к повышению уровня ожидавшейся сейсмичности в юго-западном направлении. Там через три часа в районе Биг-Бэра произошел толчок с магнитудой 6,5 (верхний рисунок). Подавляющее большинство сотрясений в течение последующих семи лет произошло в тех же областях, куда были переданы напряжения в результате землетрясений в Биг-Бэр и Ландерс. Кульминацией стало землетрясение 1999 г. с магнитудой 7,3 в Гектор-Майн (нижний рисунок).

Кагосима, Япония



Спаренные землетрясения могут в одном и том же месте увеличить, и затем уменьшить сейсмичность, т. е. частоту повторяемости сейсмических толчков. В марте 1997 г. толчок с магнитудой 6,5 привел к возрастанию напряжения и сейсмичности к западу от вспоровшегося разрыва (левый рисунок). Затем активность в этом районе упала вместе с напряжением (правый рисунок) после землетрясения с магнитудой 6,3, разразившегося через 48 дней в трех километрах к югу.

объясняет местоположения очагов некоторых землетрясений в прошлом. Но еще требовалось проверить, позволит ли новый метод надежно предсказывать места будущих землетрясений.

Шесть лет назад мы с геофизиком Джеймсом Дитрихом (James H. Dieterich) из Службы геологии, геодезии и картографии США и геологом Аикутом Баркой (Aykut A. Barka) из Стамбульского технического университета оценивали состояние Северо-Анатолийского разлома в Турции, одной из наиболее густо населенных зон разломов в мире. Расчет положения областей, где в результате прошлых землетрясений кулоновское напряжение возрастало, показал, что вероятность возникновения очага землетрясения с магнитудой 7 или более на участке разлома вблизи города Измит в период между 1997 и 2027 г. составляет 12%. Может показаться, что шансы достаточно малы, однако для сравнения укажем, что у всех остальных участков этого 1000-километрового разлома, кроме одного, вероятность равнялась лишь 1–2%. Нам не пришлось долго ждать подтверждения своих выводов. В августе 1999 г. Измит поразило землетрясение с магнитудой 7,4; при этом погибли 25 тыс. человек, а материальный ущерб оценивался в \$6,5 млрд. Землетрясение было самым последним в построенной по принципу падающих домино серии из 12 сильных толчков, порожденных проскальзыванием по Северо-Анатолийскому разлому начиная с 1939 г. В течение наиболее сейсмически активного пятилетнего периода проскальзывание произошло на участке разлома длиной 700 км, что породило неумолимо продвигавшуюся на запад последовательность из четырех толчков. Мы считали, что напряжение, передававшееся за пределы каждого участка, вызвало последующие землетрясения, в том числе Измитское.

В ноябре 1999 г. упала 13-я костяшка домино. Кулоновское напряжение, переместившееся от Измита, инициировало землетрясение с магнитудой 7,1 неподалеку от города Дюздже

в 100 км к востоку. К счастью, Барка произвел расчеты и опубликовал данные в журнале *Science* за два месяца до нового землетрясения. Сообщение Барки помогло добиться закрытия в Дюздже школьных зданий, поврежденных первым толчком. В результате ноябрьского сотрясения некоторые из них сравнялись с землей. Если расчеты, проведенные Парсонсом (Parsons) из Службы геологии США, Синдзи Тодой (Shinji Toda) из японского Центра по изучению активных разломов, Баркой, Дитрихом и мною, верны, то последствия Измитского землетрясения еще дадут о себе знать. Перераспределение напряжений во время толчка также увеличило веро-

сколькими полосами, параллельными разлому Сан-Андреас, тогда как области повышенного напряжения находятся севернее и южнее. По мере того как напряженное состояние восстанавливается, сейсмическая активность в районе залива выходит из области тени. Предвестниками ее нового пробуждения могут служить разрушения на шоссе на дорогах и другие повреждения, произведенные толчком 1989 г. с эпицентром в Лома-Приета.

Подкрепление гипотезы

Изучение землетрясений в Турции и Южной Калифорнии подтвердило вывод о том, что даже малые измене-

прерывистое скольжение с трением и отвергается представление о трении как о свойстве, которое может быть либо сильным, когда материал находится в покое, либо слабым, когда происходит скольжение. На самом деле правильнее считать, что при изменении скорости подвижки по разлому и изменении во времени всей истории движения (состояния разлома) поверхность разлома может становиться более липкой или более скользкой. Эти выводы сделаны на основе лабораторных экспериментов, в которых сотрудники Дитриха пропиливали миниатюрный разлом в глыбе гранита размером с автомобиль и возбуждали в ней

При учете инициирования напряжением совершенно другие разломы могут оказаться в верхних строках списка объектов повышенной опасности.

ятность сильного сотрясения в этом году в районе Стамбула с 1,9 до 4,2%. В следующие 30 лет шансы возникновения землетрясения, по нашим оценкам, будут равняться уже 62%. Если придерживаться версии о случайном характере сильных толчков, то вероятность составит всего 20%.

В Турции зоны меньшего сейсмического риска населены гораздо менее плотно, чем Стамбул. Но бывает и наоборот. Один из наиболее ярких примеров – район залива Сан-Франциско, где в настоящее время проживают 5 млн. человек, а со времени катастрофического землетрясения 1906 г., имевшего магнитуду 7,9, наблюдается относительно слабая сейсмичность. Исследование, проведенное в 1998 г. моими коллегами из Службы геологии США Рут Харрис (Ruth A. Harris) и Робертом Симпсоном (Robert W. Simpson), показало, что зоны тени напряжений, обусловленные толчком 1906 г., проходят в районе залива не-

ния напряжения могут иметь важнейшие последствия – как безопасные, так и катастрофические. Несмотря на множество примеров, свидетельствующих в пользу этой концепции, один ключевой момент было трудно объяснить: примерно четверть из рассмотренных землетрясений произошло в районах, где напряжение уменьшилось. Теперь у нас уже есть ответ. Сейсмическая активность никогда полностью не отключается в зонах тени, равно как и не включается на полную мощность в зонах инициирования. Просто уровень сейсмичности (количество землетрясений, происходящих за единицу времени) падает в первом случае или возрастает во втором по сравнению с характерным для данной области в предшествующий период времени. Это важное дополнение к гипотезе инициирования напряжением было предложено в 1994 г. Дитрихом. В теории рассматривается неустойчивое,

микроземлетрясения. Если рассчитывать характеристики сейсмичности с учетом трения как переменной, а не постоянной величины, то становится ясно, что закон Омори – фундаментальное свойство не только афтершоков, но и всех землетрясений. Скачкообразный подъем и плавный спад сейсмической активности объясняют, почему уровень сейсмичности, являющийся результатом увеличения напряжений, непостоянен. В районах, где напряжения снимаются благодаря главному толчку, сейсмическая активность резко падает, но потом совершенно предсказуемым образом медленно возвращается к тем значениям, которые были характерны для нее в период, предшествовавший толчку. Учет изменения трения со временем впервые позволил спрогнозировать, как сейсмичность может возрастать или ослабевать с течением времени. При расчетах только кулоновских напряжений мы могли ▶

определять общее местоположение новых очагов землетрясений, но не время их возникновения. Наши новые идеи получили дальнейшее подтверждение в результате исследования, проведенного в начале прошлого года Парсонсом. Он изучил свыше 100 землетрясений с магнитудой 7 и выше, произошедших по всему миру за последние 25 лет, и все последующие толчки с магнитудой не менее 5 в радиусе 250 км от каждого из 7-магнитудных сейсмических событий. Из 2 тыс. толчков 61% соответствовал тем местам, где напряжение увеличилось в результате предшествующего толчка – пусть даже на малую величину. Несколько инициированных толчков произошли достаточно близко к эпицентру главного землетрясения, так что их можно считать афтершоками. Во всех случаях их активность уменьшалась за период времени, предсказанный законом Омори с учетом состояния поверхности разлома и трения. Концепция прерывистого скольжения и зависимости сейсмичности от состояния поверхности разлома, позволяет понять более сложные случаи взаимодействия между землетрясениями, чем те, которые объясняются при помощи кулоновских напряжений. Сначала анализу подверглись сравнительно простые случаи (землетрясения в Калифорнии и Турции), когда сильный толчок стимулировал активизацию сейсмичности в одних районах и замедлял ее развитие в других. Однако с помощью гипотезы инициирования напряжением труднее объяснить ситуацию, когда близкие по мощности последовательные толчки приводят то к увеличению, то к уменьшению частоты повторяемости землетрясений в одном и том же месте, подобно реостату в случае электрического освещения. Тогда я и обнаружил явление, которое мы называем «переключающейся» сейсмичностью. В начале прошлого года мы анализировали необычную пару землетрясений с магнитудой 6,5, произошедших в 1997 г. в Кагосиме (Япония). Сразу же вслед

за первым толчком, который произошел в марте на площади 25 км², непосредственно за западным концом испытывавшего вспарывание участка разлома неожиданно возник всплеск сейсмичности. Проведя расчеты, мы обнаружили, что напряжение, появившееся в результате первого землетрясения, попало в ту зону, где наблюдалось повышение сейсмичности. Далее уровень активности начал снижаться, как и предсказывала зависимость сейсмичности от трения на разломе. Но когда через семь недель в трех километрах к югу произошел второй толчок, в области повышенной сейсмичности отмечалось ее резкое снижение – более чем на 85%. В этом случае, как показали наши расчеты, зона инициирования первого землетрясения попала в пределы зоны тени второго. Иными словами, первое сотрясение усилило сейсмичность, а второе ее снова ослабило.

Новое поколение прогнозов

Подслушав, как землетрясения общаются между собой, мы установили, что они воздействуют друг на друга, т.е. сейсмичность в высокой степени интерактивна. Учет малых изменений напряжения позволит точнее определять вероятность разрушительных толчков, благодаря чему власти, службы спасения и широкая публика смогут лучше оценивать сейсмическую опасность в своей местности. Традиционные стратегии уже в какой-то степени дают возможность устанавливать приоритеты, но результаты наших исследований показывают, что в верхней части списка неблагоприятных геологических объектов окажутся не те разломы,

которые там были бы при использовании традиционных методов. Поэтому с разломом, рассматриваемым как опасный в рамках традиционной методики, на самом деле может быть сопряжен гораздо меньший риск. Важно иметь в виду, что трудно доказать, является ли сейсмический прогноз любого типа верным, и почти невозможно доказать его неправильность. Независимо от того, какие факторы принимаются во внимание, в том, произойдет ли сильное землетрясение, колоссальную роль играет его величество Случай. Наша исследовательская группа составляет список возможных сильных землетрясений, которые могут произойти вблизи городов Стамбул, Ландерс, Сан-Франциско и Кобе, расположенных в сейсмически активных зонах земного шара. Мы также готовимся сделать оценки сейсмической опасности для Лос-Анджелеса и Токио, где крупное землетрясение могло бы нанести ущерб в триллионы долларов.

Еще одной серией толчков, инициированных напряжением, по-видимому, можно считать два сильных землетрясения, произошедших на разломе Динейли на Аляске осенью 2002 г., – 23 октября с магнитудой 6,7 и 3 ноября с магнитудой 7,9. Для дальнейшей проверки своей теории мы неуклонно продолжаем составлять прогнозы слабых, неопасных землетрясений, которые более многочисленны и поэтому их легче прогнозировать. В заключение следует сказать, что степень, до которой вероятностный прогноз любого типа поможет защитить жизнь людей и материальные ценности, все еще остается весьма неопределенной. ■

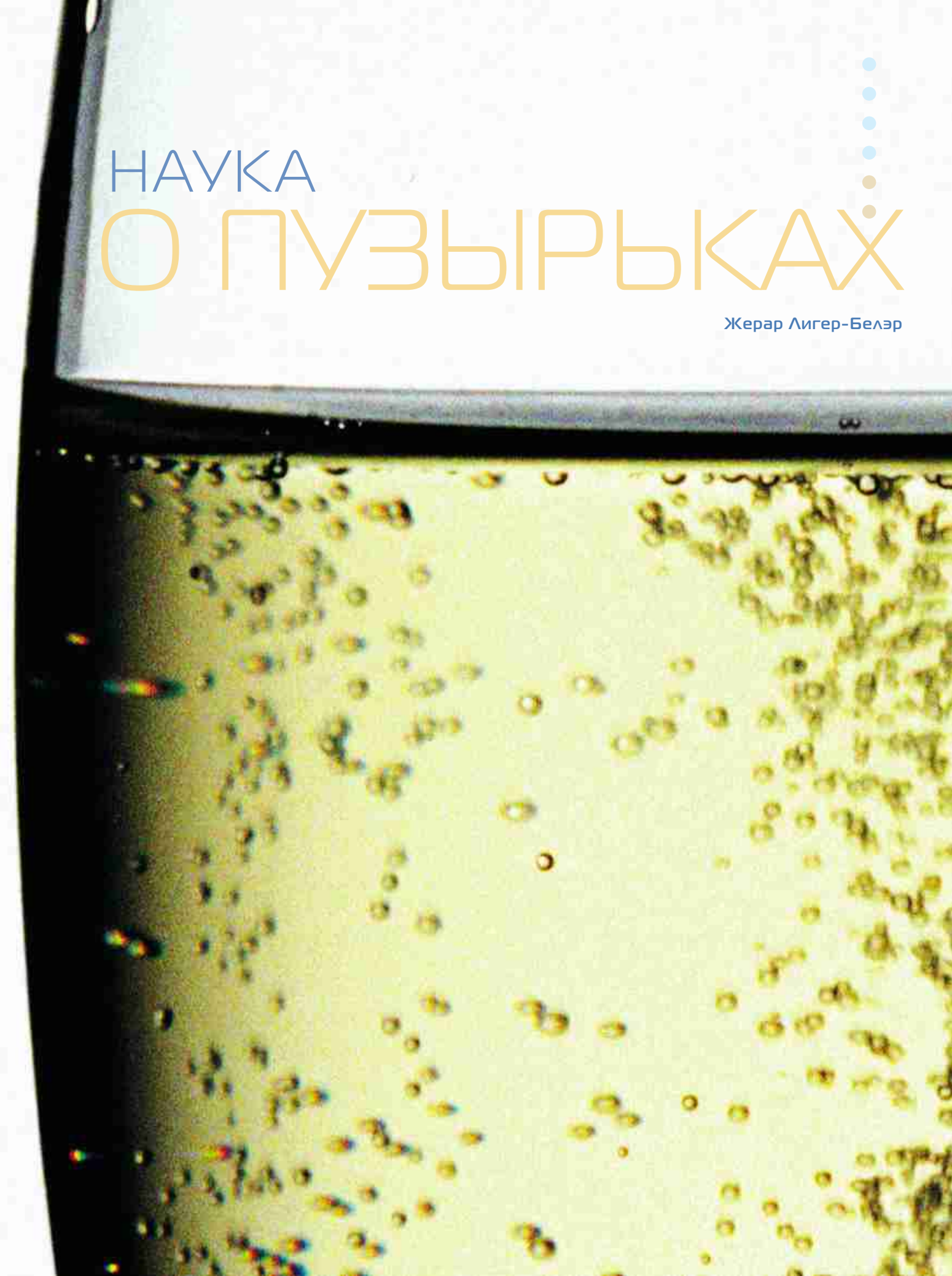
ОБ АВТОРЕ:


Росс Стейн – геофизик Геологической службы США (USGS) в Менло-Парке, штат Калифорния. За работу, описанную в данной статье, Стейн получил в 2000 г. от USGS премию Юджина Шумейкера (Eugene M. Shoemaker) «За выдающиеся достижения». В 2001 г. он представил результаты исследований на ежегодной конференции Американского геофизического союза в своей лекции «Пределы геофизики».

НАУКА

О ПУЗЫРЬКАХ

Жерар Лигер-Белэр



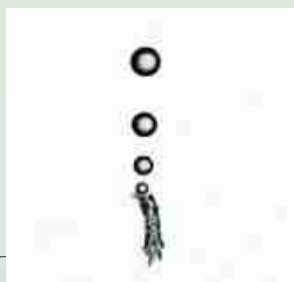
A close-up photograph of a champagne glass filled with a golden liquid. Numerous small, clear bubbles are seen rising from the bottom of the glass towards the surface, creating a dynamic and sparkling effect. The background is a soft, out-of-focus light color.

Ученые пытаются подвести научную базу под одну из самых привлекательных и неповторимых особенностей шампанского

Весело, с хлопком откупориваем бутылку шампанского, наполняем бокал, делаем небольшой глоток... Тысячи ароматных золотистых капелек, вырвавшихся со вспененной поверхности вместе с пузырьками газа, приятно покалывают небо. Эти пузырьки образовались где-то в винных глубинах, устремились вверх и мгновенно исчезли. Каждый глоток сопровождается звонкая симфония крошечных салютов, мы ощущаем освежающую прохладу и расслабляющую теплоту.

Один из признаков качественного шампанского – несчетное множество пузырьков, цепочкой поднимающихся от стенок бокала, словно крошечные воздушные шарики. Связаны ли между собой их размер и качество игристого напитка – науке неизвестно, но истинные ценители шампанского такую связь усматривают. Сохранение традиционной шипучести напитка – настоящее искусство, а также большой бизнес, поэтому виноделам очень важно обеспечить образование в напитке совершенных по форме мелких пузырьков.

ПУТЬ НАВЕРХ. Образование искрящихся пузырьков в бокале с шампанским, их стремительный взлет и исчезновение – сложный физико-химический процесс, более функциональный и одновременно более таинственный, чем это кажется на первый взгляд.



«ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ» ПУЗЫРЬКА. Короткая жизнь пузырька начинается на пылинке целлюлозы, прилипшей к стенке бокала (см. фото). Когда газированный напиток наливают в фужер, в крошечном целлюлозном волокне образуется газовый «карман» размером меньше микрона. Молекулы растворенного в шампанском диоксида углерода, подталкиваемые со всех сторон молекулами жидкости, устремляются в «карман» и растягивают его до таких размеров, при которых плавучесть пузырька перевешивает удерживающие его на стенке силы поверхностного натяжения, и он отрывается. Поднимаясь вверх, пузырек поглощает новые молекулы газа и увеличивается в размерах (фото в центре). Одновременно на него налипают молекулы ароматических веществ, замедляющие подъем. Достигнув поверхности, пузырек лопается, выбрасывая тонкую струйку вина и облачко ароматных капель (фото сверху).

ПОКАЖИТЕ МНЕ ПУЗЫРЬКИ! Специалисты считают, что шампанское лучше всего подавать в узких высоких фужерах, имеющих форму тюльпана с чашей объемом 180 см³. Это увеличивает время и высоту подъема пузырьков и концентрирует ароматические вещества, высвобождаемые при их схлопывании, на небольшой площади. Кроме того, при такой форме бокала шампанское дольше остается холодным и шипучим.

Одно время в моде были широкие приземистые фужеры на короткой ножке. Существует легенда, что их создателей вдохновил великолепный бюст королевы Франции Марии Антуанетты. И хотя такие бокалы до сих пор популярны, по мнению знатоков, они не позволяют в полной мере оценить качество напитка. Вино из них часто проливается, его труднее сохранить прохладным, а кроме того, в них не образуются столь приятные для глаз цепочки пузырьков.

Откупоривая бутылку шампанского, держите ее под углом 45°, так, чтобы пробка не угодила в вас или ваших гостей. Придерживая пробку, осторожно поворачивайте бутылку в одном направлении – в таком случае пробка не выстрелит, а плавно выйдет из горлышка с приглушенным хлопком. С громким хлопком из бутылки вырвется слишком много газа – и получится, как в той поговорке: «По усам текло, а в рот не попало».

Несколько лет назад исследователи из Реймского университета, эксперты из компании *Moët & Chandon* и я занялись изучением поведения пузырьков в газированных напитках. Мы обнаружили, что, внимательно наблюдая за бокалом с шампанским, игристым вином, пивом или содовой, можно увидеть множество удивительных вещей. Прежде всего нас интересовало, как пузырьки зарождаются, всплывают и лопаются.

Рождение пузырьков

В шампанском, игристом вине и пиве пузырьки газа образуются в результате брожения дрожжей, которые превращают сахара в спирт и диоксид углерода, из которого и состоят пузырьки. Шипучие же прохладительные напитки просто насыщают углекислотой. В закупоренных емкостях с игристыми винами и шипучими напитками устанавливается равновесие между растворенным диоксидом углерода и газообразным, находящимся под пробкой или крышкой. Согласно закону Генри, количество газа, растворенного в жидкости, пропорционально давлению газа над ней. Когда емкость открывают, давление газообразного диоксида углерода резко падает, и термодинамическое равновесие нарушается. Жидкость перенасыщается газом, и он выходит наружу – с помощью прямой диффузии через поверхность или в составе пузырьков.

Для образования пузырьков необходимо объединение молекул диоксида углерода, а для этого они должны проложить путь через кластеры из молекул воды, связанные между собой ван-дерваальсовыми взаимодействиями. Таким образом, молекулам газа для образования пузырьков нужно преодолеть энергетический барьер, а для этого степень перенасыщения им должна быть больше, чем та, которой удается достичь в газированных напитках.

Чтобы в таких слабоперенасыщенных шипучих напитках, как шампанское, игристое вино, пиво и содовая, шло эффективное образование пузырьков, в них заранее должны существовать

заполненные газом полости с радиусом кривизны, достаточным для преодоления энергетического барьера образования зародышей пузырьков и их свободного роста. Здесь вступает в действие физический закон Лапласа, согласно которому искривление поверхности пузырька приводит к возникновению внутри полости избыточного давления, обратно пропорционального радиусу кривизны. Чем меньше пузырек, тем выше внутреннее давление, и, наконец, при некотором критическом значении радиуса кривизны оно становится слишком большим, чтобы в полость могли проникнуть дополнительные молекулы газа. Для только что откупоренной бутылки шампанского критический радиус составляет всего 0,2 микрона.

Чтобы проследить за процессом зарождения пузырьков, мы использовали высокоскоростную видеокамеру, которая была сфокусирована на тех точках в бокале, откуда «вырастали» цепочки пузырьков. Вопреки общепринятым представлениям, эти точки находились вовсе не в неровностях на поверхности стекла, чьи характерные размеры гораздо меньше критического радиуса кривизны. «Инкубатором пузырьков» служили крошечные соринки, прилипшие к стенкам бокала, и цилиндрической формы волокна целлюлозы, попавшие в бокал из воздуха или оставшиеся на стенках, когда фужер вытирали. Посторонние частички были столь малы и имели такую геометрию, что жидкость не могла полностью смочить их, и когда в бокал наливали вино, они удерживали некоторое количество газа. К ним постепенно «прибывались» молекулы растворенного в вине газа, и в конце концов образовывался пузырек, который удерживался на стенке бокала капиллярными силами, но затем под действием подъемной силы он отрывался, освобождая место для образования нового. Процесс повторялся до тех пор, пока не истощился запас растворенного диоксида углерода.

Циклическое образование пузырьков в данном центре нуклеации характе-

ризуется частотой барботирования, т.е. числом пузырьков, образующихся за одну секунду (эту величину можно измерить с помощью стробоскопа). Когда частота стробирующих импульсов совпадает с частотой образования пузырьков, их цепочка выглядит застывшей.

Кинетика роста пузырьков зависит также от концентрации растворенного диоксида углерода, поэтому частота барботирования разных газированных напитков неодинаковая. Например, в шампанском содержание газа в три раза выше, чем в пиве, и в наиболее активных центрах нуклеации образуется до 30 пузырьков в секунду, в то время как в пиве – только 10.

Подъем пузырьков

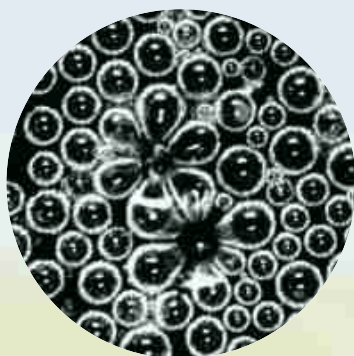
Оторвавшись от стенки бокала, пузырек поднимается вверх. Через границу раздела жидкость/газ внутрь него непрерывно диффундируют молекулы растворенного газа, и пузырек увеличивается в размерах. По мере роста пузырьков повышается подъемная сила, они движутся все быстрее и отрываются друг от друга.

В пиве и игристых винах помимо спирта и растворенного диоксида углерода содержится множество органических соединений – поверхностно-активных веществ (ПАВ), сходных по своим физико-химическим свойствам с мылом. Молекулы этих веществ (в основном белки и гликопротеины) амфифильны – одна их половина водорастворима (гидрофильна), другая не контактирует с водой (гидрофобна). Они не перемещаются поодиночке, а собираются вокруг пузырьков, при этом их гидрофобная половина погружена внутрь пузырька, а гидрофильная расположена снаружи.

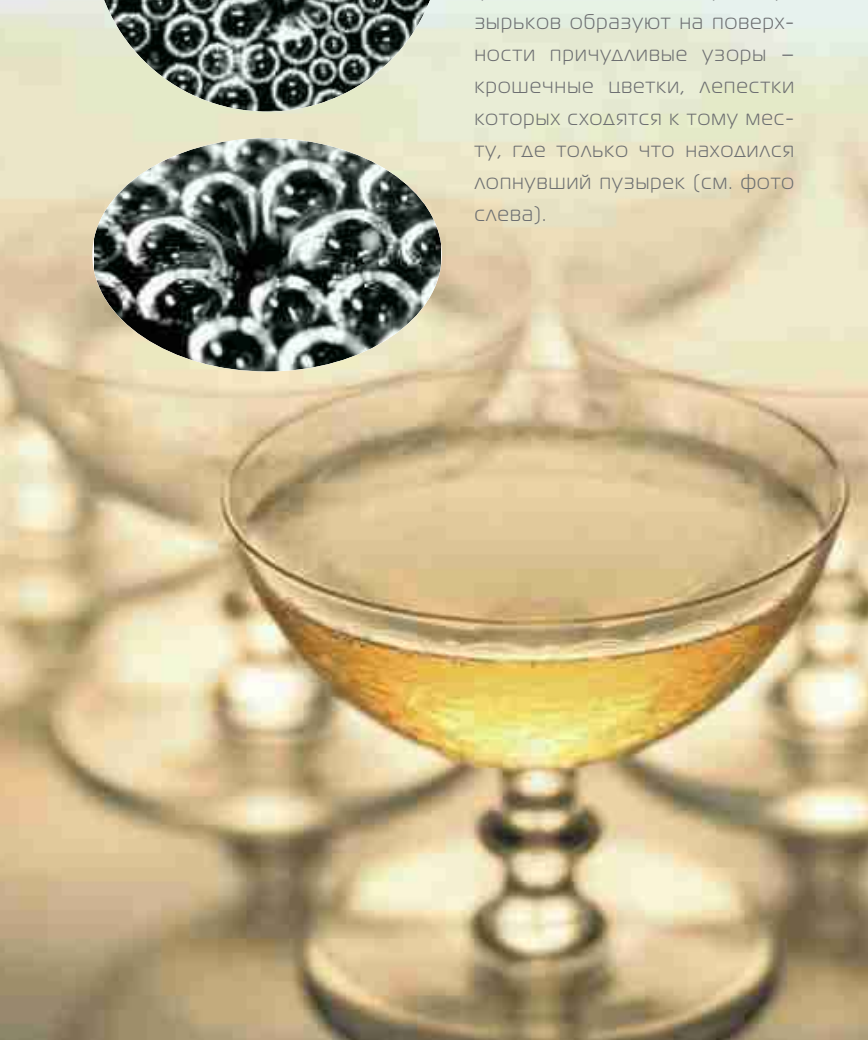
Амфифильная пленка, обволакивающая пузырек, изменяет его поведение и в момент отрыва, и во время подъема, когда ему приходится пробиваться между молекулами жидкости. Пузырьки становятся менее эластичными и, согласно законам термодинамики, испытывают большее сопротивление, перемещаясь в жидкой среде. ▶

ГИБЕЛЬ ПУЗЫРЬКОВ

ПОД ГРОХОТ САЛЮТА. Пузырьки схлопываются почти сразу же, как только оказываются у поверхности. На верхнем фото справа видны пузырьки, у которых пленка жидкости, составляющая их надводную часть, только что лопнула. За этот миг диаметр пузырьков почти не изменяется, а подводная часть пузырька схлопывается, и вверх с огромной скоростью взмывает крошечная струйка вина и затем разбивается на капли. Каждую секунду над поверхностью лопаются сотни пузырьков, кажется, что она вскипает; всю ее пронизывает бесчисленное множество «иголок», слишком маленьких, чтобы их можно было разглядеть невооруженным глазом.



МОРЕ ЦВЕТОВ. Пузырьки схлопываются так быстро (менее чем за 100 микросекунд), что уловить этот момент достаточно сложно даже с помощью скоростной фотосъемки. Кластеры пузырьков образуют на поверхности причудливые узоры – крошечные цветки, лепестки которых сходятся к тому месту, где только что находился лопнувший пузырек (см. фото слева).



Чем выше поднимается пузырек, тем больше на него налипают молекул ПАВ и тем большая часть его поверхности теряет эластичность. Гидродинамическое сопротивление, которое испытывает поднимающийся пузырек постоянного радиуса, постепенно увеличивается, и когда вся граница раздела между газом и жидкостью покрывается молекулами ПАВ, скорость его подъема становится минимальной. Впрочем, как показывают исследования, пузырек становится абсолютно жестким еще до этого.

Поведение пузырьков, расширяющихся при подъеме, более сложно. Площадь их поверхности непрерывно увеличивается, а значит, становится больше места для молекул поверхностно-активных веществ. Здесь возможны два варианта. Если скорость расширения больше, чем скорость налипания молекул ПАВ, то пузырек будет освобождаться от пленки, а если меньше, то он в конце концов покроется монослоем из молекул ПАВ и станет абсолютно жестким.

Мы измерили коэффициент сопротивления, которое испытывает расширяющийся пузырек при подъеме в шампанском и пиве, и сравнили наши результаты с данными по динамике пузырьков, взятыми из научной литературы. Оказалось, что пивные пузырьки ведут себя во многом, как жесткие сферы, а пузырьки в шампанском, игристых винах и содовой более пластичны. Это и не удивительно, поскольку поверхностно-активных веществ в пиве гораздо больше (порядка нескольких сотен миллиграммов на литр), чем в шампанском (несколько мг/л). Кроме того, в пиве меньше концентрация газа, а потому пузырьки в нем растут медленнее. В результате они освобождаются от пленки не столь быстро, чтобы компенсировать эффект налипания новых молекул ПАВ, и их жесткость увеличивается. В шампанском же пузырьки быстро увеличиваются, и тех молекул ПАВ, которые на них остаются, недостаточно для заметного уменьшения эластичности.

Разрушение пузырьков

Оторвавшись от стенки бокала, пузырек проходит путь в несколько сантиметров и за это время увеличивается до одного миллиметра в диаметре. Подобно айсбергу, он лишь немного выступает над поверхностью напитка, большая его часть остается внизу. Толщина выступающей пленки жидкости, имеющей форму полусферы, постепенно уменьшается, и, наконец, достигнув критической величины, пленка лопается от малейших колебаний жидкости или изменения температуры. В 1959 г. физики Джеффри Тейлор (Geoffrey Ingram Taylor) из Кембриджского университета и Фред Кулик (Fred E. Culick) из Калифорнийского технологического института, независимо друг от друга доказали, что под действием поверхностного натяжения в пленке вначале образуется дырочка, которая быстро растет и полностью разрушает полусферу диаметром 1 мм за время от 10 до 100 микросекунд.

Далее начинаются сложные гидродинамические процессы, приводящие к схлопыванию подводной части пузырька. Некоторое время на поверхности жидкости остается углубление. Затем его края стягиваются, и вверх выстреливает крошечная струйка вина. Взлетая с большой скоростью, она крайне неустойчива – вдоль нее бежит капиллярная волна (хорошо известная неустойчивость Рэлея–Плато), разбивающая струйку на капли. Вначале под действием сил инерции и поверхностного натяжения капли принимают причудливую форму, а затем становятся

сферическими. Каждую секунду на поверхности лопаются сотни пузырьков, и вся она оказывается пронизанной коническими шипиками, живущими так мало, что их невозможно увидеть невооруженным глазом.

Лопающиеся пузырьки не только завораживают, они позволяют нам ощутить «прикосновение» напитка. Вырываясь на свободу со скоростью нескольких метров в секунду, микроскопические капельки вина взлетают вверх на несколько сантиметров, ударяя в нос. Находящиеся здесь нозицепторы (болевые рецепторы) реагируют на них точно так же, как осязательные рецепторы языка; кроме того, эти капли имеют кисловатый вкус. Пузырьки, как ничто другое, передают весь аромат напитка. Многие ароматические компоненты шипучих напитков, будучи поверхностно-активными веществами, прилипают к пузырькам и поднимаются вместе с ними наверх. Лопаясь, пузырьки выбрасывают облачка крошечных капель, наполненных ароматическими веществами, и усиливают вкусовые ощущения. В своих будущих исследованиях мы планируем количественно оценить эффект каждого из многочисленных ароматических компонент шампанского.

Мы даже не подозревали, как много можно узнать о физико-химических особенностях образования, подъема и схлопывания газовых пузырьков, просто наблюдая за бокалом пенящегося шампанского. Но мы надеемся, что читателю не придет в голову пойти этим путем и ограничиться только наблюдением. ■

ОБ АВТОРЕ:

Жерар Лигер-Белэр (G erard Liger-Belair), адъюнкт-профессор Реймского университета, занимается изучением физико-химических свойств пузырьков диоксида углерода, образующихся в газированных напитках, и научный консультант компании *Moet&Chandon*. Время, свободное от исследований, Лигер-Белэр посвящает высокоскоростной фотографии. Его работы представлены во многих галереях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Beauty of Another Order: Photography in Science. Ann Thomas. Yale University Press, 1997.

РЕЦЕПТ БЕССМЕРТИЯ

Спросите француза, чем мир обязан его родине. Едва ли он начнет насвистывать «Марсельезу», говорить об изобретении акваланга или перечислять имена великих соотечественников. Думаю, он начнет с... шампанского.

Алексей Кусургашев

В провинции Шампань, на северо-востоке Франции, все благоприятствует созданию знаменитого игристого вина, которое канцлер Бисмарк с прусской незатейливостью именовал «французской амброзией». Климат, легкие известковые почвы, мягкость воды и, наконец, традиции. А традиции, как известно, неразрывны с историей, которая всегда была кладезем анекдотов и легенд. Так, например, существует предание, что технология производства игристого вина была открыта монахом Дом Периньоном, отливавшим вино из монастырских бочек и хранившим краденое в большой бутылке у себя в келье. Естественно, со временем смесь повторно перебродила, насытилась углекислотой, «душа вина запела в бутылке», пробка ударила в каменный свод и... Сегодня имя монаха украшает одну из величайших марок шампанских *Dom Perignon* (винодельческий Дом *Moët & Chandon*). Правда, существует другая версия. Монах вовсе не жулик, а растяпа. Не углядел, как ему полагалось, за всеми стадиями приготовления октябрьского вина, не заметил, что не весь сахар превратился в спирт и что дрожжи приморозило, и не добродившее вино разлили в бутылки, – словом, какую-то несурязицу в технологии монастырского вина допустил Дом Периньон. Но что бы там ни говорили, а патент на шампанское принадлежит этому бенедиктинцу из монастыря Отвиейр и датирован 1670 годом.

Не менее поучительна другая история. *Veuve Clicquot* (Вдова Клико) – достойный памятник феминизму и женскому упрямству. Молодая баронесса Николь Клико после кончины мужа решила вопреки существовавшим правилам продолжить дело супруга по производству и продаже шампанского. Двадцатисемилетняя вдова столь ретиво взялась за дело, что через несколько лет основала собственный винодельческий дом и открыла «ремюаж» – метод, позволявший за три месяца избавляться от осадков и мутности шампанского. Кстати, этот метод и 200 лет спустя применяется всеми виноделами мира. Уже в 1806 году в Санкт-Петербурге появился месье Бонэ, личный посланец вдовы, проживший в российской столице до 1814 года, несмотря на войну с Наполеоном. Сохранилось немало его депеш к баронессе, свидетельствующих о популярности шампанского в России уже в те годы. Вот одно из них: «Сообщаю вам радостную новость. Царица беременна! Если она родит наследника, в этой огромной стране будет выпито море шампанского. Только не говорите никому ни слова...» Месье Бонэ, видимо, был толковым и расторопным представителем фирмы, не только следившим за спросом на рынке, но и остерегавшимся конкурентов. Именно на основании его донесений – образец великолепных маркетинговых исследований! – владелица в 1814 году отправила в Россию судно «Добрые намерения» со своим шампанским уро-

жая 1811 года. 10 000 бутылок великолепного игристого были украшены фирменными этикетками с монограммой *VCP (Veuve Clicquot-Ponsardin)* и надписью *Vin de Bouzy 1811 de la Comete* (Вино из Бузи, 1811 года, года Кометы). Помните, у Александра Сергеевича: «Вошел: и пробка в потолок, вина кометы брызнул ток...»? Речь идет именно об этом шампанском. Именно «кликовское» предпочитали всем другим винам русские классики-бонвиваны.

Столица была очарована, потрясена и покорена в одночасье. И баснословные цены не стали помехой. Поражение Наполеона в России с лихвой восполнила его соотечественница. Николь Клико-Посардан в честь этой великой победы украсила свой герб якорем.

Во второй половине XIX века «Вдову» на российском рынке потеснил Луи Родерер (винодельческий Дом *Louis Roederer*). Француз сумел, чуть изменив оттенки вкуса, создать сорт шампанского в соответствии с пожеланиями Александра II. Августейшей особе вино понравилось настолько, что он приказал подавать его не иначе как в хрустальной посуде. Хитроумный негоциант, узнав об этом, начал разливать шампанское в... хрустальные бутылки. С легкой руки царя-освободителя вино получило название *Cristal* и по сей день разливается только в бутылки бесцветного стекла. Его легко узнать не только по вкусу и аромату, но и по традиционному для *Louis Roederer* двуглавному орлу на пробке и надписи

на этикетке: «Поставщик двора Его Императорского Величества».

Русский след в истории шампанского весьма заметен. Впервые познакомившись с шампанским еще в эпоху Екатерины Великой, русские после французского похода 1812–1814 гг. превратили его в культовый напиток.

Русский корпус, располагавшийся в Реймсе, оставил после себя немало анекдотов, непосредственно связанных с шампанским. Владельцы Дома *Bollinger* хранят семейное предание о том, как основатель фирмы, адмирал Атанас де Виллерон, бежавший от санкюлотов в 1799 году в Россию, встречал русских. Адмирал вышел на встречу казачьему полку: «Я служил русскому царю! Чем могу быть полезен?» Ответ был краток и русские тотчас были допущены до адмиральных погребов.

Также памятна реплика одного из французских шампанистов, наблюдавшего разграбление собственного склада русским воинством: «Нынче они только пьют. Но завтра будут платить!»

Предсказание полностью подтвердилось. Только за двадцать лет, с 1821 по 1841 гг., импорт шампанского в Россию увеличился в 4 раза с 205 000 ведер до 823 000 ведер (ведро – русская метрическая мера объема жидкостей, равная 10 штофам, или 20 бутылкам, или 100 чаркам, или 12,3 литра – А.К.)!

Граф Воронцов, ставший впоследствии русским наместником в Новороссии, известен не только как герой пушкинской эпиграммы (полумилорд, полукупец), но и тем, что оплатил французам из собственного кармана ущерб, нанесенный русской армией.

Воронцов был одержим идеей развития российского виноделия (каждому желавшему дарил лозу и надел земли под виноградник) и производства отечественного шампанского. При нем в Крыму производилось до 2000 бутылок в год. Но послевкусие французского вина было столь памятно русскому дворянству, что никакого иного оно признавать не желало.

И только в 1900 году при князе Льве Сергеевиче Голицыне, заложившем ви-

ноградники в своем крымском имении «Новый Свет», в Массандре, Абрау-Дюрсо, Ай-Даниле, крымское игристое вино наконец было оценено. Шампанское «Новый Свет» урожая 1899 года завоевало Гран-при на Промышленной парижской выставке 1900 года.

После революции в царской вотчине Абрау-Дюрсо был организован винодельческий совхоз. Под руководством отца «Советского шампанского» А.М. Фролова-Багреева были традиционным способом заложены первые 35 тыс. бутылок. Качество полученного вина было отменным!

Но Совдепии для ее праздников «газированного народного вина» требовалось куда больше. Фролов-Багреев создает технологию шампанизации в специальных аппаратах повышенного давления, которое ускорило процесс в 30 раз по сравнению с традиционным, бутылочным. В 1961 году была усовершенствована технология производства в резервуарах-акратофорах и открыт новый метод шампанизации в непрерывном потоке, когда в одну трубу заливают виноградный сок, а из другой тотчас льется уже готовая шипучка. Удержусь от будничных аналогий. Авторам присуждена Ленинская премия. Появилась в огромных количествах «скороспелка» – абсолютная профанация великого вина, к тому же с изрядно подпорченным вкусом. Дешевое, с железисто-дрожжевым привкусом, вино стало действительно народным, как пиво или портвейн. «Советское шампанское» быстрого приготовления появилось на столах у всех – от секретаря обкома до дворника. Студенты возродили традицию русского купечества – стало хорошим тоном похмеляться шампанским. Технологию незамедлительно закупили итальянцы и немцы, начавшие гнать свои «асти» и «сект».

...Шампанское – вино не снобов, но эстетов. Оскар Уайльд – личность экзальтированная – однажды заявил, что шампанское делает душу бессмертной, потому как отбивает всякую охоту думать о мерзостях земных и возносит тебя к солнцу. ■





ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ

Факторы, вызывающие сегодня гибель амфибий, завтра могут стать губительными не только для животных, но и для людей.

Эндрю Блаустейн и Питер Джонсон

Жарким летним днем 1995 г. группа учеников средней школы, изучавших экологию сырых болотистых мест, пришла на небольшой пруд возле г. Хендерсон, штат Миннесота ловить леопардовых лягушек. К их изумлению, многие из пойманных экземпляров имели по несколько задних ног, у некоторых конечности были жутко искривлены и перекручены. Из 22 пойманных в тот день амфибий у половины отмечались выраженные деформации тела. Проведенное позже исследование пруда выявило еще более мрачную картину: у многих лягушек задние конечности вообще отсутствовали (или на их месте были крошечные «пеньки»), у некоторых одна или две ноги росли прямо из живота, а у некоторых не хватало одного глаза.

История привлекла внимание национальных СМИ и породила множество вопросов. Всем хотелось знать, был ли описанный феномен единичным случаем или же он отражал некую общую тенденцию? Что могло вызывать подобные уродства? Когда исследователи начали изучать популяции амфибий в масштабе страны, выяснилось, что причудливые пороки развития были свойственны не только земноводным из Миннесоты. Начиная с 1995 г. они были выявлены более чем у 60 видов амфибий (в том числе у жаб и саламандр)

в 46 штатах страны. В некоторых популяциях отклонения отмечались у 80% особей. Такая же картина наблюдалась и в других частях света: в Азии, Европе и Австралии, где наиболее распространенным дефектом стали лишние конечности или их отсутствие.

Деформации тела у амфибий – явление довольно распространенное. В начале XX века было установлено, что в каждой популяции некоторые особи имеют уродства, возникшие вследствие генных мутаций, травм или нарушений нормального развития. Однако в здоровых популяциях отсутствие конечностей или пальцев отмечается не более чем у 5%, а серьезные деформации (например, лишние конечности) встречаются еще реже.

Ученые предполагают, что причины подобных явлений – пагубное ультрафиолетовое (УФ) излучение, химическое загрязнение воды и паразитарная инфекция. Каждый из этих факторов способен вызывать у амфибий особый порок развития. Так или иначе, но все они связаны с хозяйственной деятельностью человека.

Бесспорно, деформации негативно влияют на выживаемость амфибий – вероятно, они и являются главной причиной резкого сокращения популяций этих животных во всем мире, первые признаки которого были отмечены в 1989 г. Подобные факторы

служат тревожным сигналом и предупреждают планету о грядущей опасности (см. врез на с. 77). Ученые уже давно рассматривают амфибий как надежный индикатор здоровья Земли: их тонкая кожа и нежные икринки чрезвычайно чувствительны к любым изменениям окружающей среды. Причины, вызывающие сегодня гибель этих земноводных, завтра могут стать губительными и для остальных видов.

Подозреваемый номер один

Возможную причину уродств – чрезмерно высокий уровень УФ-излучения – ученые уже давно связывали с сокращением популяций амфибий. Лавина УФ-излучения обрушилась на Землю после того, как началось истощение защитного озонового слоя стратосферы под действием хлорфторуглеродов и прочих синтетических химических агентов. В 1994–1998 гг. один из авторов этой статьи, Э. Блаустейн, доказал, что УФ-лучи могут убивать головастиков, вызывать серьезное повреждение глаз и разнообразные деформации тела у лягушек и саламандр.

Способность УФ-излучения тормозить у амфибий развитие конечностей долгое время подвергалась сомнению. В конце 1990-х гг., Гэри Энкли (Gary Ankley) и сотрудники из Агентства по охране окружающей среды ▶

АМФИБИИ БЫЮТ ТРЕВОГУ: эколог Эндрю Блаустейн рассматривает деформированных королевских квакш, выловленных в сельских прудах на северо-западе Орегона.

в Миннесоте доказали, что воздействие УФ-лучей на лабораторных головастики вызывает у лягушек точно такие же уродства (отсутствие пальцев и ног), которые отмечаются у амфибий в дикой природе.

Вскоре ученые уточнили, что далеко не все дефекты объясняются воздействием УФ-лучей (например, развитие лишней конечностей). Некоторые специалисты считают, что амфибии могут легко избежать пагубного воздействия излучения, прячась от солнечного света в мутной воде, в водорослях или ведя ночной образ жизни.

лишних конечностей или приводить к их недоразвитию.

В регионах, где встречаются амфибии с отклонениями, ежегодно используются миллионы тонн различных типов загрязняющих веществ. Среди наиболее вредных – метопрен – пестицид, разрешенный к коммерческому использованию в 1975 г. как более безопасный аналог печально известного ДДТ. Ученых в первую очередь насторожило химическое сходство метопрена с ретиноидами. Их недостаток или избыток (особенно ретиноевой кислоты) приводит

вызывать у лягушек недоразвитие конечностей, но метопрен в этом отношении совершенно безвреден. Непричастность данного пестицида к развитию уродств у земноводных подтвердили и полевые исследования: в природной среде он очень быстро разрушается. Такая же нестойкость была обнаружена еще у 61 сельскохозяйственного препарата. Но полностью из «круга подозреваемых» пестициды исключены не были.

Паразитарная инфекция

Указания на то, что причиной аномального развития конечностей у амфибий

Факторы, вызывающие деформацию тела у амфибий, оказывают пагубное воздействие и на других животных.

Загрязнение воды

А в это время другие исследователи сосредоточили внимание на проблеме загрязнения воды. Поначалу сообщения об уродствах амфибий поступали из областей, где из года в год использовалось чрезмерное количество удобрений и инсектицидов. К середине 1990-х гг. многочисленные исследования показали, что гибель этих животных могут вызывать самые разнообразные загрязняющие вещества. Оставалось, однако, неясным, способны ли они влиять на развитие

к появлению деформаций у зародышей позвоночных животных. У женщин, которые во время беременности пользовались препаратами против угрей, содержащими производные ретиноевой кислоты, отмечались многочисленные случаи выкидышей и рождения детей с дефектами тела.

Некоторые биологи предположили, что метопрен может таким же образом воздействовать и на амфибий. Серия опытов, проведенных в конце 1990-х гг., показала что действительно, ретиноевая кислота в больших количествах может

служат паразиты, были получены задолго до тревожных находок в штате Миннесота. В середине 1980-х гг. Стивен Рут (Stephen B. Ruth) из Колледжа полуострова Монтерей, изучавший экологию прудов Северной Калифорнии, обнаружил сотни королевских квакш и длиннопалых саламандр с недостающими или дополнительными конечностями и прочими отклонениями. Это, правда, не вызвало у ученого тревоги, т.к. он предположил, что столкнулся с какой-то местной особенностью животных.

В 1986 г. Рут попросил Стэнли Сешенса (Stanley K. Sessions) из Колледжа Хартвика в штате Нью-Йорк обследовать странных амфибий. Сешенс выяснил, что все они были заражены неизвестным видом двуустки – паразитической трематоды из группы плоских червей. Калифорнийские двуустки не убивают своих хозяев наповал, однако вызывают нарушения развития, образуя в теле животных цисты (чаще всего в области формирующихся задних ног). Для проверки гипотезы ученый взял обычных лабораторных амфибий – африканских шпорцевых лягушек

ОБЗОР: ПОРОКИ РАЗВИТИЯ У АМФИБИЙ

- Сообщения о серьезных мутациях у амфибий начали появляться в середине 1990-х гг. Они выявлены примерно у 60 видов лягушек, жаб и саламандр в 46 штатах США и в других странах. В некоторых популяциях количество изуродованных животных достигает в среднем 25%, что значительно больше, чем в прошлые десятилетия.
- Причиной возникновения этих деформаций исследователи долгое время считали ультрафиолетовое излучение, загрязнение воды и паразитарную инфекцию.
- Последние данные свидетельствуют о том, что причиной появления наиболее распространенной формы деформации – дополнительных конечностей – является паразитарная инфекция, распространению которой способствует изменение окружающей среды под влиянием хозяйственной деятельности людей.

УРОДСТВА И ВЫРОЖДЕНИЕ

Связаны ли деформации тела амфибий с отмечающимся в последнее время сокращением их популяций?

Лягушки, жабы и саламандры скоро могут возглавить длинный список существ, которым угрожает опасность навсегда исчезнуть с лица Земли. Биологи задают вполне закономерный вопрос: насколько деформации тела у животных связаны с общим сокращением их популяций во всем мире?

Большинство изуродованных амфибий не способны спастись от хищников и эффективно охотиться; в итоге они погибают. Множество негативных факторов (как, например, паразитарная эпизоотия, охватившая сегодня десятки регионов по всей Северной Америке) способно привести к гибели всей популяции. Между тем резкое сокращение сообществ земноводных отмечалось и в отсутствие каких-либо отклонений. Деформации, таким образом, не единственная причина уменьшения численности амфибий. Более важную роль играют загрязнение окружающей среды и иные неблагоприятные факторы.



Одно из многочисленных умирающих мест обитания лягушек на западе США.

Амфибии населяют самые разнообразные экосистемы (пустыни, леса, степи и т.д.) и встречаются как в равнинных, так и в высокогорных районах. Однако лишь немногие из них способны защититься от огромного количества неблагоприятных факторов, возникающих в результате хозяйственной деятельности человека. Некоторые из важнейших мест обитания амфибий уже полностью уничтожены, а другие загрязнены настолько, что стали непригодны для жизни.

Происходящие сегодня изменения окружающей среды вызывают сокращение популяций амфибий и развитие у них разнообразных уродств. Чрезмерный уровень УФ-излучения может тормозить развитие конечностей у головастиков или убивать зародыши в уязвимых, не защищенных твердой скорлупой яйцах. Не исключено, что глобальное потепление климата приведет к высыханию многих сырых областей, а в других местах будет способствовать широкому распространению инфекций, нарушающих нормальное развитие животных.

и аксолотлей, которым имплантировал в область зачатков задних ног крошечные стеклянные бусинки. У подопытных сформировались дополнительные ноги и появились прочие деформации!

Но результаты опытов Сешенса не доказывали, что за развитие отклонений у амфибий, обнаруженных Рутот, ответственны двуустки: в природе ни у шпорцевых лягушек, ни у аксолотлей деформации конечностей не развиваются.

В 1995 г. о работах Рута и Сешенса узнал один из авторов этой статьи — П. Джонсон. В результате широкомасштабных исследований (1996–1998 гг.) он обнаружил, что пруды, в которых встречались королевские квакши с изуродованными конечностями, кишели водными улитками *Planorbella*

tenuis, которые были промежуточными «хозяевами» двуустки *Ribeiroia ondatrae*.

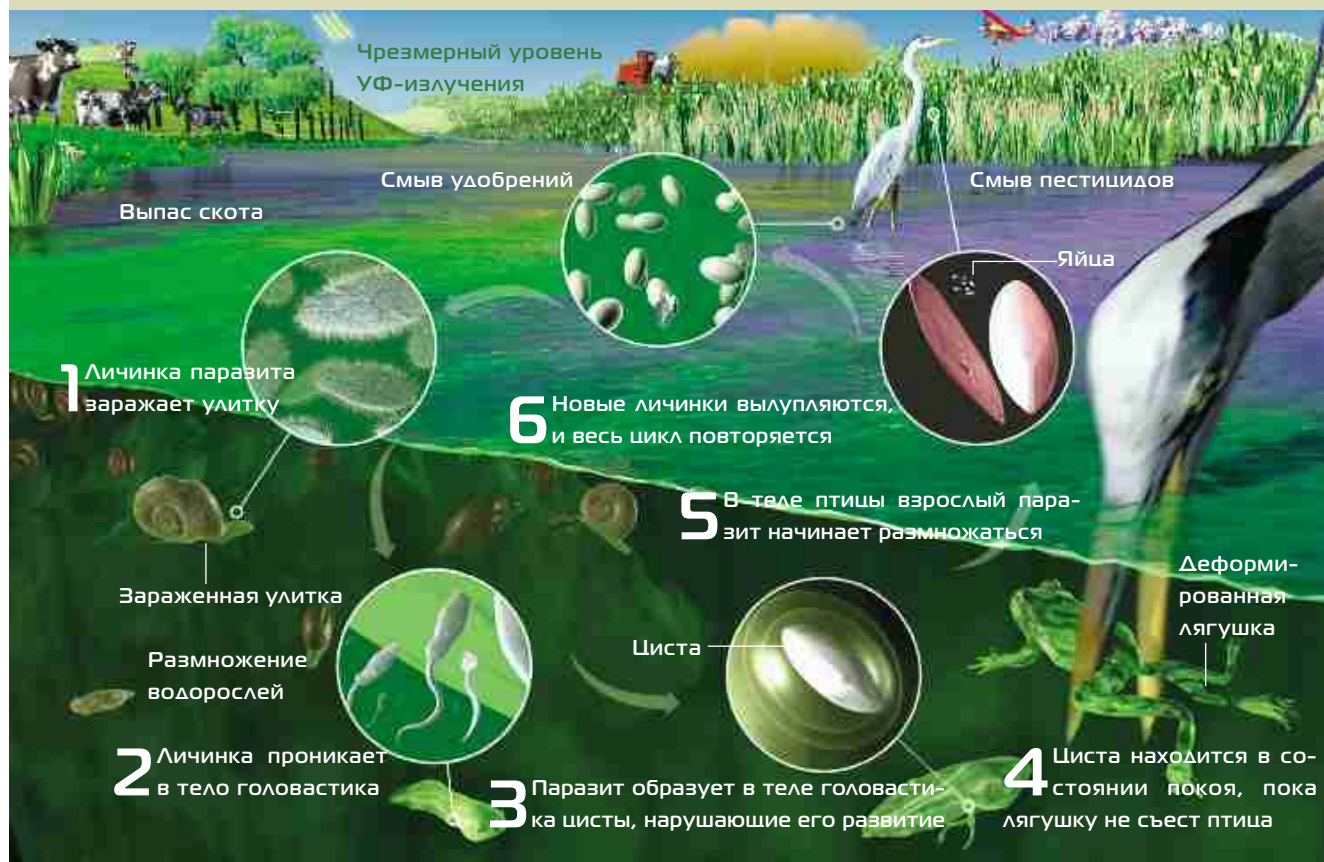
Ученые выловили деформированных животных и тут же провели вскрытие. Под кожей амфибий вокруг основания задних ног они обнаружили плотные скопления цист паразита. Для проверки предположения, что развитие дополнительных конечностей у амфибий вызывает трематода, ученые подвергли головастиков королевской квакши заражению *Ribeiroia ondatrae*. Как и ожидалось, у инфицированных животных, так же как и у диких квакш, сформировались дополнительные ноги или же конечности совсем отсутствовали. Чем больше было заражение, тем сильнее были деформации. Не зараженные головастики превращались в нормальных квакш.

Дальнейшие исследования показали, что двуустка *Ribeiroia ondatrae* вызывает пороки развития и у других амфибий. Джозеф Кизикер (Joseph M. Kiesecker) из Университета штата Пенсильвания и Джеффри Стоппер (Geffrey Stopper) из Йельского университета летом 2002 г. обнаружили, что *Ribeiroia* может вызывать деформацию конечностей у лесных и леопардовых лягушек.

Там, где обитают изуродованные амфибии, всегда присутствует паразит *Ribeiroia*, а загрязняющие химические вещества — гораздо реже. Более того, темпы распространения паразитарной инфекции в последние годы позволяют говорить об эпидемии.

Согласно статистике, до 1990 г. было выявлено всего 7 популяций амфибий с серьезными деформациями ▶

КАК ПАЗАРИТЫ УРОДУЮТ ЛЯГУШЕК



Особенности жизненного цикла позволяют двуустке *Ribeiroia ondatrae* вызывать деформации тела у лягушек в нескольких поколениях. Личинка паразита заражает улитку (1). Перейдя в ее теле в следующую стадию, паразит попадает в воду, проникает в тело головастика и пробирается к зачаткам ног амфибии (2). Здесь он образует цисту, нарушая нормальное развитие конечностей (3). Деформированная лягушка становится легкой добычей цапли – окончательного «хозяина» паразита (4). В теле птицы червь созревает и приступает

к размножению – его яйца с пометом птицы попадают в воду (5). Выходящие из яиц личинки повторяют весь цикл снова (6). Хозяйственная деятельность человека влияет на этот процесс: смываемые в пруд навоз и удобрения вызывают бурный рост водорослей, а следовательно, и рост популяции питающихся ими улиток. Чрезмерный уровень УФ-излучения также способствует распространению инфекции, ослабляя иммунитет амфибий и делая их более уязвимыми.

тела, а в 2002 г. только на западе США было обнаружено 25. Уродства были засвидетельствованы у 6 видов амфибий, а доля деформированных животных в каждой популяции составила от 5 до 90%.

В тесном взаимодействии

Сегодня ученые в полной мере изучили связь между жизненным циклом *Ribeiroia* и возникновением деформаций у амфибий, которые

вынуждены жить в одном водоеме с зараженными улитками (см. иллюстрацию на с. 78). Покинув тело улитки, паразит проникает в заднюю часть туловища головастика – в область, где находятся зачатки задних ног будущей лягушки. В результате у головастика формируются лишние ноги или конечности не образуются вовсе. В любом случае молодая амфибия теряет способность к полноценному передвижению и становится

легкой добычей для окончательных «хозяев» паразита – цапель и других птиц. В теле птицы паразит созревает и начинает размножаться. С птичьим пометом яйца двуустки попадают в воду. Вылупляющиеся из них личинки внедряются в тело улитки, и цикл повторяется снова.

Но почему заражение амфибий двуусткой *Ribeiroia* приняло характер эпидемии? Главная причина – влияние хозяйственной деятельности

человека на среду обитания животных. В популяциях диких животных, как и у людей, инфекционные болезни набирают силу тогда, когда окружающая среда благоприятствует размножению и распространению их возбудителей. Так, возобновление лесопосадок на северо-востоке США привело к росту численности белохвостых оленей, на которых паразитируют клещи, зараженные патогенной бактерией. Совокупность этих факторов повлекла за собой появление болезни Лайма. Сооружение плотин на африканских реках послужило причиной распространения шистосом, которые живут в теле водных улиток и вызывают у человека шистосомоз. За последние десятилетия изменения окружающей среды вызвали вспышки таких болезней, как хантавирусная и западно-нильская лихорадка, лихорадка Эбола и др.



Характер деформаций у амфибий зависит от фактора, который их вызвал. Паразитические трематоды могут индуцировать развитие лишних задних ног (слева). На отсутствие или недоразвитие задних ног могут влиять как паразиты, так и чрезмерное УФ-излучение или химическое загрязнение воды. По-видимому, УФ-излучение чаще приводит к аномальному развитию глаз (справа) и кожи.

В последние годы паразитарная инфекция амфибий приобрела характер эпидемии.

Недавно ученые выявили прямую связь между изменением мест обитания земноводных в результате деятельности человека и присутствием там паразитов *Ribeiroia ondatrae*. Исследование, проведенное в 2002 г. в западной части США, показало, что 44 из 59 сырых мест, где амфибии были заражены *Ribeiroia*, по сути дела представляли собой искусственные водоемы – водохранилища, бассейны, деревенские пруды и т.д. Смыв удобрений и скопления навоза способствовали бурному росту водорослей – главной пищи водных улиток-«хозяев» *Ribeiroia*. Увеличение популяций зараженных улиток приводило к пропорциональному росту числа деформированных амфибий. Как правило, искусственные водоемы изобилуют и водоплавающими птицами, которые также

необходимы для полного развития паразитического червя.

Безусловно, трематоды – не единственная причина резкого увеличения количества изуродованных амфибий. Иногда деформации туловища и аномальное развитие глаз и кожи могут возникать исключительно в результате пагубного воздействия загрязняющих веществ или чрезмерного УФ-излучения. Эти факторы, кроме того, могут инициировать распространение

инфекции за счет ослабления иммунной системы животных, что делает их более уязвимыми.

Ясно одно: сегодня на амфибий влияет множество факторов, понижающих их жизнеспособность. Задача ученых – понять характер их взаимодействия. Ведь те же самые условия окружающей среды могут оказывать пагубное воздействие на других животных и на людей. Пока не поздно, стоит прислушаться к предостережениям амфибий. ■

ОБ АВТОРАХ:

Эндрю Блаустейн (Andrew R. Blaustein) и **Питер Джонсон** (Pieter T. J. Johnson) начали совместно изучать причины возникновения деформаций у амфибий в 1998 г. Блаустейн – профессор зоологии в Университете штата Орегон, последние годы изучает динамику сокращения популяций амфибий. Джонсон – сотрудник Лимнологического центра при Висконсинском университете в г. Мадисон – изучает влияние деятельности человека на распространение болезней в водной среде.

Комментарий эксперта

Влияние загрязнения окружающей среды на животный мир – одно из наиболее популярных направлений экологии в настоящее время. В качестве тест-объектов для оценки уровня загрязнения все чаще используют икру, личинки и взрослых особей амфибий. Это связано, в первую очередь, с доступностью, распространенностью и многообразием видов амфибий. Их популяции, как правило, многочисленны, что дает возможность получить статистически значимые результаты. Не менее важной особенностью земноводных является характерная для их жизненного цикла смена среды обитания: развитие икры и личинок происходит в воде, а взрослые особи после метаморфоза покидают водоемы и переходят к сухопутному образу жизни.

Исследования в основном направлены на анализ влияния различных поллютантов на раннее развитие амфибий, причем проводится в основном экспериментальная оценка концентраций различных вредных веществ, таких как тяжелые металлы, пестициды, гербициды и т.п. Лишь немногие работы (например, группы А. С. Северцова, Москва) посвящены исследова-

ниям природных популяций земноводных, обитающих в неблагоприятных условиях, и влиянию этого нового эволюционного фактора на адаптационные преобразования в популяциях.

Проводятся и аналогичные описанные в статье Блаустейна и Джонсона исследования влияния загрязнения среды на взрослых особей. Так, многолетние исследования лаборатории В. Л. Вершинина (Екатеринбург) и Н. А. Миссюры (Днепропетровск) показали, что по мере увеличения антропогенной нагрузки наблюдается сокращение видового разнообразия амфибий, численности сохранившихся популяций, а также резко увеличивается число аномалий. К их числу, помимо описанных в статье, можно отнести искривления позвоночника, нарушения функционирования суставов задних конечностей (негнувшиеся конечности) и др. Причем число подобных дефектов в городской среде в 2–7 раз выше, чем в сельской местности. Также выявлено значительное увеличение инвазии гельминтами амфибий, что может происходить как в результате снижения сопротивляемости организма

вследствие ухудшения условий обитания, так и в результате увеличения численности паразитов, как это описано в работе Сешенса. Наиболее подробно в России исследуется влияние уровня загрязнения на репродуктивную систему самок. Известно, что в зависимости от степени загрязнения нерестовых водоемов может наблюдаться либо увеличение аномальных зигот, как, например, близнецовые зиготы, либо полная резорбция яичников, т.е. невозможность размножения самок. В результате до 70% кладок лягушек погибает на ранних стадиях развития.

Все эти факты свидетельствуют о чувствительности амфибий к антропогенным изменениям в окружающей среде, и частота аномалий их развития, безусловно, может служить показателем общего состояния окружающей среды. ■

ОБ АВТОРЕ:

Северцова Елена Алексеевна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник кафедры биологической эволюции биологического факультета МГУ.



«Очевидное – невероятное»

Смотрите в мае по субботам в 15.00 на ТВЦ:

Психология – царица наук XXI века.

В студии доктор биологических наук, заведующий лабораторией Института психологии РАН **А. Н. Лебедев**.
Что сейчас известно о психике человека? Можно ли выделить элементы внутреннего мира человека? В психологии, как и в точных науках, есть свои законы и константы. Их изучение дает возможность понять механизм памяти, разработать модели ее оптимизации. Диагностика по энцефалограмме с большой точностью позволяет состав-

ить психологический портрет человека, выявить его наклонности и способности.

Медицина XXI века

В студии академик РАН, директор Гематологического центра РАМН, **А. И. Воробьев**.
Молекулярная диагностика позволяет одновременно проверять тысячи молекул. Достижения российских ученых в данной области вселяют надежду на то, что в обозримом будущем рак будет побежден. В передаче приводятся статистика заболеваний и интересные

факты о тенденциях развития недуга и причинах смертности.

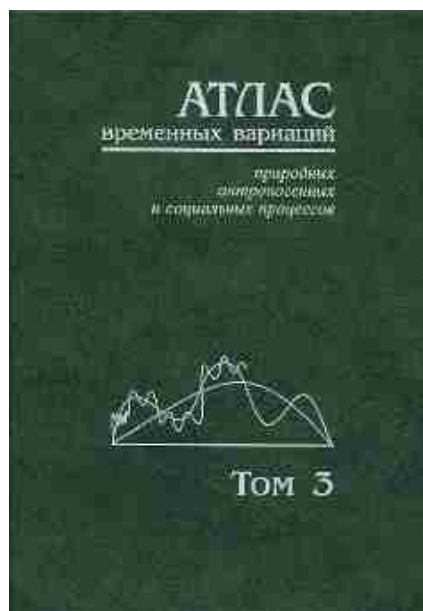
Культура первобытных народов.

В студии известный путешественник **Олег Алиев**.
В наше время еще существуют места, куда не ступала нога цивилизованного человека. Чему нас могут научить первобытные народы? Уникальные кадры, снятые Олегом Алиевым, заставляют нас усомниться в нашем высокомерном отношении к «примитивным народам».

«Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов»

Том 3. «Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий».

М.: Янус-К, 2002. – 672 с.



19 марта состоялась презентация 3-го тома фундаментального междисциплинарного научного труда – «Атласа временных вариаций...», работа над которым велась в течение многих лет. Том посвящен памяти великих русских ученых, академиков А. Л. Яншина и Н. Н. Моисеева. Исследования касаются самых различных явлений в широчайшем масштабе времени и пространства. Атлас содержит сведения об особенностях динамики процессов в природе и обществе. Эта работа, не имеющая аналогов, инициирована группой ученых из Института физики Земли РАН. Общее редактирование осуществляется академиком Н. П. Лавровым. Составители атласа – А. Г. Гамбурцев, О. В. Олейник и С. И. Александров. Среди авторов – а их более 200 человек – известные ученые и государственные деятели России. Первый том вышел в свет еще в 1994 г., второй –

в 1998-м, и в октябре 1998 г. состоялась презентация первых двух томов.

Научная цель работы – выявить закономерности динамики процессов, происходящих в природе и обществе под воздействием природных и антропогенных факторов. Практическая цель – способствовать защите биосферы и человека. Атлас открывает ряд междисциплинарных исследований по изучению причинно-следственных и корреляционных связей между различными процессами. Это, по мнению авторов, позволит приблизиться к возможности прогнозирования процессов и явлений в биосфере и определения режимов экологически грамотного природопользования. Авторы стремятся с единых позиций рассмотреть динамику процессов в объектах, различающихся по физической природе, свойствам и масштабам.

Известно, что на биосферу оказывают воздействия различные факторы – земные и космические, природные и антропогенные, глобальные и локальные. Биосфера реагирует на внешние воздействия различными изменениями, проявляющимися во временных вариациях различных показателей. В книге рассмотрены временные вариации процессов, протекающих в космосе, литосфере, атмосфере, гидросфере и биоте, вариации показателей медицинских и социальных процессов. Получены впечатляющие результаты по эколого-физиологическому обоснованию влияния космических феноменов на организм человека и особенностям организации медико-профилактических мероприятий.

В основе исследований лежат работы, связанные с теоретическим и экспериментальным изучением эволюции

открытых динамических систем, к которым относятся Земля и ее отдельные части. Один из основных выводов работы состоит в том, что реакция биосферы на постоянно действующие источники изменяется во времени. На следующем этапе предстоит объяснить особенности динамики и научиться выявлять причинно-следственные связи между процессами.

Основным препятствием к прогнозированию многих процессов является их нестационарность, а также подвижность и изменчивость причинно-следственных связей, недостаточное их знание. Поведение разных частей биосферы имеет различную степень предсказуемости и адекватности реакции на внешние воздействия. В связи с этим есть необходимость комплексно рассматривать динамику параметров, описывающих состояние геосфер и их частей, медицинских и других показателей, которые характеризуются разными ритмами, контрастом, степенью упорядоченности. Подобные исследования позволят учитывать фоновые вариации среды при антропогенных воздействиях.

Работа позволяет подойти к прогнозированию явлений, в том числе экологических бедствий, эпидемий и т.д., с новых позиций. Это важно, поскольку в нашей жизни большую роль играют совершенно, казалось бы, несвязанные между собой факторы, – как природные, так и антропогенные и социальные. Мониторинг ведется в России в значительных объемах, однако эти исследования разрозненны, результаты сопоставляются недостаточно. Атлас в какой-то мере восполняет эти недостатки и призывает

к проведению комплексного мониторинга и комплексного рассмотрения динамики процессов на более высоком уровне.

Рассматриваемые в атласе проблемы приоритетны для российской и мировой науки. Книга носит справочный и учебный характер и уже используется в вузах.

Работа многих авторов, и прежде всего составителей, выполнена на высоком энтузиазме. Если мы хотим, чтобы эта работа продолжалась, ее, конечно, нужно поддержать не только морально. Нельзя не сказать слов благодарности в адрес составителей атласа,

и прежде всего А. Г. Гамбурцева, без энтузиазма и титанического труда которого вряд ли вышел бы этот огромный по объему и содержанию многоплановый научный труд.

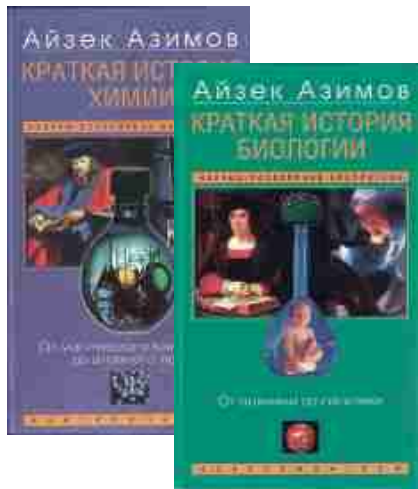
На презентации первого и второго томов 16 октября 1998 г. академик А. Л. Яншин высоко оценил эти два тома и закончил свое выступление следующими словами: «...после окончания третьего тома представить атлас на соискание Государственной премии России. У нас не было таких крупных работ в последнее время. Я считаю, что он достоин самой высокой награды из тех, которые

продолжают существовать в нашей стране». На прошедшей 19 марта 2003 г. презентации третьего тома выступавшие подтвердили необходимость высокой государственной оценки этой работы. ■

ОБ АВТОРАХ:

Н.А. Агаджанян – заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, академик РАН и РАЕН.

О.Г. Сорохтин – заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, академик РАЕН.



Айзек Азимов
Краткая история биологии.

От алхимии до генетики.

Краткая история химии.

От магического кристалла до атомного ядра.

М.: Центрполиграф, 2002.

Имя Айзека Азимова (1920–1992) хорошо известно современному читателю, однако все же есть грани его литературного творчества, с которыми отечественный читатель знакомится впервые. Выйдя в 1958 году в отставку и целиком посвятив себя литературной работе, Азимов выпускает многотомную серию научно-популярных книг под общим названием «Энциклопедия интеллигентного человека». Он решил рассказать историю накопления человеком знаний об окружающем мире. Отдельные выпуски серии посвящены космологии, кибернетике, философии, мифологии. В настоящее время издательство «Центрополиграф» последовательно

осуществляет выпуск этого уникального сочинения.

Перед нами опыт восприятия истории человеческого знания писателем и мыслителем, поэтому и манера изложения материала необычна. Не случайно за эту серию в 1963 году Азимов получил Премию Хьюго в номинации «за популяризацию науки», которую обычно присуждают за научно-фантастические произведения. Первые два тома посвящены истории химии и биологии. В простой и доступной форме писатель прослеживает историю возникновения наук, рассказывает о крупнейших открытиях и знаменитых ученых.

Ни на минуту не забывая о том, что его читатель живет в XX веке, Азимов

показывает, как человечество продолжает пользоваться открытиями ученых древности. В историю биологии писатель включает рассказ о врачах и философах античности, создав небольшие портретные зарисовки виднейших деятелей прошлого. Занимательная и живая манера подачи материала немного шокирует русского читателя, привыкшего к большому академизму изложения. Возможно, некоторым его книга покажется слишком краткой, лапидарной. Но ведь подобные книги рассчитаны на неподготовленного читателя, который получает первоначальные сведения о сложнейших явлениях науки. ■

ЦАРЬ МОРСКИХ ПРОСТОРОВ

По материалам беседы с В. М. Бельковичем

В античные времена люди поклонялись дельфину как божеству, чеканили изображение на монетах, давали его имя городам и созвездиям. Он был выгравирован на кольце и поясе Одиссея.

В XX веке исследователи пытались начать осмысленный диалог с китообразными, сравнивая мозг человека и дельфина, изучали способность животных воспринимать и анализировать различную информацию. Существует множество красивых легенд, написано бесконечное количество фантастических романов и отснято сотни кинолент, так что реальные экспериментальные данные рискуют показаться скучнее, чем якобы известные факты о «говорящих» дельфинах и их «второй цивилизации». Между тем их физиологические особенности, интеллектуальные возможности, социальная организация удивительнее, чем самые невероятные гипотезы и выдумки.

Совершенство чувств

Что известно науке о дельфинах? Китообразные безошибочно ориентируются в океане ночью и днем, в бурю и штиль, на глубинах и на поверхности. Совершая тысячекilометровые путешествия, дельфины достигают цели при помощи совершенных органов чувств, улавливая то, что происходит в воде и на суше.

Сигналы, издаваемые дельфинами, используются для связи и ориентации по отраженным эхо-сигналам. В процессе эксперимента по изучению локаций животным предъявляли, с точки

зрения экспериментаторов, совершенно одинаковые мишени. Однако дельфины воспринимали их как разные: незначительный дефект на поверхности одной из мишеней изменял эхо-сигнал.

В воде акустическая информация распространяется на самых больших расстояниях. Дальность ее передачи (она распространяется со скоростью в 1,5 км/сек) меняется в зависимости от частоты и интенсивности сигнала, состояния поверхности моря и других факторов (в том числе и от температуры, солености, давления). С помощью локаций точность и детальность акустических образов сопоставима со зрительным восприятием человека: это буквально «видение» ушами, благо дельфины обладают большими специализированными слуховыми отделами, обеспечивающими сложную переработку поступающей из океана информации. Дальность передачи оптических образов не так велика и резко сокращается с глубиной, а вблизи поверхности меняется в зависимости от освещенности и прозрачности воды. В воде китообразные различают предметы на расстоянии максимум в десятки метров, в то время как на воздухе зрение становится главным средством получения информации.

Как только дельфин выныривает и голова оказывается на поверхности моря, его слух резко ухудшается. Меняется и информационное поле. Основная система общения у китообразных – акустическая. Они часто обмениваются сигналами. Есть сигналы питания, тревоги, страха, боли

и т.д. Замечены и отличия в «языке» разных видов китообразных.

Наблюдения в природе показывают, что дельфины могут передать своим сородичам точную информацию, в том числе и о грозящих неприятностях. Например, один из дельфинов оповестил других о существовании судна, с которого в него бросали бутылки. И все особи в стае стали избегать встречи с недружественным кораблем.

Дельфины могут передавать и довольно сложную информацию.

После Второй мировой войны в Антарктике появилась китобойная флотилия, состоящая из переоснащенных немецких тральщиков, на каждом из которых была пушка. Все суда были одинаковы, но с борта одного из них стреляли по касаткам. После выстрелов ни одно животное не приблизилось к этому тральщику. Информация о грозящей беде мгновенно распространилась повсюду.

Интересно, что когда в море встречаются знакомые группы животных, то наблюдается всплеск акустической активности, если же дельфины не известны друг другу, то они словно не замечают соседей. Исследователи выделили класс определенных сигналов, принадлежащих стаду из 40 дельфинов, в которые затем ввели такие параметры, как длительность, амплитуда, спектральный состав. Проанализировали статистические данные, однако компьютер разницу обнаружить не смог. Тогда применили метод, используемый для анализа человеческой речи, и сигналы разложились на 40

Много очевидного и невероятного о загадочных существах, превосходящих по разуму многих животных, узнали телезрители из беседы профессора Сергея Петровича Капицы с доктором биологических наук Всеволодом Михайловичем Бельковичем, заведующим Лабораторией поведения и биоакустики морских млекопитающих Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

групп. Таким образом, был сделан первый шаг в расшифровке индивидуальных отличий сигналов дельфинов.

Оценить степень сложности системы общения позволяет семиотика – наука о естественных и искусственных языках как знаковых системах. В человеческих языках запрограммирована определенная иерархия алфавитов. На низшей ступени – несколько десятков

звуков (в письме, соответственно, букв). На более высокой – слоги, в которых по законам комбинаторики элементов намного больше. Дальше – морфемы и словоформы. Три или больше уровней передачи сигналов обеспечивают любые потребности общения и образуют открытую систему. До недавнего времени считалось, что такая система свойственна только человеку. Многочислен-

ные наблюдения показывают, что в сигналах дельфинов существует множество тонкостей. Формальные математические критерии показывают, что их сигналы (свисты, скрипы и т.д.) позволяют передавать неограниченный объем информации, то есть это система языка открытого типа, как и у человека.

Безусловно, проблема акустики и коммуникаций представляется важной, ▶



поскольку человечество намерено осваивать другие миры, вступать в контакт с иными существами.

Леонид Викторович Крушинский установил экспериментальным путем, что у дельфинов великолепная память, они прекрасно решают логические задачи. (Например, мать узнает своего выросшего детеныша, несмотря на то, что он 15 лет жил в другом океанариуме).

Охота по правилам

Система коммуникации тесно связана с поведением китообразных. Проведены исследования охотничьего поведения животных в Черном море. При кажущемся разнообразии главным для дельфинов, как и для человека, волка и других животных, является ограничение подвижности и маневренности добычи, что достигается определенными приемами. Например, обнаружив косяк рыб, животные окружают его, берут в кольцо, которое затем сужают, плавая по кругу. Периодически они выхватывают ту или иную рыбу, образуя подобие карусели. Прижать рыбу к преграде, ко дну, к берегу, к поверхности воды, к другому дельфину – задача охотников.

Животные идут на охоту в полном молчании, чтобы не распугать рыбу. Обнаружив добычу, дельфины начинают совещаться, что приводит к взрыву акустической активности. Коллективная охота без организации и управления

невозможна. Животные разбиваются на группы, у каждой из которых своя задача: одни плывут вперед, преграждая рыбе выход из бухты, другие начинают ее поджимать к берегу, третьи гонят к поверхности. Рыба обнаруживается по акустическому каналу шумопеленгации, затем включается локационный аппарат, и наконец, главным становится зрение. Потом идет коммуникативный сигнал, причем блок «разговора», который был во время совещания, – точная копия последовательных блоков из трех, четырех, пяти сигналов. Звуки носят не эмоциональный, а скорее информативный и уточняющий характер. Выяснилось, что в зависимости от ситуации блоки сигналов могут меняться. Появилась рабочая гипотеза: дельфины имеют ограниченный набор сигналов, но их комбинаторика безгранична и определяется ситуацией.

Взрослый дельфин способен развивать скорость свыше 50 км/ч, чему способствует не только обтекаемая форма тела, но и особые свойства кожи. Внешний слой (примерно 1,5 мм) чрезвычайно эластичен, а внутренний (толщиной около 4 мм) состоит из плотной ткани.

«Паспорт» дельфина определяется по числу дентиновых слоев на срезах зубов. (Каждый год образует два слоя.) Черноморские дельфины живут

50–60 лет, но трудно сказать, какой процент животных достигает этого возраста. Репродуктивный возраст у дельфинов разных видов наступает в 2–5 лет, а к 20 годам способность к размножению проходит. Ежегодно появляется один детеныш, иногда с перерывом в 1–3 года.

Жизнь белухи, или Все по закону

Дельфины – самые мелкие китообразные, хотя они сродни зубатым кашалотам. Наиболее близкие их родичи – белухи (арктические дельфины), обитающие на севере нашей страны, а также в Японском и Охотском морях. Они достигают в длину 5–6 м, а весят более тонны. Животные держатся стаями в сотни голов, которые летом состоят в основном из самцов. Однажды во время разведывательной экспедиции исследователям удалось увидеть большое скопление самок с детенышами. Дальнейшие наблюдения привели к интереснейшим выводам. Оказалось, что самки-белухи ведут оседлый образ жизни, и у каждого стада существует свое место репродуктивного скопления, так называемые «дамские клубы», где происходят роды белухи, которой по необходимости помогают добровольные ассистенты из числа бездетных самок. Они дают возможность новорожденному подняться к поверхности моря, если тот вдруг начинает опускаться вниз. Самое удивительное, что появление каждого белушонка сопровождается неимоверным взрывом акустической активности. Это можно перевести так: «Ой, какой хорошенький!» И восторгу нет предела. Первые часы дельфиненок еще не очень хорошо плавает. Рядом всегда находится мать, и через некоторое время детеныш начинает питаться густым, жирным (40%) молоком. У малыша нет щек, и поэтому его язык работает, как поршень, создавая разрежение, и молоко попадает ему в рот. Все происходит под водой: дыхательный канал отделен от пищевода, и дельфин может заглатывать пищу, не захлебываясь. Через 2–4 года он становится взрослым.



Подростки самцы белухи в возрасте четырех–пяти лет уплывают из материнской семьи, образуя самостоятельные стада. В сообществе существует незримая иерархия: вожаки и подчиненные. Особых отличий нет, но вождя всегда берет на себя ответственность в критической ситуации. Например, когда к стаду приближается лодка или судно, все животные терпеливо ждут, пока один или два лидера подплывут и детально обследуют его и вынесут вердикт: надо бояться, можно игнорировать и так далее.

Кроме того, очень высок уровень социальных контактов: устанавливаются ранги, происходят личные знакомства. Социальные контакты играют колоссальную роль в том, что вид структури-



Численность коренного населения белухи в Белом и Баренцевом морях – всего 1500–2000 особей.

рован, представляя собой организованные сообщества.

Таким образом, кроме высокой степени индивидуальной «разумности», дельфинов отличает не менее удивительная «социальная избирательность». Животным свойственно не просто запрограммированное природой следование стандартным инстинктам, а согласование своих действий в пользу популяции в целом, ее сохранения, стабильности.

Так называемые «дамские клубы» закрыты для самцов и для тех, кто не является представителем клана. Дельфинья «социальная» организация, во всяком случае внешне, напоминает структуру человеческого общества времен матриархата.

Установлено, что в Белом море летом находится восемь скоплений белухи, где живут только самки с детенышами. Ежегодно там появляются 14–15 белушат, не больше и не меньше. Часть самок остаются без пары. С удивительным постоянством наблюдается следующий сюжет. Вот

в стойбище приплывают 6–7 «женихов». Если выясняется, что их количество превышает необходимое, начинается совещание. Белухи всплывают и образуют подобие звездочки, голова к голове. Вскоре, по-видимому, придя к определенному соглашению, они расплываются в разные стороны: три остаются, а три уплывают. Это один из элементов регуляции рождаемости.

Окраска белухи зависит от возраста. Детеныш рождается коричневым, а через неделю начинает темнеть. В коже есть мощный слой меланино-

вых клеток, которые со временем мигрируют к поверхности кожи, и животное становится черным. Но запас меланиновых клеток ограничен, и по мере увеличения размеров белухи происходит снижение интенсивности окраски, то есть кожа светлеет. Подросток превращается из темного в светло-серого, а к 4–6 годам становится белым. И ближе к старости приобретает желтый оттенок.

Ошибки в расчетах

Трудно определить численность белухи. По визуальным наблюдениям ▶

ОБ АВТОРЕ:

Белькович Всеволод Михайлович – в 1964–67 гг. впервые в нашей стране разработал приемы и методы отлова, транспортировки, адаптации, медико-биологического контроля, длительного содержания и дрессировки дельфинов для проведения экспериментальных исследований в океанариуме вблизи г. Гагры. В 1974 г. организовал первые комплексные исследования свободноживущих черноморских дельфинов на биополегоне «Морское» (Зап. Крым). Сейчас занимается исследованием поведения и биоакустики белухи в Арктике. Автор более 250 публикаций.



с берега, стадо, растянувшееся на несколько километров, может оцениваться в десятки тысяч животных, а при подсчете с самолета оказывается, что в нем всего 700 особей. Оценка количества белухи, обитающей в Белом и Баренцевом морях, всегда была весьма умозрительной (15–20 тыс.). Не было гипотезы, которая позволяла бы подойти к решению этой задачи. Круг замкнулся, когда были обнаружены 8 репродуктивных скопления в Белом море, в каждом из которых обитало по 90–100 животных, т.е. всего 800, а это 50% популяции.

Самцы уходят за рыбой из Белого моря в Баренцево. Если 8 беломорских стад белухи имеют общую численность до 1,6 тыс. голов, то для численности в 15 тыс. таких скоплений должно быть не менее 100. Где же они расположены? Несмотря на благоприятные условия для размножения белухи – мелкие, хорошо прогреваемые участки, опресненная вода (в опресненной воде быстрее происходит линька), – наблюдения в Баренцевом море ничего не дали. Последовал вывод: численность белухи в Белом и Баренцевом морях – всего 1500–2000 особей. Поэтому все репродуктивные скопления белухи необходимо беречь как зеницу ока. В Баренцево море приходят белухи из Карского и Белого морей на зимовку и кормежку.

Результаты исследований впервые показали реальную структуру популяции, и что для воспроизводства и сохранения вида необходимы определенные условия. Их надо соблюдать с июня по август. Это очень важно для понимания биологии вида вообще и для охраны (запрет на отлов в местах скоплений). В Канаде, в Гудзоновом проливе, в результате неразумной охоты в местах скоплений численность белухи сократилась с 10 тыс. до 3 тыс. за 10 лет. Были грубо нарушены законы репродукции.

Для воли рожденные

Дельфины подвергаются стрессовому воздействию, попадая из моря в бассейны. Если не использовать транквилизаторы, то животные могут погибнуть через 5–7 дней. Стресс ведет

к сбою всех систем организма, теряется ориентация, снижается иммунитет и т.д. Очутившись в искусственной и загрязненной среде, дельфины получают пневмококковые инфекции, воспаление легких и т.д. Больное животное агонизирует, мечется, не разбирая дороги. Интенсивно работая хвостом, оно как бы уплывает от своей беды. Тяжелый, мучительно долгий процесс. Дельфины стараются прийти на помощь пострадавшему, но, чувствуя, что конец близок, оставляют свои попытки.

Когда стадо дельфинов выбрасывается на берег, люди из числа добровольцев пытаются стянуть животных с признаками жизни в воду. Однако очутившись в родной стихии, они выбрасываются на сушу снова. Существует гипотеза, что их поведение подобно тому, как лебедь бросается камнем с небес, следуя за своей подстреленной парой.

В бассейне дельфины четко выстраивают свои отношения с каждым человеком, их реакция адекватна: они знают, кто злой, к кому можно подлизываться или обливать водой. У них есть свои привязанности. Труднее всего работать со старыми животными, поскольку они предпочитают близко не общаться с человеком. Молодой дельфин подплывает, идет на контакт, а старый и опытный порой «отговаривает» его, хватая за хвост. ■

Иллюстрации предоставлены Лабораторией поведения и биоакустики морских млекопитающих ИО РАН.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Белькович В.М., Борисов В.И., Яблоков А.В. **Киты и дельфины.** – М.: Наука, 1972.
 Белькович В.М., Дубровский А.Н. **Сенсорные основы ориентации дельфинов.** – М.: Наука, 1967.
 Белькович В.М., **Ориентация дельфинов. Механизмы и модели.** – М.: Наука, 2001.
 Крушинский Л.В. **Биологические основы рассудочной деятельности.** – Изд. МГУ, 1977.
 Лилли Дж. **Человек и дельфин.** – М.: Мир, 1964.
 Соколов В.Е., ред. **Черноморские афалии.** – М.: Наука, 1997.
 Томилин А.Г. **Дельфины служат человеку.** – М.: Знание, 1964.

ЗАГЛЯДЫВАЯ ВНУТРЬ ЗЕМЛИ

Репортаж из Гавайского национального парка вулканов.

Маргерит Холлоуэй

Наш вертолет отрывается от земли и разворачивается в сторону горизонта, серого от дымки и вулканических газов. Покинув аэропорт острова Гавайи, самого крупного среди Гавайских островов, мы летим над обширными зелеными плантациями макадамии, занимающими площадь 10 км². Лобовое стекло вертолета заливает дождь (в год здесь выпадает

325–500 см осадков). К счастью, ливень явно идет на убыль, и мы, четверо пассажиров и пилот, скоро пролетим над действующим вулканом, извергающим пары серы, раскаленную лаву и обжигающий пар.

Ветер дует с востока на запад, захватывая облака газа и дыма. Поэтому наш вертолет зависает с восточной стороны жерла Пу'у-'О'о, которое рас-

полагается в районе восточной рифтовой зоны вулкана Килауэа и извергает вулканический материал уже 20 лет. По бокам жерла возвышаются бурые пепловые конусы; сквозь специальные люки, установленные в основании кратера, видно, как внутри ослепительно сверкают раскаленные и разжиженные породы. Вокруг простираются застывшие лавовые потоки: покровы древних бурых и недавно остывших черных пород. Медленно снижаясь, вертолет описывает круги вокруг Пу'у-'О'о, и мы различаем оборудование, установленное Гавайской вулканологической станцией. Оно размещается в Гавайском национальном парке вулканов на краю ныне спокойной кальдеры Килауэа, где еще ощущаются тепло и запах серы. (Из этого жерла в сутки выделяется более 1500 тонн диоксида серы SO₂.) Развернувшись на юг, следуем вдоль лавовой трубки – туннеля под затвердевшим лавовым потоком, по которому текут расплавленные породы с температурой порядка 1100°C. Огненно-красная лава обрушивается в бирюзовые воды Тихого океана, и высоко над черными песками пляжа поднимаются плотные облака белоснежного пара, содержащего осколки кремнезема и соляную кислоту. На ранней стадии существования наша планета была окрашена именно в такие цвета: красный, черный и голубой.

Путешествие закончилось, и мы возвращаемся в Хило, пролетая над «полем битвы» из обгоревших деревьев и погребенных под вулканическими выбросами домов. В 1983–1986 гг. извержения из Пу'у-'О'о разрушили объединение Королевских садов. С воздуха легко оценить мощь вулкана – главной силы, формирующей



этот остров, площадью около 2,5 км². В процессе своей жизнедеятельности он создает новую сушу, испепеляя все вокруг.

В Гавайском национальном парке вулканов нет недостатка в посетителях, которые приезжают взглянуть на покрытые пеплом кратеры, кальдеры, вулканические конусы, струйки газа и голые стволы деревьев. Они карабкаются по крутым склонам гор, безрассудно пытаясь увидеть лаву собственными глазами, шагают по только что затвердевшей, но еще горячей лаве, жадно вглядываясь в расщелины, чтобы хоть мельком увидеть раскаленный докрасна поток. По словам директора парка Джима Мартина (Jim Martin), это стоило жизни пятерым туристам, проигнорировавшим предупреждения об опасности. Обычно гавайские вулканы ведут себя кротко. Магма в этом районе более жидкая, чем в большинстве других, и содержит меньшее количество газов, изливается спокойно, что приводит к формированию так называемых щитовых вулканов, имеющих форму уплощенного, широкого и низкого купола.

Образующие Гавайские острова вулканы возникли не в результате субдукции (пододвигания) одной литосферной плиты под другую, как, например, Пинатубо, Фудзияма, Сент-Хеленс и другие вулканы Огненного кольца. Магма Гавайских островов вырывается на поверхность из точки, расположенной в земной мантии на глубине 100 км. Охлаждаясь, она формирует гигантские горы, которые возвышаются над поверхностью воды. Спустя миллионы лет, по мере движения Тихоокеанской плиты к северо-западу, эти вулканические острова сместятся вместе с ней и уже не будут располагаться над горячей точкой – тогда извержения прекратятся, т.е. вулканы потухнут. А над горячей точкой начнут формироваться новые горы. Самые молодые из современных гавайских вулканов – Килауэа и подводная гора Ло'ихи – появятся над поверхностью воды через 10 000 лет.



Газы, выходящие из жерла Пу'у-'О'о (сверху) содержат диоксид серы, который приводит к выпадению кислотных дождей и вызывает заболевания дыхательных путей. Лавовые конусы в районе Пу'у-'О'о часто встречаются в парке среди других вулканических построек (нижний рисунок), так же как погубленные леса (слева).

В Гавайском национальном парке встречаются вулканы на разных стадиях развития – в том числе Мауна-Лоа – самый крупный в мире вулкан по объему составляющего его материала. Мауна-Лоа последний раз извергался в 1984 г., но в прошлом году он пробудился вновь. По оценкам вулканологов, горячая точка имеет

в диаметре 350–400 км, а в пределах такой площади жерла могут раскрываться, притом неоднократно, в нескольких местах.

Жизнь вокруг вулканов продолжается, и прекрасные тропические леса и саванны вновь образуются на богатых минеральными веществами лавовых покровах. ■

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЮТ ЦАРАПИНЫ

Марк Фишетти

Раскрытие преступлений во многом зависит от идентификации огнестрельного оружия. Если оно было обнаружено на месте трагедии, то прежде всего криминалисты сравнивают калибр ствола с калибром найденных пуль и гильз. Затем сверяют оставленные на них микроскопические следы от уникальных дефектов бойка и нарезки с отметинами и царапинами на экземплярах, полученных после контрольного выстрела.

В тех случаях, когда соответствие не установлено или оружие попросту не найдено на месте преступления, специалисты обращаются к Общей базе данных по ствольным нарезкам. Основная сложность при выяснении модели винтовки или пистолета состоит в том, что похожие характеристики, как правило, имеют от 20 до 150 марок огнестрельного оружия.

При необходимости криминалист может сделать фотографии исследуемых пуль и гильз и отправить их по Интернету в Единую национальную сеть баллистической информации (*NIBIN*), находящуюся в ведении ФБР и Федерального бюро по алкоголю, табаку и огнестрельному оружию (*ATF*). Региональные судебные эксперты ежедневно пополняют *NIBIN* новыми изображениями вещественных доказательств, а также результатами, полученными при контрольных выстрелах. В ответ на присланный запрос каждому специалисту высылаются десяток наиболее близких соответствий с указанием конкретных образцов оружия. Затем криминалист самостоятельно сопоставляет полученные фотографии с имеющимися у него уликами.

В связи с событиями вокруг вашингтонского снайпера возникли споры о том, не должно ли *ATF* превратить *NIBIN* в общенациональную картотеку «отпечатков пальцев» огнестрельного оружия, потребовав при этом, чтобы его производители проводили контрольные стрельбы из каждой новой боевой единицы и посылали полученные данные в *NIBIN*. Такая система будет полезной, хотя и не станет панацеей от всех бед. При возникновении ржавчины оставляемые бойком и стволом метки изменяются. К тому же преступники могут сознательно исказить картину царапин. Чтобы можно было с уверенностью заявить: да, эта пуля выпущена из этого ствола, – всегда потребуется опытный криминалист, который изучит улики под микроскопом. ■

СУЩЕСТВУЕТ НЕСКОЛЬКО видов ствольной нарезки. Широко распространены системы из 4 канавок с правой закруткой (рис. справа), из 8 канавок с левой закруткой и некоторые другие. Любая нарезка оставляет на выпущенной пуле (второе сверху фото) четкий обращенный отпечаток. Кроме того, каждое поле оставляет характерную только для него картину царапин (третье сверху фото).



ОТПЕЧАТКИ ДЕФЕКТОВ казенной части на дне гильзы, найденной на месте преступления (справа), и на контрольной гильзе после выстрела из оставленного преступником оружия (слева).



ДВЕ ПУЛИ с отпечатками шести канавок правой нарезки. Шаг закрутки различен, а это значит, что стреляли из разных стволов.



МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТЫ ствола оставили одинаковые царапины на двух пулях. Одна из них была обнаружена на месте преступления (слева), а другая была выпущена из найденного там же оружия при контрольном выстреле (справа).



НА ФРАГМЕНТЕ ПУЛИ, несмотря на то, что он очень сильно поврежден, видны отпечатки нарезки ствола и царапины, которые помогут экспертам раскрыть преступление.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

• **ЭКС-КАЛИБР:** Пуля калибра .22 имеет диаметр примерно 0,22 дюйма (5,6 мм). По маркировке на гильзе можно узнать калибр, изготовителя и специфические характеристики патрона. Например, надпись *.32 S&W Long* обозначает удлиненную пулю калибра .32 производства *Smith&Wesson*. Белтвейский снайпер (*Beltway* – «Кольцевая» – магистральная дорога вокруг Вашингтона) оставлял после себя гильзы с маркировкой .223. Здесь цифра «3» говорит о том, что это был удлиненный патрон калибра .222 производства *Remington* с увеличенным количеством пороха для придания пуле дополнительной скорости. В США продается более 25 моделей винтовок этого калибра.

• **ЗНАНИЕ-СИЛА:** В США существуют три общегосударственные базы данных. Единая автоматизированная дактило-

скопическая система содержит 40 млн. отпечатков пальцев ранее подозреваемых граждан и отбывающих наказание преступников. Объединенный каталог ДНК насчитывает 1,2 млн. генетических профилей. А в Единой национальной сети баллистической информации можно отыскать полмиллиона фотографий пуль и гильз. Криминалисты постоянно вносят новые данные, чтобы в дальнейшем успешно идентифицировать улики. Однако борцы за гражданские права обеспокоены возможными злоупотреблениями имеющейся информацией.

• **ВОДНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ:** Специалисты по огнестрельному оружию проводят испытания, выстреливая сквозь заполненный водой прямоугольный бак (1 м в ширину, 1 м в высоту и 3 м в длину). Пуля, выпущенная из револьвера, успевает пролететь всего 1,5 м прежде чем падает на дно: из-за чудовищного трения она очень быстро теряет энергию.



НАЖАТИЕ СПУСКОВОГО КРЮЧКА освобождает боек. Он ударяет по капсюлю, воспламеняя порох. Взрыв выбрасывает пулю и прижимает к казенной части оружия дно гильзы, на котором образуются предательские отпечатки. Спиральная система полей и канавок в стволе придает вылетающей пуле вращение, повышая точность выстрела.

ЭКСПЕРТЫ используют специальные криминалистические микроскопы для сравнения расположенных рядом пуль и гильз при увеличениях от 5 до 40 раз.

БЕЛКОВЫЙ ПЕРЕЗВОН

Дэннис Шаша

В 1950-х гг. Жак Моно (Jacques Monod) и Франсуа Жакоб (Francois Jacob) из Пастеровского института в Париже обнаружили, что у кишечной палочки *Escherichia coli* есть белки-регуляторы, подавляющие синтез других белков. Предположим, что белок X подавляет образование белка Y , и представим это схематически в виде $X \rightarrow Y$. Когда концентрация белка X повышается (т.е. он начинает синтезироваться), концентрация белка Y через какое-то время (скажем, через секунду) начинает понижаться. Если же концентрация белка X начинает понижаться, то через секунду концентрация Y повышается – конечно, если его синтезу ничто другое не мешает.

Предположим, что у нас три белка – A , B , C , исходя из условия, что $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$. Если A появляется, то B через секунду исчезает, затем через тот же интервал времени появляется C , а затем исчезает A . Затем все повторяется. Возникает что-то вроде биологических часов – A , B и C периодически то появляются, то исчезают. Такой механизм действительно

был создан несколько лет назад Майклом Еловицем (Michael Elowitz), который в то время был аспирантом Принстонского университета.

Предположим, что вам нужно создать «белковый колокольчик», который звонил бы каждые 70 секунд. У вас есть восемь белковых цепочек, обозначенных буквами от A до H , каждая из которых содержит три, пять, семь или девять белков. Ни один белок в любой цепочке не влияет на образование белков из других цепочек, но один из белков в каждой цепочке подавляет синтез особого белка T , который сообщает о своем появлении «звоном». Если концентрация любого из этих восьми белков (от $A1$ до $H1$), подавляющих образование T -белка, увеличивается, то секундой позже T -белок исчезает и не появляется вновь до тех пор, пока не исчезнут все восемь белков.

Чтобы «включить» любую из цепочек, вам нужно запустить синтез одного из ее белков. Например, для включения C -цепочки можно поддерживать в течение 5 секунд синтез белка $C4$. Через одну секунду после начала синтеза $C4$

концентрация $C5$ начнет уменьшаться, затем по порядку с интервалом в секунду появится белок $C1$, исчезнет $C2$, появится $C3$. Но появление $C3$ не вызывает исчезновения $C4$ к концу 5-й секунды, поскольку мы все еще поддерживаем его синтез. Таким образом, спустя еще одну секунду после того, как мы прекратили поддерживать синтез $C4$ (или спустя шесть секунд после того, как мы начали его поддерживать), белок $C4$ все еще присутствует. Затем цикл возобновляется: на 7-й секунде появляется $C5$, на 8-й исчезает $C1$. Концентрация $C1$ начинает снова увеличиваться на 13-й секунде, уменьшаться на 18-й и тд.

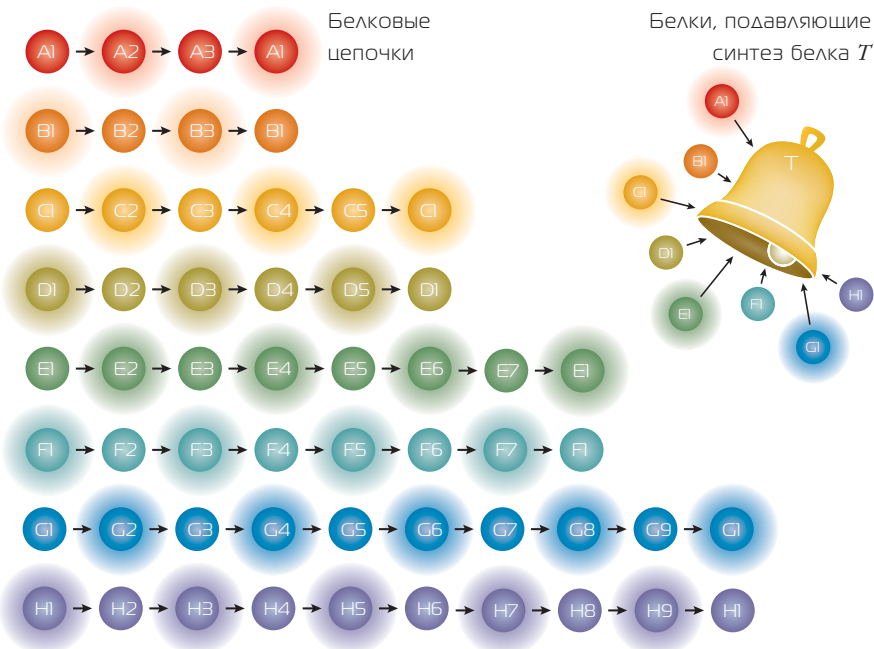
Чтобы заставить белок T «звонить» каждые 70 секунд, вам понадобятся только четыре из восьми приведенных выше цепочек. Необходимо определить, какие именно цепочки нужно оставить и как запускать каждую из них, т.е. синтез какого белка нужно поддерживать и как долго. Вы можете поддерживать синтез какого-то белка в течение 15 секунд, а затем «часы» должны начать работать самостоятельно. ■

Ответ на головоломку прошлого месяца.

Обозначим консультантов символами от A_0 до A_7 , тогда директор должен сообщить новость 25 группам из четырех человек, определенным следующим образом:

- $A_7, A_x, A_{x+1}, A_{x+3}$
- $A_8, A_x, A_{x+2}, A_{x+3}$
- $A_x, A_{x+1}, A_{x+2}, A_{x+4}$
- A_7, A_8, A_0, A_1
- A_7, A_8, A_2, A_3
- A_7, A_8, A_4, A_5
- A_7, A_8, A_6, A_0 ,

где x пробегает значения от 0 до 6, а операция $+$ означает сложение до 7 по модулю, т.е. $6+2=1$. Когда происходит утечка информации, директор определяет, каким подгруппам из трех человек нельзя больше доверять. Если подозрение падает более чем на одну подгруппу из трех человек, то он сообщает новость всем подгруппам, кроме одной. Это позволяет определить виновника непосредственно или методом исключения.



КАК РАБОТАЮТ ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРНЕТА?

Отвечает заведующий лабораторией прикладной информатики в Индианском университете, профессор информатики Джейвд Мостафа (Javed Mostafa):

Общедоступные сетевые службы, такие как *Google*, *InfoSeek*, *Northernlight* и *AltaVista*, используют различные методики повышения скорости и качества поиска. Самые распространенные из них – предварительная обработка данных, «интеллектуальное» представление и сортировка результатов по приоритету.

Время поиска можно сильно сократить, если вместо того, чтобы каждый раз просматривать миллионы *web*-сайтов, воспользоваться заранее созданным поисковым указателем. Обновлением информации занимается поисковый робот – специальная программа, добавляющая в базу данных новые *web*-страницы. Из них извлекаются ключевые слова, которые затем сортируются и вместе со ссылками на соответствующие страницы заносятся в поисковый указатель.

«Интеллектуальное» представление – это такая организация индекса,

которая позволяет сократить время поиска. Древоподобная структура гораздо эффективнее, чем последовательный список. Поиск начинается с верхнего (корневого) узла дерева. Для слов запроса, которые стоят по алфавиту раньше, чем слово, соответствующее очередной развилке, выбирается «левая» ветвь, а для тех, которые стоят позже, – «правая». Обход дерева прекращается, когда программа находит соответствие или доходит до конца ветви.

Как правило, результат запроса содержит очень много *URL*-адресов (гиперссылок). Однако из-за двусмысленности языка (сравните: «на добрую память» и «оперативная память») их релевантность (степень соответствия запросу) оказывается неодинаковой. Чтобы выбрать ссылки на самые подходящие ресурсы, применяют алгоритм ранжирования. Исходя из распределения и частоты повторения, определяют относительный вес слов, показывающий степень их важности в различных документах. Часто употребляемые слова (предлоги, местоимения и т. п.) встречаются на многих

web-страницах и обладают меньшим весом, чем слова, семантически более уместные и найденные лишь в немногих документах.

Другой метод основан на определении характера каждой страницы. Последняя может быть либо авторитетным источником, на который ссылаются многие *web*-ресурсы, либо подборкой гиперссылок. Именно этим критерием руководствуется мощная поисковая машина *Google* при выдаче результатов запроса. ■



ЧТО ТАКОЕ ЗЫБУЧИЕ ПЕСКИ?

Отвечает Даррел Лонг (Darrel G. F. Long), седиментолог с кафедры наук о земле Университета Лоурентиана в Садбери (Онтарио, Канада):

Зыбучие пески – это смесь песка с водой или воздухом. Песчинки имеют продолговатую форму, и незанятое ими пространство обычно составляет

от 25 до 30% объема. У зыбучего песка эта величина достигает 70%, и он осыпается, когда воздействие нагрузки, вибрации или находящейся под ним воды превышает силу трения, удерживающую песчинки.

Зыбучие пески обычно возникают в тех местах, где есть естественные

потоки, например на берегах рек или на пляжах во время отлива. В пустынях они встречаются редко и чаще всего располагаются на склонах дюн. Глубина оседания не превышает нескольких сантиметров, поскольку песок довольно быстро уплотняется. ■



Читайте в июньском выпуске журнала:

- Магнитары**
- Изобретательные машины**
- Самоубийства и биология: мозг-предатель**
- Пейте на здоровье?**

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

- по каталогу «Пресса России», подписной индекс 45724;
- по каталогу «Роспечать», подписной индекс 81736;
- по каталогу периодических изданий для библиотек, подписной индекс 6392;
- по каталогу изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;
- через редакцию журнала (только по России), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика) в РосНОУ по почте, по факсу: (095) 105-03-72 или по e-mail: red_nauka@rosnou.ru

Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб.

Розничная продажа в Москве осуществляется:

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., д. 1;
- в киоске РосНОУ, ул. Радио, д. 22, 1-й этаж;
- в «Доме технической книги», Ленинский проспект, д. 40;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА.



	<p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в КБ «Ист-Бридж Банк» г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 Идентификационный номер ИНН 7714082749</p>		
	<p>_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика</p>		
	Вид платежа	Дата	Сумма
	Подписка на журнал «В мире науки»		
	Плательщик		
	<p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в КБ «Ист-Бридж Банк» г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 Идентификационный номер ИНН 7714082749</p>		
	<p>_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика</p>		
	Вид платежа	Дата	Сумма
	Подписка на журнал «В мире науки»		
	Плательщик		