

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC  
AMERICAN

# В мире науки

№04 2008

## ПРИРУЧИТЬ ЭНЕРГИЮ СОЛНЦА

Блуждающие  
горячие точки

Наноустройства  
с самоподзаходом

Человеческий голос  
как музыкальный  
инструмент



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



# содержание

АПРЕЛЬ 2008



## ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- МЕДИЦИНА**  
**20 УКОРОТИТЕ СОСУДЫ – И БОЛЕЗНЬ ОТСТУПИТ**  
**Ракеш Джаин**  
*Восстановление порядка в хаотическом переплетении кровеносных сосудов в солидной опухоли открывает новые возможности ее лечения*
- ЭНЕРГЕТИКА**  
**28 ГРАНДИОЗНЫЕ ИДЕИ**  
**Джеймс Мейсон, Василис Фтенакис и Кен Цвайбель**  
*Благодаря использованию солнечной энергии США смогут к 2050 г. снизить зависимость от импортной нефти и уменьшить выбросы парниковых газов*
- ЗДРАВООХРАНЕНИЕ**  
**38 А ТАК ЛИ ПОЛЕЗЕН ФТОР?**  
**Дэн Фейгин**  
*Новые исследования показывают, что переизбыток фтора наносит вред здоровью*
- ИННОВАЦИИ**  
**46 НАНОУСТРОЙСТВА С АВТОПОДЗАВОДОМ**  
**Ван Чжонлинь**  
*Наномасштабным устройствам необходимы миниатюрные источники питания*
- НАУКИ О ЗЕМЛЕ**  
**52 БЛУЖДАЮЩИЕ «ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ»**  
**Джон Тардуно**  
*Места подъема раскаленной магмы из глубин Земли могут менять свое положение*
- ФИЗИОЛОГИЯ**  
**58 ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГОЛОС КАК МУЗЫКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ**  
**Инго Титце**  
*Голосовой аппарат человека невелик. Как же певцам удается извлекать столь волшебные звуки?*
- 66 50 ЛУЧШИХ УЧЕНЫХ**  
*В этом году призерами конкурса Scientific American 50 стали как отдельные ученые, так и целые исследовательские группы. Их работы по праву можно назвать инновационными*
- АСТРОНОМИЯ**  
**74 РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗДЫ**  
**Василий Янчилин по материалам беседы с Маратом Гильфановым и Павлом Штыковским**  
*Теория звездной эволюции уже известна. Однако до сих пор в ней существуют нерешенные проблемы, в частности, касающиеся возникновения звезд*

Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

Главный редактор: С.П. Капица

Заместители главного редактора: А.Ю. Мостинская  
О.И. Стрельцова

Зав. отделом естественных наук: В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований: Ю.Г. Юшквичюте

Выпускающий редактор: М.А. Янушкевич

Корреспондент: Д.А. Мисюров

Над номером работали:

А.Н. Божко, А.А. Гендин, Ф.С. Капица, Б.А. Квасов, Д.А. Мисюров, М.Б. Молчанов, В.А. Пивнюк, А.И. Прокопенко, И.П. Прошкина, Л.С. Раткин, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, Т.Н. Саранцева, О. Сеньков, В.И. Сидорова, П.П. Худолей, Д.С. Хованский, Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская, В.Л. Янчилин

Научные консультанты:

доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института космических исследований РАН М.Р. Гильфанов; кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института космических исследований РАН П.Е. Штыковский

Арт-директор: Л.П. Рочева

Корректур: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор

ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Отдел распространения, подписка: М.К. Бирюкова

Л.В. Леонтьева

Адрес редакции и издателя:

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

Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс: (495) 925-03-72

e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

В верстке использованы шрифты Helios и BookmanC

Отпечатано:

ООО «Первый полиграфический комбинат»

143405, Московская обл., Красногорский р-н,

п/о «Красногорск-5», Ильинское ш., 4 км

доб. (495) 510-27-92, доб. 137

© В МИРЕ НАУКИ

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.

Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 11 600 экземпляров

Цена договорная.

Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

## SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Peter Brown,  
Graham P. Collins, Mark Fichetti, Steve Mirsky,  
George Musser, Christine Soares

Chief news Editor: Philip M. Yam

Contributing editors: Marguerite Holloway,  
Michael Shermer, Sarah Simpson,  
W. Wayt Gibbs

Chairman: Brian Napack

President: Steven Yee

Vice President and managing director,  
international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

Chairman emeritus: John J. Hanley

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

© 2007 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:

### ОТ РЕДАКЦИИ

### БОЛЬШИЕ И МАЛЫЕ РЕШЕНИЯ

3

4

### 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6

### СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

- Новое слово в питании
- Похудение на шатком основании
- Сладкая косточка
- Пицца для символического мышления
- Приметы «зеленой революции»
- Создавая пространство для времени
- Ген речи
- Подальше от родственников
- Претенденты на «Большую книгу»
- Научный ландшафт Германии
- Рожденные во льдах
- Спице на здоровье
- Вернуть авторитет генной терапии
- Эра теравычислений

### ПРОФИЛЬ

### 18 КАК ПРИГОТОВИТЬ БОЛЬШИЕ МОЗГИ

Рэчел Горман

*Антрополог Ричард Ренгам считает, что секрет эволюции состоит в приготовлении пищи на огне*

80

### ЗНАНИЕ – СИЛА СВЕТ ВКЛЮЧЕН

Марк Фишетти

*Вскоре на смену лампам накаливания придут энергосберегающие компактные люминесцентные лампы*

## ОБЗОРЫ:

82

### ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ

88

### ПЕРСПЕКТИВЫ

Владимир Пивнюк

*Почему солнечно-водородная энергетика?*

91

### КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

92

### ЛАБОРАТОРИЯ ВКУСА

Анатолий Гендин

*Рассказывая о винах, обычно говорят: это вино такого-то года или такого-то урожая. А почему у испанского хереса нет возраста?*

# БОЛЬШИЕ И МАЛЫЕ РЕШЕНИЯ

## Энергетические проблемы требуют комплексного подхода

**С**тоимость барреля нефти сегодня уже подошла к отметке в \$100 и продолжает расти. В атмосфере Земли постоянно накапливаются парниковые газы. С учетом этих факторов правительству США следует принять долгосрочный план развития энергетики. В первую очередь, нужно обеспечить национальную безопасность и остановить процесс изменения климата на планете. Национальные лидеры много говорят о необходимости принять верное решение, но проблемы остаются, а предпринимаемые меры не соответствуют их масштабу.

Бизнес-решения в этой области не всегда работают должным образом. Со временем экономисты и политики придут к пониманию того, что энергетика и экология взаимозависимы, и уже сегодня необходимо принять конкретные меры по сохранению земной атмосферы. От их решений зависит, сможем ли мы к 2050 г. существенно сократить выбросы парниковых газов в атмосферу и успеем ли это сделать до того как процесс изменения климата примет необратимый характер. На протяжении многих лет редакция журнала *Scientific American* придерживается точки зрения, что для защиты окружающей среды необходимо рассматривать любые средства и технологии. Мы не настаиваем на том, что только энергия солнца, ветра или атома принесет пользу человечеству: могут быть и другие решения. В то же время мы пытаемся представить, как применение той или иной технологии скажется на развитии общества.

В статье «Грандиозные идеи», Джеймса Мейсона, Василиса Фтенакиса и Кена Цвайбеля

авторы рассуждают о том, каким образом может быть создана инфраструктура солнечной энергетики в США. Этот проект позволит к 2050 г. генерировать 2/3 электрической и 1/3 тепловой энергии, потребляемой в США. В то же время страна будет избавлена от нефтяной зависимости, а выбросы парниковых газов сократятся на треть по сравнению с нынешним уровнем. Авторы не предлагают фантастических проектов, они исходят из существующих сегодня технологий с учетом их дальнейшего развития. По их оценкам, реализация проекта потребует в ближайшие 40 лет инвестиций в объеме \$420 млрд. Специалисты склонны считать, что развитие солнечной энергетики не решит всех проблем, и понимают значение сельскохозяйственного производства.

Можно много спорить о том, насколько перспективна предложенная программа, но важно поставить эту задачу во главу угла и не пугаться ее масштабности.

В статье «Наностройства с автоподзаводом» Ван Чжонлиня рассматривается использование нанотехнологий для выработки и сохранения энергии. Ее автор с коллегами создал на базе пьезоэлектрических элементов источник питания для микро-скопических устройств, получающий энергию из внешней среды. И даже пульсирующая в венах кровь может стать генератором тока для микро-скопического медицинского оборудования. За такими устройствами большое будущее. Данная разработка может показаться не столь масштабной по сравнению с программой развития солнечной энергетики, но, думая о большом, не стоит забывать и о малом. ■



Каковы перспективы солнечной энергетики?

**ОТ РЕДАКЦИИ « В МИРЕ НАУКИ »**  
Нам представляется целесообразным, наряду с американской программой, предоставить нашим читателям информацию о перспективах этой отрасли в России. О том, по какому пути пойдет развитие солнечной энергетики в нашей стране,

рассказывается в статье «Почему солнечно-водородная энергетика?» Каково будущее развития солнечной энергетики в России? Какие технические и технологические решения наиболее приемлемы для наших климатических условий? Какова специфика различных регионов

нашей страны с точки зрения внедрения солнечной энергетики? Какие еще возобновляемые источники энергии планируется использовать? На эти и другие столь актуальные сегодня вопросы отвечает на стр. 88 вице-президент «ГМК «Норильский никель»» В.А. Пивнюк.

АНТИВЕЩЕСТВО ■ НАШ ЧИТАТЕЛЬ? ■ ГУБИТЕЛЬНАЯ ПРЕЛЕСТЬ

**АПРЕЛЬ 1958**

**МАТЕРИЯ.** «Возможно, антиматерия и существует в нашей галактике, но даже если это так, то ее количество не может превышать одной десятиллионной части обыкновенной материи. Вызывает серьезные сомнения и то, что какие-то из звезд нашей галактики могут полностью состоять из антивещества. Больше всего похож на прямое доказательство существования подобных тел факт наличия мощных источников радиоизлучения, энергию которых трудно объяснить каким-либо из известных процессов, но можно обосновать аннигиляцией антиматерии. С другой стороны, если антиматерия существует во Вселенной, в данный момент у нас нет понимания того, как она отделилась от материи. Если мы сможем объяснить это, произойдет революция в осмыслении проблем космологии». — Джеффри Бербидж и Фред Хойл.

**АПРЕЛЬ 1908**

**СПА-КУРОРТ «ЧЕРНОБЫЛЬ»?** В связи с постановлением правительства Австрии об урановых продуктах, в Иоахимстале (Богемия) создана лаборатория для работы с радиоактивными веществами, выделенными из отходов и побочных продуктов добычи богатых ураном минералов. Там также будут построены купальни, где радиоактивная вода из урановых копей будет использоваться в лечебных целях.

**ОПАСНЫЕ ДВЕРИ.** Неожиданным оказалось прозвучавшее недавно обвинение двери-вертушки в том, что она представляет собой угрозу безопасности людей. Мы сообщаем это, отдавая должную дань уважения достоинствам этого устройства, той успешности, с которой оно выполняет свою главную задачу — препятствование проникновению в помещение холодного воздуха, что неизбежно при открывании и закрывании обычных дверей. Опасность же двери-вертушки заключается в том, что через ее вращающиеся лопасти может пройти только один человек за раз. В случае какого-нибудь чрезвычайного происшествия, когда люди рванутся к выходу, время для того чтобы покинуть помещение может критически удлиниться.

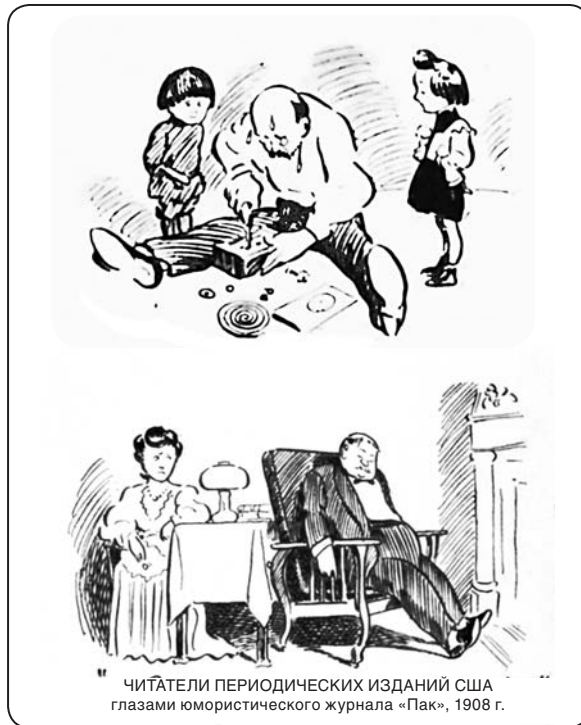
**ГЛАЗАМИ «ПАКА».** Журнал «Пак» опубликовал в одном из своих последних номеров «портреты» типичных читателей некоторых современных периодических изданий, в числе которых и *Scientific American*. Мы перепечатываем эти рисунки, чтобы ими насладились наши читатели, желающие увидеть себя такими, какими их видит «Пак». Надо сказать, что лысый мужчина без пиджака с каплями пота на лбу и маниакальным выражением лица — это не тот идеальный читатель, которого мы себе представляем, однако его бурная деятельность снискала наше полное одобрение.

**АПРЕЛЬ 1858**

**ДИКИЕ ЛОШАДИ.** Каких только теорий ни изобретали, чтобы объяснить особый метод укрощения диких лошадей, столь успешно практикуемый в Европе мистером Джоном Рэри, известным как «Американский укротитель». Хорошо известно, что все животные испытывают инстинктивное тяготение к определенным запахам, которые, вероятно, оказывают на них успокаивающее влияние. Мистер Рэри заявил, что достиг власти над лошадьми исключительно за счет использования трав и снадобий, которые воздействуют на обоняние и вкус. Мы узнали о том, что Д. Салливан, тоже укротитель лошадей (внук знаменитого Салливана Шепчущего), вызвал Рэри на состязание в Корке, Ирландия.

**СМЕРТЕЛЬНАЯ КРАСОТА.** Нет обычая более глупого и легкомысленного, чем красить лицо, стараясь при помощи искусственных средств «улучшить» естественные цвета. Однако это явление, которое раньше можно было воспринимать просто как милые ужимки, при ближай-

шем рассмотрении оказывается далеко не столь безобидным — и даже преступным. Дело в средствах, которыми модницы пользуются, чтобы достичь желаемых результатов. Вот лишь некоторые примеры: для придания коже здорового вида, а губам — яркости и пухлости, в больших количествах применяется мышьяк; при изготовлении косметики также широко используются сурьма и висмут. Мы хотим, чтобы все знали: некоторые леди не только фигурально, но и буквально могут убить поклонников своей красотой. ■



ЧИТАТЕЛИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ США глазами юмористического журнала «Пак», 1908 г.

# ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

ТЕМАТИКА СТАТЕЙ НОМЕРА, КАК ВСЕГДА, ШИРОКА И РАЗНООБРАЗНА

■  
Времена, когда доктор ставил диагноз по пульсу больного, остались в далёком прошлом. Современная медицина требует, чтобы врачи не только владели сугубо медицинскими знаниями, но и умели работать со сложнейшим лечебным и диагностическим оборудованием. Ведь своими успехами медицина в значительной степени обязана достижениям физики, электроники, информатики. Пример тому — новые диагностические методы, разработанные в Институте радиотехники и электроники Российской академии наук.

## Ст. «Телемедицина третьего поколения в третьем тысячелетии»

■  
Люди активно обживают космическое пространство: месяцами работают на орбитальных станциях, совершают полёты на Луну, готовятся к экспедиции на Марс. Насколько велик риск длительного пребывания в космосе с точки зрения наследственности? Какие изменения происходят в хромосомах под действием космических лучей, как они влияют на развитие потомства? Изучением подобных вопросов занимается космическая генетика. В этом номере — рассказ о том, как происходило становление этой области науки в нашей стране.

## Ст. «У истоков космической генетики»

■  
Даже самая слабая инфляция таит в себе огромные опасности для развития современной денежной экономики. Не случайно в экономической политике всех стран (в том числе и самых развитых) антиинфляционные меры — прежде всего денежно-кредитные, направленные на ограничение роста денежного предложения, — имеют первостепенное значение. Известный английский экономист Дж. М. Кейнс ещё в 20-х годах прошлого века (в основном под влиянием колоссальной послевоенной инфляции в Германии, побеждённой в Первой мировой войне) писал: «Не существует более хитрого, а вместе с тем и более верного способа свергнуть существующий общественный строй, чем обесценение денег».

## Ст. «Инфляция: суть, причины, формы проявления»

■  
• Введение единого государственного экзамена (ЕГЭ) вызывает неоднозначную реакцию у преподавателей. Особенно много претензий к ЕГЭ предъявляют математики. Серьёзные опасения о будущем математического образования, ориентированного на сдачу единого экзамена, были высказаны в статье доктора физико-математических наук В.С. Доценко «Пятое правило математики» (см.: Наука и жизнь, № 12, 2004). Журнал возвращается к этой теме, интересной всем, кому небезразличны вопросы образования, да и просто будущее наших детей.

## Ст. «ЕГЭ: перспективы и эволюция»

■  
В Центре социальной и консервативной политики (ЦСКП) прошла общероссийская конференция на тему «Политика развития территорий единой России. Задачи обеспечения экологической безопасности граждан». Материалы конференции рисуют весьма удручающую картину. Экологичес-



САД ЦВЕТЁТ ТОЛЬКО ДО ТЕХ ПОР, ПОКА ЖИВ ЕГО ХОЗЯИН.  
Народная мудрость

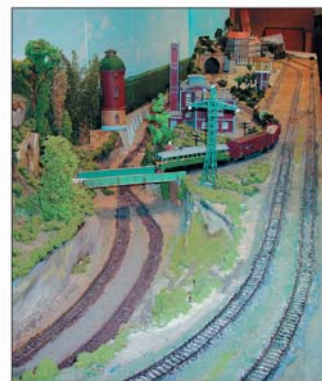
ISSN 0028-1263

# НАУКА И ЖИЗНЬ

4

2008

● Инициал, буква, миниатюра — начальная буква увеличенного размера, превратившись в произведение искусства, подчёркивала священное отношение к источнику знаний — книге ● В России работает та самая инфляционная спираль, в которой взаимодействуют инфляция издержек и инфляция спроса, спираль, которую особенно трудно остановить ● Хорошо бы БАДам начать предпочитать БАВы, а импортным сортам груш и яблок — отечественные, с высоким содержанием биологически активных веществ.



ки неблагополучными признаны около 15% территории России, почти 2,5 млн км<sup>2</sup> — больше, чем суммарная площадь Англии, Франции, Германии, Норвегии, Швеции и Финляндии. На ней проживают 2/3 населения страны.

## Ст. «Экологическая обстановка и жизнь у нас в стране»

■  
О ценности плодов и ягод мы чаще всего судим по их вкусу, размерам и аромату. Но от одних сортов польза как от леденцов, другие же — кладёз здоровья. Специальный корреспондент журнала В. Дадыкин

бывал в Екатеринбурге в единственном в России Саду лечебных культур, который основал более 50 лет назад профессор кафедры ботаники и дендрологии Уральского лесотехнического института Л.И. Вигоров. Про таких ученых говорят, что они опередили свое время. В созданном им саду были собраны редчайшие сорта целебных плодово-ягодных культур, которые должны были стать «донорами» будущих, куда более совершенных сортов.

## Ст. «Молодильные» яблоки профессора Вигорова»

■  
Электронная версия ISSN 1683-9528 представлена в сети Интернет, ежемесячно регистрируется более 60 000 обращений.

Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д. 24. Тел. (495) 624-1835, факс (495) 625-0590.

Служба распространения и связи с общественностью: Ю.А. Сигорская — (495) 621-9255. Рекламная служба: (495) 628-5965.  
<http://www.nkj.ru>, e-mail: [mail@nkj.ru](mailto:mail@nkj.ru).

Продолжается подписка на журнал «Наука и жизнь». Подписные индексы: 70601, 79179, 99349, 99469, 34174.

# НОВОЕ СЛОВО В ПИТАНИИ

## Соль, обогащенная железом и витаминами, поможет победить заболевания, обусловленные дефицитом пищевых веществ

Добавление йода в поваренную соль стало успешным начинанием во всем мире: сегодня в развивающихся странах каждые две из трех семей потребляют йодированную соль. Считается, что благодаря этому 82 млн детей ежегодно получают защиту от заболеваний щитовидной железы. Однако люди продолжают страдать от недостатка других витаминов и минеральных веществ.

На протяжении многих лет ученые искали способ превратить йодированную соль также и в средство от железодефицитной анемии, от которой страдает около 2 млрд человек, а также от недостатка витамина А. Недавно канадские исследователи разработали способ обогащать соль сразу двумя-тремя веществами.

На первый взгляд, нет ничего проще, чем добавить железо в йодированную соль, однако в действительности процесс оказывается намного

сложнее. Дело в том, что данные вещества несовместимы: при их смешении йод испаряется, а железо разрушается. По прошествии более чем десяти лет инженер-химик из Торонтского университета Левенте Диосади (Levente Diosady) наконец решил эту задачу, позаимствовав из пищевой технологии методику, называемую микроинкапсуляцией. В основе процесса лежит покрытие частичек железа стеарином — жиром, который создает защитную оболочку и не дает железу реагировать с йодом.

Инкапсуляция железа — лишь часть решения задачи. Группа Диосади также должна была изменить внешний вид частиц железа, которые имеют темно-коричневый цвет и значительно мельче крупинок соли. «Железо не должно выглядеть в соли как мышиные фекалии, — говорит Диосади. — Это важно для развивающихся стран, где

загрязнение пищи является серьезной проблемой».

Для того чтобы железо стало похоже на соль, Диосади сначала обрабатывает микроскопические гранулы железа мальтодекстрином — модифицированным пищевым крахмалом, который склеивает частички железа друг с другом, в результате чего образуются шарики примерно такого же размера, как и кристаллики соли. Затем он покрывает гранулы горячим жиром, содержащим пищевой белый пигмент — диоксид титана. В смеси с солью такие модифицированные железные капсулы практически незаметны. Витамин А можно добавлять с помощью аналогичной технологии и получать соль, обогащенную уже тремя веществами.

Полевые испытания в Нигерии и Кении показали, что такая соль не портится во влажном и жарком климате. Неправительственная организация *Micronutrient Initiative* из Оттавы протестировала обогащенную железом соль в Гане, где в результате за восемь месяцев число детей, страдающих анемией, снизилось на 23% без каких-либо других пищевых добавок. Технология была налажена в более крупных масштабах на двух заводах в Индии, и в настоящее время про-



ФУМАРАТ ЖЕЛЕЗА

НОВАЯ ДОБАВКА

ЙОДИРОВАННАЯ СОЛЬ

СОЛЬ С ДВОЙНЫМ ОБОГАЩЕНИЕМ

КЛЮЧ к изготовлению обогащенной соли, приемлемой для потребителей, — в том, чтобы придать железу внешний вид соли. В этих флаконах (слева направо): частицы железа; железо, покрытое диоксидом титана; йодированная соль; йодированная соль, смешанная с инкапсулированным железом



водятся исследования с участием 3,6 млн школьников.

Соль представляет собой идеальный носитель для введения микродобавок, отмечает Диосади, поскольку ее потребляют практически все, и обогащение ее обходится сравнительно недорого — около 1,7 цента на килограмм продукта в случае добавления двух веществ. Люди охотнее согласятся использовать обогащенную соль, чем генетически модифицированные продукты наподобие так называемого «золотого риса», содержащего бета-каротин, из которого образуется витамин А. Такой рис пока еще не удалось распространить в развивающихся странах из-за опасений относительно его безопасности и озабоченности тем, что концентрация витамина в нем может быть недостаточной.

Однако в обогащенную соль нельзя поместить все критически

важные вещества. Например, витамин С необходим человеку в таких больших количествах, что пришлось бы добавлять соль в него, а не наоборот. И поскольку потребление соли в среднем составляет 10 г, обогащенная версия может лишь дополнять поступление витаминов и микроэлементов, а не обеспечить ими полностью.

Ученые сходятся во мнении, что сбалансированная диета является лучшим способом борьбы с дефицитом витаминов и микроэлементов. Однако для жителей развивающихся стран, которым такая диета недоступна, обогащенная соль может стать источником необходимых питательных веществ для всех.

Диана Мартиндейл

### ПИТАТЕЛЬНЫЕ НАПИТКИ?

Помимо метода обогащения соли, Левенте Диосади (Levente Diosady) из Торонтского университета создал способ очистки белка из семян рапса, побочного продукта производства рапсового масла. «Данный белок очень питателен, однако выглядит как черная слизь», — объясняет Диосади. С помощью нового процесса белок очищается от горьких примесей и затем преобразуется в порошок с нейтральным вкусом, в котором содержатся все незаменимые аминокислоты. Белок из семян рапса растворяется в кислых жидкостях, и поэтому его можно добавлять в прохладительные напитки, которые в развивающихся странах часто употребляют вместо воды из соображений безопасности. Диосади планирует создать обогащенный белком напиток под названием *LiveADE*.

## ПОХУДЕНИЕ НА ШАТКОМ ОСНОВАНИИ

При физической нагрузке организм тратит энергию, и, вероятно, именно таким путем следует бороться с ожирением, однако заманчивые результаты новых экспериментов показывают, что для этого, возможно, достаточно всего лишь тряски. По 15 минут в день на протяжении 15 недель ученые из Университета Стони-Брук вынуждали мышей сидеть на вибрирующей

платформе, которая колебалась с частотой 90 раз в секунду и с ускорением в 20% от земной силы тяжести. После этих процедур в теле мышей было на 27% меньше жира, чем у других особей, которых сажали на неподвижные платформы. У них также было существенно меньше жироводобных соединений, связанных с развитием диабета II типа.

Исследователи полагают, что вибрация подавляла образование клеток жировой ткани из стволовых клеток. Эта работа может открыть путь к созданию необременительного и нефармакологического метода борьбы с ожирением, однако исследователи предупреждают, что физические упражнения все равно остаются основным средством поддержания и снижения веса. Результаты опубликованы в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* от 6 ноября.

Чарлз Чой

## СЛАДКАЯ КОСТОЧКА

Хотя от сладостей разрушаются зубы, сахара, по всей видимости, необходимы для укрепления костей. Чрезвычайная прочность кости обеспечивается сложной и упорядоченной пространственной структурой ее органических и неорганических компонентов. Ученые ранее полагали, что структуру кости

определяют коллаген и другие белки. Теперь же выяснилось, что эта роль принадлежит сахаристым соединениям, а именно полисахаридам под названием гликозаминогликаны и протеогликаны. Исследовав кости лошади с помощью магнитно-резонансной томографии, исследователи пришли к выводу, что полисахариды направляют кристаллизацию материала кости. Лучшее понимание процесса формирования кости должно изменить способы лече-

ния остеопороза и остеоартрита, а также, возможно, привести к разработке новых методов создания синтетических костей. Эта работа может также подвести дополнительную базу под применение таких препаратов против болей в костях и суставов, как хондроитин, который относится к гликозаминогликанам. Читайте об этом исследовании в *Chemistry of Materials* от 16 октября.

Чарлз Чой

# ПИЩА ДЛЯ СИМВОЛИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Первый случай употребления в пищу морепродуктов — и самое древнее свидетельство символического мышления

В пещере на южном побережье Южной Африки найдено множество раковин съедобных моллюсков, возраст которых 165 тыс. лет. Это открытие не только перенесло дату первого известного случая употребления морепродуктов в пищу на 40 тыс. лет в прошлое, но оно еще

и отмечает самый древний известный нам момент возможного использования людьми символического мышления.

Люди, не отличающиеся от современных по своей анатомии, появились между 200 и 150 тыс. лет назад в Восточной Африке. Однако остается загадкой, когда у этих людей впервые возникла способность к символическому мышлению, включая речь.

Занимаясь поиском останков древних людей, Кертис Марин (Curtis W. Marean) из Института происхождения человека при Университете штата Аризона со своими коллегами заинтересовался пещерами южноафриканского Пиннакл-Пойнта. Исследователи не только нашли следы самого древнего обеда с морепродуктами — преимущественно с коричневыми мидиями — они также обнаружили, что вместе с раковинами

лежали небольшие каменные ножи и красноватые камни. Было найдено и около дюжины камней (содержащего железо минерала гематита), на уплощенных боках которых располагались параллельные бороздки, говорящие о том, что люди скребли эти камни. При смешении образующегося при этом порошка с соком растений или другим связующим веществом получается красноватая или розоватая краска, которой, возможно, пользовались для раскрашивания тела или лица.

То, что люди еще в столь давние времена работали с красками, «является хорошим индикатором символического мышления», — говорит Марин, опубликовавший свои открытия 18 октября в *Nature*. Вероятно, группа людей, питавшихся моллюсками, жила на одном месте и ее численность росла, отмечает он. В результате росла необходимость договариваться с другими людьми и другими социальными группами, что могло привести к возникновению системы знаков, наносимых на тело.

Дж. Минкель



НЕУЖЕЛИ У НИХ НЕТ ВИЛОЧКИ ДЛЯ ЛОБСТЕРОВ? На этих железистых камнях возрастом в 165 тыс. лет видны бороздки — видимо, люди, питавшиеся моллюсками, скребли эти камни и изготавливали краску из получившегося порошка

## приметы «ЗЕЛеной РЕВОЛЮЦИИ»

На африканском континенте южнее Сахары наконец начало расти производство продуктов в расчете на душу населения. В соответствии с докладом Всемирного банка от 2008 г., темпы роста сельскохозяйственного производства там повысились от 2,3% в год в 1980-х гг. до 3,3% в 1990-х гг. и до 3,8% — в период с 2000 до 2005 г. Это снизило количество бедствующего населения в 10 из 13 стран, по которым проводился анализ.

Помимо отсутствия засух, достигнутые результаты явились следствием африканской «зеленой революции», как ее окрестили



РАСТЕТ УРОЖАЙ: такие простые меры, как полив с помощью ручных насосов, увеличили производство продуктов питания в Малави

в 2004 г. специалисты и представители ООН. В ее основе лежат достаточно простые стратегии, в том числе правительственные субсидии на покупку удобрений и улучшенных сортов растений, благодаря которым фермеры оплачивают лишь 25% их стоимости. Более того, рост производства продуктов питания обогнал прирост населения.

Проблемы пока еще остаются, в том числе невозможность выйти на сельскохозяйственные рынки развитого мира. А давление мирового спроса на производство биотоплива вместо пищи может означать, что ликвидировать голод в самое ближайшее время все же не удастся.

Дэвид Биелло

# СОЗДАВАЯ ПРОСТРАНСТВО **для времени**

## Физики пытаются разобраться, почему время течет в одну сторону

— *Emoclew dna olleh*, — произнес на открытии конференции в Нью-Йоркской Академии наук в октябре прошлого года физик-теоретик из Университета Колумбии, специалист по суперструнам Брайан Грин. И пояснил: «Если вы поняли, что это “Здравствуй и добро пожаловать” в обратном прочтении, то, возможно, вам здесь не место». Однако никто не ушел.

Множество физиков-теоретиков и космологов высочайшего уровня собрались на конференции, чтобы разрешить загадку времени. Последние наблюдения с помощью телескопов и новое понимание квантовой гравитации убедили ученых, что пришла пора переосмыслить само понятие времени. «Мы отвечаем на классические вопросы о природе времени, заменяя их другими, более трудными», — сказал космолог Макс Tegmark (Max Tegmark) из Массачусетского технологического института.

На первый взгляд, время кажется очень простым понятием, подобным дороге в один конец: разбитое яйцо не собрать в целое, морщины не исчезают (во всяком случае, если не применять специальные средства), а ваши бабушка с дедушкой никогда не будут моложе вас. Но основные законы Вселенной, похоже, симметричны относительно времени, то есть не зависят от его направления. С точки зрения физики, прошлое, настоящее и будущее существуют одновременно.

Более чем за столетие был предложен целый ряд объяснений этого очевидного противоречия — как психологических (течение времени — иллюзия), так и физических (некоторое неизвестное свойство квантовой механики разрешит противоречие). Ни одно из них нельзя считать удовлетворительным. В 1927 г. астрофизик сэр Артур Эддингтон ввел для этого феномена термин «стрела времени» и связал его с понятием

энтропии: по мере старения Вселенная становится все более неупорядоченной, что соответствует второму закону термодинамики. Но ученые не могут объяснить, почему упорядоченность находится в прошлом, а хаос в будущем. Решение казалось настолько иллюзорным, что в определенные периоды занятие этой проблемой рассматривалось как отвлечение от более «достойных» исследований. Физик Ричард Фейнман даже отказался от комментариев по поводу «стрелы времени», когда в 1963 г. к нему обратились на конференции, настаивая на том, что проблема не поддается разъяснению.

«Данный вопрос балансирует на границе между наукой и философией, и многие чувствуют себя недостаточно уверенными в этой области», — считает одна из организаторов конференции Лаура Мерсини-Хоктон (Laura Mersini-Houghton), физик из университета Северной Каролины в Чапел-Хилл. — За последние 20 лет было очень трудно добиться успехов, т.к. нельзя было сказать ничего нового». Все изменилось благодаря мощнейшим инструментам для исследования неба. Космическое микроволновое фоновое излучение, реликт Большого взрыва, указывает, что через 380 тыс. лет после своего рождения Вселенная была заполнена равномерно распределенной горячей плазмой с высокой степенью упорядоченности. Вполне возможно, что ранняя Вселенная прошла стадию инфляционного расширения, а затем становилась неупорядоченной, заполненной атомами и звездами, — такой, как мы знаем ее сейчас.

До их пор неясно, почему ранняя Вселенная была так упорядочена — состояние, которое физики считают крайне маловероятным — и что заставило ее раздуться так быстро. «Проблема “стрелы времени” сводится к объяснению

того, почему ранняя Вселенная прошла именно такой, а не иной путь», — говорит Шон Кэррол (Sean Carroll), космолог из Калифорнийского технологического института.

Вселенная сейчас проходит через другой период расширения, при котором галактики разлетаются от нас с возрастающей скоростью под действием загадочной «темной энергии». «Похоже, что Вселенная собирается расширяться вечно и будет становиться все более и более холодной, оказываясь в еще более удивительных состояниях», — добавил Кэррол.

Мерсини-Хоктон и ее коллеги пригласили на конференцию многих известных космологов — как было отмечено, «мы больше не можем замечать проблему под ковер и надеяться, кто за нас ее решит кто-нибудь другой». Физики предложили «призвать на помощь» теорию струн, представление о черных дырах и даже идею о том, что мы живем в одном из множества параллельных миров.

Концепция «Мультиленной» появилась как одна из наиболее приемлемых — или по крайней мере наиболее часто упоминаемых — теорий для объяснения странной упорядоченности раннего космоса. «Если вы принимаете идею, что наша Вселенная только одна из многих возможных, тогда ее упорядоченность становится более вероятной», — пояснила Мерсини-Хоктон. Вселенные, которые начинали путь от более хаотичного состояния, либо могли оказаться неустойчивыми и быстро погибнуть, либо в процессе эволюции могли и не приобрести параметров, подходящих для возникновения разумной жизни. Тогда текущее в одну сторону время и, следовательно, наше существование в целом могут быть только случайностью.

Количество космологических данных растет, что дает возможность выдвигать гипотезы о природе времени и ранней Вселенной, которые вскоре могут быть проверены новыми наблюдениями. По словам Мерсини-Хоктон, сегодня мы можем увидеть намного больше, чем прежде, что открывает новые возможности в исследовании проблемы времени.

Скотт Додд

# ГЕН речи

## Ген *FOXP2* оказался критичен для вокализации у животных

«Нет никаких оснований думать, что неандертальцы не обладали речью», — говорит Йоханнес Краузе (Johannes Krause) из Института эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге, Германия. В самом деле, подтверждением этому может служить недавнее открытие Краузе с коллегами того факта, что у неандертальцев и современных людей одна и та же версия гена *FOXP2* — единственного известного гена, связанного с речью.

Исследования на современных людях показывают, что *FOXP2* необходим для речи, но никто не считает его достаточным для нее. Этот ген — «всего лишь одна часть сложной головоломки», — говорит один из его первооткрывателей, генетик Саймон Фишер (Simon Fisher) из Оксфордского университета. Открытие этого гена у неандертальцев интересно само по себе, но оно ничего не говорит об их лингвистических способностях. «Ни один генетический фактор в отдельности не может сказать нам, обладал ли вымерший вид способностью к речи», — говорит Фишер.

По прошествии нескольких лет интенсивных исследований ученые так и не знают точно, за что отвечает *FOXP2*, и как он повлиял на возникновение речи. Изучение этого вопроса на вымерших видах людей — дело будущего, однако исследования на современных животных начинают указывать на некоторые интересные возможности. Этот ген необходим животным для того чтобы издавать наиболее сложные звуки, и это говорит о том, что такое поведение явилось основой формирования человеческой речи.

Изучение одной английской семьи позволило раскрыть связь между *FOXP2* и речью. Многие члены

этой семьи имеют серьезные нарушения речи. Им трудно контролировать движения мимических мышц, у них нарушены чтение, письмо, грамматика и понимание речи. В 2001 г. Фишер с коллегами обнаружил, что в корне несчастья этой семьи лежит *FOXP2*, расположенный на седьмой хромосоме. Этот ген кодирует белок, который связывается с ДНК, включая и выключая другие гены. В прошлом месяце группа Фишера опубликовала исследование, в котором было выявлено 100 генов, чья активность сильнее всего зависит от *FOXP2*. Оказалось, что многие из этих генов участвуют в развитии нервной системы.

Следует сказать, что большинство расстройств речи — а они выявляются у 5% всех детей и имеют значительный наследственный компонент — не связаны с мутациями в *FOXP2*. Обычно эти расстройства обусловлены взаимодействием между многими генами и факторами среды, говорит Барбара Льюис (Barbara Lewis), которая изучает нарушения коммуникации в Университете Западного резервного района. «Это очень важный ген, но это не единственный ген речи», — говорит она.

Идея, что изменения в *FOXP2* могли послужить движущей силой эволюции речи, получила дополнительное подтверждение, когда стало известно, что у человека и шимпанзе этот белок отличается всего на две аминокислоты. Такое различие может показаться незначительным, однако *FOXP2* является одним из наименее изменчивых белков у позвоночных. У мыши и шимпанзе, которые разошлись в эволюции 60 млн лет назад, он различается всего на одну аминокислоту, в то время как с момента

разделения людей и шимпанзе прошло всего 6 млн лет.

С другой стороны, более новые данные сделали связь между *FOXP2* и речью не столь очевидной. Например, мутации, вызывающие нарушения речи у людей, не затрагивают те части *FOXP2*, которые уникальны для людей. А «некоторые из изменений, ранее считавшихся специфичными для людей, были обнаружены и у других млекопитающих, в том числе у кошек», — говорит Стивен Росситер (Stephen Rossiter) из колледжа Куин Мэри в Лондонском университете. «По мере того как мы исследуем больше видов, мы находим больше различий, и картина все усложняется».



КРИКИ, ПЕСНИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ — все они, вероятно, зависят от гена под названием *FOXP2*

В сентябре Росситер со своими коллегами открыл, что летучие мыши, которые пользуются эхолокацией, являются исключением из правила консервативности *FOXP2*: этот ген сильно варьирует в пределах данной группы. «Изменчивость этого гена у летучих мышей в два раза выше, чем у всех других исследованных млекопитающих», — говорит он. Данное открытие подтверждает идею, что *FOXP2* человека чрезвычайно важен для управления движениями, связанными с речью. Подобно тому, как в речевой деятельности человека участвуют более чем 100 мышц, производство звуков для работы сонара летучих мышей также требует «чрезвычайно сложной координации мышц лица и рта», — говорит Росситер.

Летучие мыши относятся к тому небольшому числу животных, которые обучаются производить звуки, — помимо людей сюда относятся еще некоторые певчие птицы, киты и дельфины. То есть производимые ими звуки не врожденные, а требуют упражнения и подражания. Исследования птиц подтверждают наличие связи между *FOXP2* и голосовым обучением, и это говорит о том, что ген влияет не только

на формирование мозга, но и на то, как мы им пользуемся. Нейрофизиолог Стефани Уайт (Stephanie White) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе обнаружила, что активность этого гена изменяется у взрослых птиц, когда те учатся своей песне. «Возможно, у птиц имеется система нервных связей, идентичная той, на основе которой сформировалась человеческая речь», — объясняет Уайт. Эксперименты показывают, что *FOXP2* представляет собой переключатель,

который в мозге разных видов используется в разных нуждах.

История с этим геном заставляет вспомнить, что эволюция нередко использует готовые решения для новых целей, отмечает психолог Гэри Маркус (Gary Marcus) из Нью-Йоркского университета. «Это очень хороший способ разобраться в механизмах речи и в том, как она связана с преадаптациями, унаследованными нами от наших предков».

Джон Уитфилд

### ВЫСЛЕЖИВАЯ *FOXP2*

Йоханнес Краузе (Johannes Krause) очень удивился, когда оказалось, что у неандертальцев была та же самая версия гена *FOXP2*, что и у современных людей. Выполненные им ранее исследования генетического разнообразия современных популяций показали, что наша форма этого гена возникла в последние 200 тыс. лет — т.е. через 150 тыс. лет после того как разделились ветви неандертальцев и современных людей. По его мнению, это показывает, что генетика современных людей отражает наше эволюционное прошлое не совсем так, как мы думали раньше.

Однако Краузе полагает, что у людей ген *FOXP2* все же недавно подвергался давлению естественного отбора. Возможно, он изменился непосредственно перед тем как разошлись ветви неандертальцев и современных людей, рассуждает он, либо не исключено, что наш общий предок был более разумным. «Данные раскопок показывают, что около 500 тыс. лет назад произошло резкое увеличение размера мозга, — отмечает Краузе — Трудно сказать, было ли это связано с геном *FOXP2*».

## СПИТЕ НА ЗДОРОВЬЕ

Известно, что психические нарушения могут вести к расстройствам сна, а теперь исследователи заявляют, что верно обратное — недостаток сна может вызывать нарушения психики. Мэтью Уокер (Matthew Walker) из Калифорнийского университета в Беркли со своими сотрудниками провел исследование на 26 добровольцах, 14 из которых не смыкали глаз на протяжении 35 часов подряд.

Затем всем испытуемым показывали фотографии от нейтральных (плетеные корзины) до все более и более отталкивающих (тарантулы и жертвы ожогов). Томографичес-

кое сканирование мозга показало, что когда не спавшие участники смотрели на пугающие изображения, то активность в их миндалине на 60% превышала нормальную реакцию. «Похоже, у них миндалина идет вразнос», — говорит Уокер об этой структуре переднего мозга, которая декодирует эмоции. Повышенные активности в ней ведет к резким перепадам эмоционального состояния — с переходами от огорчения и беспокойства к эйфории всего за несколько мгновений. Помимо мно-

жества других функций, сон может также подготавливать «наш мозг к социальному и эмоциональному взаимодействию», — говорит Уокер, работа которого опубликована 23 октября в *Current Biology*.

Никхиль Сваминатан



# по-прежнему от родственников

Самцы гиен жертвуют возможностью спариваться с самкой в пользу других самцов, не приходящихся им родственниками



**СКИТАЛЬЦЫ:** с помощью радиоошейников удалось выявить, что в отличие от других социальных млекопитающих, у полосатых гиен соседи часто не состоят в родстве

У многих видов животных родственники обычно поселяются поблизости друг от друга и либо пользуются общей территорией, либо живут на смежных участках. Держась вместе, они получают возможность отставивать, партнеров для размножения, пищу и другие ресурсы, что способствует сохранению генов семьи даже несмотря на то что не всем ее членам удается оставить потомство.

Однако у одного млекопитающего такая закономерность проявляется с точностью до наоборот. Специалисты в области поведенческой экологии не совсем понимают причины этого явления. Полосатые гиены (*Hyena hyena*), живущие в Африке и Юго-Западной Азии, проявляют так называемые протосоциальные тенденции. И хотя отдельные гиены мало контактируют друг с другом, при ближайшем рассмотрении оказывается, что на самом деле они образуют территориальные группы, обладающие эксклюзивным правом использования участков с постоянными границами — аналогично тому, как это происходит у других видов

с выраженным социальным поведением. Логично предположить, что родственные особи должны были бы совместно пользоваться одной территорией или же обитать на смежных. «Однако это не всегда так», — заявляет Аарон Вагнер (Aaron P. Wagner) из Университета штата Мичиган.

Вагнер со своими сотрудниками отловил всех особей популяции полосатых гиен на кенийском плато Лайкипия, расположенном примерно в 220 км к северу от Найроби, и собрал образцы ДНК всех ее членов. Ученые также проследили перемещения всех животных с помощью радиоошейников. «Насколько мы знаем, закономерности родственных отношений и использование территорий, обнаруженные у этих гиен, не встречаются больше ни у одного хищника», — говорит Вагнер, опубликовавший результаты своего четырехлетнего исследования в октябрьском выпуске *Molecular Ecology* за 2007 г.

Вагнер обнаружил, что в территориальные группы, образованные особями данного вида, всегда входит одна самка, которую охраняют до трех самцов. Сходные коалиции образуются и у других хищников, однако у них самцы обычно опекают несколько самок, так что возможность спариваться имеется у каждого самца. Однако при наличии лишь одной самки часть самцов полосатой гиены вряд ли сможет оставить потомство. Такое самопожертвование и сотрудничество можно было бы понять, если бы самцы были родственниками, однако генетический анализ показал, что коалиции гиен часто объединяют самцов, не состоящих в родстве.

Удивительно и то, что гиены обоих полов, живущие на соседних терри-

ториях, состоят в меньшем родстве, чем обитающие далеко друг от друга. Вагнер считает такую закономерность странной, поскольку расселяющиеся особи, вынужденные пересекать границы чужих территорий, больше рискуют подвергнуться атаке и быть убитыми другими представителями своего вида. «Следовательно, логично ожидать, что родственники должны жить поблизости друг от друга, и с расстоянием степень родства должна убывать», — говорит ученый.

Пока не создана теория, которая могла бы помочь объяснить все выявленные закономерности. Вагнер предполагает, что любая форма объединения — даже с неродственными особями — может быть выгодна самцам в том случае, если бродить одному слишком опасно или если шансы в одиночку защитить самку невелики.

Однако даже если учесть все эти угрозы, то как объяснить то, что полосатые гиены уходят от своих родственников, смертельно рискуя на пути к удаленным территориям? Возможно, родственники поселяются на несмежных территориях во избежание пограничных конфликтов и тяжелых стычек друг с другом. У пятнистой гиены (*Crocuta crocuta*) как самцы, так и самки часто вовлекаются в агрессивные стычки с соседями за пищу или половых партнеров — и при этом нередко в сражения друг с другом вступают родственники. Зоолог Кэй Холкемп (Kay E. Holekamp) из Университета штата Мичиган сомневается, что у полосатых гиен возникают такие пограничные конфликты, и предполагает, что эта странная закономерность расселения возникла ради предотвращения инбридинга. Однако Вагнер считает, что необходимостью недопущения инбридинга нельзя объяснить, почему низкая степень родства обнаруживается даже между соседями одного пола.

Есть вероятность, что в период проведения исследования гиенам было просто некуда податься, предполагает эколог Ханс Круук (Hans

Kruuk) из Абердинского университета в Шотландии. Возможно, расселяющиеся животные не находили поблизости свободных территорий, и поэтому им приходилось уходить дальше. Вагнер сомневается в этом сценарии перенаселения и приводит довод: таким образом можно было бы объяснить, почему некоторые родственники оказываются далеко, но не получает объяснения тот факт, что практически никто из них не живет поблизости.

Назвав результаты «многообещающими», биолог Гас Миллз (Gus Mills) из южноафриканского фонда Тони и Лизетт Льюисов, финансирующего природоохранную деятельность, призывает к проведению более длительных исследований. «Крупные хищные живут долго и размножаются весьма медленно. Сложно набрать достаточное количество материала — это требует большого периода времени. Столь же трудно интерпретировать результаты».

Вагнер соглашается и замечает, что в поле зрения исследователей попадали лишь виды с хорошо развитым социальным поведением, такие как львы и пятнистые гиены. «Однако до 90% хищников тяготеет к одиночному образу жизни подобно полосатым гиенам. Мы должны узнать больше об этих видах с поведением одиночек, прежде чем сможем понять, как и почему образуются группы и как возникла социальность».

Дэвид Биелло

## ВЕРНОСТЬ традиции

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова отметил 70-летие, хотя годом основания факультета считается 1938 г. Геология в Московском университете изучается с 1804 г., когда на физико-математическом отделении была учреждена кафедра минералогии и открылся минералогический музей. К началу XX в. в университете сформировалась известная минералого-геохимическая

школа, связанная с именем профессора В.И. Вернадского.

В настоящее время геологический факультет — одно из крупнейших подразделений университета. За время существования факультета специальность геолога получили более 10 тыс. человек, в том числе несколько сотен выпускников из различных стран мира. В составе факультета работает учебно-научный центр ЮНЕСКО

по морской геологии и геофизике. За последние десятилетия возникли новые специальности: экологическая геология, компьютерные технологии в геологии, геммология, расширен прием иностранных студентов, создана факультетская информационная сеть. В связи с юбилеем сотрудники и студенты факультета получили в подарок подключение и свободный доступ к базам данных Министерства природных ресурсов. А в новом корпусе на Воробьевых горах открылся новый минералогический музей.

Ирина Прошкина

## ПРЕТЕНДЕНТЫ НА «БОЛЬШУЮ КНИГУ»

Жюри литературной премии «Большая книга» завершило прием работ. Экспертам крупнейшей национальной литературной награды страны предстоит прочесть 371 работу общим объемом более пяти тысяч авторских листов и сформировать длинный список и список финалистов. Первый перечень претендентов будет известен в конце апреля, второй — в конце мая.

Среди соискателей — Александр Архангельский, Илья Бояшов, Владимир Войнович, Денис Гуцко, Андрей Дмитриев, Александр Жолковский, Олег Зоберн, Александр Иличевский, Григорий Канович, Руслан Киреев, Рената Литвинова, Владимир Маканин, Марина Москвина, Татьяна Москвина, Марина Палей, Марта Петрова, Людмила Петрушев-

ская, Валерий Попов, Захар Прилепин, Роман Сенчин, Илья Стогов, Виктория Токарева и многие другие авторы. Особенность нынешнего, третьего по счету сезона премии — значительное число документально-биографических произведений.

По мнению организаторов, в процессе работы их ожидает немало сюрпризов, т.к. произведения многих известных авторов предоставлены в рукописи. Фамилии писателей, вошедших в список финалистов, будут оглашены на «Литературном обеде» в конце мая 2008 г. А их произведения будут направлены в Литературную академию — жюри премии, которая в ноябре 2008 г. назовет лауреатов третьего сезона.

Напомним, что лауреатами второго сезона премии «Большая книга»

стали Людмила Улицкая («Даниэль Штайн, переводчик», первая премия), Алексей Варламов («Алексей Толстой», вторая премия), Дина Рубина («На солнечной стороне улицы», третья премия). Специальные премии «За вклад в литературу» были вручены Валентину Распутину и Андрею Битову, «За честь и достоинство» — Илье Кормильцеву (посмертно).

Национальная литературная премия «Большая книга» учреждена некоммерческим партнерством «Центр поддержки отечественной словесности», Институтом русской литературы РАН, Российским книжным союзом, Российской библиотечной ассоциацией, Федеральным агентством по печати и массовым коммуникациям, Федеральным агентством по культуре и кинематографии, ИТАР-ТАСС, ВГТРК, ОАО «Газпром-медиа», Издательским домом «Комсомольская правда».

Федор Капица

## ПУТЕШЕСТВИЕ ПО НАУЧНОМУ ЛАНДШАФТУ **Германия**

6 марта 2008 г. в Москве прошел Международный симпозиум «Научный ландшафт Германии», организованный Государственным университетом — Высшей школой экономики, Институтом статистических исследований и экономики знаний и Немецким научно-исследовательским обществом (DFG), где российские участники смогли ознакомиться с организацией науки в Германии и России

На встрече выступили с докладами и дискутировали с участниками симпозиума Глава представительства DFG в России Кристиан Шайх, представитель Общества Макса Планка (MPG) Кристина Шмюкер (отдел международных отношений MPG), представитель Общества Гельмгольца (HGF) в России Бертрам Хейнце, член Фраунгоферовского общества (FhG) в России Ольга Зуева и др. Как оказалось, научные общества Германии, формально независимые от государства, получают финансирование из федерального бюджета, частных источников и сами стараются зарабатывать на научных разработках.

Немецкое научно-исследовательское общество начало работу в 1920-х гг. в Берлине и сегодня день имеет мировую известность. DFG активно сотрудничает с университетским сообществом Германии. Вузы постепенно переходят на общеевропейскую Болонскую систему, не забывая немецкие традиции образования. Общество уделяет много внимания междисциплинарным исследованиям, поддержке молодежи, лоббированию интересов науки, консультациям по спорным с точки зрения законодателя научным проблемам, например стволовым клеткам.

Довольно существенна разница в миссии научных обществ. Так, Общество Макса Планка специализируется на фундаментальных исследованиях, и сотрудники десятков институтов создают новое знание (на это тратится около 1,4 млрд евро в год), в институтах работают бо-

лее 13 тыс. сотрудников, привлекаются молодые ученые, исследователи из различных стран. В отличие от России, создавшей специальную Российскую корпорацию нанотехнологий, в MPG нет института, специализирующегося на данной области науки, она рассматривается как важная технология для целого ряда научных учреждений.

Общество Гельмгольца осуществляет масштабные проекты, прежде всего в рамках государственной политики. HGF объединяет более 26 тыс. сотрудников и занимается исследованиями климата, космоса, световой волны, проблемами здравоохранения, транспорта, энергии и т.д. В качестве инноваций создаются также десятки так называемых виртуальных институтов. Общество разработало систему раннего предупреждения цунами, учитывая опыт трагедий последних лет. В некоторых европейских проектах (в частности, освоения Арктики) Россия активно участвует, финансируя научные разработки.

Миссия Фраунгоферовского общества связана с прикладными исследованиями, 70% из которых ведутся на контрактной основе. Считается, что использование методик Фраунгофера — один из лучших способов внедрения теоретических разработок в практику. Над этими проблемами трудятся десятки институтов, около 130 тыс. человек в различных странах.

Общества взаимодействуют между собой, имеют много общего в научной политике. Например, на ди-

ректорские должности в институтах и научных центрах, как правило, берут ученых с мировым именем. Принято, что ученые определенную часть времени отдают преподаванию. Научные институты и центры создаются под конкретное направление исследований, но по истечении определенного времени (в MPG — 2 года) подвергаются экспертизе для решения вопроса о продолжении работы, степени финансирования и т.д. В случае окончания проектов предусматриваются меры социальной защиты ученых. Германия, например, закрыла некоторые институты, ведущие исследования в области атомной энергетики.

Сложная организационная, финансовая сеть научного ландшафта с жесткими правилами, особая кадровая политика позволяют науке в Германии оставаться на высоком уровне. Руководитель финансового отдела DFG по бюджету Юрий фон Крайслер рассказал на симпозиуме об особенностях финансовой автономии научно-исследовательских учреждений, финансировании университетов, научно-исследовательских проектов и т.д.

Российские участники симпозиума в диалоге с немецкими коллегами получили много ценной информации. Ведущий симпозиума, проректор ГУ-ВШЭ, директор Института статистических исследований и экономики знаний Леонид Гохберг отметил изменения в системе функционирования российской науки, например увеличение бюджетного финансирования, принятие федеральной программы поддержки научных кадров, перемены в системе оценки научной деятельности, возможность создания автономных учреждений и т.д. В дальнейшем важно учитывать опыт Германии, у которой Россия и мир традиционно заимствуют многие формы организации образования и науки.

Дмитрий Мисюров



## РОЖДЕННЫЕ ВО ЛЬДАХ

Каждый год в начале марта в северных широтах во льдах Гренландии появляются белые и пушистые детеныши тюленей. Возможно, не случайно открытие выставки «Рожденные во льдах» совпало по времени с этими событиями



11 марта 2008 г. Международный фонд защиты животных *IFAW* и Государственный Дарвиновский музей объединили свои усилия, чтобы рассказать всем о жизни гренландского тюленя, которого в младенчестве называют бельком. Организаторы выставки «Рожденные во льдах» стремятся привлечь внимание общественности к тому жестокому промыслу, который ведут ряд стран, находящихся в непосредственной близости от акватории Северной Атлантики и арктических морей.

Представленная экспозиция посвящена в основном гренландскому тюленю, но посетители могут ознакомиться с подробным описанием биологии других видов ластоногих, обитающих в Белом море. Это прежде всего кольчатая нерпа (сравнительно небольшие особи, масса которых не превышает 80 кг) и такие гиганты, как лахтак и серый тюлень. Последний достигает массы более 300 кг и занесен в Красную книгу РФ. Гренландский тюлень обладает средними размерами, и обычный вес взрослой особи держится в пределах 130 кг, а длина тела достигает 1,7 м.

На выставке «Рожденные во льдах» представлен обширный видеоматериал, снятый на дрейфующих льдинах, и образовательный фильм «На волне с тюленями». Посетители смогли увидеть фотографии известных мастеров, в том числе фоторепортаж Евгения Халдея, ставшего свидетелем промысла гренландского тюленя на Белом море. Организаторы мероприятия *IFAW* дали подробный рассказ о стадиях развития гренландского тюленя, что не случайно, поскольку именно новорожденные особи — главный предмет добычи для охотников. Известно, что их белоснежный мех высоко ценится на рынке. Таким образом, щенки тюленя обречены на гибель уже на заре своей недолгой жизни и не смогут принести потомство. Самки тюленя достигают половой зрелости, когда им исполняется 5 лет, однако размножаться большинство из них начинает лишь по достижении 6—7 летнего возраста.

По отношению к тюленям отсутствуют нормы цивилизованной охоты. В Канаде детенышей забивают обычными дубинками, и там же на льду их

свежую, чтобы отправить шкуры заготовителям. При этом, как показали исследования, часть животных не сразу гибнут от таких ударов.

В настоящее время существует разумная альтернатива промыслу тюленей в виде экологического туризма. Например, в Канаде, где забивается порядка 300 тыс. этих животных, так называемые тюленьи смотрины (*seal watch*) — выезды или вылеты к местам обитания тюленей — приносят более миллиона долларов в год. Это при условии, что подобный вид туризма не поставлен на «широкую ногу» и пока является скорее экзотикой, чем местной достопримечательностью.

Согласно новейшим исследованиям, в последние пять лет численность беломорских тюленей неуклонно падает. Количество новорожденных бельков сократилось приблизительно с 330 тыс. в 2003 г. до 150 тыс. в 2007 г., что стало следствием не только бездумного промысла, но и сокращения кормовой базы из-за перелова рыбы в Белом и Баренцевом морях. Наблюдаемое повсеместно загрязнение морской воды и проблемы глобального потепления также играют не последнюю роль в сокращении численности данных животных.

Павел Худолей

**Международный фонд защиты животных *IFAW*** начиная с 1969 г. ведет активную международную кампанию по защите гренландского тюленя, проводит исследования, выступает в качестве экспертной организации при разработке проектов в различных странах мира. Программы фонда направлены на защиту животных от коммерческой эксплуатации, на сохранение естественной среды их обитания. Представительства *IFAW* существуют в 17 странах, в том числе и в России. Охрана гренландского тюленя и прекращение охоты на его детенышей — предмет особого внимания *IFAW*.

Выставка проходит в здании Государственного Дарвиновского музея с 26 февраля по 20 апреля.

# ВЕРНУТЬ УТРАЧЕННЫЙ авторитет

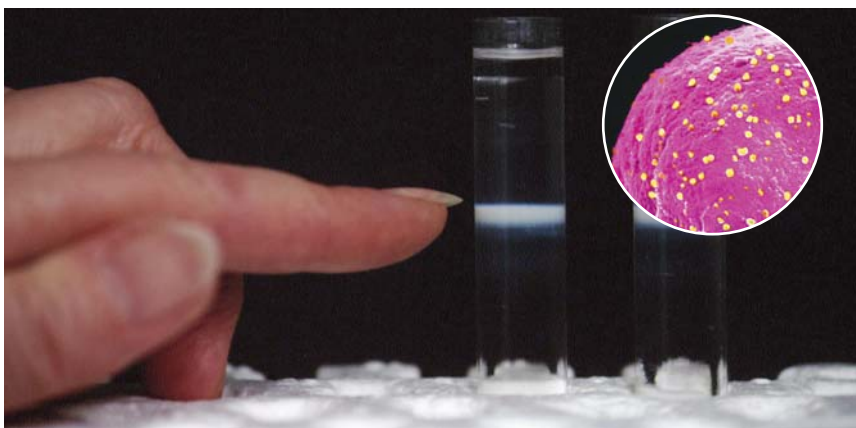
## Последние разработки и клинические испытания вдохнули новую жизнь в генную терапию

За последние 15 лет генная терапия испытала череду взлетов и падений. В начале 1990-х гг. новое направление усиленно рекламировали как медицину будущего. Но в 1999 г. ее применение привело к гибели 18-летней девушки, а еще три пациента заболели лейкозом. Однако специалисты считают, что теперь все худшее осталось позади, и такой оптимизм небезоснователен. Их воодушевляют результаты последних исследований, но еще больше надежд они возлагают на те разработки, которые планируется провести в ближайшем будущем.

Под генной терапией понимается любое вмешательство, при котором в клетки больного вводятся новые гены (или модифицируются старые) с целью лечения или предотвращения болезни. Вначале такой метод предполагалось использовать для борьбы с наследственными заболеваниями (такими, как муковисцидоз), при которых наблюдается дефицит нормальных генных продуктов, путем введения в клетки функциональных копий дефектных генов. Затем диапазон возможностей расширился: специалисты научились «натре-

нировывать» иммунные клетки для активной борьбы с раком, создавать новые кровеносные сосуды, обеспечивать устойчивость организма к инфекционным агентам.

«Мы не осознаем в полной мере всех возможностей генной терапии», — говорит Артур Найенхьюис (Arthur Nienhuis), гематолог из Детской больницы в Мемфисе и президент Американского общества специалистов по генной терапии. Помимо 12 клинических испытаний (фаза III) на раковых больных и больных, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, выполнен целый ряд предварительных тестов. Так, в июне 2007 г. появились обнадеживающие данные о лечении пациентов с болезнью Паркинсона, об улучшении зрения у 70 собак, страдающих слепотой, и об апробировании соответствующей методики на людях. Кроме того, восемь исследовательских групп планируют использовать методы генной терапии для лечения СПИДа. Несмотря на то что ни один из генно-терапевтических подходов не получил одобрения FDA, уже сейчас проводится более 800 клинических испытаний.



**ЦЕЛЕВАЯ ДОСТАВКА.** Вирусные частицы, несущие гены человека, после центрифугирования собираются в пробирке в узком слое жидкости голубого цвета. Они могут доставить свой «целебный груз» по назначению и искоренить или предотвратить болезнь. В кружке вверху — аденовирусные частицы (желтые) на поверхности эритроцита

А в Китае разрешено к применению два генно-терапевтических метода лечения рака.

Мишенью при таком методе лечения всегда служат определенные ткани, «и в этом он принципиально отличается от традиционной фармакологии: когда вы принимаете таблетку или вам делают инъекцию, лишь ничтожная часть препарата попадает к месту назначения», — говорит Дэвид Дичек (David Dichek), врач-кардиолог из Вашингтонского университета. Но для того чтобы ген достиг цели, нужно проявить немалое мастерство. На уровне эксперимента задачу можно решить, если в целевые клетки удастся injectировать нужные гены или без труда изолировать данные клетки, произвести необходимые генетические манипуляции и ввести в организм испытуемого. Но доставка генов в труднодоступное место — одна из серьезнейших проблем.

В большинстве случаев для этого используют вирусные векторы. Генетический материал вирусной частицы можно заменить тем, который необходим для терапии, и вирус точно так же проникнет в клетку и передаст ей свой «груз». Разные вирусы инфицируют разные ткани — одни из них атакуют клетки печени, другие — нервные клетки. У клиницистов всегда есть возможность выбрать тот вирус, который удовлетворяет их целям, и затем произвести с ним генетические манипуляции.

Однако введение вируса в организм не обходится без последствий. «Наша иммунная система служит серьезным барьером на пути проникновения в организм любых чужеродных агентов, в том числе вирусов», — поясняет Дональд Кон (Donald Kohn), иммунолог из Медицинской школы Университета Северной Каролины и Детской больницы Лос-Анджелеса. Причиной смерти 18-летней Джесси Джелсингер в 1999 г. стала слишком сильная иммунная реакция организма, а не сама генная терапия. Отсюда следует, что даже если вирусный вектор достигает цели, необходимо еще убедиться, что иммунная система не атакует инфицирован-

ные клетки. Недавно ученые придумали, как решить эту проблему: они стали предварительно вводить пациенту небольшую дозу иммуносупрессанта или использовать «голую» вирусную ДНК, упакованную особым образом, так чтобы иммунная система ее не заметила.

Даже если генная терапия преодолет все препятствия технического характера, удастся ли переломить негативное отношение к ней со стороны общественности? Некоторые специалисты придерживаются мне-

ния, что абсолютно безопасного лечения не существует. «Если вы сравните традиционную химиотерапию и генную, то не увидите никаких указаний на то, что вторая более опасна», — говорит Савио Ву (Savio Woo), врач-онколог из больницы Маунт-Синай в Нью-Йорке. По его утверждению, тысячи людей уже прошли лечение с использованием генной терапии, и лишь в нескольких случаях оно не оправдало ожиданий. Лейкоз, который возник у трех упомянутых в начале статьи пациентов, по-види-

мому, был атипичной реакцией на терапевтический ген, который стимулировал пролиферацию клеток иммунной системы.

По мере развития и совершенствования методов генной терапии будет меняться и отношение общественности. «Мы уже достигли несомненных успехов и сегодня стоим на пороге поистине революционных событий, которые произойдут в течение ближайших нескольких лет», — считает Найенхьюис.

Мелинда Веннер

## Эра ТЕРАВЫЧИСЛЕНИЙ

Компании *HP* и *Intel* объявили о завершении реализации проекта построения вычислительного комплекса по обработке сейсмических данных. Он основан на инновационной кластерной технологии *HP* и *Intel* и позволяет значительно быстрее и эффективнее производить расчеты, осуществлять поиски и разведку новых углеводородных ресурсов.

В качестве вычислительных узлов использованы серверы *HP ProLiant DL140G3* на базе четырехъядерных процессоров *Intel® Xeon®* серии 5300, характеризующиеся сбалансированной системной архитектурой, а также оптимальным соотношением цена/производительность. Общее количество процессорных ядер в комплексе — 512, пиковая производительность — более 4,7 Тфлопс, суммарный объем оперативной памяти вычислительного поля — более 1 ТБ. Сетевая инфраструктура вычислительного кластера построена на базе решений *ProCurve* компании *HP*. В качестве операционной системы на вычислительных узлах кластера *HP* используется *OS Linux*.

«Высокопроизводительные вычисления занимают все более важное место в бизнесе нефтегазовых компаний по всему миру,

в том числе и в России, поскольку результаты проводимых расчетов влияют на принятие решений о разработке месторождений и оценку возможных рисков, — отметил Оуэн Кемп, вице-президент и генеральный директор *HP* Россия. — Созданный кластер позволит быстро и качественно проводить необходимые расчеты, что предоставит возможность заказчику значительно снизить издержки».

«Для разведки только одного месторождения нефти или газа необходимо обработать не менее 100 ТБ информации, что в десять раз превышает объем библиотеки Конгресса США, — сказал Дмитрий Конаш, региональный директор корпорации *Intel* в странах СНГ. — Поэтому нефтегазовая отрасль и требует соответствующих компьютерных инфраструктур на базе высокопроизводительных систем. Используемые в них программные алгоритмы чрезвычайно сложны и продолжают совершенствоваться. Четырехъядерные процессоры *Intel Xeon* на базе микроархитектуры *Intel Core* демонстрируют отличную производительность, особенно в приложениях для сейсмического анализа, используемых для поисков и разведки месторождений углеводородов».

Во время разведки океанического месторождения корабль должен картографировать участок площадью в 1000 км<sup>2</sup>. Для этого судно ходит по маршруту и тянет за собой сеть из почти 3 тыс. гидрофонов, собирающих необходимые геологические данные. Ранее их записывали на магнитные накопители, переправляли на берег и доставляли в компьютерные центры, где они подвергались анализу, и проводилась интерпретация данных, — процесс, занимающий не один месяц. Теперь, с появлением больших серверных систем на базе многоядерных технологий и высокоскоростных сетей, это время сокращается до нескольких минут. Специальная программа анализирует собранную информацию и выстраивает трехмерное изображение подземных структур, позволяя точно определить петрофизические свойства естественных резервуаров, выявить оптимальные места для проектирования скважин и промышленного бурения. Программные решения в области разведки и разработки действуют в открытой среде с возможностью доступа к сторонним базам данных, что помогает ускорить работу над проектом и сократить производственный цикл. Новые технологии открывают доступ к использованию накопленных за многие годы терабайтов данных, обработка которых до настоящего времени была весьма трудоемкой.

Сергей Федоров

Рейчел Горман

# КАК ПРИГОТОВИТЬ БОЛЬШЕ МОЗГИ

Секрет эволюции состоит в приготовлении пищи на огне

**Р**ичард Ренгам (Richard Wrangham), антрополог из Гарвардского университета, попробовал пищу шимпанзе, и она ему не понравилась. «Фрукты очень невкусные», — говорит он о жестких плодах необычной формы, которыми питаются приматы в природе. Одни внешне напоминают вишни, другие — маленькие сосиски. «Волокнистые, сильно горчат, сладости явно не хватает. И от них расстраивается желудок». Попробовав несколько раз фрукты в западной Уганде, куда он уже 20 лет регулярно приезжает изучать диких шимпанзе, Ренгам пришел к заключению, что на такой диете не смог бы просуществовать ни один человек. Наши слабые челюсти, крошечные зубы и маленький кишечник не в состоянии пережевать и переварить достаточное количество этой пищи, чтобы обеспечить калориями наше большое тело.

В 1997 г., холодным осенним вечером в Кембридже, штат Массачус-

сетс, глядя на жаркий огонь в камине и размышляя над вопросом — «Что дало толчок эволюции человека?» — он вспомнил пищу обезьян. «Я осознал, насколько сильно меняет дело приготовление еды на огне», — говорит Ренгам. Нагревание могло превратить волокнистые плоды и клубни, равно как и жесткое сырое мясо, в гораздо более легкоусвояемую пищу, переваривание которой требует значительно меньше энергии. Такое новшество могло позволить нашим предкам, напоминавшим шимпанзе, уменьшить в ходе эволюции размер своего кишечника. Теперь та энергия, которая раньше тратилась на его работу, могла быть направлена на развитие большого мозга.

Многие археологи, палеонтологи и антропологи утверждают, что Ренгам в корне не прав. Он исследователь шимпанзе, а не специалист по эволюции человека. Он играет не на своем поле. Более того, археологические данные не подтверждают

использование человеком огня в тот период, когда этого требует теория Ренгама.

Ренгам впервые встретился с шимпанзе в 1970 г., будучи студентом, и начал свою карьеру с изучения того, как давление экологических факторов, в том числе распределения пищи, влияет на сообщества этих приматов. Он провел известное исследование агрессии человекоподобных обезьян, по результатам которого в 1996 г. опубликовал книгу *Demonic Males* («Демонические самцы»). Однако уже десять лет подряд его непрерывно занимают мысли об эволюции *Homo sapiens*. «Я смотрю на этот вопрос через призму своих знаний о шимпанзе, — замечает он. — Что должно было произойти, чтобы превратить нашего предка в человека?» И Ренгам решил, что это был огонь, на котором можно готовить пищу и благодаря которому мы обрели крупное тело и большой мозг.

Такие признаки он обнаруживает у *Homo erectus* (человека прямоходящего) — нашего предка, появившегося 1,6—1,9 млн лет назад. Мозг *H. erectus* был на 50% крупнее, чем у его предшественника, *H. habilis* (человека умелого), и именно у него наблюдалась самое серьезное уменьшение размеров зубов за всю эволюцию человека. «Лишь в этот период произошли ожидаемые изменения организма, которые должны были бы сопровождать изобретение термической обработки пищи», — говорит Ренгам.

Однако не существует явных доказательств того, что люди овладели обращением с огнем в столь давние времена. Другие исследователи полагают, что это произошло не раньше 500 тыс. лет назад. Стабильные же признаки приготовления пищи на огне появились даже позже, когда в периоды оледенений неандертальцы боролись за выживание. «Они готовили еду в земляных очагах, — говорит Лоринг Брейс (С. Loring Brace), антрополог из Мичиганского университета в Анн-Арбор, — и это происходило лишь в пределах последних двухсот тысячелетий». Он и его кол-



## РИЧАРД РЕНГАМ

■ **ЗАЖИГАЕТ:** утверждает, что практика приготовления пищи на огне, начавшаяся с *Homo erectus*, в конечном счете позволила мозгу человека развиваться до его современных больших размеров.

■ **НА СКОВОРОДЕ:** многие относятся к его теории скептически, потому что известны лишь отдельные свидетельства использования огня *H. erectus*: например в Китае *H. erectus*, возможно, кидал в свои первые костры плоды дерева каркас (от которых получаются красивые искры).

■ **О ВАЖНОСТИ КУХОННОЙ ПЛИТЫ:** «Каждый человек хочет иметь горячую пищу на ужин».

леги утверждают, что не термическая обработка, а введение в рацион богатых энергией мягких продуктов животного происхождения позволило *H. erectus* обрести крупный мозг и маленькие зубы.

Такая гипотеза побудила Ренгама провести новые исследования. Он изучил современные племена охотников и собирателей во всем мире и обнаружил, что ни одна из групп ныне живущих людей не употребляет всю свою пищу сырой. Люди хорошо адаптированы к употреблению продуктов, подвергнутых термической обработке: современному человеку необходимо много высококачественных пищевых калорий (мозг требует в 22 раза больше энергии на единицу веса, чем скелетная мускулатура); жесткие волокнистые плоды и клубни не способны дать ее в достаточном количестве. Ренгам посчитал: чтобы получить необходимое количество калорий, *H. erectus* (по размеру тела практически не отличавшийся от *H. sapiens*) должен был бы съесть примерно по 5,4 кг сырой растительной пищи, или же по 2,7 кг сырых растений и сырого мяса. У современных женщин, придерживающихся вегетарианской диеты из одних сырых растительных продуктов, часто из-за недостатка энергии прекращается менструальный цикл, и добавление высококалорийного сырого мяса не помогает. Ренгам обнаружил данные, показывающие, что даже при той скорости жевания, которая характерна для шимпанзе, что дает им 400 калорий в час, *H. erectus* должен был бы жевать сырое мясо от 5,7 до 6,2 часа в день, чтобы покрыть свои энергетические нужды. Ему пришлось бы непрерывно работать челюстями весь день за исключением времени, необходимого для поиска пищи.

Для доказательств того, что термическая обработка действительно позволяет экономить энергию, Ренгам объединил усилия со Стивеном Секором (Stephen Secor), биологом из Алабамского университета, изучающим эволюцию строения пищеварительной системы. Они вместе обнаружили, что питон — модельный объект для изучения работы

кишечника — тратит меньше усилий на переваривание термически обработанной пищи, чем сырой. Нагрев изменяет структуру белков и крахмала, облегчая их расщепление пищеварительными ферментами.

В теории Ренгама могло бы все сойтись, если бы не досадная проблема использования человеком огня. Антрополог указывает на то, что согласно некоторым данным, *H. erectus* все же действительно «приручил» огонь. В Кооби-Фора в Кении исследователь Ральф Роуллетт (Ralph Rowlett) из университета Миссури в г. Колумбия обнаружил следы обгоревшей земли возрастом в 1,6 млн лет, в которой присутствовали сгоревшие остатки различной древесины. Данный факт указывает на целенаправленное разведение огня, причем следы сгорания корней под землей там отсутствовали (если бы дерево сгорело от удара молнии, то были бы следы горения древесины одного вида и остались бы сгоревшие корни). Роуллетт планирует исследовать найденные там же гранулы крахмала, чтобы посмотреть, не готовили ли на этом огне пищу.

Все же большинство ученых утверждают, что если не удастся показать регулярность присутствия следов огня в местах находок *H. erectus*, то они будут по-прежнему скептически относиться к теории Ренгама. Более того, есть и другие догадки относительно питания наших предков, которые могут объяснить увеличение размеров нашего тела и мозга. Одна из них — теория, предложенная в 1995 г. Лесли Айелло (Leslie C. Aiello), почетным профессором биологической антропологии в медицинском колледже Лондонского университета, и физиологом Питером Уилером (Peter Wheeler) из Ливерпульского университета Джона Мурса в Англии. Основная идея гипотезы, состоящая в том, что меньший размер кишечника коррелирует у приматов с большим размером мозга, совпадает с теорией Ренгама, однако Айелло и Уилер полагают, что свою роль сыграли богатые энергией продукты животного происхождения, такие как мозг и костный мозг, а не нагревание пищи.

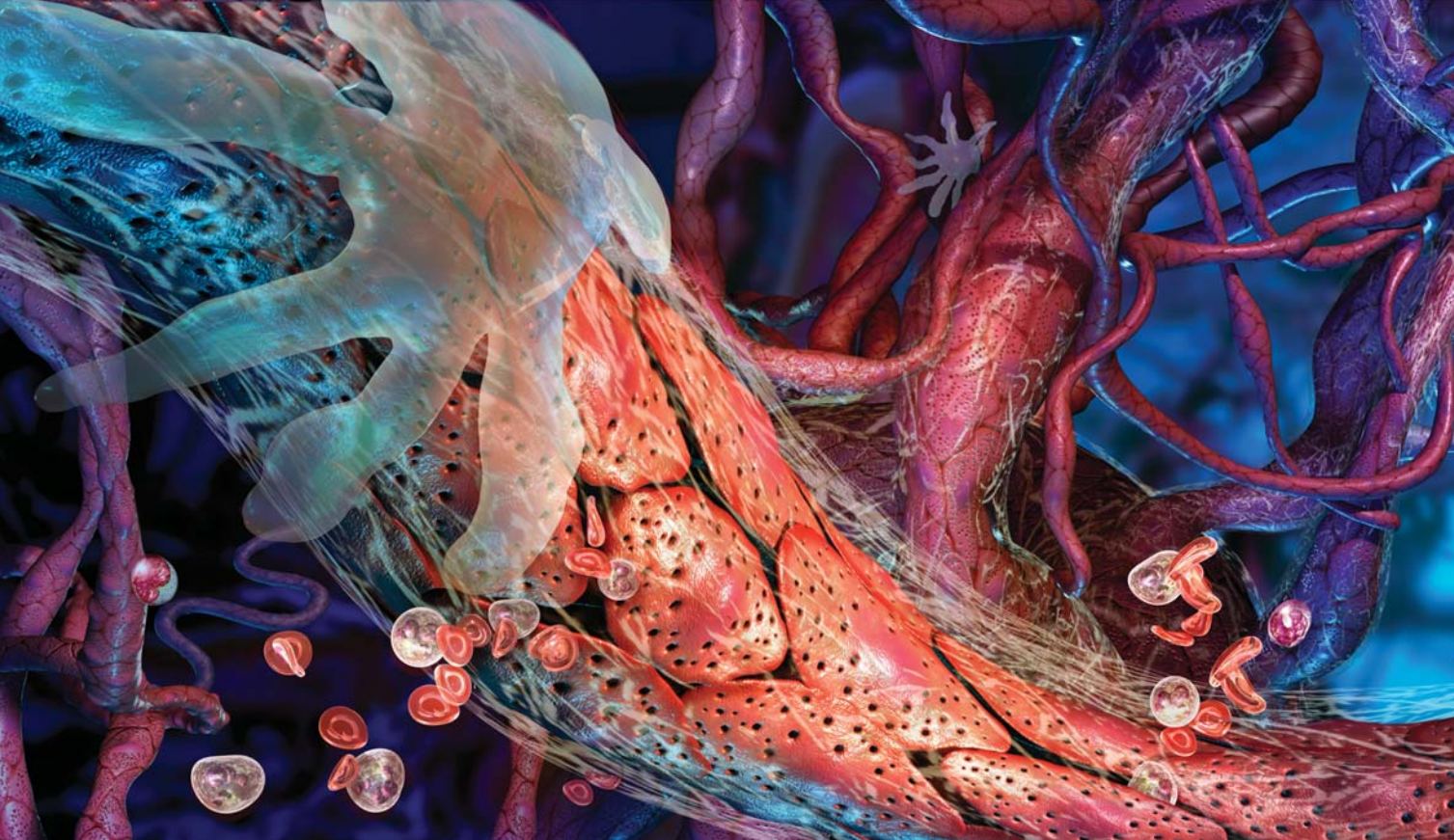
Поскольку прямых доказательств повсеместного использования огня *H. erectus* не существует, Ренгам надеется, что ему когда-нибудь поможет исследование ДНК. «Было бы интересно сравнить генетику современного человека и *Homo erectus*, чтобы посмотреть, когда появились некоторые генетические особенности, в том числе, когда у людей возникла улучшенная защита от продуктов реакции Майяра», — говорит он, имея в виду образование канцерогенов при нагревании некоторых видов пищи.

Несмотря на то что таких доказательств еще нет, некоторые полагают, что теория Ренгама необходима для того чтобы встряхнуть поле исследования эволюции человека. «Не важно, кто выдвигает подобные идеи, — говорит Айелло, одновременно занимающая должность президента Фонда Веннер-Грена, который поддерживает исследования в области антропологии. — Следует прислушаться к тому, что говорит Ричард, поскольку у него есть интересные и оригинальные данные. Иногда самые плодотворные идеи приходят из неожиданных источников». Она указывает на Джейн Гудолл (Jane Goodall), которая поразила мир, доказав, что не только люди могут изготавливать орудия. «Это одна из лучших известных мне иллюстраций ценности приматологических исследований, обогащающих наши знания об эволюции и адаптации человека», — говорит Айелло.

Если странные идеи Ренгама окажутся правильными, то мы сможем вообразить, как первый доисторический повар вытаскивает из костра обугленный клубень и съедает его. Не будь его тогда, некому бы было сейчас исследовать свое происхождение — или же наслаждаться хорошо прожаренным бифштексом. ■

**Рэчел Меллер Горман** (Rachael Moeller Gorman) — журналист из Лондона. Полный текст ее интервью с Ренгамом смотрите на [www.SciAm.com/ontheweb](http://www.SciAm.com/ontheweb).

Перевод: Б.В. Чернышев

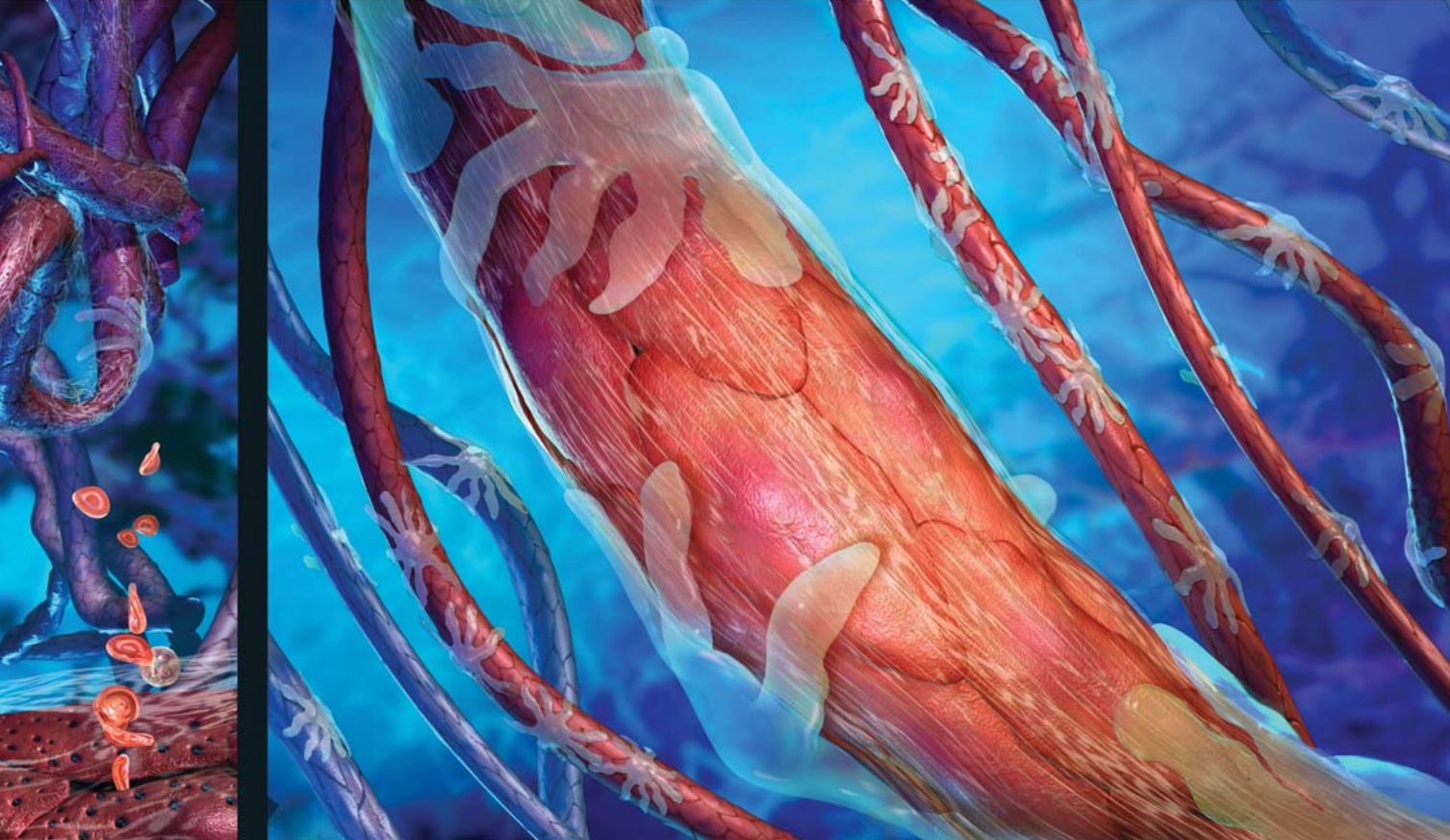


# УКОРОТИТЕ СОСУДЫ — БОЛЕЗНЬ ОТСТУПИТ

Ракеш Джаин

Восстановление порядка в хаотическом переплетении кровеносных сосудов в солидной опухоли открывает новые возможности воздействия на нее. Как ни парадоксально, лекарственные препараты, предназначенные для разрушения сосудистой сети, питающей опухоль, приводят к ее временному упорядочению. Кроме того, они могут повернуть вспять процессы, ведущие к сердечно-сосудистым заболеваниям и слепоте

В 1974 г., работая аспирантом в Национальном институте по изучению рака, я столкнулся с одним из самых необычных аспектов поведения солидных опухолей. Мой научный руководитель Пьетро Гуллино (Pietro M. Gullino), разработавший новый подход к изучению биологии рака, сконструировал систему, в которой опухоль сообщалась с кровеносной системой крысы через одну артерию и одну вену. Как инженера-химика меня заинтересовала возможность использовать систему для того чтобы выяснить, какое количество лекарственного препарата, инъецированного животному, проходит через опухоль и выводится из нее. К моему удивлению, большая



часть введенного вещества вообще не доходила до места назначения. А то количество, которое все-таки в опухоль попадало, распределялось неравномерно — некоторые ее области не получали ничего.

Отсюда следовало, что если до какой-то части клеток опухоли человека вещество, предназначенное для их уничтожения не доходит, то они не погибнут, и рано или поздно опухоль вновь разрастется. Возможно, инженерное образование подтолкнуло меня к мысли, что всему виной — инфраструктурные нарушения внутри опухоли.

Все последующие десятилетия я и мои коллеги посвятили исследованию тех особенностей строения локальной сети сосудов, питающих опухоли, которые делают неэффективными традиционные методы терапии, а кроме того влияют на поведение самих солидных опухолей. Мы разработали способы упорядочения локальной сосудистой системы в опухолях и апробировали их на мышах. В ходе работы обнаружился один парадокс: целый класс веществ, направленных на разрушение этой системы, оказывал временное упорядочивающее воздействие, что создавало условия для доставки к опухоли противораковых веществ.

В последние годы появилась возможность проверить эффективность нашего подхода на онкологических больных. Мы не обманулись в своих ожиданиях: как только сосудистая система приходила в порядок, опухоль при введении противоракового вещества начинала уменьшаться. Для усовершенствования метода и внедрения его в клиническую практику еще многое предстоит сделать. Но уже сегодня ясно, что наша методика открывает новые возможности лечения заболеваний, не связанных с онкологией, например дегенерации сетчатки — основной причины слепоты.

### Извилистый путь

Дорога к успеху была долгой и трудной. В поисках ответа на вопрос, почему лекарственные веществ-

Аномалии в локальной сосудистой сети (слева) вносят еще больше хаоса в структуру опухоли и затрудняют доступ к ней лекарственных веществ. Упорядочение сети (вверху) служит эффективным инструментом в борьбе с раком

тва распределяются в опухоли неравномерно, я попытался отследить весь процесс шаг за шагом, проводя опыты на грызунах. Используя разнообразные методы, мы с коллегами наблюдали за тем, как вещества проникают в мелкие кровеносные сосуды, проходят через их стенки, попадают в окружающие ткани и достигают раковых клеток. Мы могли регистрировать движение таких молекул, как кислород, в кровеносных сосудах и тканях.

Прежде всего мы увидели, что сеть сосудов внутри опухоли ►

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Аномалии в структуре и функционировании локальной сосудистой сети, характерные для всех солидных опухолей, отражаются на поведении самой опухоли и затрудняют лечение.
- Упорядочение этой сети облегчает проникновение лекарственных веществ во всю массу опухолевых клеток без исключения.
- Как ни парадоксально, препараты, нацеленные на разрушение аномальной сосудистой сети опухолей, приводят к ее временному упорядочению. В этот период применение химиотерапии наиболее целесообразно. Упорядочение системы сосудов помогает справиться и с другими заболеваниями, связанными с нарушениями кровоснабжения.

## АНОМАЛИИ В ЛОКАЛЬНОЙ СОСУДИСТОЙ СЕТИ

**Структурные и функциональные нарушения сосудистой сети, питающей солидные опухоли, еще более усугубляют ситуацию. Они ухудшают проникновение лекарственных веществ во все части опухоли, а кроме того, приводят к изменениям ее внутренней среды, что сопровождается повышением агрессивности раковых клеток**

### НАРУШЕНИЯ В СТРУКТУРЕ СЕТИ

- Увеличение диаметра сосудов и хаотичность их организации нарушают кровоток.
- Отсутствие сосудов в некоторых частях опухоли делает их недоступными для лекарственных веществ.

### НАРУШЕНИЯ В РАБОТЕ СОСУДОВ

- Чрезмерно крупные поры в сосудистой стенке пропускают жидкость и растворенные в ней вещества из сосудов в интерстициальное пространство (пространство между клетками, сосудами и другими структурами).
- Высокое давление в интерстициальной жидкости блокирует транспорт лекарственных веществ и кислорода из сосудов в опухолевую массу.

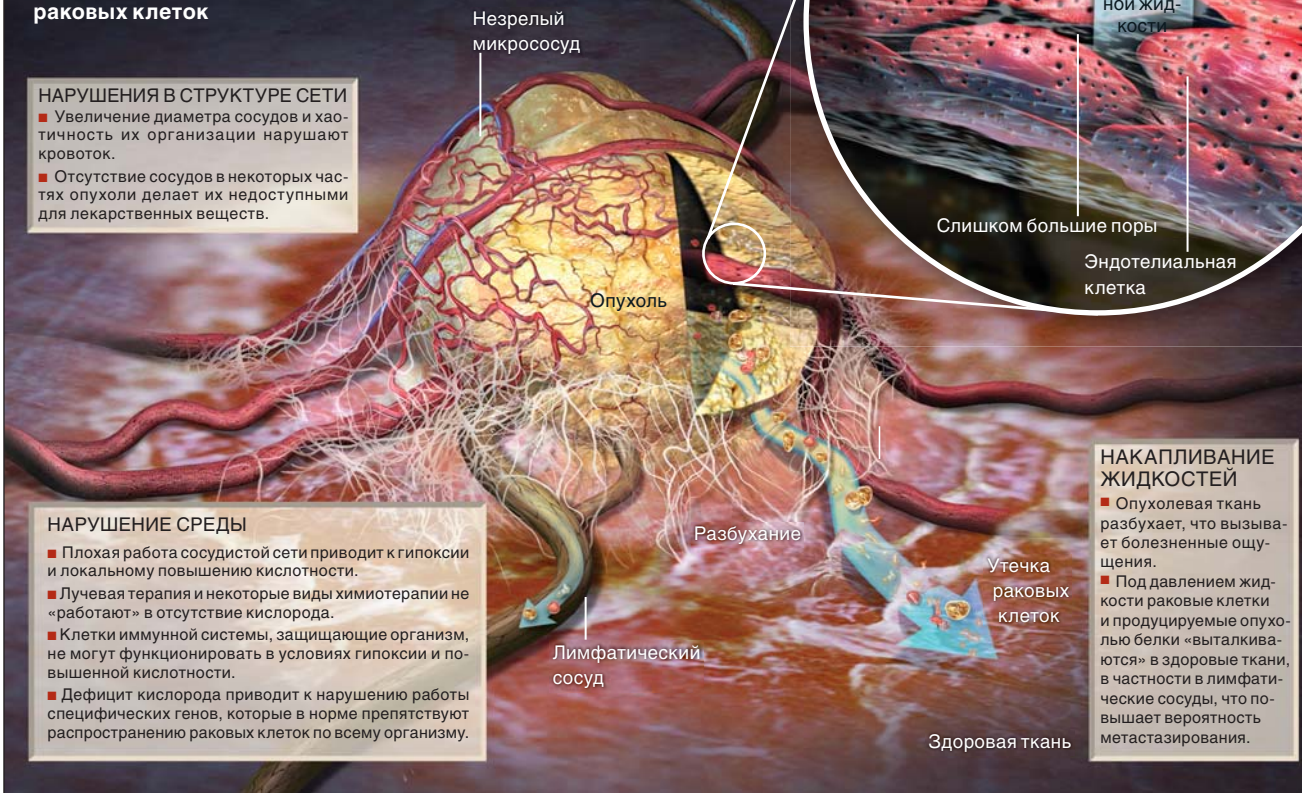


### НАРУШЕНИЕ СРЕДЫ

- Плохая работа сосудистой сети приводит к гипоксии и локальному повышению кислотности.
- Лучевая терапия и некоторые виды химиотерапии не «работают» в отсутствие кислорода.
- Клетки иммунной системы, защищающие организм, не могут функционировать в условиях гипоксии и повышенной кислотности.
- Дефицит кислорода приводит к нарушению работы специфических генов, которые в норме препятствуют распространению раковых клеток по всему организму.

### НАКАПЛИВАНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

- Опухолевая ткань разбухает, что вызывает болезненные ощущения.
- Под давлением жидкости раковые клетки и продуцируемые опухолью белки «выталкиваются» в здоровые ткани, в частности в лимфатические сосуды, что повышает вероятность метастазирования.



совсем не похожа на обычную. К здоровым тканям ведут крупные сосуды, которые последовательно ветвятся с образованием все более мелких капилляров, создающих обширную сеть, снабжающую кислородом и питательными веществами буквально каждую клетку. Опухоль же, которая на определенной стадии развития стимулирует образование локальной сосудистой сети для своих нужд, оплетена целым клубком сосудов. Они соединяются друг с другом совершенно случайно, одни из них непропорционально велики, другие сформированы не до конца. В некоторых участках опухоли сосуды вообще отсутствуют.

В ходе многолетних исследований мы реконструировали процессы переноса жидкостей, лекарственных веществ и клеток по системе сосудов, опутывающих опухоль, и разобрались в последствиях имеющихся в ней аномалий. Картина получилась мрачная. Прежде всего обнаружилось, что локальная кровеносная сеть не просто деструктурирована чисто внешне, она дезорганизована в функциональном смысле. В одних областях опухоли кровоток очень динамичен, в других наблюдается застой. По одному и тому же сосуду кровь может течь как в прямом, так и в обратном направлениях. Одно только это вносит хаос в процесс

доставки лекарственных веществ. Более того, одни участки сосудистых стенок избыточно проницаемы, другие чрезвычайно плотные, что препятствует равномерному распределению поступающих в опухоль веществ.

Выясняя причину такой неоднородности, мы увидели, что в некоторых опухолях поры в стенке кровеносных сосудов достигают в диаметре одного-двух микрометров, что в 100 раз больше, чем в норме. Такие «дырявые» сосуды не способны поддерживать нужный перепад давления в стенке. В здоровых кровеносных сосудах давление обычно гораздо выше, чем в окружающих тканях, а в пораженных — почти такое же.



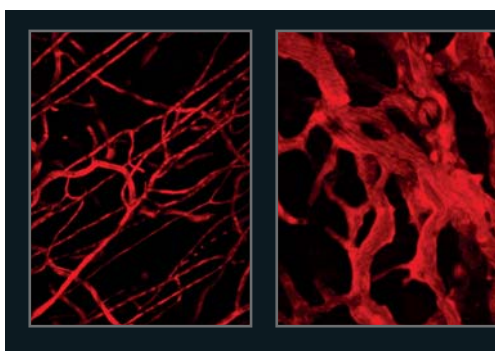
«Течи» в сосудах приводят к накоплению интерстициальной жидкости, разбуханию опухоли и прилегающих тканей. Для пациентов, страдающих раком мозга, это имеет фатальные последствия, поскольку объем внутричерепного пространства ограничен. При других формах рака жидкость скапливается во внутренних полостях тела. В любом случае жидкости, выделяемые опухолью, несут с собой опухолевые клетки и белки, способствующие образованию новых кровеносных и лимфатических сосудов, по которым раковые клетки распространяются по всему организму.

Помимо всего прочего, аномалии в структуре локальной кровеносной сети создают предпосылки к созданию совершенно неестественной микросреды в самой опухоли. Поскольку некоторые ее части вообще не васкулизируются, а во многих сосудах нарушен кровоток, возникает гипоксия (дефицит кислорода), а кислотность среды повышается. В таких условиях раковые клетки становятся особенно агрессивными, и вероятность появления метастазов увеличивается. Кроме того, клетки иммунной системы, которые могли бы обеспечить защиту организма, не способны осуществить свои функции в условиях повышенной кислотности и дефицита кислорода.

Таким образом, простое на первый взгляд нарушение в кровоснабжении опухоли оборачивается катастрофой. К 1994 г. мне стало ясно, что упорядочение системы кровеносных сосудов опухоли — это шаг к нормализации ее микроокружения и в конце концов к повышению эффективности противораковой терапии. Но для этого необходимо было понять, отчего возникает упомянутое нарушение и почему оно сохраняется.

### Восстановление равновесия

Прежде всего, мы решили исследовать механизм действия молекулярных факторов, которые опосредуют рост нормальных кровеносных сосудов — процесс, называемый ангиогенезом. Самый мощный из них, фактор роста сосудистого эндоте-



**СИСТЕМЫ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ** в нормальной мышечной ткани мышцы (*первый рисунок слева*) и в опухоли (*второй рисунок слева*) разительно отличаются друг от друга. Сосуды опухолевой сети беспорядочно ветвятся, имеют варьирующий вдоль длины диаметр и обычно слишком велики. Такие особенности приводят к нерегулярности в кровоснабжении опухоли

лия (ФРСЭ), был открыт моим коллегой из Гарвардского университета Харолдом Двораком (Harold Dvorak) и назван им фактором проницаемости сосудов. ФРСЭ поддерживает жизнеспособность и пролиферацию эндотелиальных клеток, выстилающих изнутри кровеносные сосуды, а будучи в избытке, вызывает их «подтекание» (отсюда и исходное наименование фактора). В норме совместное действие ФРСЭ и других факторов роста уравнивается действием природных веществ, тормозящих ангиогенез; к их числу относится, например, тромбоспондин.

Когда возникает необходимость в образовании новых сосудов, как в здоровых, так и в больных тканях повышается выработка стимуляторов ангиогенеза или снижается выработка их ингибиторов (либо происходит и то, и другое), и равновесие смещается в нужную сторону. Если речь идет о нормальных процессах, например о заживлении ран, то *status quo* восстанавливается сразу после того как цель достигнута. Но при онкологических и некоторых хронических заболеваниях дисбаланс сохраняется — и рост сосудов продолжается.

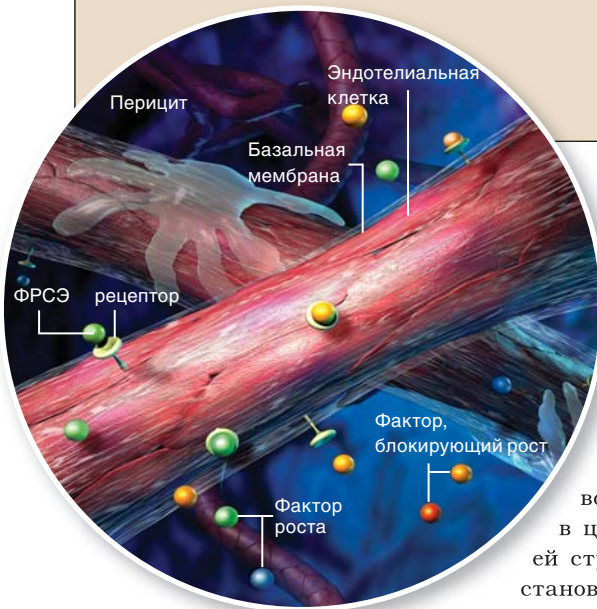
### ОБ АВТОРЕ

**Ракеш Джаин** (Rakesh K. Jain) возглавляет лабораторию Эдвина Стила по изучению биологии опухолей в отделе лучевой терапии в Массачусетской больнице и Гарвардской медицинской школе. Его исследования, посвященные изучению кровеносных и лимфатических сосудов, находятся на стыке нескольких научных областей — биологии, конструирования и математики. Джаин уделяет большое внимание внедрению своих подходов в медицинскую практику. Ученый является также консультантом нескольких фармацевтических и биотехнологических компаний. Он состоит в Национальной инженерной академии и Научном совете Института медицины в системе Академии наук.

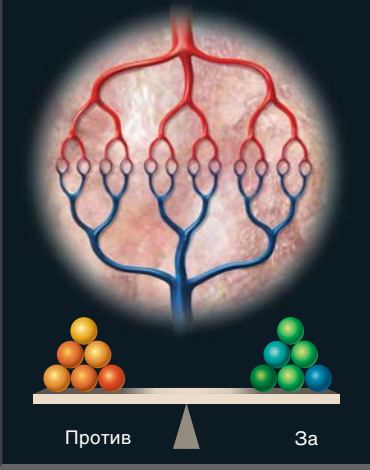
**СМЕСТИТЬ РАВНОВЕСИЕ В НУЖНУЮ СТОРОНУ**

Упорядочение локальной сосудистой сети создает благоприятные условия для проникновения противораковых препаратов во все части опухоли и тем самым повышает эффективность терапии. Многие аномалии в кровеносных сосудах, питающих опухоль, возникают под действием факторов, которые стимулируют рост сосудов (ангиогенез); их влияние «перевешивает» противоположно направленное действие ингибиторов пролиферации. В норме этот процесс «перетягивания каната» строго регулируется. Лекарственные вещества, подавляющие основной фактор роста, ФРСЭ, смещают равновесие в сторону нормы и поддерживают его какое-то время. Но в конце концов равновесие опять нарушается — либо потому, что введенные вещества разрушают большую, чем нужно, часть сосудов, либо по причине резистентности к препарату.

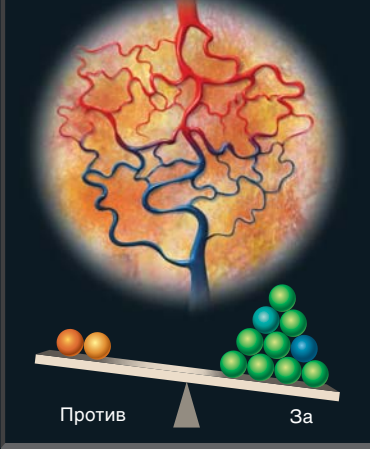
**НОРМАЛЬНЫЙ РОСТ СОСУДОВ И ИХ ПОДДЕРЖАНИЕ**  
Эндотелиальные клетки начинают пролиферировать в ответ на сигналы, посылаемые молекулами, которые включают и выключают рост сосудов. Капилляр охватывают цитоплазматические отростки перicyтов, а окружает базальная мембрана. Все это способствует поддержанию формы сосуда.



**НОРМАЛЬНАЯ СОСУДИСТАЯ СЕТЬ**  
Сигналы к росту сосудов и его блокированию согласованы. Крупные сосуды по мере роста регулярно ветвятся, в результате образуется упорядоченная сосудистая сеть



**АНОМАЛЬНАЯ СОСУДИСТАЯ СЕТЬ**  
Избыточное количество факторов, стимулирующих ангиогенез, и прежде всего ФРСЭ, вызывает беспорядочный рост сосудов. В результате образуется хаотическая кровеносная сеть с переплетенными, плохо функционирующими капиллярами



присоединялись к рецепторам ФРСЭ, блокируя связывание с ними факторов роста. Примечательно, что при обоих способах нейтрализации ФРСЭ неработавшие сосуды, обычные для многих опухолей, «подрезались», а остальные восстановились, так что сеть в целом приближалась по своей структуре к нормальной. Она становилась более упорядоченной, снижались утечки, восстанавливалась структура стенок. Изменялась и сама опухоль: в ней уменьшалось интерстициальное давление, улучшалась оксигенация.

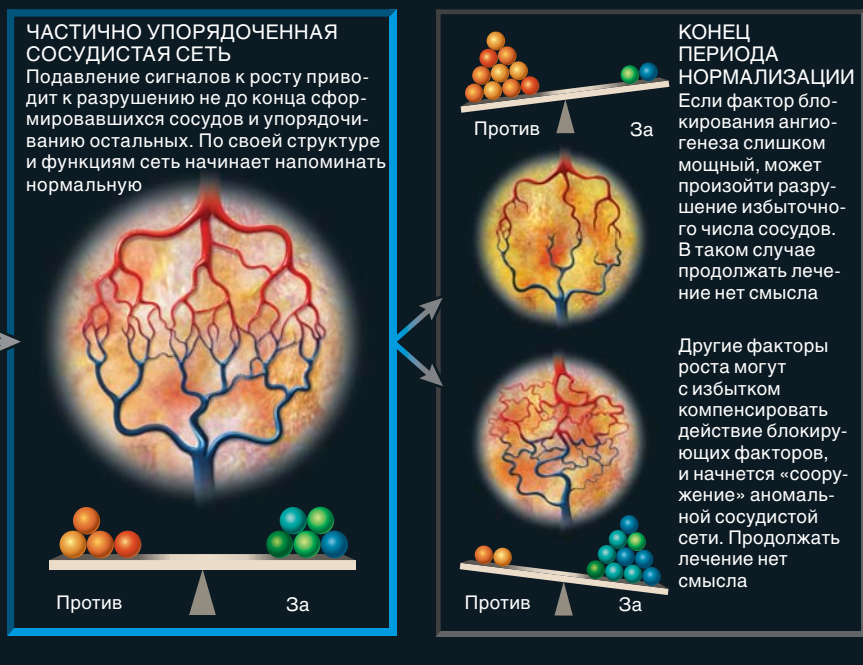
Как ни воодушевляли нас результаты, мы понимали, что предстоит еще доказать эффективность нашего подхода в клинических испытаниях. Многие исследователи отнеслись к данной инновации с недоверием. К концу 1990-х гг., когда я представил свои идеи восстановления локальной сети сосудов научному сообществу, полным ходом шли работы по поиску лекарственных средств, разрушающих сосуды. В их основе

лежала гипотеза, высказанная еще в 1971 г. моей коллегой по Гарвардскому университету Джудой Фолкман (Judah Folkman). Она предположила, что рост опухоли можно замедлить, прекратив снабжение ее кислородом и питательными веществами. На самом деле препарат авастин, одобренный FDA в 2004 г. как противораковое средство, представлял собой ФРСЭ-нейтрализующее антитело и предназначался именно для прекращения ангиогенеза.

Как показали лабораторные исследования и клинические испытания, авастин разрушает кровеносные сосуды в солидных опухолях животных и человека, но не увеличивает среднюю продолжительность жизни больных раком. Однако, по предварительным данным, он начинает проявлять такое действие, если одновременно проводится курс стандартной химиотерапии. В то время такой результат казался парадоксальным: препарат, предназначенный для разрушения кровеносных сосудов, должен был уменьшать эффективность химиотерапии, поскольку он блокировал поступление

**Упорядочивание локальной сосудистой сети облегчает доставку лекарственных средств к каждой клетке опухоли**

KEITH KASNOT (illustrations), JEN CHRISTIANSEN (see-saws), JUDAH FOLKMAN (normalizing tumor vasculature with anti-angiogenic therapy: a new paradigm for combination therapy), BY FAKESHK, JAIN, IN NATURE MEDICINE, VOL. 7, NO. 9, SEPTEMBER 2001



скорость пролиферации раковых клеток в некоторых опухолях — в полном соответствии с улучшением работы сосудов и нормализацией микроокружения. Ускорение пролиферации раковых клеток само по себе нежелательно, однако оно имеет и положительную сторону: быстро делящиеся клетки более чувствительны к лучевой и химиотерапии.

Все эти наблюдения позволяют получить представление о том, как работают лекарственные вещества, подобные авастину, и почему на их фоне повышается эффективность лечения. Поскольку они блокируют действие ФРСЭ, васкуляризация некоторых опухолей немедленно снижается, зато оставшиеся сосуды восстанавливаются и лучше функционируют. По ним к раковым клеткам в большем объеме поступают лекарственные вещества, и лечение оказывается более успешным.

**Окно надежды**

Для того чтобы в полной мере использовать все возможности блокаторов ангиогенеза, необходимо точно знать, когда начинается нормализация кровоснабжения, и как долго такое состояние сохраняется. В поисках ответа мы вернулись к опытам на мышах. Животным с опухолью мозга были введены антитела, блокирующие ФРСЭ-рецепторы. Уже через сутки появились признаки нормализации локальной

в опухоль лекарственных веществ. Целый ряд исследований продемонстрировал подобное действие агентов, блокирующих ангиогенез. Как же можно совместить взаимоисключающие данные?

В 2002 г. нам представилась возможность детально исследовать структуру и функционирование локальной сети кровеносных сосудов в опухолях прямой кишки у пациентов, которые получали одновременно авастин и противораковые препараты (или подвергались лучевой терапии). Исследования проводились в рамках клинических испытаний при поддержке Национального института по изучению рака под руководством Кристофера Уиллета (Christopher Willett), работающего сейчас в Медицинском центре Университета Дьюка. Очень скоро мы увидели, что изменения в локальной кровеносной сети не ограничиваются разрушением сосудов.

Спустя две недели после однократного введения авастина у шести ис-

пытываемых на 30—50% снизился кровоток, стала менее плотной сеть микрососудов, уменьшилось общее число сосудов и давление в интерстициальной жидкости. Кроме того, возобновился апоптоз (запрограммированная гибель клеток). При этом никакого уменьшения энергопотребления — снижения количества поглощаемого аналога глюкозы — не отмечалось, а это непременно должно было произойти, если бы следствием терапии был только недостаток питательных веществ. Напротив, создавалось впечатление, что оставшиеся кровеносные сосуды стали лучше снабжать ими опухоль. Более того, увеличилась ▶



FROM "GEOMETRIC RESISTANCE AND MICROVASCULAR NETWORK ARCHITECTURE OF HUMAN COLORECTAL CARCINOMA" BY J. R. LESS, M. C. POSNER, T. C. SKALAK, N. WOLMARK AND R. K. JAIN, IN MICROCIRCULATION, VOL. 4, NO. 1, 1997

## ПЛОХИЕ СОСУДЫ: СТРАДАЮТ НЕ ТОЛЬКО РАКОВЫЕ БОЛЬНЫЕ

Миллионы людей по всему земному шару страдают от заболеваний, не имеющих никакого отношения к раку, но тоже связанных с нарушениями в работе сосудистой системы. Ее нормализация важна для лечения точно так же, как и при онкологических заболеваниях, поэтому лекарственные препараты, которые восстанавливают нормальную структуру локальной сети, могут применяться в самых разных ситуациях.

Наиболее распространенным заболеванием подобного рода является атеросклероз, одно из проявлений которого — образование бляшек на внутренней стенке сосудов. Вокруг бляшек возникает воспаление, накапливаются продукты распада тканей, бляшки все больше увеличиваются в размерах. Их начинают пронизывать вновь образующиеся сосуды — аналогично тому, как это происходит со злокачественными опухолями. Новая сосудистая сеть во многом похожа на ту, о которой мы говорили в статье. Она тоже негерметична и нерегулярна. И для ее временной нормализации можно использовать те же подходы, что и для упорядочивания локальной опухолевой системы сосудов.

Сосудистые нарушения служат предпосылками к развитию таких заболеваний, как диабетическая слепота и так называемая «влажная» возрастная дегенерация сетчатки. Характерным признаком последней служит патологическая проницаемость стенок кровеносных сосудов макулы — небольшой области в центральной части сетчатки. В результате кровь вытекает в окружающие ткани, и наступает частичная или полная слепота. Сегодня этой патологией страдает более 9 млн жителей США, и не удивительно, что интерес офтальмологов к лекарственным препаратам, блокирующим ангиогенез, огромен. Уже одобрены к применению два таких препарата, лусцентис и макуген (оба — ингибиторы ФРСЭ).

Аналогичный подход может оказаться полезным и для контроля состояний, сопровождающихся скоплением жидкости в организме (водянка), а также при пластических операциях, когда необходимо образование и поддержание нормально функционирующей сосудистой сети.



сосудистой сети, а в течение следующих пяти-шести суток улучшилась оксигенация. В это же время отмечался максимальный эффект лучевой терапии. Аналогичные результаты получила другая группа ученых, тоже в опытах на лабораторных животных.

Располагая столь обнадеживающими данными, мы получили разрешение проверить наш подход в клинических испытаниях, проводимых Национальным институтом по изучению рака. Участвовали 30 пациентов с опухолью головного мозга — глиобластомой. Все они были прооперированы, прошли курсы химио- и лучевой терапии, и несмотря на это рост опухоли не прекращался. По прогнозам, жить им оставалось не более полугода.

Больные ежедневно получали экспериментальный препарат рецентин, мощный ингибитор трех основных ФРСЭ-рецепторов. Используя новейшие методы визуализации,

мы могли наблюдать за результатами его действия — и увидели их почти сразу (рис. на следующей стр.): уменьшились диаметр сосудов и их проницаемость. Такое состояние поддерживалось по крайней мере 28 суток, а признаки нормализации отмечались в течение всего четырехмесячного срока проведения испытаний. Более того, как мы и ожидали, нормализация сопровождалась быстрым уменьшением разбухания тканей вокруг опухоли. К сожалению, при приеме ФРСЭ-ингибиторов отмечаются серьезные побочные эффекты. Некоторые пациенты попросили сделать перерыв в лечении, что позволило нам проследить за изменениями в поведении сосудов. Вскоре после отмены терапии процесс повернул вспять, признаки отклонения от нормы усилились, но как только прием рецентина возобновился, вновь началась нормализация сосудистой системы.

Наблюдения позволили впервые оценить продолжительность периода нормализации локальной сосудистой сети у человека и послужили основанием к проведению более масштабных испытаний с участием 300 пациентов с глиобластомой. Мы исследовали влияние на патологический процесс рецентина на фоне химиотерапии и в ее отсутствие, а также апробировали ряд блокаторов ангиогенеза на больных, проходивших обычный курс химиотерапии. В число испытуемых входили как те, кому диагноз был только что поставлен, так и больные, у которых патологический процесс возобновился после ремиссии. Различались и типы опухолей.

Помимо прочего, мы пытались найти способы увеличения периода нормализации, что позволило бы повысить продолжительность жизни пациентов от нескольких месяцев до нескольких лет. Какой бы ни была стратегия восстановления нормальной работы локальной сосудистой сети, приходится признать, что одного только блокирования ФРСЭ недостаточно для ее полной и окончательной стабилизации, поскольку для компенсации блокады в опухоли могут привлекаться другие факторы роста. По мере роста опухоли наблюдается диверсификация веществ, используемых ею для ускорения ангиогенеза, и такие препараты, как авастин, могут стать бесполезными.

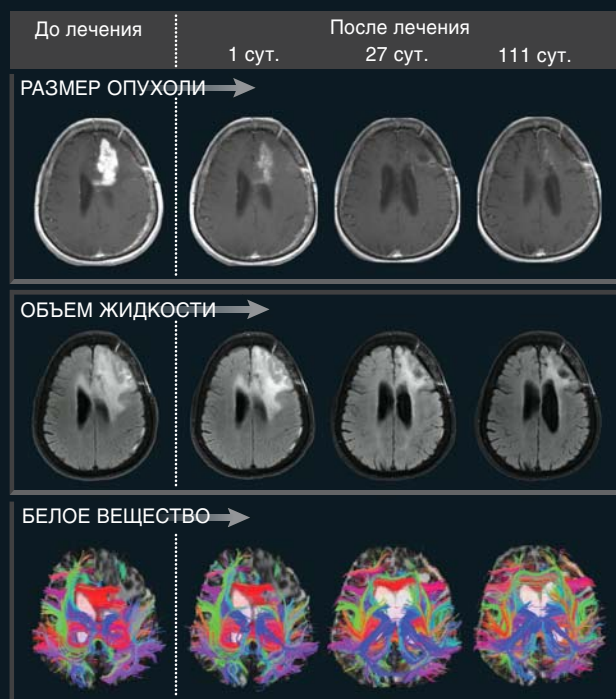
В частности, мы обнаружили, что у больных, страдающих раком прямой кишки, уровень ФРСЭ и сходного вещества, фактора роста плаценты (ФРП), повышается после того как авастин полностью блокирует ФРСЭ; это означает, что сама опухоль или другие ткани в ответ начинают вырабатывать больше факторов роста. Аналогичная картина наблюдалась и у больных с глиобластомой после окончания ремиссии: у них отмечалось повышение концентрации веществ, способствующих ангиогенезу, по мере снижения чувствительности к рецентину.

Подобная диверсификация факторов роста заставляет клиницистов подбирать целый спектр веществ

индивидуально для каждого больного и со временем вносить в него изменения. Стоит заметить, однако, что набор препаратов, предназначенных для нормализации локальной кровеносной сети, не ограничивается теми, которые нацелены непосредственно на ФРСЭ или другие факторы роста. Мы показали в опытах на мышах, что вещество герцептин — антитело, связывающееся с белком *HER2* на поверхности опухолевых клеток и назначаемое каждой четвертой женщине, страдающей раком молочной железы, — может вызывать такую же реакцию, как и «коктейль» из блокаторов ангиогенеза, нормализуя локальную сосудистую сеть. Герцептин косвенным образом снижает выработку клетками некоторых веществ, способствующих ангиогенезу, повышая в то же время выработку тромбоспондина, блокатора ангиогенеза.

Недостаточно заниматься только поисками эффективных средств,

Изменение морфологии опухоли головного мозга под влиянием препаратов, блокирующих ангиогенез. На фотографии представлены МРТ-изображения головного мозга больного за день до начала терапии и через указанные вверху рисунка промежутки времени. Видно, что белое пятно (опухоль) постепенно сжимается (верхний ряд) и параллельно уменьшается количество скапливающейся вокруг нее жидкости (средний ряд). В результате снижается давление в тканях головного мозга, что проявляется в восстановлении фиброзного белого вещества (нижний ряд)



## Используя лекарственные препараты, устраняющие аномалии в локальной сосудистой сети, мы получаем еще один способ воздействия на опухоль

нормализующих локальную сосудистую сеть; очень важно разработать неинвазивные методы мониторинга процесса нормализации, с тем чтобы оптимизировать лечение. С этой целью мои коллеги и я занимаемся идентификацией соответствующих биомаркеров, легко выявляемых веществ, которые формируют о процессах, протекающих внутри опухоли, и позволяют судить о степени нормализации локальной сосудистой сети у данного пациента. Такими маркерами могут быть, например, белки, содержащиеся в крови или моче, концентрация которых повышалась бы или снижалась в период нормализации.

Тот факт, что блокаторы ангиогенеза могут упорядочивать локальную сосудистую сеть, не означает, что следует забыть об исходной цели их создания. Если какой-то

препарат обладает достаточной эффективностью и специфичностью в отношении упорядочения системы сосудов, питающих опухоль, то он может оказаться полезным и в других ситуациях. В перспективе, например, подобные вещества можно будет использовать для помощи миллионам людей по всему земному шару, страдающим аномалиями сосудистой системы, например возрастной дегенерацией сетчатки или атеросклерозом (вставка на предыдущей стр.).

Более 30 лет назад, когда я только начинал разбираться в хитросплетениях локальной кровеносной сети солидных опухолей, я и представить не мог, куда приведет меня эти исследования. А теперь я мечтаю о том дне, когда больной с сосудистой патологией, поступив в клинику, пройдет необходимые диагностические

тесты, в первую очередь — на специфические биомаркеры, и получит персонализированную схему лечения. Мне кажется, сегодня такой день близок как никогда. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Normalization of the Tumor Vasculature: An Emerging Concept in Anti-Angiogenic Therapy. Rakesh K. Jain in *Science*, Vol. 307, pages 58–62; January 2005.
- Lessons from Phase III Clinical Trials of Anti-VEGF Therapy for Cancer. Rakesh K. Jain, Dan G. Duda, Jeffrey W. Clark and Jay S. Loeffler in *Nature Clinical Practice Oncology*, Vol. 3, No. 1, pages 24–40; January 2006.
- Angiogenesis in Brain Tumors. Rakesh K. Jain et al. in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 8, pages 610–622; August 2007.
- Antiangiogenic Therapy for Normalization of Atherosclerotic Plaque Vasculature: A Potential Strategy for Plaque Stabilization. Rakesh K. Jain et al. in *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine*, Vol. 4, No. 9, pages 491–503; September 2007.

# грандиозные ИДЕИ

Джеймс Мейсон, Василис Фтенакис и Кен Цвайбель

Развитие солнечной энергетики в США  
позволит к 2050 г. снизить  
зависимость от импортной нефти  
и уменьшить выбросы  
парниковых газов



Цены на бензин и топливо неуклонно растут. Учитывая сложившуюся ситуацию, в том числе и для защиты своих нефтяных интересов, США продолжают вести военные действия на Ближнем Востоке. Увеличивающийся спрос на ископаемое топливо в Китае, Индии и других странах повышает вероятность конфликтов за обладание энергоресурсами. В то же время электростанции, работающие на угле, мазуте и природном газе, а также автомобили ежегодно выбрасывают в атмосферу миллионы тонн загрязняющих веществ и парниковых газов, создавая угрозу для нашей планеты.

Ученые, инженеры, экономисты и политики, руководствуясь лучшими побуждениями, предлагают различные меры, позволяющие снизить потребление ископаемого топлива и сократить выбросы парниковых газов. Но этих мер недостаточно. Проведенный анализ показал, что оптимальным решением стал бы широкомасштабный переход на использование геиоресурсов.

Энергия солнечного света, поступающего на Землю в течение 40 минут, эквивалентна глобальному потреблению энергии в течение года. США в этом отношении повезло — страна обладает колоссальными ресурсами солнечной энергии. По меньшей мере 625 тыс. км<sup>2</sup> территории, на юго-западе пригодны для строительства солнечных электростанций, и эти земли получают более 4,748 млн тераджоулей (ТДж) солнечной радиации в год. Преобразование всего 2,5% этой радиации в электроэнергию эквивалентно всему потреблению энергии страной за весь 2006 г.

Для реализации этих проектов надо освоить огромные участки земли и построить там фотоэлектрические и термоэлектрические станции. Необходимо также возвести магистральную линию передачи постоянного тока, чтобы передавать электроэнергию по всей стране.

В этой статье мы представляем программу, в результате осуществления которой к 2050 г. 69% элект-

роэнергии и 35% всей энергии в США (в том числе для транспорта) будет обеспечиваться за счет солнечной энергии. Согласно прогнозу, ее можно продавать потребителям по ценам, эквивалентным сегодняшним ценам на энергию из обычных источников, т.е. примерно по 5 центов за киловатт/час (кВт/ч). Если будут освоены также энергия ветра, биомассы и геотермальные источники, то к 2100 г. возобновляемые источники энергии смогут обеспечивать 100% электроэнергии страны и 90% всей энергии.

Для реализации программы развития солнечной энергетики до 2050 г. федеральное правительство должно инвестировать в нее в ближайшие 40 лет более \$400 млрд. Деньги немалые, но отдача будет больше. Солнечные электростанции почти не потребляют топлива, что позволяет из года в год экономить миллиарды долларов. Новая инфраструктура заменит 300 крупных электростанций, работающих на угле, и еще 300 на природном газе. Благодаря этой программе фактически полностью отпадет необходимость в импортной нефти, что значительно сократит дефицит торгового баланса США и ослабит напряженность на Ближнем Востоке и в других районах мира. Поскольку использование солнечных технологий почти не загрязняет окружающую среду, выбросы парниковых газов от электростанций сократятся на 1,7 млрд тонн в год. Еще на 1,9 млрд тонн уменьшатся выбросы от двигателей автомобилей, работающих

на бензине, за счет их замены гибридными моделями, подзаряжающимися от солнечной энергосистемы. В 2050 г. объем выбросов углекислого газа в США будет на 62% ниже уровня 2005 г., что окажет позитивное воздействие на климат.

### Солнечные электростанции

В последние несколько лет стоимость фотоэлектрических батарей значительно снизилась, что создало возможность их широкомасштабного использования. Существуют различные виды фотоэлектрических преобразователей, самые дешевые из них — тонкие пленки из теллурида кадмия. Для того чтобы к 2020 г. предложить потребителям электроэнергию по 6 центов за 1 кВт/ч, модули из теллурида кадмия должны преобразовывать до 14% солнечной энергии в электрическую, и цена модуля, вырабатывающего 1 ватт мощности, не должна превышать \$1,20. Существующие модули имеют показатель 10%, а цена составляет \$4 за ватт. Технологии быстро развиваются, и за последние 12 месяцев КПД солнечных батарей вырос на 1%. В ближайшие годы солнечные батареи, установленные на крышах зданий, будут более конкурентоспособными, чем прежде.

Согласно программе, солнечные батареи, размещенные на площади 75 тыс. км<sup>2</sup>, будут генерировать около 3 тыс. гигаватт (ГВт). Несмотря на то что эта площадь может показаться колоссальной, судя по уже имеющимся сооружениям, для производства каждого гВт/ч солнечной энергии ▶

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Переход от электростанций, работающих на угле, нефти, природном газе и атомной энергии, на солнечные источники энергии позволит получать к 2050 г. 69% электроэнергии и 35% всей энергии, потребляемой в США.
- На юго-западе страны предполагается построить фотоэлектрические станции на больших площадях. Избыточная энергия, полученная в дневное время, будет храниться в виде энергии сжатого воздуха в подземных кавернах для использования в ночные часы.
- Будут также построены крупные термоэлектрические станции.
- Новая магистральная линия передач постоянного тока обеспечит передачу электроэнергии по всей стране.
- В период с 2011 по 2050 г. потребуются субсидии в размере \$420 млрд для финансирования строительства инфраструктуры и обеспечения ее ценовой конкурентоспособности.

на юго-западе США требуется меньше территории, чем для электростанции, работающей на угле (учитывая площади карьеров для добычи угля). Исследования, проведенные Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии в Голдене, штат Колорадо, показывают, что на юго-западе США достаточно земель, которые можно использовать для этих целей. Джек Лавель (Jack Lavelle), представитель Водохозяйственного управления штата Аризона, заявил, что 80% земель в его штате не являются частной собственностью, и местные власти заинтересованы в развитии солнечной энергетики, поскольку экологически чистые солнечные электростанции (они, в частности, не потребляют воду) не будут наносить ущерб окружающей среде.

Следовательно, главный вопрос — повышение эффективности фотоэлектрических батарей до 14%. Несмотря на то что коммерческие образцы никогда не сравниваются по показателям с лабораторными, созданными в Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии и преобразующими в электричество 16,5% солнечной энергии, такое повышение вполне возможно. По меньшей мере один производитель солнечной энергии (компания *First Solar* в Перрисберге, штат Огайо) увеличил КПД модулей в период 2005—2007 гг. с 6% до 10%, планируя к 2010 г. повышение до 11,5%.

## Каверны для воздуха

Существенным недостатком солнечной энергетики является зависимость от светового потока и отсутствие генерации в ночное время. Поэтому в солнечные часы должны производиться излишки энергии, которые могут аккумулироваться для использования в темное время суток. Большинство систем хранения энергии, таких, например, как аккумуляторы, являются дорогостоящими или неэффективными.

Альтернативное решение — хранение в виде энергии сжатого воздуха. С помощью электроэнергии, полученной на солнечных электростанциях, воздух сжимается и зака-



## ПРОГРАММА США НА 2050 Г.

ТЕХНОЛОГИЯ

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Солнечная энергия обеспечит...

**69%** | **35%**  
электроэнергии | всей тепловой энергии

К 2050 г. в США не электростанции, работающие на ископаемом топливе, а геостанции будут снабжать энергией потребителей, и они же обеспечат энергией широкомасштабный переход на гибридные автомобили. Избыточная энергия будет храниться в виде энергии сжатого воздуха в подземных кавернах. Новая высоковольтная магистральная линия электропередач постоянного тока позволит передавать энергию на региональные рынки по всей стране. Используемые технологии и факторы, имеющие важнейшее значение для их успешного применения, показаны справа, там также указано, в какой степени они должны быть развернуты к 2050 г. Реализация этой программы позволит значительно сократить потребление ископаемого топлива и выбросы парниковых газов (внизу). Авторы проекта исходили из того, что ежегодное увеличение спроса на энергию в США в целом будет составлять 1% и к 2020 г. появятся новые технологии.

ХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ВИДЕ ЭНЕРГИИ СЖАТОГО ВОЗДУХА (с электроэнергией на солнечных батареях)

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ по линиям постоянного тока

### ЕЖЕГОДНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ТОПЛИВА В США

- 2007
- 2050 (Существующая энергетическая система)
- 2050 (Грандиозная программа развития солнечной энергетики)

**НЕФТЬ**  
В млрд баррелей

2007	6.9	2050 (Существующая энергетическая система)	10.9	2050 (Грандиозная программа развития солнечной энергетики)	2.7
------	-----	--	------	--	-----

**ПРИРОДНЫЙ ГАЗ**  
В млрд м<sup>3</sup>

2007	22.2	2050 (Существующая энергетическая система)	35.4	2050 (Грандиозная программа развития солнечной энергетики)	11.4
------	------	--	------	--	------

**УГОЛЬ**  
В млрд тонн

2007	1.2	2050 (Существующая энергетическая система)	1.9	2050 (Грандиозная программа развития солнечной энергетики)	0.5
------	-----	--	-----	--	-----

**ВЫБРОСЫ В США**  
**УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ**  
В млрд тонн

2007	6.1	2050 (Существующая энергетическая система)	9.4	2050 (Грандиозная программа развития солнечной энергетики)	2.3
------	-----	--	-----	--	-----

ЖЕН CHRISTIANSEN (graph); KENN BROWN AND CHRIS WREN/Monolithic Studios (illustration)



ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР	2007	2050	НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ
Площадь	25 км <sup>2</sup>	75 тыс. км <sup>2</sup>	<p>Политика, предусматривающая освоение больших площадей земель, принадлежащих государству Использование более новых оптических материалов</p> <p>Высокая степень легирования для увеличения напряжения; увеличение размера модулей для рационального использования площадей Сокращение издержек приведет к снижению цены Национальная энергетическая программа, основанная на использовании солнечной энергии</p>
Эффективность модулей на тонкой пленке	10%	14%	
Установленная цена	\$ 4 за ватт	\$ 1,2 за ватт	
Цена электроэнергии	16 центов за кВт/ч	5 центов за кВт/ч	<p>Координация работы с представителями газовой отрасли Экономия, обусловленная ростом масштаба производства; снижение цен на электроэнергию, полученную с помощью солнечных батарей Следует из снижения установленных цен Национальная энергетическая программа</p>
Общая мощность	0,5 ГВт	2940 ГВт	
Установленная цена	0 \$ 5,80 за ватт	14,98 млрд м <sup>3</sup> \$ 3,90 за ватт	
Цена электроэнергии	20 центов за кВт/ч	9 центов за кВт/ч	<p>Политика освоения больших площадей государственных земель Теплоносители с высокими характеристиками</p> <p>Тепловые системы с одним резервуаром; экономия, обусловленная ростом масштаба производства Следует из снижения установленной цены Национальная энергетическая программа</p>
Общая мощность	0,1 ГВт	558 ГВт	
Установленная цена	\$ 5,3 за ватт	\$ 3,7 за ватт	
Эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую	13%	17%	<p>Высоковольтная энергосистема постоянного тока, передающая энергию с юго-запада в остальные районы страны</p>
Установленная цена	18 центов за кВт/ч	9 центов за кВт/ч	
Общая мощность	0,5 ГВт	558 ГВт	
Протяженность	800 км	160 тыс. — 800 тыс. км	



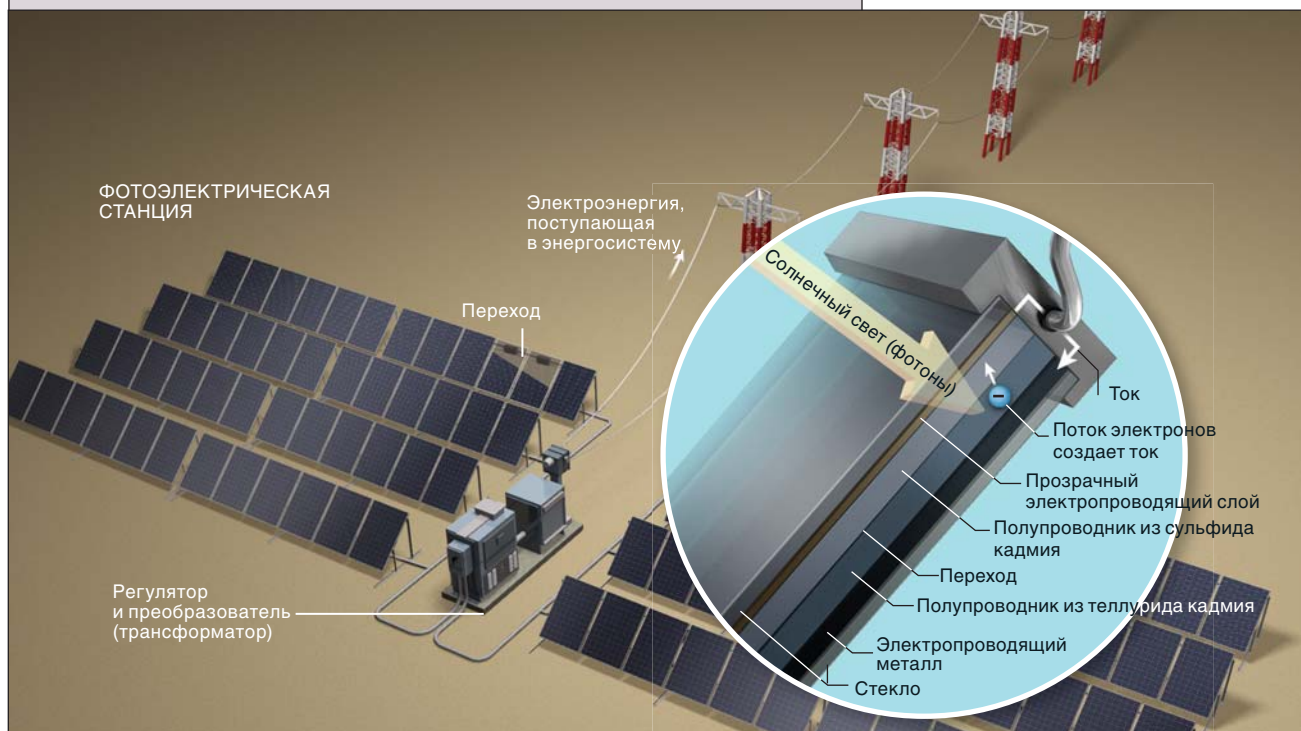
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



В соответствии с программой, рассчитанной до 2050 г., колоссальные солнечные электростанции расположатся на 75 тыс. км<sup>2</sup> пустующих земель на юго-западе страны. Они будут напоминать принадлежащую компании *Tucson Electric Power* электростанцию в Спрингвилле, штат Аризона, мощностью 4,6 МВт, которая начала работать в 2000 г. (слева). Тысячи фотоэлектрических элементов, соединенных между собой, будут объединены в модули, которые образуют батареи (внизу). Постоянный ток от батареи поступает на трансформатор (преобразователь), и далее в высоковольтные линии энергосистемы. Фотоэлектрический элемент состоит из двух полупроводниковых пластин с избытком электронов на одной из них. Фотон света, проходя через эти пластины, возбуждает свободный электрон, и он переходит на другую пластину, тем самым создается электрический ток

чивается в пустые карстовые полости, заброшенные шахты, водоносные горизонты или истощившиеся газовые пласты. Сжатый воздух по мере необходимости используется на тепловых электростанциях, что позволяет существенно сократить расход топлива на турбине. Установки аккумулирования энергии сжатого воздуха надежно функционируют с 1978 г. в Ханторфе, Германия, и с 1991 г. в Мак-Интоше, штат Алабама. В таком цикле сгорания топлива турбина потребляет природного газа на 40% меньше, а за счет использования более совершенной технологии регенерации тепла его расход можно уменьшить еще на 10%.

Исследования, проведенные Институтом изучения электроэнергетики в Пало-Альто, штат Калифорния, показали, что затраты на хранение энергии в виде энергии сжатого воздуха сегодня в два раза меньше, чем при использовании аккумуляторных свинцовых батарей. Ученые доказали, что такие системы хранения могут добавить 3—4 цента за кВт/ч к затратам на производство солнечной энергии, в результате чего ее общая стоимость в 2020 г. составит 8—9 центов за кВт/ч.



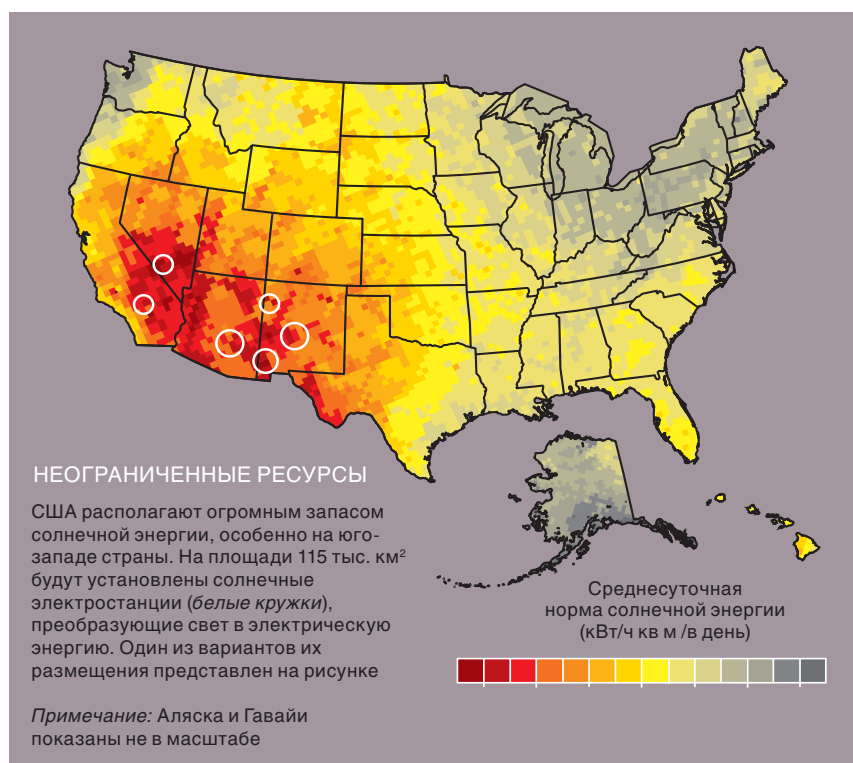
Электроэнергия с солнечных электростанций на юго-западе США будет направляться по высоковольтным линиям постоянного тока на объекты хранения сжатого воздуха по всей стране, и турбины будут производить электроэнергию круглый год. Самое главное — найти соответствующие участки. Карты, составленные отраслью по добыче природного газа и Институтом изучения электроэнергии, показывают, что подходящие геологические формации существуют на 75% территории США. Система хранения энергии сжатого воздуха будет похожа на ту, что используется для природного газа, уже существующую в стране. Сегодня в 400 подземных резервуарах находится 224 млрд м<sup>3</sup> газа. К 2050 г. может потребоваться 980 млн м<sup>3</sup> сжатого воздуха, находящегося под давлением в 70 атм. Создание таких подземных хранилищ — непростая задача, но для газовой промышленности было бы целесообразно инвестировать средства в такую программу.

### Расплавленная соль

Существует и другая технология преобразования солнечной энергии в электрическую. Термоэлектрические батареи состоят из металлических зеркал, которые фокусируют солнечный свет на теплоприемнике и нагревают теплоноситель, поступающий в парогенератор, в результате получается пар, вращающий турбину.

В ночное время станция работает за счет энергии, накопленной солевыми аккумуляторами. Принцип их работы прост. Часть энергии, полученной в дневное время, идет на подогрев емкости с солью. В ночное время парообразование идет за счет выделения этой энергии, и тем самым обеспечивается круглосуточная работа станции.

В США в течение ряда лет вырабатывают энергию девять термоэлектрических станций общей мощностью 354 МВт. Новая электростанция мощностью 64 МВт была введена в эксплуатацию в штате Невада в марте 2007 г. Однако там не были предусмотрены системы для сохранения



энергии. Первая коммерческая установка, имеющая аккумулятор тепловой энергии, мощностью 50 МВт строится сейчас в Испании, другие только проектируются. Для круглосуточной генерации электроэнергии солевые аккумуляторы должны сохранять тепло в течение 16 часов.

Солнечные термоэлектрические станции просты и надежны, однако стоимость получаемой энергии пока высока. Решить эту проблему помогут расширяющееся производство и новые технологические решения. В докладе за 2006 г. Целевая группа по солнечной энергии Ассоциации губернаторов западных штатов при-

шла к выводу, что за счет термоэлектрических станций к 2015 г. можно будет снабжать потребителей электроэнергией менее чем по 10 центов за кВт/ч, если будут построены электростанции мощностью 4 гигаватта (гВт). Повышение температуры жидкостей в теплообменнике будет также способствовать приросту эффективности таких электростанций. Кроме того, инженеры изучают вопрос, как использовать в качестве теплоносителя саму расплавленную соль, так как это сократит потери тепла и капитальные затраты. Однако соль вызывает коррозию металла, поэтому материалы для труб должны быть устойчивыми к коррозии.

### ОБ АВТОРАХ

**Джеймс Мейсон** (James Mason), **Василис Фтенакис** (Vasilis Fthenakis) и **Кен Цвайбель** (Ken Zweibel) уже 10 лет проводят совместные исследования. Мейсон — директор Кампании за солнечную энергию и Института исследования водорода в Фармингдейле, штат Нью-Йорк. Фтенакис — руководитель Центра фотоэлектрических экологических исследований при Брукхейвенской национальной лаборатории и профессор и директор Центра анализа цикла долговечности при Колумбийском университете. Цвайбель — президент компании *PrimeStar Solar* в Голдене, штат Колорадо; в течение 15 лет он был управляющим Партнерства тонкопленочных солнечных батарей Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии.

## ВАЖНЕЙШИЕ ПУНКТЫ

- Субсидии до конца 2050 г. в объеме \$420 млрд

---

- Необходимо политическое решение, чтобы изыскать средства на эти субсидии, возможно, установив налог на углерод

---

- Новая высоковольтная система передачи электроэнергии на основе постоянного тока, построенная за счет средств частных компаний

Фото- и термоэлектрическое преобразование солнечной энергии — различные технологии. Ни одна из них не разработана в полной мере, поэтому программа предусматривает широкомасштабное развитие обеих к 2020 г.

### Постоянный ток

География солнечной энергетики, безусловно, отличается от существующей в настоящее время схемы поставок электроэнергии. Сегодня электростанции, работающие на угле, мазуте, природном газе и атомной энергии, буквально заполняют собой все пространство вокруг объектов, которым необходима электроэнергия. Большую часть геостанций планируется построить на юго-западе страны. Существующая система линий электропередач переменного тока недостаточно мощна для транспортировки энергии из этих центров потребителям, находящимся в разных районах. Чтобы решить проблему, необходимо создать новую магистральную высоковольтную систему постоянного тока для передачи энергии (HVDC).

Исследования, проведенные Национальной лабораторией в Оук-Ридже, показывают, что магистральные HVDC-линии, которые будут передавать энергию с юго-запада страны в соседние штаты, теряют гораздо меньше энергии, чем линии переменного тока на таких же расстояниях. В крайней точке линии HVDC будет размещаться трансфор-

матор, понижающий напряжение и преобразующий постоянный ток в переменный.

Существующие системы переменного тока уже сегодня не справляются с нагрузками, что приводит к недостатку электроэнергии в Калифорнии и других районах. Магистральные линии постоянного тока дешевле, и они нуждаются в меньших площадях, чем аналогичные линии переменного тока. Сегодня в США функционируют линии HVDC протяженностью около 800 км, и они доказали свою надежность и эффективность. Юго-западное объединение энергетики штата Техас проектирует интегрированную систему передач постоянного и переменного тока, что позволит передавать 10 гВт энергии от ветряных генераторов в западной части штата. Компания *TransCanada, Inc.* предлагает построить линии HVDC протяженностью 3 520 км для транспортировки энергии, вырабатываемой ветряными установками из штатов Монта-

на и Вайоминг на юг — до Лас-Вегаса (штат Нью-Мексико) и далее.

### Первый этап: до 2020 года

Специалисты прогнозируют, что программа по созданию солнечной энергетики будет реализовываться в два этапа. На первом, рассчитанном до 2020 г., солнечная энергия должна стать конкурентоспособной на рынке. На этой стадии правительству необходимо предоставить гарантированные займы на 30-летний срок и выделить субсидии в размере \$420 млрд до 2020 г. Именно к этому сроку, по прогнозам ученых, солнечная энергетика станет конкурентоспособной.

К 2020 г. планируется построить фото- и термоэлектрические станции мощностью на 84 ГВт. Параллельно будет создана система передачи энергии на постоянном токе до крупных потребителей в Финиксе (Аризона), Лас-Вегасе (Нью-Мексико), Лос-Анжелесе и Сан-Диего (Калифорния) на западе страны и до Сан-Антонио, Далласа, Хьюстона, Нового Орлеана (Луизиана), Бирмингема (Алабама),



Тампы (Флорида) и Атланты (Джорджия) на юго-востоке).

Ежегодное строительство фото- и термоэлектрических станций мощностью 1,5 ГВт в течение первых пяти лет стимулирует развитие отрасли. В следующие пять лет ежегодно будут сдаваться в эксплуатацию электростанции мощностью до 5 гВт, что позволит оптимизировать производство. В результате цена солнечной электроэнергии снизится до 6 центов за кВт/ч. Это реальные сроки реализации программы, поскольку в США ежегодно с 1972 по 1987 гг. строились атомные электростанции мощностью более 5 ГВт. Более того, солнечные системы могут быть установлены гораздо быстрее, чем обычные, благодаря простой конструкции и отсутствию проблем, связанных с экологией и безопасностью.

### Второй этап: с 2020 по 2050 год

Создавая модель на период до 2050 года, специалисты в своих рас-

четах исходили из того, что спрос на энергию в стране будет увеличиваться на 1% в год. Согласно данному сценарию, к 2050 году солнечные электростанции будут поставлять 69% электроэнергии, потребляемой в США, и 35% всей тепловой энергии. Этого количества будет достаточно, чтобы полностью обеспечить электроэнергией 344 млн гибридных автомобилей, которые заменят машины, работающие на бензине. Все это сыграет ключевую роль в снижении зависимости США от импортной нефти и уменьшении выбросов парниковых газов. В стране появится примерно 3 млн дополнительных рабочих мест (особенно в производстве компонентов для солнечных электростанций).

Колоссальное сокращение импорта нефти будет способствовать уменьшению платежей по торговому балансу на \$300 млрд в год, если считать, что цена на баррель сырой нефти составит \$60 (в 2007 г. средняя цена была выше). Кроме того, инвестиции в солнечную энергетику укрепят националь-

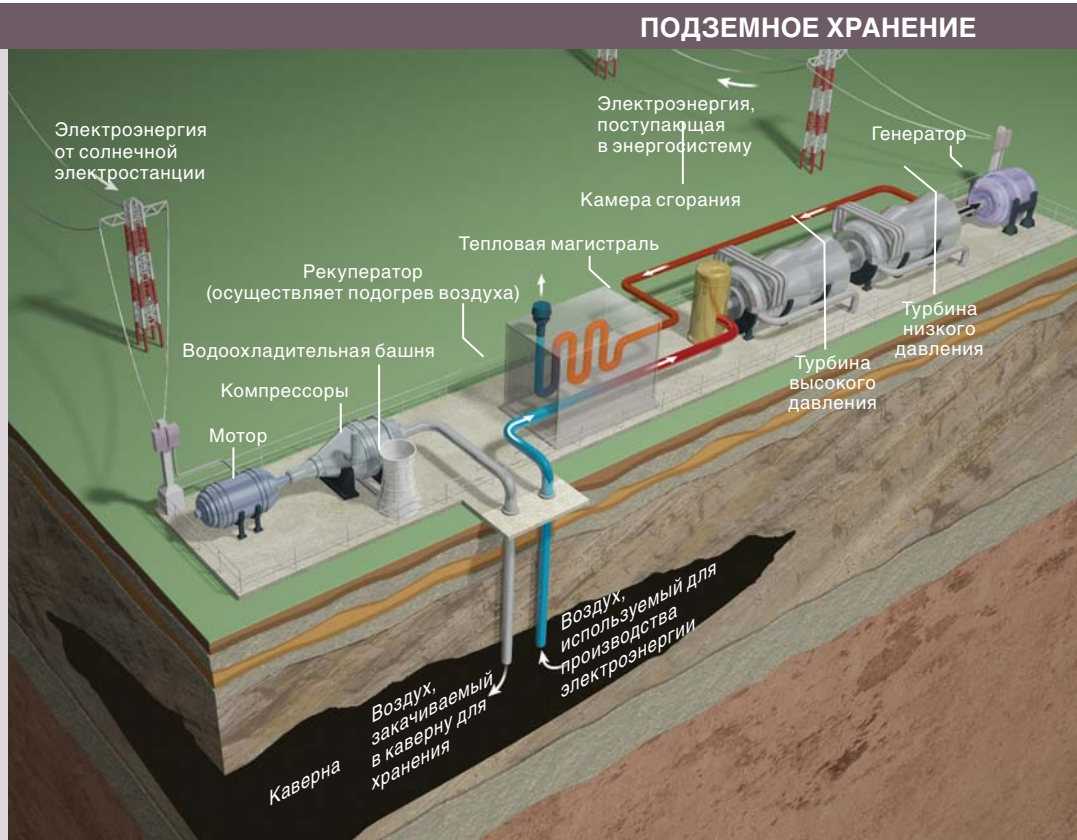
### ПОЗИТИВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

- Импорт нефти сократится с 60% до нуля
- Сокращение военных расходов и риска международных конфликтов
- Значительно сократится огромный дефицит торгового баланса
- Уменьшатся выбросы парниковых газов
- Увеличится число рабочих мест в стране

ную энергетическую безопасность и решат проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды и глобальным потеплением.

Как это ни парадоксально, осуществление грандиозной программы развития солнечной энергетики уменьшит потребление энергии. Даже если спрос будет ежегод-

Избыточная энергия, полученная в дневное время, аккумулируется в виде энергии сжатого воздуха. На иллюстрации представлены электромоторы и компрессоры, закачивающие воздух в подземные каверны, заброшенные шахты и водоносные горизонты (справа). Сжатый воздух, смешанный с природным газом, поступает в камеру сгорания, и продукты горения приводят во вращение турбину и генератор. Данная технология реализована на электростанции компании PowerSouth Energy Cooperative в Макинтоше, штат Алабама (слева), построенной в 1991 г. (по белой трубе воздух закачивается в хранилища)



но увеличиваться на 1%, к 2050 г. ее потребление снизится до 98 млн ТДж по сравнению со 105,5 млн ТДж в 2006 г. Это необычное изменение произойдет благодаря тому, что большое количество энергии расходуется на добычу, обработку и сжигание ископаемого топлива, а также на борьбу с вредными выбросами.

Чтобы осуществился на практике прогноз на 2050 г., потребуется 115 тыс. км<sup>2</sup> земли для размещения гелиостанций. Это большая площадь, но она составляет лишь 19% подходящих для этого земель в юго-западных районах США, большую часть которых занимают пустоши. Предполагается, что в 2050 г. до 10% электрической энергии будут генерировать солнечные батареи, расположенные на крышах домов и офисных зданий. Однако по мере того как будут снижаться цены на оборудование, такое производство солнечной энергии, возможно, будет играть более значительную роль.

### 2050 год и далее

Несмотря на то что делать прогнозы на несколько десятилетий вперед — дело неблагодарное, чтобы продемонстрировать весь потенциал сол-

нечной энергии, специалисты все же разработали сценарий развития до 2100 г. К тому времени прогнозируется общий спрос на энергию (включая транспорт) в размере 147,7 млн ТДж, причем возможные мощности производства электроэнергии будут в 7 раз больше, чем сегодня.

Придерживаясь самых умеренных оценок, можно рассчитать, какая мощность солнечных электростанций потребуется при исторически наихудших условиях солнечной радиации для юго-запада страны. За основу приняты метеоданные на период 1982—1983 гг., а также в 1992 и 1993 гг. после извержения вулкана Пинатубо. В расчет не принимается тот факт, что после 2020 г. может повыситься эффективность солнечных установок, снизятся расходы и будет усовершенствована система хранения солнечной энергии.

На основе этих данных потребность в энергии может быть удовлетворена в США за счет следующих мощностей: фотоэлектрические станции выработают 2,9 ТВт энергии, которые поступят непосредственно в энергосистему, и еще 7,5 ТВт пойдут на зарядку пневмоаккумуляторов; 2,3 ТВт генерируют тер-

моэлектрические станции, и 1,3 ТВт дадут распределенные солнечные установки. В дополнение к этому в энергосистему поступят 1 ТВт мощности, от ветряных установок, 0,2 ТВт — геотермальных электростанций и 0,25 ТВт за счет использования биотоплива. Еще 0,5 ТВт будет получено от тепловых насосов для прямого нагрева или охлаждения зданий. Под строительство гелиостанций планируется отвести 312 500 км<sup>2</sup> территории на юго-западе США.

В 2100 г. эти возобновляемые источники энергии, возможно, будут обеспечивать потребности США в 100% электроэнергии и более 90% всей тепловой энергии. Весной и летом гелиостанции будут производить достаточно водорода для удовлетворения более 90% всего спроса на горючее для транспорта. Оставшиеся 10% топлива для автомобилей будут обеспечены за счет 177,6 млрд л биотоплива. Связанные с использованием энергоресурсов выбросы углекислого газа будут на 92% ниже уровня 2005 г.

### Кто будет платить?

Предложенная модель не является экономической программой,

## ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



На юго-западе США планируется построить крупные фото- и термоэлектрические станции. Одна из них — *Kramer Junction* в пустыне Моджав в штате Калифорния (слева), использующая израильскую технологию, — функционирует с 1989 г. Металлические параболические зеркала концентрируют солнечный свет на теплоприемнике, нагревая находящийся внутри теплоноситель — этиленгликоль (справа). Эти зеркала поворачиваются вслед за Солнцем. Нагретый теплоноситель поступает в теплообменник, где образуется пар, вращающий турбину. В перспективных разработках предполагается, что часть энергии теплоносителя пойдет на подогрев находящейся в резервуаре расплавленной соли. Аккумулированное таким образом тепло может использоваться в ночное время для генерации пара

поскольку предусматривает ежегодное увеличение спроса на энергоресурсы на 1%, благодаря чему будет сохранен существующий сейчас образ жизни при ожидаемом повышении эффективности в производстве и использовании энергии. Возможно, самый важный вопрос, — как изыскать средства в размере \$420 млрд на радикальное преобразование энергетической инфраструктуры страны. Одно из наиболее простых решений — введение налога на углерод. Международное энергетическое агентство считает, что налог на углерод в размере \$40—90 на 1 т угля будет необходим, чтобы побудить производителей энергии использовать системы очистки выбросов. Этот налог эквивалентен повышению цены электроэнергии на 1—2 цента за кВт/ч. Однако программа предусматривает меньшие затраты. Эти \$420 млрд можно получить при ставке налога на углерод в размере 0,5 цента за кВт/ч. Учитывая, что цена электроэнергии составляет сегодня от 6 до 10 центов за кВт/ч, добавление 0,5 цента за кВт/ч представляется разумным.

Конгресс мог бы создать систему финансовых стимулов, приняв на-

циональную программу возобновляемых энергоресурсов. Вспомним Американскую программу поддержки цен на сельскохозяйственную продукцию, которая была оправдана с точки зрения национальной безопасности. Программа поддержки цен на солнечную энергию обеспечила бы будущее энергетики страны. Начиная с 2011 до 2020 г. выплачивались бы субсидии, которые при стандартном 30-летнем сроке выплат были бы погашены в 2041—2050 гг. Компании, занимающиеся технологией HVDC, не пришлось бы субсидировать, поскольку они финансировали бы строительство линий электропередач и конвертерных станций, так же как сейчас они финансируют линии переменного тока, получая доходы от поставок электроэнергии.

Несмотря на то что \$420 млрд — значительная сумма, ежегодные затраты будут меньше, чем на существующую ныне Американскую программу поддержки цен на сельскохозяйственную продукцию, и ниже налоговых субсидий, предоставляемых в последние 35 лет для строительства высокоскоростной телекоммуникационной инфраструктуры.

Без субсидий реализация программы развития солнечной энергетики невозможна. В других странах пришли к аналогичным выводам: Япония уже создает крупную субсидируемую инфраструктуру солнечной энергетики, а Германия приступила к осуществлению общенациональной программы. Несмотря на то что инвестиции велики, важно помнить, что источник энергии — солнечный свет — достается нам бесплатно. Здесь не требуются ежегодные расходы на топливо или на борьбу с загрязнением окружающей среды, как для электростанций, работающих на угле и нефти, или для атомных электростанций. Если учитывать экономию на топливе, становится ясно, что в предстоящие десятилетия затраты на солнечную энергетику станут выгодным вложением средств.

Критики этой программы говорят о других опасениях, например о том, не будут ли препятствовать широкомасштабному строительству таких объектов трудности с материалами. Однако существуют несколько видов фотоэлектрических станций, которые используют различные комбинации материалов. Более эффективная обработка и рециркуляция уменьшают количество сырья, необходимого для создания фотоэлементов. И в долгосрочной перспективе старые солнечные батареи на основе рециркуляции можно перерабатывать в новые.

Однако наиболее серьезное препятствие в создании энергетической системы США на возобновляемых источниках энергии связано не с техникой и не с финансами. Это скорее недооценка как со стороны общественности, так и некоторых научных и политических кругов того огромного потенциала, которым обладает солнечная энергия. В ближайшее время необходимость уменьшить выбросы углекислого газа подтолкнет их к принятию национальной программы развития солнечной энергетики. ■

Перевод: Т.Н. Саранцева



Фтор присутствует во многих продуктах, напитках и средствах гигиены полости рта. В результате он может попадать в организм в избытке, особенно у маленьких детей





Дэн Фейгин

# А ТАК ЛИ ПОЛЕЗЕН фтор?

Новые исследования показывают, что если фтора слишком много, то вместо укрепления зубов он приносит вред

Еще задолго до начала жарких споров о курении, лишнем весе, асбесте и озоновых дырах, большинство американцев слышали лишь об одной угрозе здоровью из внешней среды: о фторировании. Начиная с 1950-х гг. сотни городов и поселков по всем Соединенным Штатам оказались втянутыми в бурные дебаты относительно того, стоит ли добавлять в системы водоснабжения фториды — ионные компоненты, содержащие химический элемент фтор. На одной стороне выступала обширная коалиция ученых, сотрудничающих с правительством и промышленностью, которые утверждали, что добавление фторидов в питьевую воду должно защитить зубы от разрушения. По другую сторону баррикад встали активисты, заявлявшие, что потенциальный вред от фторирования не был изучен должным образом, и что эту практику можно рассматривать как принудительное лечение, нарушающее права граждан.

Сторонники фторирования в конечном счете победили — отчасти потому, что высмеивали таких своих оппонентов, как правое Общество Джона Берча, которое называло фторирование коммунистическим заговором, имевшим целью отравить Америку. В настоящее время 60% населения США пьет фторированную воду, в том числе жители 46 из 50 крупнейших городов страны. За пределами США фторирование распространилось в Канаде, Великобритании, Австралии, Новой Зеландии и некоторых других государствах. От несогласных с такой практикой отмахнулись как от

назойливых мух, а крупные исследователи и органы здравоохранения объявили их фанатиками. (Однако в других странах фторирование воды применяется редко и отношение к нему не столь однозначное). Американские центры по контролю и профилактике заболеваний даже включили фторирование воды в число 10 величайших достижений здравоохранения XX в. наравне с вакцинацией и планированием семьи.

Однако сегодня в США взгляды ученых на эту проблему начинают меняться. Потратив более двух лет на рассмотрение и обсуждение сотен исследований, Национальный научно-исследовательский совет (NRC) в 2006 г. опубликовал доклад, придавший оттенок законности некоторым давним заявлениям противников фторирования. Согласно документу, теперешняя предельно допустимая концентрация фтора в питьевой воде, принятая Управлением по охране окружающей среды США (EPA) и составляющая 4 мг/л, должна быть снижена, т.к. она несет угрозу здоровью людей. У детей постоянное поступление фтора в организм в таких количествах ведет к нарушению цвета и структуры формирующихся постоянных зубов —

это заболевание называют флюорозом зубов. У взрослых фтор в тех же самых концентрациях, видимо, повышает хрупкость костей, а также приводит к болезненному нарушению подвижности в суставах. Как правило, содержание фтора в воде значительно ниже предельно допустимой концентрации EPA, однако ситуация вызывает беспокойство, поскольку остается неизвестным, насколько много этого вещества мы дополнительно получаем с пищей, напитками и средствами гигиены полости рта. Более того, комиссия NRC отметила, что фтор может также вызывать более серьезные расстройства здоровья, включая рак костей, повреждение мозга и щитовидной железы. Несмотря на то что факт такого воздействия еще не доказан, комиссия заключила, что необходимы дополнительные исследования.

Самое крупное долговременное изучение влияния фтора — исследование, проведенное под руководством Стивена Леви (Steven M. Levy) из Стоматологического колледжа Университета Айовы. На протяжении 16 лет он вместе со своими сотрудниками ведет наблюдение за 700 детьми, чтобы выявить ▶

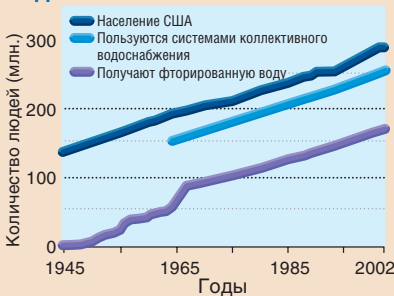
## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ученые начали более активно изучать влияние фтора, который добавляют в большинство систем коллективного водоснабжения в США. Некоторые новые исследования указывают на то, что избыток фтора может увеличить риск возникновения заболеваний зубов, костей, мозга и щитовидной железы.
- В докладе комитета Национального научно-исследовательского совета США, опубликованном в 2006 г., содержится рекомендация снизить действующую ныне предельно допустимую концентрацию фтора в питьевой воде, поскольку она может наносить вред здоровью детей и взрослых.

**ФТОРИРОВАНИЕ В АМЕРИКЕ**

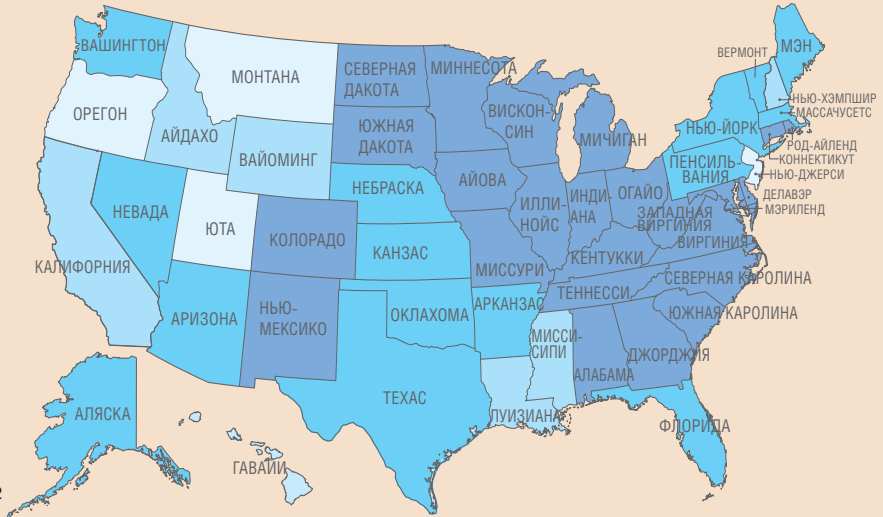
Фторирование воды, впервые начатое в 1945 г., широко распространилось по всем штатам. В 2002 г. американцы, получающие фторированную воду, составляли 67% населения, охваченного системами коллективного водоснабжения, и 59% всего населения. Фторирование наиболее распространено в округе Колумбия (100%) и штате Кентукки (99,6%), а реже всего применяется на Гавайях (8,6%) и в штате Юта (2,2%).

**РАШИРЕНИЕ ФТОРИРОВАНИЯ ВОДЫ В США**



**ПРОЦЕНТ НАСЕЛЕНИЯ ШТАТОВ, ПОЛУЧАЮЩИХ ФТОРИРОВАННУЮ ВОДУ, 2002 Г.**

□ < 25%   □ 25%–49%   □ 50%–75%   □ >75%



трудноуловимые последствия фторирования, которые могли остаться незамеченными в ходе предыдущих исследований. Леви также возглавляет одну из самых дорогостоящих программ по измерению концентрации фтора в тысячах продуктов — включая пищу, напитки и зубные пасты, — предпринятой ради того, чтобы выработать надежную оценку среднего потребления фтора.

Эта область исследований чрезвычайно сложна, поскольку характер питания, привычка чистить зубы и уровень фторирования воды у разных людей сильно различаются, а также потому, что генетические, природные и даже культурные факторы делают одних более уязвимыми к действию фтора (как полезному, так и вредному), чем других. Несмотря на все неясности Леви и ряд других специалистов пришли к мнению, что

некоторые дети, особенно самого младшего возраста, вероятно, получают больше фтора, чем следует. Большинство этих ученых, включая Леви, продолжают положительно относиться к фторированию воды как к испытанному методу предотвращения кариеса, особенно среди групп населения с недостаточной гигиеной полости рта. Однако исследователи также полагают, что в районах с должным уровнем ухода за зубами необходимость фторирования не столь очевидна, как казалось раньше. «Вместо того чтобы просто ратовать за большие количества фтора, мы должны найти подходящий баланс», — говорит Леви.

**Пришествие фтора**

На стенах конференц-зала Леви в рамках висят образцы рекламы зубной пасты полувековой

давности. Один слоган, навязывающий пасту *Pebeco*, гласит: «Вы хотите, чтобы ваши зубы болели и стали уродливыми?». Другой утверждает, что паста *Colgate* с хлорофиллом уничтожает дурной запах изо рта. Это артефакты того времени, когда фторирования еще не было, когда кариес был широко распространен, а зубные пасты рекламировались с сомнительными медицинскими обещаниями.

Все изменилось с началом эпохи фторирования. В 1945 г. в городе Гранд-Рапидс в штате Мичиган впервые стали фторировать воду в системе водоснабжения. Десятью годами позже *Procter & Gamble* представил *Crest*, первую зубную пасту, в которой содержалось фтористое олово (соединение в котором один атом олова приходится на два атома фтора). Этому примеру в 1967 г. последовала *Colgate-Palmolive*, добавив в свою пасту *Colgate* монофторфосфат натрия, ставший в дальнейшем одним из самых распространенных ингредиентов зубных паст против кариеса.

В водоснабжении пошли другим путем, и вместо солей фтора, добавляемых в зубные пасты, стали использовать более дешевые кремнефториды, в том числе гексафтор-

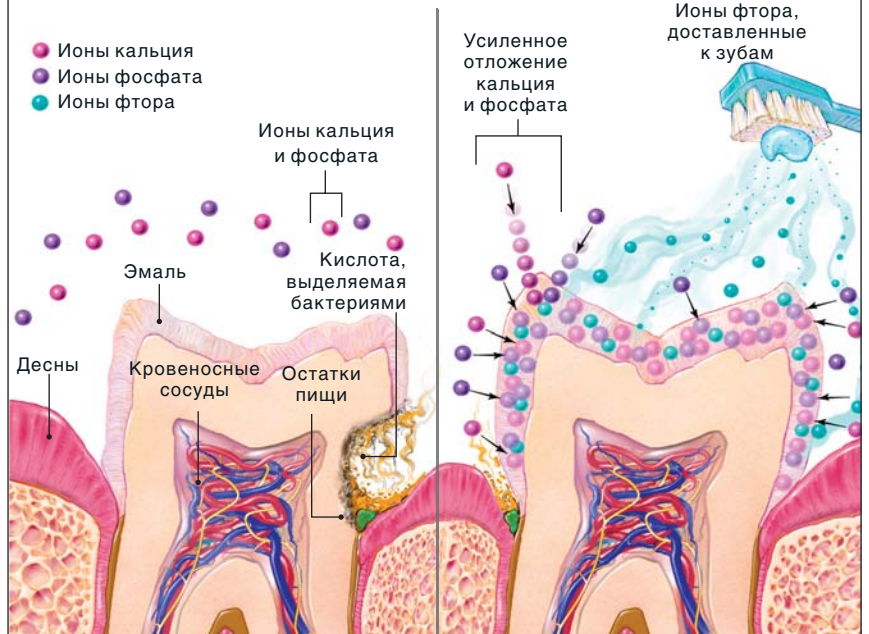
**ОБ АВТОРЕ**

**Дэн Фейгин (Dan Fagin)** — журналист и директор программы *Science, Health and Environmental Reporting Program* в Нью-Йоркском университете. Ранее писал статьи по охране природы и науке в журнал *Newsday*, а его статьи по эпидемиологии рака были отмечены в 2003 г. наградой Американской ассоциации содействия развитию науки. Фейджин — соавтор книги *Toxic Deception* («Ядовитый обман»). В настоящее время работает над книгой о взаимодействии генов и среды и о вспышке рака у детей в Томс-Ривер, штат Нью-Джерси.

COURTESY OF ANNA FAGIN (Fagin); LUCY READING-IRKANDA (map and graph); MOODBOARD/CORBIS (paper clip)

**БОРЬБЫ С КАРИЕСОМ**

Способность фтора противодействовать разрушению зубов связана с сильным сродством этого иона к зубной эмали — твердому белому наружному слою зубов



**БЕЗ ФТОРА**

Минеральную основу эмали составляет гидроксиапатит, кристаллическое соединение кальция, фосфора, водорода и кислорода. Когда остатки пищи застревают между зубами, бактерии поглощают содержащиеся в них сахара и выделяют молочную кислоту, которая настолько снижает pH, что гидроксиапатит начинает растворяться. Если скорость растворения будет выше, чем скорость реминерализации — отложения ионов кальция и фосфата, содержащихся в слюне, — то в зубах образуются кариозные полости

**С ФТОРОМ**

Местное применение фтора влияет на зубы двумя путями. Во-первых, ионы фтора вытесняют некоторые из гидроксильных групп в молекулах гидроксиапатита, в результате чего образуются кристаллы фторапатита, который более устойчив к кислоте, выделяемой бактериями. Во-вторых, фтор играет роль катализатора, усиливающего отложение кальция и фосфатов на поверхности зубов, обеспечивая таким образом реминерализацию поврежденной эмали и противодействуя кариесу

кремниевую кислоту, отход процесса производства удобрений, при котором фосфориты обрабатывают серной кислотой.

К 1970-80-м гг. в большинстве англоязычных стран фторирование стало краеугольным камнем превентивной стоматологии. До сих пор не утихают бурные споры о том, почему и насколько сильно снизилась частота возникновения кариеса в этот же самый период, однако все исследователи в области стоматологии согласны с тем, что снижение было значительным, и что в основном это произошло благодаря фтору.

В середине 1980-х гг. первые исследования Леви финансировались Colgate-Palmolive, они стимулировали более широкое применение фтора в зубных кабинетах. Однако когда американские дантисты стали видеть меньше гнилых зубов и больше флюороза у своих маленьких пациентов, Леви задался вопросом, не попадает ли в организм детей слишком много этого полезного элемента. «Если раньше я думал, что нужно стремиться к все большему количеству фтора, то затем я задался целью найти, где же лежит точка равновесия между кариесом и флюорозом».

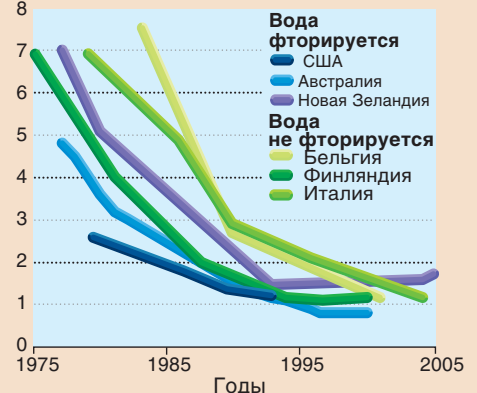
Свойство фтора вызывать одно заболевание и защищать от другого связано с сильным сродством ионов фтора к тканям, богатым кальцием. Более 99% этого вещества, попавшего внутрь организма и не выведенного из него немедленно, накапливается в костях и зубах. Фтор противодействует кариесу благодаря двум механизмам. Во-первых, соприкоснувшись с эмалью — твердым белым наружным слоем зубов — он встраивается в кристаллическую структуру гидроксиапатита, важного минерального компонента зубов. Фторид-ионы заменяют некоторые из гидроксильных групп в молекулах гидроксиапатита в эмали, и такая замена делает ее более устойчивой к растворению в кислоте, выделяемой бактериями, которые питаются остатками пищи в полости рта. Во-вторых, фтор на поверхности зубов служит катализатором, усиливающим отложение

**СПОРЫ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

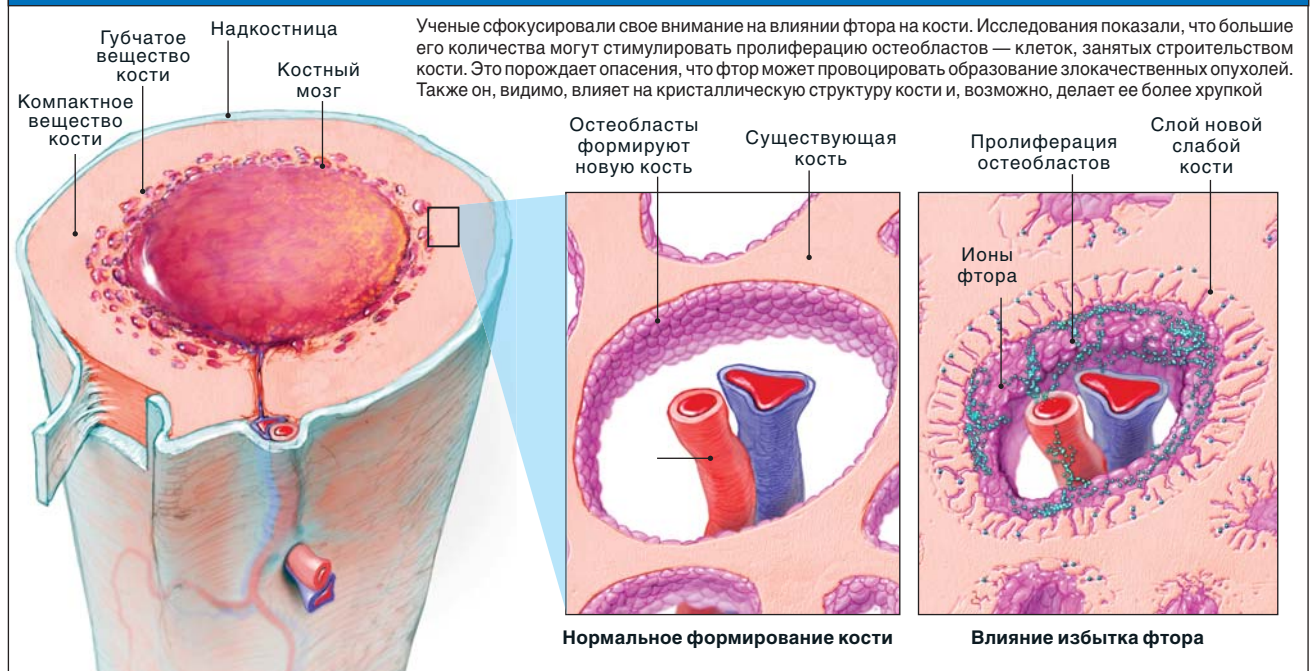
Центры по контролю и профилактике заболеваний США выделяют фторирование как одно из 10 важнейших достижений общественного здравоохранения в XX в., утверждая, что добавление фтора в питьевую воду стало одной из главных причин снижения распространенности кариеса за последние три десятилетия (которая здесь оценивается по числу больных, отсутствующих или запломбированных зубов у 12-летних детей). Однако частота встречаемости кариеса резко упала и во многих странах, где фторирование воды не производится. Возможно, в некоторых из этих государств эффект частично вызван тем фтором, который содержится в пище, напитках и средствах для гигиены полости рта.

**ПОКАЗАТЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ КАРИЕСА**

(число больных, отсутствующих или запломбированных зубов у 12-летних детей)



**ДЕЛАЕТ ЛИ ФТОР КОСТИ СЛАБЕЕ?**



кальция и фосфата, что облегчает постоянное обновление эмали, разрушаемой бактериями.

Однако фтор действует совсем по-другому, попадая в больших количествах в организм маленьких детей, у которых постоянные зубы не прорезались и еще только формируются. Белки, играющие ключевую роль в раннем формировании зубов, называются амелогенинами и регулируют образование кристаллов гидроксиапатита. Когда кристаллическая структура сформирована, амелогенины разрушаются и удаляются из созревающей эмали. Однако если в организм ребенка попадет слишком много фтора, который усвоится в пищеварительном тракте и будет доставлен с кровью к формирующимся зубам, то биохимическая сигнализация нарушится, и белки останутся внутри прорезывающегося зуба дольше, чем надо, а в кристаллической структуре эмали образуются пустоты. В результате, когда зуб, наконец, прорезывается

ся, часто он оказывается неравномерно окрашенным, некоторые его участки выглядят белее, чем другие. Такой эффект возникает при отражении света от пористой эмали. В более тяжелых случаях поверхность зуба оказывается покрытой ямками и приобретает коричневый цвет. Риск развития флюороза зависит от характера питания и наследственности, однако на первом месте среди всех факторов стоит количество фтора, попавшего в организм.

На средства гранта от Национального института стоматологических и черепно-лицевых исследований Леви решил определить, насколько много фтора попадает в организм детей и как это сказывается на состоянии их костей и зубов. Пока не высчитана общепринятая оптимальная норма ежедневного потребления фтора, — т.е. того уровня, который максимизирует защиту от кариеса и при этом сводит к минимуму другие последствия, — однако большинство исследователей обычно говорят о количе-

стве от 0,05 до 0,07 мг данного вещества на килограмм веса тела в день. В начале 1990-х гг., когда дети в исследовании Леви были еще младенцами, он обнаружил, что более трети из них получали достаточно фтора (в основном, через растворимые молочные смеси, детское питание и напитки на основе соков), чтобы поставить их в группу риска развития легкого флюороза постоянных зубов. Эта доля снизилась лишь незначительно при изменении питания в возрасте около года — в критический период формирования эмали закладывающихся зубов. Среднее потребление фтора оставалось высоким и далее — в период раннего детского возраста, поскольку основным источником фтора вместо молочных смесей стала зубная паста. Хотя предполагается, что мы должны выплевывать зубную пасту после чистки зубов, Леви еще ранее обнаружил, что дети младшего возраста проглатывают в среднем более половины зубной пасты.

Ко времени, когда детям из Айовы исполнилось девять лет и у них прорезались постоянные передние зубы, стало очевидно, что избыток фтора в буквальном смысле оставил на них

**Взгляды ученых на фторирование начинают меняться в той самой стране, где эта практика зародилась**

свои следы. Вероятность обнаружить характерную флюорозную окраску выше среди детей, получавших много фтора в младенчестве и раннем детском возрасте была в два с лишним раза, чем у остальных. А по мере расширения их диеты увеличивалось и количество источников фтора. В лаборатории Леви было обнаружено, что во многих разновидностях напитков на основе соков и в газировке содержится столько этого вещества (обычно около 0,6 мг/л), что средне-статистический трехлетний малыш, выпив чуть более литра такой жидкости, получает оптимальную дневную порцию фтора, и это не считая всех остальных источников ежедневного поступления.

Десятки пищевых продуктов, протестированных группой Леви, содержали фтор в еще более высоких концентрациях: в среднем 0,73 мг/л в коктейле из клюквенного сока, 0,71 мг/л в мороженом, 0,99 мг/л в мясной подливке и 2,10 мг/л в консервированном крабовом мясе. В большинстве случаев фтор был привнесен в продукты с водой, добавляемой во время их обработки, хотя большое количество вещества попадало в виноград и изюм с пестицидами, в продукты из куриного мяса из размолотых костей, а в чайные листья — через адсорбцию из почвы и воды.

Ученый обнаружил, что употребление фторированной воды оказалось даже еще более важным фактором риска развития флюороза. У детей, живших в тех районах Айовы, где воду фторировали, вероятность обнаружить легкий флюороз хотя бы на двух из восьми постоянных зубов была на 50% выше, чем у тех, кто жил в населенных пунктах штата с нефторированным водоснабжением. Аналогичные результаты были обнародованы в докладе NRC, согласно которому в районах с фторированным водоснабжением в организм детей младшего возраста попадает в два раза больше фтора, чем следует. Более того, комитет отметил, что взрослые, пьющие много воды, в числе которых спортсмены и работники физического труда, также получают слишком много фтора.

Следует отметить, что флюороз зубной эмали, за исключением особо тяжелых случаев, не сказывается на состоянии здоровья иначе как через снижение самооценки: пятна на зубах непривлекательны и остаются навсегда (хотя имеется возможность их замаскировать). Гораздо важнее понять, влияет ли фтор на что-нибудь еще, кроме зубной эмали. «Мы определенно можем наблюдать, что данное вещество влияет на взаимодействие белков с минерализованной тканью, так какое же влияние оно оказывает на клеточном уровне в других тканях организма? Фтор очень силен, и к нему нужно относиться с уважением», — считает Памела Ден Бестен (Pamela DenBesten) из Стоматологической школы при Калифорнийском университете в Сан-Франциско.

### Фтор и кость

Очевидно, что искать улики против фтора следует в костях, поскольку именно в них его откладывается очень много. Более того, исследования больных остеопорозом показали, что высокие концентрации фтора стимулируют пролиферацию остеобластов даже у пожилых людей. Точный механизм данного явления пока еще не известен, однако, вероятно, это происходит потому, что повышается концентрация тирозинфосфорилированных белков, участвующих в биохимической передаче сигналов остеобластов. Однако, как и в случае с зубной эмалью, фтор не только стимулирует минерализацию костей, но также и изменяет их кристаллическую структуру (и здесь уже дело отнюдь не в эстетике). Несмотря на то что фтор может увеличить объем кости, при этом снижается ее прочность. Эпидемиологические исследования и эксперименты на лабораторных животных указывают на то, что высокие концентрации этого вещества повышают вероятность возникновения переломов костей, особенно в таких группах риска, как пожилые люди и больные диабетом. Хотя результаты исследований не совсем однозначны, 9 из 12 членов NRC пришли

к выводу, что употребление воды с концентрацией фтора 4 мг/л и выше на протяжении всей жизни действительно увеличивает хрупкость костей. Комитет отметил, что фторирование в более низких концентрациях также может повышать риск возникновения переломов, однако доказательства не столь однозначны.

В настоящее время участники исследования в Айове вступают в возраст полового созревания, и Леви надеется, что анализ прочности их позвоночника, бедер и скелета в целом позволит выявить наличие связи между потреблением фтора и состоянием костей. В 2007 г. он опубликовал предварительные данные, в которых не обнаружено зависимости минерального состава костей 11-летних детей от количества фтора, попавшего в их организм за период их детства. Однако исследователь думает, что с наступлением ▶

### ПРИЗНАКИ ФЛЮОРОЗА

Когда в организм маленьких детей попадает слишком много фтора, у них нарушается формирование постоянных зубов. Когда зубы прорезываются, цвет их эмали может оказаться измененным (вверху), а в более тяжелых случаях нарушается их форма (внизу). Исследователи обнаружили, что такое состояние, называемое флюорозом, более распространено в тех местах, где вода подвергается фторированию





## ДИЕТА С ФТОРОМ

Оптимальным считается поступление фтора в организм в количестве от 0,05 до 0,07 мг на килограмм массы тела — при этом обеспечивается максимальная защита зубов от кариеса, а риск сведен к минимуму. Употребление пищи и напитков, содержащих много фтора, может привести к его избытку. Ниже приведены данные по типичному содержанию этого вещества в пище и напитках, измеряемому в миллионных долях (м.д.); тестирование проводилось в Колледже стоматологии Университета Айовы

3,73 м.д. Заваренный черный чай

2,34 м.д. Изюм

2,02 м.д. Белое вино

1,09 м.д. Напиток из яблочного сока

0,91 м.д. Заваренный кофе

0,71 м.д. Водопроводная вода (в среднем по США)

0,61 м.д. Куриный бульон

0,60 м.д. Диетическая кока-кола

0,48 м.д. Хот-дог

0,46 м.д. Грейпфрутовый сок

0,45 м.д. Пиво

0,45 м.д. Печеный картофель

0,35 м.д. Сыр чеддер

0,33 м.д. Мучные тортильи

0,32 м.д. Протертая кукуруза (детское питание)

0,23 м.д. Шоколадное мороженое

0,13 м.д. Заваренный чай из ромашки

0,03 м.д. Молоко (2%)



у них половой зрелости могут проявиться определенные закономерности.

Еще более серьезный вопрос состоит в том, что если фтор влияет на кости и зубы, то не может ли он вызывать и другие заболевания помимо флюороза? В настоящее время идут жаркие споры относительно остеосаркомы — самой распространенной

формы рака костей. Поскольку фтор стимулирует возникновение остеобластов, ученые предположили, что он может провоцировать образование злокачественных опухолей. В исследовании, проведенном в 1990 г. под эгидой Национальной токсикологической программы правительства США, было показано наличие положительной связи между возникновением остеосаркомы у самцов крыс и количеством фтора в питьевой воде. Однако другие исследования на животных дали в лучшем случае неоднозначные результаты.

Последний переполох в связи с фтором и остеосаркомой был спровоцирован молодой исследовательницей Элизой Бессин (Elise V. Bassin) из Гарвардской школы стоматологической медицины. Она собрала информацию о количестве потребляемого фтора у 103 больных остеосаркомой и 215 здоровых людей и заключила, что фтор служит фактором риска для мальчиков (результаты в отношении девочек были неоднозначными). Работа Бессин вышла в 2006 г. в журнале *Cancer Causes and Control*; однако руководитель ее диссертации в Гарварде Честер Дуглас (Chester Douglass) поместил в том же выпуске свой комментарий, предупреждающий читателей, что они должны быть «особенно осторожными» при интерпретации результатов, поскольку уже имеются новые неопубликованные данные, противоречащие выводам статьи. Противники фторирования воды и некоторые природоохранные организации немедленно ринулись на защиту Бессин, требуя расследования того, что Дуглас, профессор и заведующий кафедрой эпидемиологии в стоматологической школе, возможно, сообщает неверные сведения о работе исследовательницы, и что с его стороны имеется конфликт интересов (поскольку он является главным редактором журнала для стоматологов, финансируемого компанией *Colgate*). Расследование, проведенное в 2006 г., не выявило ни нарушения этики, ни конфликта интересов со стороны Дугласа.

Столкновения по вопросу о возможном влиянии фтора на нервную систему были столь же бурными. Филлис Малленикс (Phyllis Mullenix), в то время работавшая в Институте Форсит в Бостоне, вызвала на себя огонь в начале 1990-х гг., когда опубликовала результаты экспериментов, показавших, что фтор может накапливаться в мозговой ткани и влиять на поведение животных. По ее данным, воздействие высоких концентраций этого вещества на стадии внутриутробного развития коррелировало с развитием гиперактивности у молодых крыс, особенно у самцов, в то время как воздействие фтора после рождения производило противоположный эффект, превращая самок в «лежебок», как она их характеризовала позднее. Несмотря на то что работа была в конце концов опубликована в *Neurotoxicology and Teratology*, на исследовательницу набросились коллеги, заявлявшие, что методы ее исследования имели серьезные изъяны и что она применила неадекватно высокие дозы. Однако позднее в серии эпидемиологических исследований в Китае была выявлена связь между большим количеством фтора и низким IQ, и был предложен возможный механизм этого явления: образование соединений фторида алюминия (небольших неорганических молекул), похожих по структуре на фосфаты и влияющих на активность ферментов в мозге. Есть также некоторые указания на то, что силикофториды, применяемые для фторирования воды, могут усиливать накопление свинца в мозге.

Имеются также данные, согласно которым фтор способен влиять и на эндокринную систему. Комитет NRC пришел к выводу, что он может слегка изменять эндокринные функции, в особенности работу щитовидной железы, которая производит гормоны, регулирующие рост и метаболизм в организме.

## Вопрос остается спорным

Обнародование доклада NRC не привело к всеобщей панике в отношении фтора и даже не побудило

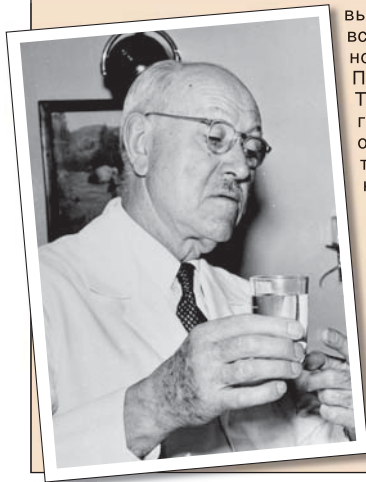
## ИСТОРИЯ ФТОРИРОВАНИЯ

ЕРА немедленно снизить предельно допустимую его концентрацию, составляющую 4 мг/л. При фторировании воды обычно придерживаются намного более низкой концентрации — от 0,7 до 1,2 мг/л. Примерно 200 тыс. американцев, а также несколько миллионов людей в Китае, Индии, Ближнем Востоке, Африке и Юго-Восточной Азии, пьют воду с содержанием фтора, превышающим предельно допустимое, но там избыток вещества объясняется естественным его вымыванием из местных горных пород и почв.

Однако доклад NRC заставил некоторых исследователей задаться вопросом, не слишком ли высока для питьевой воды и концентрация 1 мг/л. Сейчас появляется все больше данных о том, что с пищей, напитками и средствами гигиены полости рта в организм также попадает много фтора, особенно у маленьких детей. Из проведенного комитетом анализа следует, что и более низкие концентрации могут нести риск. «Комитет обнаружил, что на протяжении многих лет мы сохраняли *status quo* в отношении фтора, — а теперь нам надо посмотреть на него новым взглядом», — говорит Джон Доулл (John Doull), почетный профессор фармакологии и токсикологии Медицинского центра Канзасского университета и председатель комитета NRC.

Несмотря на все обнаруженные факты, многие ученые не признают вредного воздействия фтора и продолжают настаивать на расширении фторирования воды во всем мире. Их взгляды остаются официальной точкой Американской стоматологической ассоциации и Министерства здравоохранения США. «Мы видим, что на многих территориях распространенность кариеса еще крайне высока, и это оправдывает расширение масштабов фторирования воды», — говорит Джаянт Кумар (Jayanth V. Kumar), директор отдела исследований и наблюдений за гигиеной полости рта Департамента здравоохранения штата Нью-Йорк, который не согласен с некоторыми выводами комитета. Он все же признает, что

О вреде фтора знали задолго до того, как стало известно о его пользе. Начиная с первого десятилетия XX в. стоматолог Фредерик Маккей (Frederick McKay) путешествовал по американскому Западу, исследуя «колорадское потемнение зубов» (как тогда называли это явление). Вместе со своим коллегой Блэком (G.V. Black), деканом Стоматологической школы при Северо-Западном университете, Маккей обнаружил, что у детей, родившихся в Колорадо-Спрингс, штат Колорадо, зубы имели измененную окраску, в то время как этого не наблюдалось у людей, переселившихся в город во взрослом возрасте. Ученые предположили, что маленькие дети с еще не прорезавшимися и не сформировавшимися зубами подвергались наибольшему риску развития данного явления. Маккей догадался, что окраска была вызвана каким-то неизвестным химическим соединением, содержащимся в местной питьевой воде. Он также заметил удивительный факт: пятнистые зубы были чрезвычайно устойчивы к кариесу. Причина оставалась тайной до 1930 г., когда Маккей отправился в Арканзас, чтобы исследовать случаи нарушения окраски зубов в Боксайте — промышленном городе Американской алюминиевой компании. Обеспокоенный тем, что дело может быть в алюминии, химик компании Черчилль (H.V. Churchill) провел анализы местной воды и выявил в ней высокий уровень природных фторидов. Маккей сразу же проверил другие подозрительные источники водоснабжения и обнаружил, что везде, где содержание фтора было высоким — обычно 2,5 мг на литр или выше — часто встречалось нарушение окраски зубов. В лексикон вошло новое слово — флюороз.



После открытия Черчилля и Маккея исследователь Хенри Трендли Дин (Henry Trendley Dean), глава отдела зубной гигиены в Национальном институте здоровья, пытался определить, какое количество фтора достаточно для развития флюороза. К концу 1930-х гг. он сделал заключение, что концентрации ниже 1 мг/л не представляют собой особого риска. Дин помнил, что Маккей обнаружил устойчивость зубов к кариесу при флюорозе, и начал призывать к тому, чтобы проверить его революционную идею в масштабах целого города: специально добавлять фтор в воду в таких концентрациях, которые предотвратят кариес, но не вызовут флюороз. Его мечта осуществилась в 1945 г. в Гранд-Рэпидс, штат Мичиган, и Дин стал одним из ведущих сторонников фторирования воды.

Стоматолог из Колорадо Фредерик Маккей. Его исследования привели к открытию воздействия фтора на зубы

доводы в пользу фторирования звучат не столь веско в районах с высоким благосостоянием, где люди хорошо питаются и где высок уровень зубной гигиены. «В настоящее время все зависит от частоты встречаемости кариеса у населения данного района. Если она низкая, то выгода от инвестиций может оказаться невелика».

Тем временем после выхода доклада NRC противники фторирования почувствовали воодушевление. «Комитет сделал очень важную вещь: впервые истинно сбалансированный совет взглянул на проблему и поднял важные вопросы, — говорит Поль Коннетт (Paul Connett), профессор химии в Университете св. Лаврентия и исполнительный директор *Fluoride Action Network*, одной из наиболее активных групп, выступающих против фторирования. — Я абсолютно уверен, что наступил поворотный момент в науке, поскольку все карты открыты. В США фтора потребляет-

ся больше, чем любого другого медицинского препарата, и теперь настало время поговорить об этом». ■

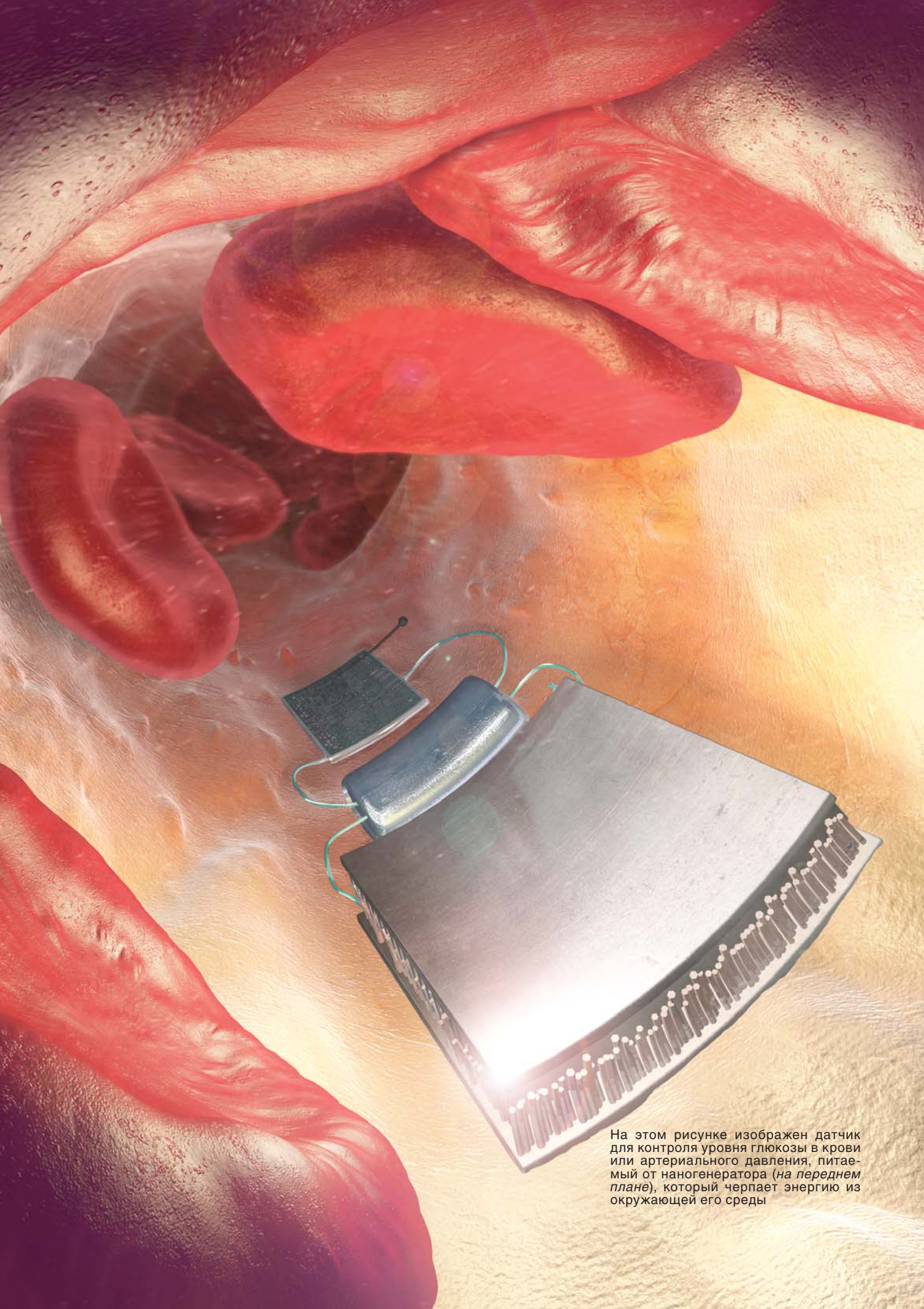
Перевод: Б.В. Чернышев

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Patterns of Fluoride Intake from Birth to 36 Months. Steven M. Levy, John J. Warren, Charles S. Davis, H. Lester Kirchner, Michael J. Kanellis and James S. Wefel in *Journal of Public Health Dentistry*, Vol. 61, No. 2, pages 70–77; June 2001.

■ Patterns of Fluoride Intake from 36 to 72 Months of Age. Steven M. Levy, John J. Warren and Barbara Broffitt in *Journal of Public Health Dentistry*, Vol. 63, No. 4, pages 211–220; December 2003.

■ Timing of Fluoride Intake in Relation to Development of Fluorosis on Maxillary Central Incisors. Liang Hong, Steven M. Levy, Barbara Broffitt, John J. Warren, Michael J. Kanellis, James S. Wefel and Deborah V. Dawson in *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, Vol. 34, No. 4, pages 299–309; August 2006.



На этом рисунке изображен датчик для контроля уровня глюкозы в крови или артериального давления, питаемый от наногенератора (на переднем плане), который черпает энергию из окружающей его среды



# наноустройства

## С АВТОПОДЗАВОДОМ

Ван Чжонлинь

### Наномасштабным устройствам нужны миниатюрные источники питания

**Ч**асовщик, который в 1920-е гг. создал часы с автоподзаводом, воплотил в жизнь грандиозную идею: для подзавода пружины он использовал механический отбор энергии движений руки, на которую надеты часы.

Сегодня мы начинаем создавать чрезвычайно малые устройства отбора энергии для мира наномасштабных систем, где размеры исчисляются миллиардными долями метра. Мы называем эти устройства наногенераторами. Возможность производить энергию в таких малых масштабах позволяет задуматься о наноустройствах, не требующих замены батарей питания: вживляемых нанодатчиках для непрерывного контроля уровня глюкозы в крови пациента, автономных тензодатчиках для таких сооружений, как мосты, или датчиках содержания токсичных веществ в окружающей среде. Источники энергии необходимы и для нанороботов, микроэлектромеханических систем (МЭМС), систем обеспечения безопасности страны, и для портативных персональных электронных устройств. Трудно даже представить все области, где такие наногенераторы найдут применение.

Проблему генерации энергии в столь малых масштабах исследователи решают по-разному. Среди вариантов рассматривается использо-

вание случайных вибраций или колебаний (например, вблизи дорог), разностей температур (температура грунта на глубине нескольких метров почти постоянна), биохимических факторов, а также внешних источников энергии, например ультразвуковых волн и даже акустических шумов слышимого диапазона.

Ключевое преимущество наноустройств и наносистем состоит в том, что они работают при крайне малых уровнях мощности — от нановатт до микроватт, что переводит проблему питания наногенераторов в область осуществимого. Только подумайте о потенциальных источниках энергии в теле человека: механическая, тепловая энергия и энергия вибраций, химическая (источником которой может быть глюкоза) и гидравлическая энергия системы кровообращения. Преобразование лишь малой доли всех этих видов энергии в элек-

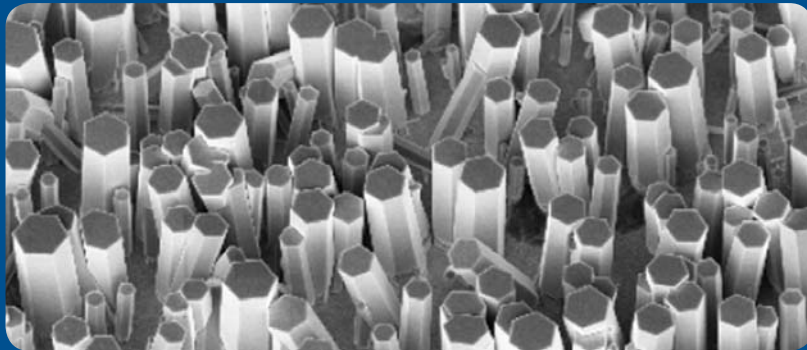
трическую может оказаться достаточно для питания многих видов малых устройств (*врез на стр. 50*).

### Энергия для наномира

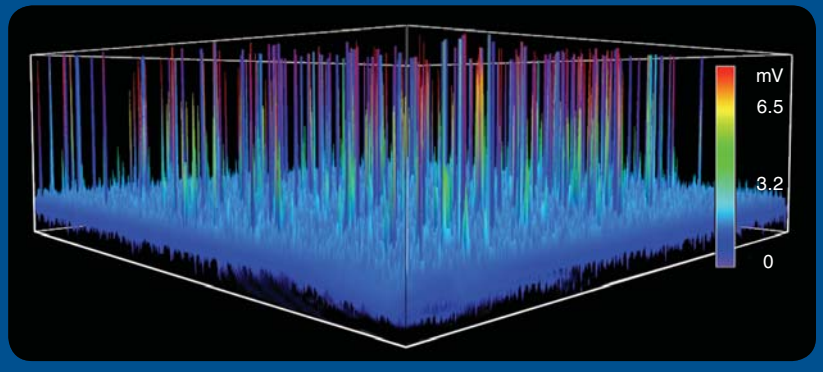
В конце 1990-х гг., когда появились и стали завоевывать популярность портативные электронные устройства, возникла проблема поиска источников энергии для них. Внимание исследователей привлекли работы по генерации электроэнергии для сверхмалых устройств, что привело к быстрому развитию данного направления. Экспериментаторы Массачусетского технологического института разработали «энергоизвлекающие» туфли на основе пьезоэлектрического эффекта: выработки электрического напряжения некоторыми кристаллами под действием механического напряжения. Однако трудность в получении значительных количеств энергии скоро заставила ученых начать поиск генераторов, способных удовлетворять энергетические потребности гораздо меньших устройств, например микроэлектромеханических систем (МЭМС) размерами от микрона ▶

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Нанотехнологии открывают большие возможности, но наномасштабным устройствам нужны более совершенные источники питания, чем батареи.
- Достаточную мощность для питания этих устройств может обеспечить теряемая без пользы энергия вибраций и даже пульса человека.
- Улавливать такую энергию и передавать ее наноустройствам может система пьезоэлектрических нанопроволочек.
- Широкое применение могут найти медицинские наноустройства. Подобная система энергоснабжения, возможно, позволит подзаряжать батарейку электрокардиостимулятора, а вживленные беспроводные нанодатчики смогут контролировать уровень глюкозы в крови у диабетиков.



Вверху — система нанопроволочек из оксида цинка диаметрами от 30 до 100 нм и длиной от 1 до 3 мкм; изображение получено с помощью сканирующего электронного микроскопа. Внизу — выходное напряжение (в милливольтках), полученное от этой системы; ясно видна его неоднородность



до нескольких миллиметров. Такие кремниевые устройства нашли разнообразное применение, например в струйных принтерах и акселерометрах, приводящих в действие подушки безопасности в автомобилях. Биологические и химические процессы также могут служить источниками энергии (врез на стр. 50).

Не так давно ученые создали миниатюрные генераторы, использующие энергию вибрации с помощью пьезоэлектрических или электромагнитных преобразователей. В электромагнитном микрогенераторе используются подвижный магнит или подвижная катушка, индуцирующие переменный электрический ток в цепи. Несмотря на то что уже созданы микрогенераторы масшта-

ба МЭМС, для этой технологии более приемлемы объемы от 1 до 75 см<sup>3</sup>. Такие генераторы работают на частотах от 50 Гц до 5 кГц. В типичном пьезоэлектрическом вибрационном микрогенераторе используется двухслойная консоль из цирконата-титаната свинца с грузиком на свободном конце, напоминающим ныряльщика на краю трамплина. Когда сила тяжести изгибает консоль вниз, верхний пьезоэлектрический слой испытывает деформацию растяжения, а нижний — сжатия. В результате один слой получает положительный потенциал, а другой — отрицательный. При вертикальном колебании массы генерируется переменное напряжение. Однако вследствие сравнительно большого

размера такого генератора для приведения в движение грузика важна сила тяжести.

Сегодня над созданием наномасштабного пьезоэлектрического генератора успешно работает исследовательская группа Технологического института штата Джорджия, возглавляемая автором данной статьи. Роль силы тяжести, в мире более крупных масштабов имеющая большое значение, в наном мире незначительна по сравнению с силами химических связей и межмолекулярного взаимодействия.

### Где сила тяжести не важна

Описанная выше система с консолью и грузиком на конце в наном мире не будет работать: веса грузика недостаточно для поддержания движения в системе. Для создания наномасштабного генератора для питания автономных устройств необходим иной подход. Наша группа исследует принципиально новые возможности получения электроэнергии для питания наноустройств с использованием энергии движений тела и сокращений мышц, вибрации (акустических и ультразвуковых волн) и гидравлической энергии (энергии движения крови и других жидкостей тела).

В конце 1990-х гг. я сосредоточил свое внимание на изучении углеродных нанотрубок. Мы разработали несколько методов измерения механических, электрических и автоэмиссионных свойств отдельных углеродных нанотрубок с использованием электронной микроскопии *in situ*. Но нам не удалось научиться управлять их электрическими свойствами. Внезапно я понял, что новые возможности открывают оксиды металлов, — так почему бы не исследовать эти наноструктуры? В 2000 г. я начал с нанолент — белых, похожих на шерсть образований, которые получают путем спекания оксидов таких металлов, как цинк, при температуре от 900 до 1200° С в присутствии аргона, и с нанопроволочек.

Мы занялись исследованием свойств ориентированных нанопроволочек оксида цинка, каждая из

### ОБ АВТОРЕ

**Ван Чжонлинь** (Zhong Lin Wang) — директор Центра исследования наноструктур Технологического института штата Джорджия. В 1998 г. он создал самые маленькие весы — нановесы, а в 2000 г. — наноленты. В числе других почетных наград он получил в 1999 г. от Американского общества микроскопии медаль Бертона.

которых представляла собой совершенный кристалл в форме шестигранной призмы, выращенный на твердой проводящей подложке с использованием стандартного процесса пар — жидкость — кристалл в маленькой трубчатой печи. На сапфировую подложку мы осаждали наночастицы золота, служившего катализатором, и пропускали через печь поток газа-носителя аргона, нагревая порошок оксида цинка. Под частицами золота выростали нанопроволочки диаметром от 30 до 100 нм и длиной от 1 до 3 мкм.

Мысль о преобразовании механической энергии в электрическую пришла мне в голову, когда мы в августе 2005 г. приступили к изучению электромеханических свойств выращенных провололок. С помощью атомно-силового микроскопа мы наблюдали несколько пиков выходного напряжения, но не понимали их природу. Систематические исследования, проведенные в ноябре

того же года, позволили установить, что обнаруженное явление обусловлено пьезоэлектрическим эффектом в оксиде цинка. Полученные нами данные исключают вклад трения, контактов и других побочных факторов. Следующим шагом стало выяснение природы процесса, ответственного за вывод заряда с единичной проволочки. Тщательно изучив литературу по полупроводниковым приборам, я предложил рабочий механизм будущего устройства — наногенератора.

Редкую особенность оксида цинка — сочетание свойств пьезоэлектрика и полупроводника — мы использовали для создания и накопления пьезоэлектрических зарядов в нанопроволочках. Нам удалось установить, что когда проводящий кончик зонда атомно-силового микроскопа изгибает прямую вертикальную нанопроволочку, в ней формируется поле деформаций, где растянутой стороне соответствует положитель-

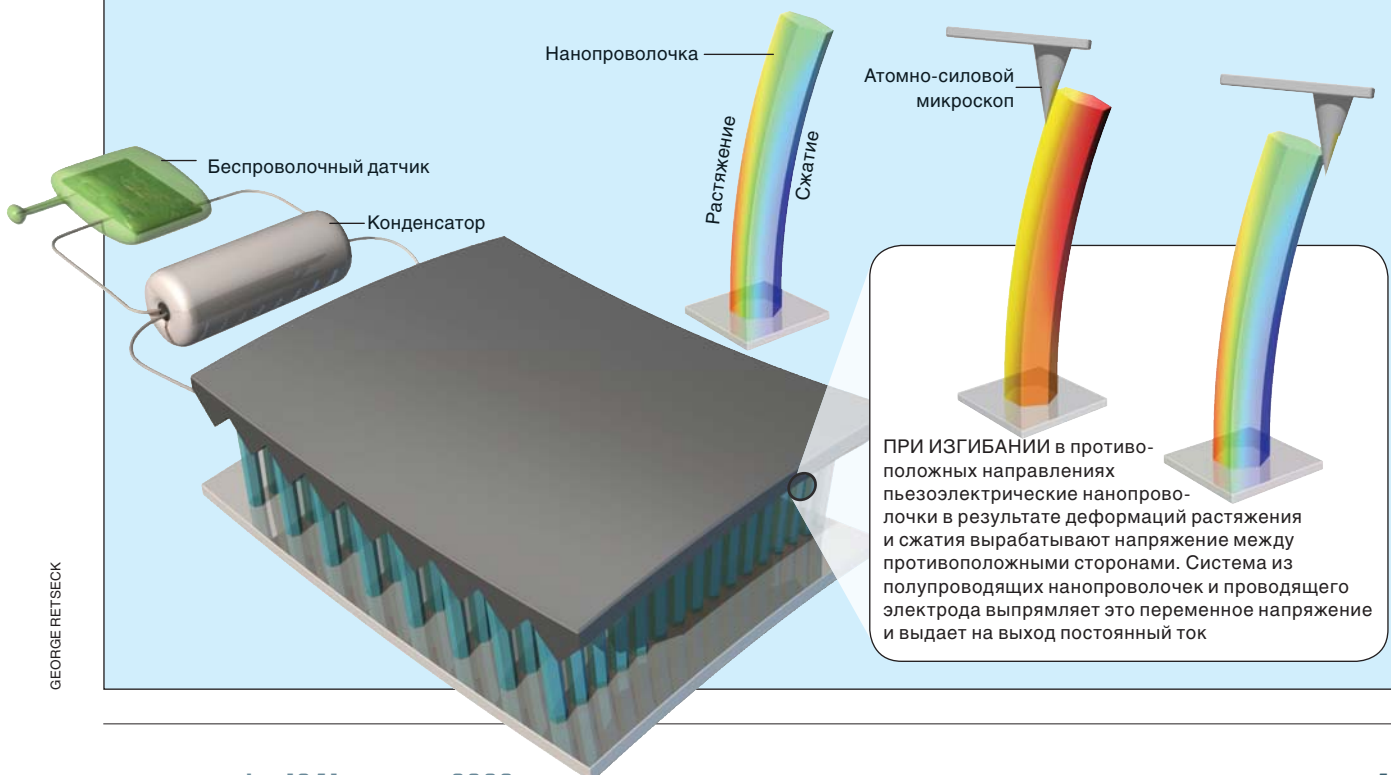
ная деформация, а сжатой — отрицательная. Когда кончик зонда сканировал верхушки нанопроволочек из оксида цинка, в изображении поля выходного напряжения мы наблюдали множество пиков, соответствующих отдельным положениям контакта (стр. 48). Пьезоэлектрический эффект формирует в объеме нанопроволочки электрическое поле, создавая положительный потенциал на растянутой стороне и отрицательный на сжатой.

Идею было необходимо проверить. Перед самым Рождеством 2005 г. я задумал эксперимент для непосредственной визуализации выходного напряжения большой нанопроволочки с использованием оптической и атомно-силовой микроскопии. Мы с моим студентом Сон Цзиньхуэем (Jinhui Song) реализовали задуманное и одним из вечеров в конце декабря были вознаграждены, получив несколько видеофильмов, напрямую подтверждающих мою ▶

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

Наногенератор (внизу слева) состоит из системы вертикальных нанопроволочек (гексагональных кристаллов) из оксида цинка, обладающего свойствами пьезоэлектрика и полупроводника, и помещенного над ней прямоугольного электрода с ребристой нижней поверхностью. Под действием внешних сил, например вибрации, пульса человека

или акустических волн, электрод совершает колебательные движения. В данном примере выходной ток генератора накапливается в конденсаторе и периодически направляется к датчику, который может измерять уровень глюкозы в крови или артериальное давление. Результаты измерений передаются миниатюрным радиопередатчиком



**СКОЛЬКО ЭНЕРГИИ  
ВЫРАБАТЫВАЕТ НАШЕ  
ТЕЛО?**

**КРОВОТОК**

**0,93 Вт** механической энергии  
Доступно 0,16 Вт электрической энергии  
0,16 Дж электроэнергии на одно движение

**ВЫДОХ**

**1,00 Вт** механической энергии  
Доступно 0,17 Вт электрической энергии  
1,02 Дж электроэнергии на один выдох

**ВДОХ**

**0,83 Вт** механической энергии  
Доступно 0,14 Вт электрической энергии  
0,84 Дж электроэнергии на один вдох

**ДВИЖЕНИЯ РУК**

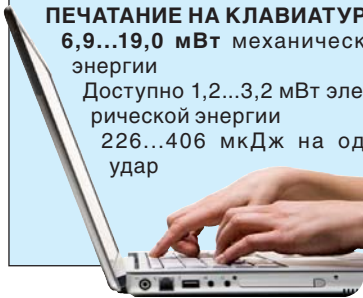
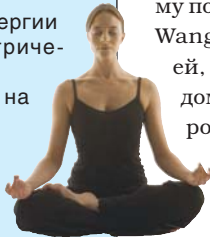
**3,00 Вт** механической энергии  
Доступно 0,51 Вт электрической энергии  
2,25 Дж электроэнергии на одно движение

**ХОДЬБА**

**67,00 Вт** механической энергии  
Доступно 11,39 Вт электрической энергии  
18,90 Дж электроэнергии на один шаг

**ПЕЧАТАНИЕ НА КЛАВИАТУРЕ**

**6,9...19,0 мВт** механической энергии  
Доступно 1,2...3,2 мВт электрической энергии  
226...406 мкДж на один удар



модель. На следующий день, отредактировав видеofilm, мы отправили статью в журнал *Science*.

Для практического применения наш генератор должен содержать систему нанопроволочек, непрерывно вырабатывающих электроэнергию, которую можно было бы собирать и передавать питаемому устройству. А энергия, которая будет преобразовываться в электрическую, должна поступать из внешней

среды в виде волн или вибрации, чтобы наногенератор мог работать автономно и беспроводно. Нам удалось разработать новую конструкцию, отвечающую этим требованиям.

Следующей задачей стало увеличение мощности наногенератора. Нужно было достичь трех целей: исключить использование атомно-силового микроскопа, заставить множество нанопроволочек работать одновременно и непрерывно и возбуждать нанопроволочки каким-либо колебанием, например ультразвуковой волной. Я предложил своему помощнику Ван Сюйдону (Xudong Wang) заняться новой конструкцией, заменив ребристым электродом зонды атомно-силового микроскопа. Через четыре месяца он получил первую серию данных. Сигнал был очень слабым. С мая по октябрь 2006 г. мы занимались оптимизацией компоновки наногенератора, чтобы увеличить выходную мощность. К концу года стало понятно, что наногенератор может быть наконец представлен научному сообществу.

Наша экспериментальная установка позволила впервые продемонстрировать получение непрерывного постоянного тока от пьезоэлектрического наногенератора. Она состояла из системы параллельных нанопроволочек из оксида цинка и покрытого платиной кремниевым электродом с ребристой поверхностью, выполняющего роль зонда атомно-силового микроскопа. Платиновое покрытие электрода не только увеличивало его проводимость, но и придавало ему свойства диода, проводящего ток только в одном направлении — от металла к полупроводнику. Электрод устанавливался на контролируемом расстоянии над системой нанопроволочек и был способен перемещаться в поперечном направлении, периодически изгибая нанопроволочки то в одну, то в другую сторону. Благодаря ребристой поверхности электрод действовал как система синхронно движущихся зондов атомно-силового микроскопа (*врез на стр. 49*).

**Гибкое будущее**

С января 2007 г. мы сосредоточили свои усилия на совершенствовании наногенератора. Керамические и полупроводниковые подложки, применявшиеся нами вначале для выращивания нанопроволочек из оксида цинка, твердые и хрупкие и поэтому непригодны в той области применения, где требуются гибкие или складывающиеся источники питания, например для биодатчиков, вживляемых в мышцы или суставы, или для генераторов электроэнергии, встроенных в обувь.

В качестве потенциально биосовместимой подложки здесь могут подойти проводящие полимеры. В ходе экспериментов стало ясно, что многие из подобных материалов пригодны и для выращивания систем нанопроволочек из оксида цинка, перспективных для создания портативных и гибких электронных устройств. Гибкость таких подложек приводила к тому, что профиль поверхности оказывался волнистым, вследствие чего не осуществлялась часть контактов. Мы полагаем, что для повышения эффективности сбора заряда необходимо обеспечить прочное сцепление нанопроволочек с подложкой и оптимизировать их расположение.

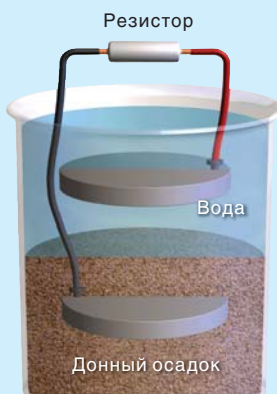
Несмотря на то что использованный подход позволил продемонстрировать возможность создания такого генератора, для того чтобы его можно было использовать по прямому назначению, необходимо много улучшить характеристики данного устройства. Все нанопроволочки должны генерировать электроэнергию одновременно и непрерывно, а весь генерируемый заряд должен собираться и распределяться эффективно. Метод массового выращивания нанопроволочек из оксида цинка может оказаться рентабельным, поскольку их производство не требует дорогостоящих высокотемпературных процессов. Нам предстоит научиться выращивать совершенно однородные системы нанопроволочек, в которых электроэнергию вырабатывает каждая их них, и добиться увеличения срока службы.

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИЗ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Наногенераторы на основе вибрирующих пьезоэлектриков перспективны, но существуют и другие пути отбора энергии из окружающей среды

Самые эффективные механизмы извлечения энергии изобрела природа. Примером могут служить микроорганизмы, для которых решение этой задачи — вопрос выживания. Дерек Лавли (Derek R. Lovely) и его коллеги из Массачусетского университета в Амхерсте сообщили, что морской организм *Desulfuromonas acetoxidans* способен переносить электроны от ацетатов, образуемых в донных осадках другими организмами, к графитовому электроду, создавая электрический ток через воду. Такие «осадочные батареи», вероятно, можно будет использовать, например, для биологической очистки токсичных сточных вод. Подобным образом каталитическое действие микроорганизмов может позволить получать электроэнергию от различных углеводов и субстратов.

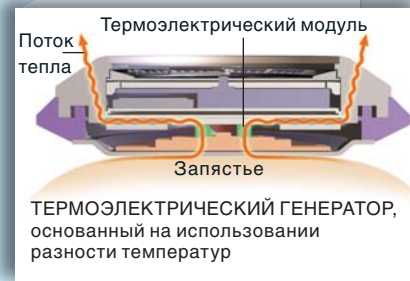
В 2004 г. группа А.К. Шуклы (A.K. Shukla) из Центрального института электрохимических исследований в Индии продемонстрировала биологические топливные элементы, в которых для получения тока использовались органические вещества и метаболические процессы. Для получения мощности, достаточной для питания ряда медицинских приборов, включая дозаторы лекарственных препаратов, электрокардиостимуляторы и диагностические приборы, можно использовать и внутренние ресурсы самого тела человека, включая метаболические процессы в клетках. Недостатками микробиологических топливных элементов являются довольно большие размеры и малая мощность, возможно, недостаточная для небологических приложений.



ОСАДОЧНАЯ БАТАРЕЯ, в которой электроэнергию вырабатывают морские организмы

Другой вариант — термоэлектрический генератор — основан на использовании эффекта Зеебека: возникновении электродвижущей силы в контуре, состоящем из двух разнородных проводников, контакты между которыми имеют разные температуры. Эта ЭДС пропорциональна разности температур между местами контакта проводников (спаями). Основанные на этом принципе термопары широко применяются для измерения температуры.

Термоэлектричество — очень интересная область, но из-за требования достаточной разности температур между спаями термоэлектрические генераторы неизбежно имеют довольно большие размеры. Следовательно, возможности их применения в качестве источников питания, интегрированных в наносистемы, невелики. Однако они уже нашли коммерческое применение, например в термоэлектрических наручных часах *Seiko Thermic*, которые были выпущены в 1998 г. Встроенный в них термоэлектрический модуль вырабатывает достаточную мощность для обеспечения работы часов за счет небольшой разности температур между телом человека и окружающей средой.



Сегодня период эксплуатации нашего наногенератора составляет около 50 ч. Главной причиной его выхода из строя является, вероятно, технология установки верхнего электрода над системой нанопроволочек. Если он прижимается к нанопроволочке слишком сильно, ток не вырабатывается. Мы активно работаем над решением этой проблемы.

Процесс создания систем нанопроволочек включает в себя напыление на подложку тонкого слоя золота — катализатора для выращивания проволочек. Кристаллы оксида цинка образуют подобие леса с «деревьями», лишенными ветвей. Для увеличения прочности сцепления нанопроволочек с подложкой мы наносим на нее после окончания выращивания тонкий слой полимера, чтобы основания нанопроволочек оказались частично заделанными в этот слой. Мы добились от генератора площадью в шесть квадратных миллиметров напряжения около 10 мВ и тока 800 нА на выходе.

Однако нам удалось показать, что для повышения напряжения на выходе наногенераторы можно соединять последовательно, а для увеличения тока на выходе — параллельно, так же как обычные источники электроэнергии, такие как батареи и топливные элементы. Для того чтобы получать более высокое напряжение, потребуется создавать системы, в которых нанопроволочки будут иметь одинаковые длину и диаметр.

Наногенераторы вряд ли когда-нибудь станут источниками электроэнергии для наших жилищ: даже для карманных фонариков их мощность слишком мала. Но системы нанопроволочек могут стать идеальными генераторами для устройств, от которых требуется лишь периодическая работа, например для датчиков, которые должны собирать и передавать данные в течение одной секунды раз в минуту. Возможно, в будущем наногенераторы будут преобразовывать энергию,

теряемую в нашей повседневной жизни, например в результате изменений давления в автомобильной шине, вибрации движущегося автомобиля и даже от давления ветра на стенки походной палатки. Задумайтесь о том, как много малых источников энергии нас окружает. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Direct-Current Nanogenerator Driven by Ultrasonic Waves. Xudong Wang, Jinhui Song, Jin Liu and Zhong Lin Wang in *Science*, Vol. 316, pages 102–105; April 6, 2007.
- Nanowire Piezoelectric Nano-generators on Plastic Substrates as Flexible Power Sources for Nanodevices. Pu Xian Gao, Jinhui Song, Jin Liu and Zhong Lin Wang in *Advanced Materials*, Vol. 19, pages 67–72; 2007.
- Сайт Ван Чжонлина: [www.nano-science.gatech.edu/zwang](http://www.nano-science.gatech.edu/zwang)

Джон Тардуно

# блуждающие «ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ»

Места подъема раскаленной магмы из глубины Земли — «горячие точки», считавшиеся ранее неподвижными, — могут менять свое положение

Лава, извергающаяся из вулкана на Гавайях, поднимается из «горячей точки» как пламя, прожигая земную кору

Где же конус? Подняв буровую трубу, мы сменили затупившуюся буровую коронку и вновь опустили ее на морское дно на глубину 1600 м. Затем, столпившись перед экраном в аппаратной, члены нашей группы следили за изображением, передаваемым с камеры, установленной на конце бура, отыскивая на дне конус, оставленный у входа в пробуриваемую скважину. Мы повторяли это много раз и обычно видели проплывающую рыбу или кальмара, захватывающего трубу своими щупальцами, а затем появлялся и сам конус. Однако на этот раз его нигде не было. Что же могло произойти?

Мы прибыли сюда, в северо-западную часть Тихого океана, чтобы получить образцы пород потухших подводных вулканов, объединенных в подводный хребет Императорские горы и составляющих северную часть Гавайско-Императорской вулканической цепи. Ее четкий рисунок можно увидеть на любой карте мира. Вместе с характерными причудливыми очертаниями Южной Америки и Африки он уже давно служит свидетельством в пользу гипотезы тектонического движения литосферных плит. Входящие в Гавайскую цепь острова и подводные горы расположились на одной безупречно прямой линии длиной 3,5 тыс. км, пересекающей Тихий океан. Возраст составляющей их породы увеличивается по мере удаления на северо-запад от острова Гавайи (площадь которого продолжает расти) через острова Мауи, Оаху и Кауаи к атоллу Мидуэй, лежащий в основании которого давно потухший вулкан так сильно осел, что лишь местами едва возвышается над поверхностью моря. После атолла Мидуэй линия делает резкий поворот на север, следуя вдоль Императорских гор, и почти доходит до Алеутских островов.

Традиционное объяснение данного рисунка основано на гипотезе канадского геофизика Дж. Тьюзо Уилсона (J. Tuzo Wilson) выдвинутой в 1963 г., согласно которой все эти острова отражают движение Тихоокеанской литосферной плиты над вулканической «горячей точкой».

Ее можно представить себе как своеобразную глубинную «свечу», пламя которой, прожигая земную кору, выпускает на поверхность лаву, создавая в океане остров. Постоянное движение плиты относит его в сторону, а над «горячей точкой» начинает образовываться новый — и весь цикл повторяется.

В 1971 г. геофизик из Принстонского университета Джейсон Морган (Jason Morgan) еще на шаг продвинулся в развитии данной гипотезы. Он предположил, что такая «свеча» представляет собой верхушку поднимающейся из глубин мантии горной породы. «Горячая точка» прочно закреплена в недрах планеты, а перемещается лишь сама плита. Так, Гавайские «горячая точка» все это время оставалась примерно на 19° северной широты, тогда как Тихоокеанская плита двигалась на северо-запад со скоростью около 10 см в год. А резкий поворот говорит лишь о том, что где-то около 47 млн лет назад данная плита внезапно изменила направление своего движения.

Фиксированное положение «горячих точек» не только позволяло ученым проследить эволюцию Гавайев и других цепей островов, но и дало весьма надежный набор ориентиров. С их помощью геологи изучали перемещения литосферных плит и определяли первоначальное местоположение геологических пород; их образцы, такие как керны осадочных пород, используются для оценки климата в прошлом, а с помощью образцов горных пород можно определять перемещение «твердой» Земли относительно оси вращения. Поэтому известие о том, что «горячие точки», возможно, ведут себя по-иному, повергло геологов в шок.

Недавно нам с коллегами удалось доказать, что данные ориентиры на самом деле подвижны. Они в некотором смысле похожи на конус у входа в скважину на тихоокеанском дне. Не обнаружив его на месте, мы решили, что наш ориентировочный знак унесло течением. В тот раз нам пришлось вернуть судно в исходное положение, и мы безо всякого конуса благополучно нашли скважину.

Точно так же геофизикам требуется сегодня разобраться в причинах смещения «горячих точек» и разработать новую систему ориентирования.

### Намагнитенные опилки

В 60-е гг. прошлого века подтвердить теорию тектонического движения плит, а позднее расширить понимание явления «горячих точек» удалось при помощи регистрации движения плит с использованием способности горных пород сохранять намагнитченность. Обладающие магнитными свойствами минералы (магнетит и титаномагнетит), содержащиеся в лаве, при ее остывании кристаллизуются. Они подобно крошечным стержневым магнитам располагаются в направлении магнитного поля Земли в данный момент времени.

Поскольку магнитное поле нашей планеты изменяется во времени и пространстве, существуют два пути, по которым благодаря намагнитченности горных пород можно определить движение литосферных плит. Первый из них — изучение изменений во времени. Через неравномерные интервалы времени магнитное поле Земли меняет свою полярность: Северный и Южный магнитные полюса меняются местами. Рассмотрим, что происходит при извержении лавы на срединно-океанических хребтах. Когда жидкие горные породы затвердевают, содержащиеся в них намагнитенные минералы ориентируются подобно железным опилкам, указывая, например, на север. Затем в результате тектонического движения плит эти породы

относятся в сторону от хребта. Через несколько сотен тысяч лет происходит смена полярности, образующиеся породы также намагнитчиваются, указывая уже в противоположном направлении. Их тоже относит в сторону. После смены полюсов процесс повторяется. В результате на океаническом дне можно обнаружить целые серии параллельных горизонтальных полос из намагнитенных минералов, сориентированных поочередно то на север, то на юг — геологическая аналогия годичных колец на распилах деревьев. Геологи датируют эти магнитные полосы, сопоставляя их с хронологической шкалой изменения полярности магнитного поля Земли. После чего с помощью данных о времени и расстоянии они могут рассчитать направление и скорость движения данной литосферной плиты относительно соседней.

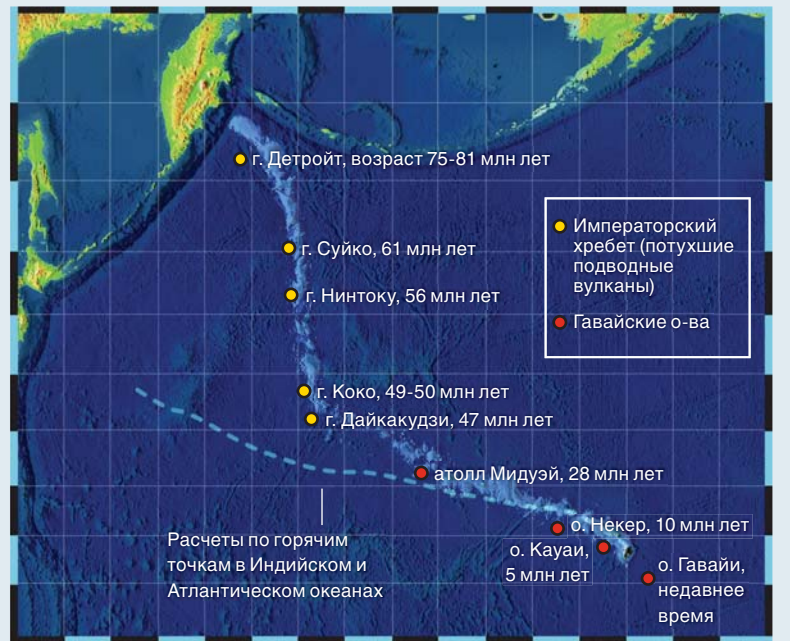
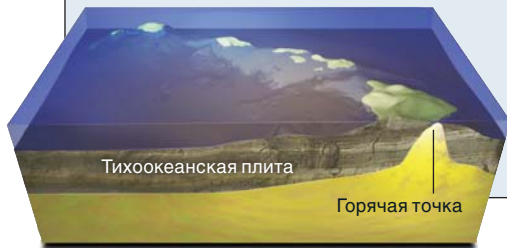
Второй путь связан с тем, что направление магнитного поля Земли имеет следующие два параметра: горизонтальный (магнитное склонение) и вертикальный (магнитное наклонение). С помощью компаса вы измеряете склонение, однако, если присмотреться, то можно заметить, что стрелка, показывающая на север, одновременно слегка отклоняется от горизонтальной плоскости. Как показал в своем классическом исследовании в конце 60-х гг. прошлого века профессор Флоридского университета Нил Опдайк (Neil Opdyke), магнитное наклонение непосредственно связано с географической широтой. Измеряя его, мы определяем географическую ши- ▶

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Вулканические «горячие точки» — такие как те, где продолжают формироваться Гавайские острова, — издавна считались неподвижными на фоне медленно движущихся литосферных плит, образующих земную кору.
- Исследование цепи Гавайских островов и потухших подводных вулканов показало, что «горячие точки» могут менять свое положение. Резкий поворот этой цепи на север традиционно объясняли одним лишь изменением направления движения Тихоокеанской плиты. Сегодня определенную роль в этом отводят перемещению «горячей точки» — проявлению процессов движения на больших глубинах в мантии Земли.
- Последствиями этого открытия станут пересмотр учебников, а также новое переосмысление сведений по палеоклиматологии и проблемы устойчивости положения Земли по отношению к ее оси вращения.

**ПРЕЖНИЙ ВЗГЛЯД НА ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГАВАЙСКИХ ОСТРОВОВ**

Как сказано в учебниках, цепь, состоящая из Гавайских островов и подводного хребта Императорские горы (справа), сформировалась в результате прохождения Тихоокеанской литосферной плиты над неподвижной «горячей точкой». Из извергаемой лавы образовался остров. Затем плита уносила его на северо-запад, а на этом месте возникал уже следующий (внизу). Резкий поворот цепи островов объясняли изменением направления движения плиты. Однако вновь полученные данные говорят о несовершенстве такого сценария. Например, если бы он был верным, то очертания этой цепи соответствовали бы расчетам, сделанным во время исследования «горячих точек» в Индийском и Атлантическом океанах (пунктирная линия)



роту того места, где сформировалась первичная порода, и, таким образом, минимальное расстояние, на которое должна была продвинуться литосферная плита.

Использование обоих методов связано с определенными трудностями. В частности, магнитное поле Земли не имеет точной ориентации с севера на юг, у него более сложная форма, которая, как считают геофизики, отражает движение расплавленного железа в ядре Земли. Впрочем, средние показатели за несколько тысяч лет сводят все погрешности на нет. Для того чтобы учесть слож-

ную форму магнитного поля, исследователи должны собрать большое количество образцов пород, образовавшихся за продолжительный период времени. Поскольку достаточно древние породы сохранились сегодня лишь на немногих островах, геологам приходится доставать образцы с океанического дна.

Данный процесс сопряжен с определенными сложностями: океаническая кора может иметь неровности, искажающие показатели магнитного наклона. Поэтому лучше всего брать образцы пород на строго горизонтальных участках дна, что должно подтверждаться сейсмическими дан-

ными. Сегодня лишь на отдельных таких участках геологам удалось провести глубокое бурение. Проводить измерение намагниченности пород морского дна можно и дистанционными методами, буксируя за судном специальный магнитометр. К сожалению, результаты подобных измерений включают не только естественную остаточную намагниченность образовавшейся когда-то породы, но также намагниченность под действием нынешнего магнитного поля Земли. К этому добавляется также спонтанная намагниченность, приобретенная за прошедшее геологическое время в результате самопроизвольной переориентации некоторых доменов в кристаллах. Так или иначе, любые показания магнитометра потребуют калибровки на основе сравнения с данными собранных образцов пород.

**«Широкая» географическая широта**

Первый намек на то, что Гавайская «горячая точка» не является неподвижной, появился в начале 1970-х гг. Основанием для сомнений стали результаты исследований, которые проводили сотрудники Мас-

**ОБ АВТОРЕ**

**Джон Тардуно** (John A. Tarduno) благодарен судьбе за то, что в прошлом году, во время экспедиции в северо-восточную Мавританию, его группа лишь однажды попала в песчаную бурю. В пустыню Сахара он отправился ради образцов пород, имеющих возраст 200 млн лет, чей палеомагнитный анализ помог исследовать движение литосферных плит Земли в эту эпоху. Затем ему довелось поднимать буровое оборудование на 240-метровые скалы островов Чатем в Новой Зеландии — на этот раз, чтобы добыть образцы пород возрастом 85 млн лет. Недавно его маршрут пролегал через Северный полюс и Южную Африку. Тардуно — профессор факультетов наук о земле и окружающей среды, физики и астрономии Рочестерского университета в США, основатель университетской лаборатории палеомагнетизма.



сачусетского технологического института Тая Атуотер (Tanya Atwater) и Питер Молнар (Peter Molnar). Они исследовали магнитные полосы морского дна и цепи островов для того, чтобы установить движение литосферных плит. Когда две такие плиты встречаются у срединно-океанического хребта, их перемещение вызывает появление серии магнитных полос на дне океана, а если под каждой из этих плит располагается «горячая точка», — то и возникновение двух цепей островов. Изучая очертания цепи островов на одной плите, исследователи могут предположить, как могла бы выглядеть «горячая точка», создающая цепь островов на другой плите.

Как сообщили в своем отчете Атуотер и Молнар, линии предполагаемого действия «горячих точек» не совпадают с реальным расположением вулканов, что позволяет говорить о возможности перемещения «горячих точек». Позднее использованная ими методика была усовершенствована Джоанн Сток (Joann Stock) и ее коллегами из Калифорнийского технологического института, которые пришли в значительной степени к тем же выводам. Очертания Гавайско-Императорской вулканической цепи, полученные на основе анализа других «горячих точек» (Атлантического океана), более или менее совпали лишь на участке, который образовался более 30 млн лет назад. С увеличением возраста составляющих цепь вулканов, расхождение все

более возрастало, и для 60 млн лет было уже значительным.

Впрочем, многим геологам сделанные тогда выводы не показались убедительными. Расхождение между теоретическими данными и действительным расположением островов могло быть обусловлено совсем другими причинами. Под Тихим и Индийским океанами лежат плиты, примыкающие к континенту Антарктида, который сам слагается по меньшей мере из двух плит. Данные плиты могут перемещаться по кругу, вызывая новые потенциальные взаимодействия природных компонентов Атлантического и Тихого океанов. К сожалению, значительная часть геологической истории Антарктиды по-прежнему остается для ученых загадкой, скрытой под толстым ледниковым покровом. Подобная неопределенность не позволяет исследователям полноценно моделировать движение данных плит.

Для того чтобы решить проблему, необходимо было вернуться к традиционному методу — сбору образцов горных пород. В 1995 г. я и мой коллега из Рочестерского университета Роури Коттрелл (Rory Cottrell) приступили к делу. Побывав в Сельскохозяйственном политехническом университете Техаса, мы изучили колонки горных пород, собиравшиеся там на протяжении нескольких десятилетий в рамках Программы бурения дна океана (Ocean Drilling Program). Наибольший инте-

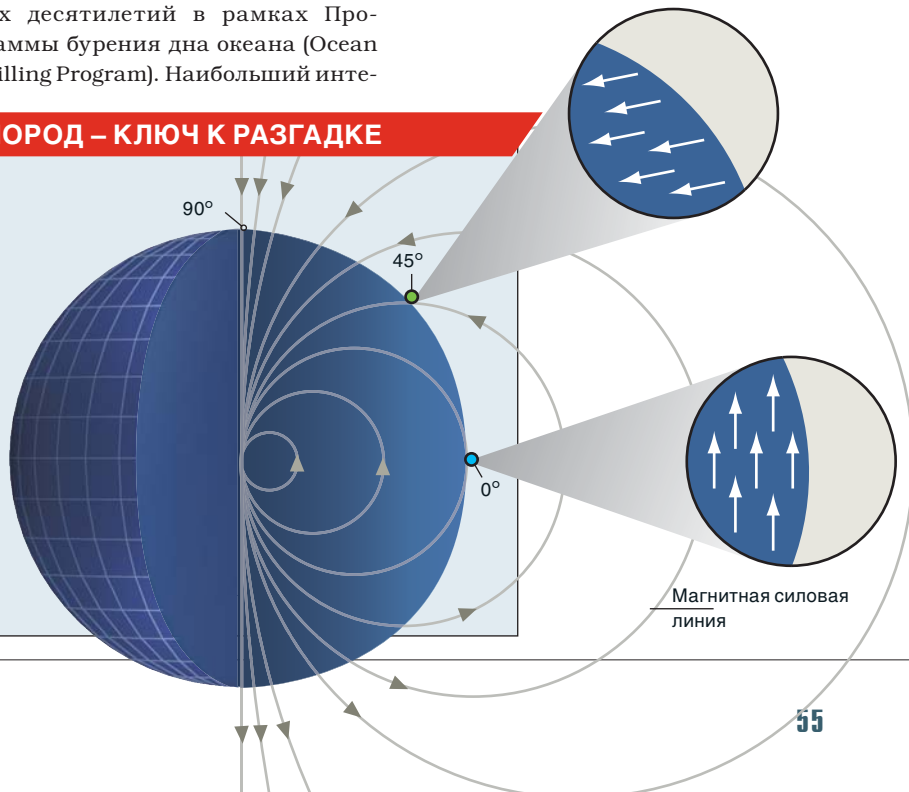
рес представляли породы одной из подводных вершин Императорских гор, Детройт, которая образовалась 75—81 млн лет назад. Это был базальт (аналогичный тому, что извергается сегодня на острове Гавайи), сохранивший легко распознаваемую магнитную информацию. В свое время его керн не привлек особого внимания исследователей, посчитавших его чересчур коротким, чтобы получить достаточно точные данные по магнитному наклонению.

Однако новый анализ показал обратное. Чтобы снять намагниченность, вызванную магнитным полем Земли и самопроизвольной переориентацией крупных ферромагнитных доменов минералов, и таким образом измерить естественную остаточную намагниченность минералов, мы использовали высокочувствительный магнитометр SQUID (сверхпроводящий квантовый интерференционный прибор). После частичного размагничивания длины его керна вполне хватило для точного определения магнитного наклонения. Итак, минералы, входящие в состав базальта, сформировались на 36° северной широты.

Мы сопоставили наш новый результат с данными, полученными в 1980 г. японским исследователем Масару Коно (Masaru Kono), бывшим в то время сотрудником ▶

**НАМАГНИЧЕННОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД – КЛЮЧ К РАЗГДКЕ**

Магнитные исследования сыграли ключевую роль в выявлении ошибочности старого взгляда на эволюцию Гавайско-Императорской вулканической цепи. При затвердевании лавы некоторые минералы фиксируют определенное наклонение, или угол, к магнитному силовому полю Земли на данной широте (белые стрелки крупным планом). Минералы располагаются параллельно поверхности планеты на экваторе (внизу), перпендикулярно ей на магнитных полюсах или под какими-то промежуточными углами на средних широтах (вверху). При смене места такая порода сохраняет свое первичное магнитное наклонение. Если бы эта вулканическая цепь образовалась при прохождении плиты над неподвижной «горячей точкой», показатели магнитного наклонения в образцах пород подводных гор и Гавайских островов совпадали бы. Но этого не произошло.



GEORGE RETSECK

Токийского технологического института. Работая в рамках Проекта глубинного бурения (*Deep Sea Drilling Project*), предшественника Программы бурения дна океана, он взял образцы пород подводной горы Суйко, входящей в Императорские горы. Как оказалось, гора, возраст которой составляет 61 млн лет, образовалась на 27° северной широты, что было поразительно. Ведь если бы Гавайская «горячая точка», находящаяся ныне на 19° северной широты, была неподвижной, горы Детройт и Суйко должны были бы появиться на одной и той же географической широте. Между тем налицо три различных значения широты, из чего можно предположить, что хребет Императорских гор отражает движение Гавайского мантийного плюма (горячего мантийного потока). Впрочем, наши коллеги отнеслись к нашему выводу с полнейшим равнодушием, поскольку результатом тысяч лабораторных измерений стали лишь две точки на карте. Скептикам же требуется нечто гораздо большее, чтобы они начали пересматривать классическое объяснение образования цепи Гавайских островов тектоническим движением плиты.

**Ценная помощь**

В конце 1997 г. мы с Коттреллом задумали новую экспедицию для бу-

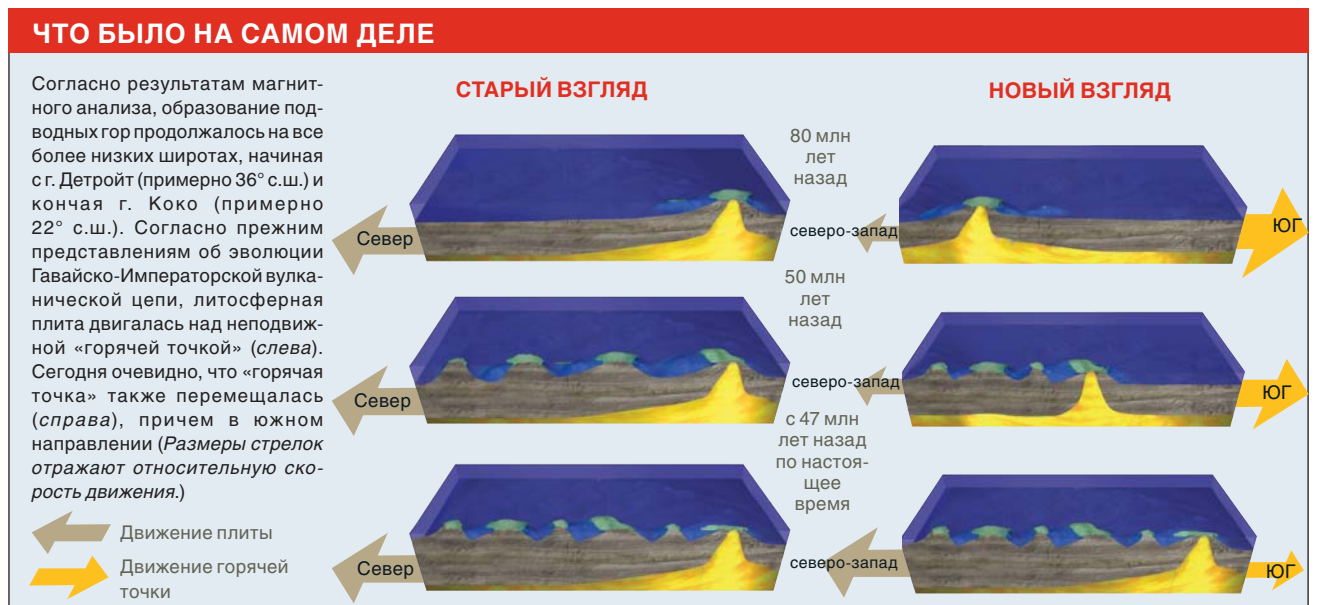
рения дна океана. Помимо Дэвида Скола (David Scholl) из Стэнфордского университета, помогавшего нам в выборе мест для отбора образцов, мы также пригласили принять в ней участие Бернхарда Штайнбергера (Bernhard Steinberger), который, готовясь к защите диссертации в Гарвардском университете, занимался моделированием потоков вещества в мантии Земли. И вот весной 2001 г. мы отправились в двухмесячную экспедицию под названием *Leg 197* на буровом судне *JOIDES Resolution*, принадлежавшем Программе океанского бурения, которое доставило нас к трем подводным горам Императорского хребта: Детройт, Нинтоку и Коко.

Прежде чем начать бурение, мы провели краткое сейсмическое обследование, позволившее убедиться в том, что слои лавы строго горизонтальны, и тем самым устранить источник одной потенциально возможной погрешности. Анализировать поднятые на палубу образцы породы нам помогали опытные специалисты, такие как Роберт Данкан (Robert Duncan) из Университета штата Орегон, Торвальдур Тордарсон (Thorvaldur Thordarson), работавший в то время в Гавайском университете в Маноа, Фредерик Фрей (Frederick Frey) из Массачусетского технологического института и Клайв Нил (Clive Neal) из Универ-

ситета Нотр-Дам. Чтобы оценить возраст пород, мы изучали микроокаменелости, заключенные в осадочных породах, залегающих поверх слоев лавы или перемешанных с ними. На судне была лаборатория, где измерялась намагниченность образцов. Конечно, для подтверждения наших выводов требовалось еще много месяцев исследований в лабораториях на берегу, включая изотопно-геохронологический анализ. Однако к возвращению в порт Иокогама уже вырисовывалась общая картина.

Данная «горячая точка», бесспорно, быстро перемещалась к югу. В период 81—47 млн лет назад ее скорость превышала 4 см в год, что сопоставимо с движением литосферных плит. Наше заключение подтверждалось тем, что ни возле горы Детройт, ни у горы Нинтоку мы не нашли даже остатков кораллов — незначительное их количество обнаружилось лишь около Коко. Однако, если данные острова образовались в тропических широтах, следовало ожидать образования вокруг них полноценных коралловых рифов.

Сегодня, получив ответ на старые вопросы, задаешься новыми. Так, например, одним из геологических индикаторов географической широты служат глубоководные океанские отложения. Возле экватора такие отло-



**ПОТОКИ ВЕЩЕСТВА В МАНТИИ ЗЕМЛИ**

Открытие подвижности «горячих точек» изменило наше представление о них. Их по-прежнему определяют как верхушки мантийных плюмов, берущих начало возле границы между жидким ядром Земли и окружающей его вязкой мантией. Если, согласно старому взгляду (слева), плюмы прочно закреплены в глубинной области планеты, то согласно новому представлению (справа), они вполне могут изгибаться в конвективных потоках в мантии. Подвижным может быть и основание каждого такого плюма



жения богаты карбонатом кальция (остатками планктона), который накапливается благодаря высокой биологической продуктивности региона. Вне экваториальной области карбоната кальция в донных отложениях совсем немного. Вопреки ожиданиям, образцы осадочных пород моложе 50 млн лет, поднятые со дна Тихого океана, оказались бедны карбонатом кальция. Как недавно установили исследователи Джозеп Парес (Josep M. Pares) и Тед Мур (Ted C. Moore) из Мичиганского университета в Анн-Арбор, объяснить подобное противоречие может то обстоятельство, что Гавайская «горячая точка» перемещалась в южном направлении.

Геологам, возможно, потребуется также переписать учебники по Северной Америке. Специалистам уже давно известно, что обширные территории американского Запада образовались совсем не там, где они сейчас находятся. Эти массы суши были сдвинуты давно уже исчезнувшими литосферными плитами Тихого океана. Столкновениями океанических и континентальных плит объясняется формирование такой крупной геологической структуры, как Скалистые горы. Прежде, однако, эти взаимодействия плит оценивались с той позиции, что Гавайская «горячая точка» является неподвижным ориентиром. Поскольку это оказалось не так, геологам придется пересмотреть процесс образования западной части Северной Америки.

**Движение полюсов**

С открытием факта движения «горячих точек» изменяется и взгляд

на движение полюсов Земли. Используемый в геофизике термин «движение полюсов» создает впечатление, что сам полюс действительно перемещается по кругу. На самом деле, и ось вращения Земли, и ее магнитная ось остаются почти неподвижными в безграничном пространстве; перемещается «твердая» Земля. Погружение литосферных плит в мантию Земли могло бы перераспределить массу планеты и нарушить равновесие сил, подобно тому как это происходит в обычной стиральной машине при неравномерной загрузке барабана. Для восстановления равновесия вся масса планеты должна была бы вращаться. Флорида могла оказаться где-нибудь на Северном полюсе, а Гренландия превратилась бы в тропический остров. Отличие этого процесса от тектонического движения литосферных плит заключается в том, что относительное положение плит осталось бы неизменным.

В 1980-е гг. геологи исходили из предположения о неподвижности «горячих точек», чтобы моделировать движения литосферных плит и точно определять положение нашей планеты относительно оси ее вращения. По их данным выходило, что за последние 130 млн лет Земля сместилась относительно оси на 20°. Наши выводы опровергают данное утверждение, поскольку смещались именно «горячие точки». Другими словами, когда речь идет о движении литосферных плит и полюса, «горячие точки» могут сыграть роль ложных ориентиров.

«Горячая точка» может уходить корнями в глубины мантии, тогда как основная ее часть может перемещаться по кругу, а поднимающийся плюм — изгибаться под действием потоков мантии. Следует отметить, что само понятие плюмов сейчас тщательно исследуется. Так, Дон Андерсон (Don Anderson) из Калифорнийского технологического института настаивает на том, что плюмы «горячих точек» не могут начинаться в нижних слоях мантии, а возникают в ее верхних слоях или в нижних слоях земной коры. Другие ученые полагают, что плюмы бывают всех форм и размеров, беря начало в самых разных внутренних слоях планеты.

При всей революционности нашего открытия подвижности горячих точек, это вовсе не означает, что все современные геологические представления должны быть отвергнуты. В науке такое редко происходит. Удивительные изменения во времени Гавайско-Императорской вулканической цепи с излиянием лавы показывают, что Гавайская «горячая точка» по-прежнему наиболее соответствует представлениям Уилсона и Моргана. Тем не менее она неожиданно оказалась подвижной. Как выяснилось, двигаются и литосферные плиты, и «горячие точки», и задача ученых сегодня — определить, какая доля участия каждого из этих процессов в наблюдаемых явлениях. Недооцененные ранее бурные процессы в мантии Земли заслуживают сегодня нового рассмотрения. ■

Перевод: А.Н. Божко

TIMPLATT Getty Images (yoga pose); PM IMAGES/GETTY IMAGES (typing on laptop)



Чрезвычайно гибкий человеческий голос рождает столь же богатые и сложные звуки, как и традиционные музыкальные инструменты

# ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГОЛОС КАК МУЗЫКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Инго Титце

Наш голосовой аппарат столь невелик, что трудно ожидать от него впечатляющего звучания как от музыкального инструмента. Как же тогда певцам удастся извлекать столь волшебные звуки?

Голосовой аппарат человека не представляет собой ничего особенного в сравнении с традиционными музыкальными инструментами. Гортань вместе с расположенными над ней дыхательными путями по своему размеру следовало бы отнести к той же группе, что и флейту-пикколо (одну из самых маленьких). Однако опытные певцы способны соревноваться со всеми рукотворными инструментами — как один на один, так и с целым оркестром. Ученые в своих исследованиях показали, как при пении достигается столь широкий диапазон звуков, и раскрыли удивительно сложные закономерности работы элементов голосового аппарата и их взаимодействия.

На протяжении полувека специалисты объясняли свойства человеческого голоса при помощи так называемой линейной теории речевой акустики, согласно которой источник звука и резонатор звука (или усилитель) работают независимо. Однако теперь ученые узнали, что нелинейные взаимодействия, при которых источник и резонатор влияют друг на друга, играют неожиданно важную роль в генерации человеческого голоса. И благодаря новейшим иссле-

дованиям мы уже понимаем, как великим певцам удастся извлекать завораживающие звуки.

## Музыкальные клавиши

На первый взгляд, все части человеческого голосового аппарата имеют как структурные, так и функциональные ограничения. Для того чтобы производить музыкальные звуки, инструмент должен иметь три основных части: источник звука, который вибрирует в воздухе и генерирует частоту, воспринимаемую нами как высоту звука, а вместе с ней и более высокие частоты, определяющие тембр (окраску); один или несколько резонаторов, которые усиливают основную частоту, увеличивая силу колебаний; излучающую

поверхность или отверстие, которые передают звуки в воздух и, в конечном счете, в ухо слушателя.

Когда, например, музыкант играет на трубе, поток воздуха, нагнетаемый его легкими, заставляет вибрировать губы, прижатые к мундштуку, который имеет форму чашечки. Таким образом создается основная частота звука и несколько более высоких частот, называемых обертонами. Металлические трубки инструмента исполняют роль резонаторов, а выходной раструб излучает звук наружу. Исполнитель изменяет основную частоту, по-разному напрягая свои губы и нажимая на вентили, которые меняют эффективную длину трубок. Или возьмем скрипку: струны колеблются, ▶

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Несмотря на то что голосовой аппарат человека невелик, с его помощью удастся производить столь же разнообразные и прекрасные звуки, как у целого набора музыкальных инструментов.
- Все инструменты имеют резонатор, усиливающий звук, и излучатель, направляющий звук к слушателю.
- У человека источник звука — колеблющиеся голосовые складки гортани, резонатор — дыхательные пути над гортанью, усиливающие звук, а излучатель — ротовое отверстие.
- Человеческий голос позволяет извлекать столь разнообразные звуки благодаря нелинейным эффектам, при которых небольшое воздействие имеет неожиданно сильные последствия.

создавая звук определенной высоты, воздушная полость и деревянный корпус образуют резонанс, а отверстия в верхней деке — так называемые эфы — помогают передавать звук окружающему воздуху.

С другой стороны, певец полагается на колебания своих голосовых складок, продувая через них выдыхаемый воздух. Голосовые складки представляют собой два тяжа специализированной ткани, прикрепленные к стенкам гортани, которые также называют голосовыми связками. Они быстро колеблются, расходятся друг от друга и снова сходятся, генерируя основную частоту звука. Голосовая щель (пространство между складками) при этом то открывается, то закрывается. Преддверие гортани, часть дыхательного пути непосредственно над гортанью, работает как мундштук трубы, передавая звук к остальной части резонатора (голосового тракта). Губы излучают звук наружу подобно раструбу трубы.

Мастер-изготовитель музыкальных инструментов не увидит в голосовых связках, которые вместе не превышают размера ногтя большого пальца, никакого особого потенциала для извлечения сколько-нибудь впечатляющих звуков. И дело не только в маленьком размере, они покажутся ему слишком мягкими и рыхлыми для того чтобы вибрировать должным образом.

Однако несмотря на то что голосовые связки действительно невелики, дыхательные пути способны создавать достаточно сильный резонанс, значительно усиливающий звук. Правда тут опять будет трудно убедить мастера: обычно дыхательные пути имеют длину всего в 15—20 см над гортанью и 12—15 см под ней, т.е. не длиннее флейты-пикколо.

#### ОБ АВТОРЕ

**Инго Титце** (Ingo R. Titze) — мировой лидер в области научного изучения человеческого голоса. В настоящее время он является почетным профессором кафедры речевой патологии и аудиологии Фонда Университета Айовы. Он также руководит Национальным центром голоса и речи ([www.ncvs.org](http://www.ncvs.org)) в Денверском центре исполнительского искусства. Титце обучает пению и сам владеет множеством техник пения, включая оперную, бродвейскую и эстрадную.

## КАК ИНСТРУМЕНТЫ РОЖДАЮТ МУЗЫКУ



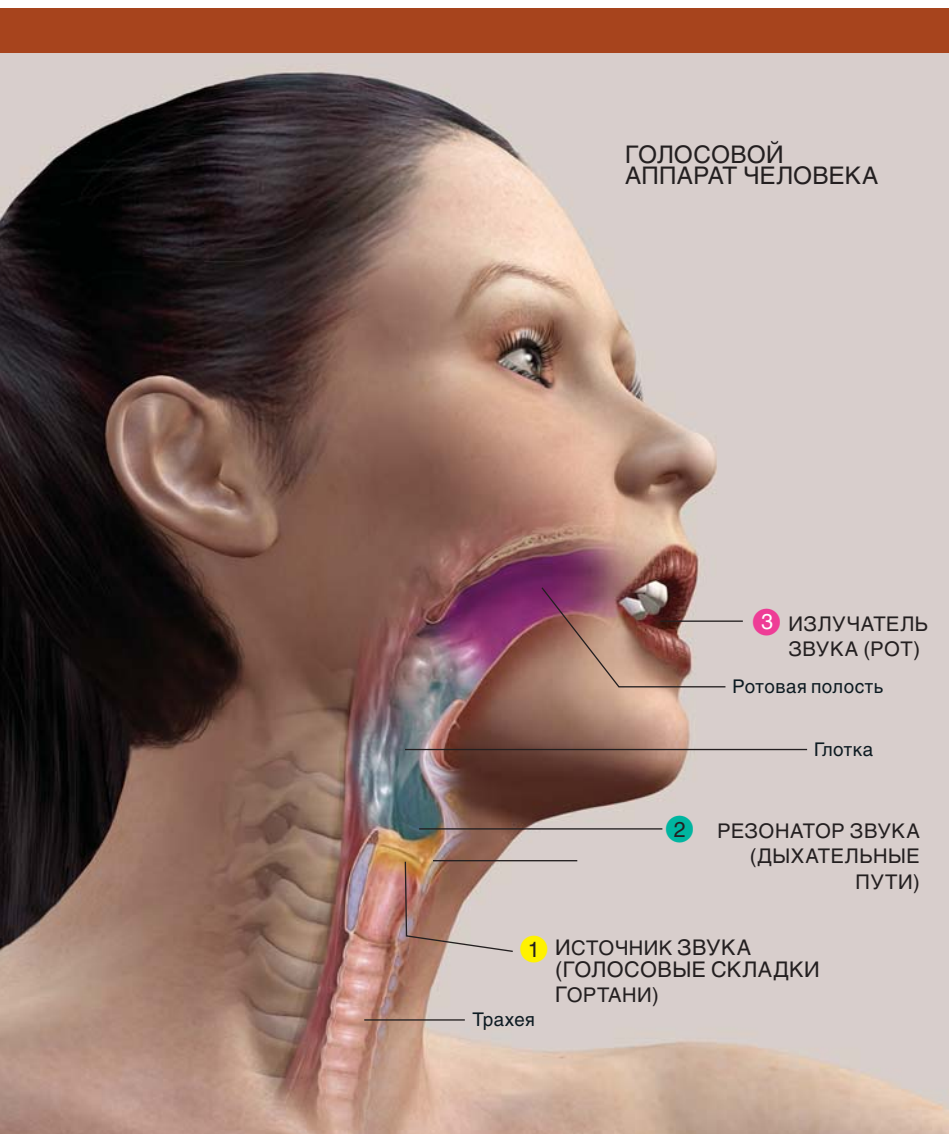
Практически все музыкальные инструменты, как созданные человеком, так и биологические, имеют три основных элемента: (1) источник звука, который вибрирует в воздухе, создавая определенную основную частоту и связанные с ней гармоники (кратные основной частоте), определяющие тембр, или окраску звука; (2) резонатор, усиливающий основную частоту и ее гармоники; и (3) излучатель звука, направляющий звук через воздух в ухо слушателя

Духовые инструменты, по высоте приблизительно соответствующие человеческому голосу (тромбоны, трубы, фаготы), обычно имеют гораздо более длинные трубки. Например, если развернуть раструбу и вентили трубы, то их суммарная

длина составит около двух метров, а у тромбона — три метра.

#### Дизайн источника звука

Для того чтобы понять, как природе удалось создать голосовые складки со столь впечатляющими возможностями, сначала рассмотрим некоторые стандартные требования к источникам звука. Чтобы язычок или струна могли колебаться, они должны быть изготовлены из материала с должной упругостью, который способен принимать исходную форму после деформации. А упругость зависит от жесткости материала и от его натяжения: язычок имеет жесткость при изгибе, а струна

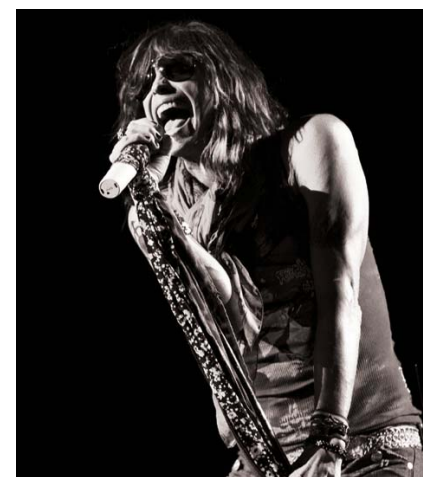


ние, поворачивая колки; получившееся натяжение постоянно по всей длине струны. Музыканты практически никогда не манипулируют длиной и натяжением одновременно.

### Мал источник, да дорог

В отличие от исполнителей, певцы должны делать то, что недоступно другим: менять частоту путем одновременного изменения как длины, так и натяжения вибрирующего материала. Вместо того чтобы прижимать голосовую связку пальцем, уменьшая ее эффективную длину, мы с помощью мышц изменяем положение ее концов. Но должны ли мы удлинять или укорачивать голосовые складки для того, чтобы увеличить частоту? И то, и другое имело бы смысл: более длинные голосовые складки должны были бы вибрировать на более низкой частоте, однако при большем натяжении наоборот колебаться на более высокой.

Физическая модель колебаний натянутой струны гласит, что для получения максимального повышения частоты необходимо усиливать ее натяжение (или, точнее, растягивающее напряжение в расчете на единицу площади сечения), и в то же время уменьшать ее длину. Однако для этого потребуются материал с необычными свойствами, по-



Рок-вокалист Стивен Тайлер известен своим музыкальным визгом. Солист группы *Aerosmith* производит экстремальные звуки в значительной степени благодаря нелинейным эффектам в голосовом тракте

вибрирует, будучи натянутой. В целом частота колебаний источника звука пропорциональна квадратному корню из его жесткости или натяжения. Соответственно, чтобы повысить вдвое частоту колебаний стальной струны определенной длины, необходимо увеличить ее натяжение в четыре раза. Столь суровое требование ограничивает диапазон частот, которые можно получить, меняя жесткость или натяжение источника звука.

К счастью, исполнитель также может влиять на частоту колебаний источника звука, удлиняя или укорачивая колеблющийся элемент. Например, для струны частота

колебаний обратно пропорциональна длине колеблющегося сегмента. Прижимая пальцем струну на одном ее конце, музыкант может выбирать различные частоты. Если длина колеблющейся части струны уменьшится вдвое без изменения ее натяжения, то частота колебаний удвоится. Чтобы получить более широкий диапазон частот, на одном инструменте обычно размещают сразу несколько струн.

Таким образом, для струнного инструмента существуют три механизма изменения частоты: изменение длины струны, ее натяжения или же переход на другую струну. Исполнители обычно настраивают натяже-

## КАК РАБОТАЮТ НАШИ ГОЛОСОВЫЕ СВЯЗКИ

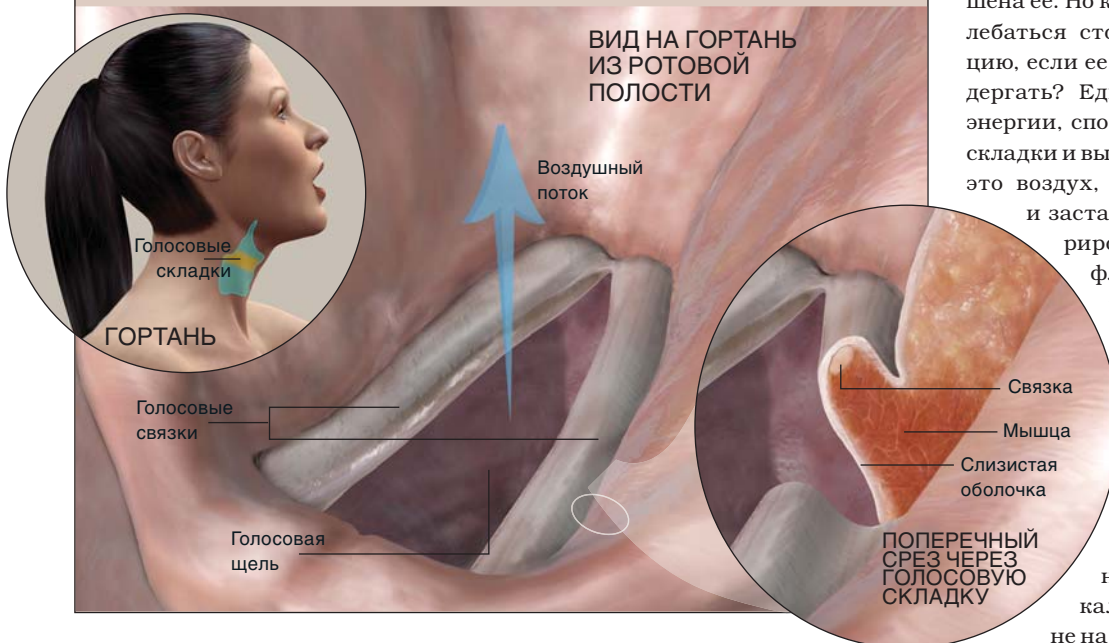
В отличие от скрипичных струн, источник звука человеческого голоса (голосовые складки в гортани) имеет сложную структуру из трех слоев тканей, позволяющую нам производить звуковые частоты в пределах нескольких октав. В глубине каждой складки тянется голосовая связка. Глубже располагается сократимая мышечная ткань. Вся конструкция покрыта мягкой слизистой оболочкой. Каждый компонент важен для функционирования всей структуры. Растягивающее напряжение в связке быстро возрастает с ее удлинением (при помощи мышц, перемещающих хрящи, к которым прикреплены связки), что позволяет производить звуки высоких частот. В мышцах голосовых складок растягивающее напряжение увеличивается при их сокращении, что позволяет генерировать еще более широкий диапазон частот. Мягкая гибкая поверхность наружной оболочки колеблется в потоке воздуха, выходящего из легких, подобно флагу на ветру, и обменивается энергией колебаний с воздушным потоком, создавая звуковые волны

ный усиливать напряжение при укорочении, а именно мышечную ткань. Собственное сокращение мышечных волокон усиливает натяжение голосовых складок, хотя при этом они сами укорачиваются. Примерно на 90% своего объема голосовые складки состоят из мышечной ткани. По сути дела природа решила проблему частотного диапазона, создав целый набор струн, расположенных слоями вплотную друг к другу, причем часть их имеет сократимость, а часть лишена ее. Но как можно заставить колебаться столь сложную композицию, если ее нельзя согнуть или подержать? Единственный источник энергии, способный деформировать складки и вызывать их колебания, — это воздух, выходящий из легких и заставляющий складки вибрировать подобно тому, как флаг колеблется на ветру. Однако и мышцы, и связка сами по себе слишком жесткие, чтобы в них могли возникать колебания под действием проходящего воздуха. Для этого необходима мягкая, гибкая поверхность, на которой возникли бы волны, как в океане на ветру.

И действительно, мышцы и связка покрыты сверху еще одним слоем — слизистой оболочкой, которая представляет собой тонкую кожу (эпителий) с жидким веществом под ней. Она легко деформируется, и в ней возникают так называемые поверхностные волны. Мои коллеги и я показали математически, что такие волны, образующиеся при движении воздуха, действительно обеспечивают колебания складок, которые изгибаются вверх-вниз подобно двум лентам.

### Сыграть на голосовых связках

Как же играть на тройной системе в пределах нескольких октав и в каждый момент времени получать строго одну частоту? Достигнуть этого можно лишь с опытом и сноровкой. При пении различных частот свободные



скольку в большинстве случаев напряжение может усиливаться лишь при растяжении. Представьте себе резиновый шнур: растяните его, и он станет тугим. Таким образом, влияния длины и натяжения на частоту взаимно компенсируются.

Природа решила эту задачу, используя для создания голосовых складок три материала, обладающих такими свойствами, которых нет у обычных струн. Один компонент — это связки, по виду напоминающие струну, и именно из-за них часто говорят о «голосовых связках», имея в виду голосовые складки. В биомеханических экспериментах ученые показали, что растягивающее напряжение в связках растет нелинейно: даже при их минимальном растяжении в них возникает значительное напряжение. Напри-

мер, увеличение их длины от 1,0 до 1,6 см повышает их внутренне напряжение в 30 раз, что изменяет частоту колебаний более чем в 5 раз (вспомните пропорциональность квадратному корню). Однако удлинение на 60% снижает частоту колебаний, делая суммарное изменение частоты всего лишь троекратным, что соответствует полутора октавам. Большинство из нас говорит и поет именно в таком частотном диапазоне, однако некоторые певцы способны брать звуки в пределах 4—5 октав, что представляется совершенно удивительным.

### Непростые связки

Биология также предлагает второй путь расширения диапазона звучания голосовых складок, включив в их конструкцию материал, способ-



колебания этих тканей соревнуются друг с другом, что может привести к неожиданным скачкам тона или же к резкости звука.

Для того чтобы взять звуки низкого тона при умеренной или большой громкости, певец напрягает мышцы голосовых складок и вовлекает в колебания все их слои. Голосовые связки короткие, и тон по большей части определяется напряжением мышц. В этом случае слизистая оболочка и связки расслаблены и служат главным образом лишь для проведения поверхностных волн. Чтобы уменьшить громкость при той же высоте звука, мышцы перестают вибрировать и используются лишь для регулировки длины голосовых складок. Высота звука определяется суммарной упругостью слизистой оболочки и связок. Чтобы перейти к более высоким тонам, певец удлиняет голосовые складки, и тогда лишь натя-

жение связки диктует частоту, в то время как слизистая оболочка только проводит поверхностные волны.

Трудно себе представить, насколько сложными должны быть система управления и иннервация мышц гортани, необходимые для точной регулировки всех натяжений, обеспечивающих желаемые частоту и громкость. Мышцы, располагающиеся вне голосовых складок, точно регулируют их длину. При столь сложных манипуляциях качество голоса может резко изменяться — такое явление называют регистрацией. Она возникает в значительной степени из-за чрезмерного либо недостаточного использования мышц голосовых складок для регулирования натяжения. Певцы находят художественное применение регистрации, чтобы поразить слушателя двумя контрастирующими звуками, как, например, при тирольском



Бродвейская звезда Этель Мерман (Ethel Merman) пела очень громко, но с невероятно четким произношением и музыкальной точностью, так что ее было прекрасно слышно безо всякого усиления звука. Техника громкого пения открытым звуком становится возможной благодаря инерционному сопротивлению (*врез внизу*), которое усиливает вторую гармонику (на удвоенной частоте основного тона)

### КАК ГОЛОСОВОЙ ТРАКТ УСИЛИВАЕТ ЗВУК

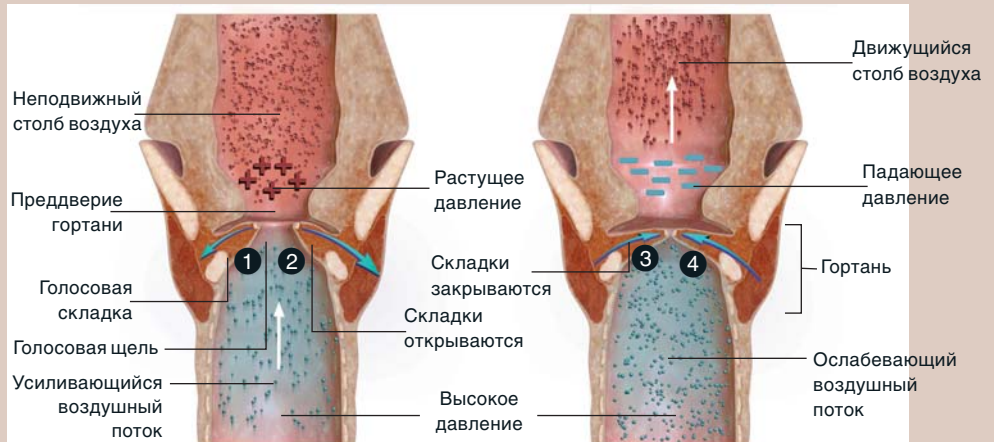
Певцы пользуются нелинейным процессом обратной связи в преддверии гортани (части воздушного пути над гортанью) для получения резонанса, т.е. усиления звуков, создаваемых голосовыми складками. Этот процесс, называемый инерционным сопротивлением, развивается, когда певцы создают специальные условия в преддверии, обеспечивающие дополнительный «толчок» в подходящий момент цикла открывания-закрывания голосовых складок, что усиливает их колебания и создает более сильные звуковые волны.

Толчок возникает, когда движение столба воздуха в преддверии отстает от движения голосовых складок. Когда они начинают расходиться друг от друга в начале цикла колебания (1), воздух, нагнетаемый легкими, течет в простран-

ство голосовой щели и давит на неподвижный столб воздуха в преддверии. Из-за инерции неподвижного столба давление в голосовой щели возрастает, что приводит к еще большему расхождению складок (2). Далее масса воздуха начинает с ускорением перемещаться вверх, при этом из-за своей упругости голосовые складки начинают смыкаться и закрывать голосовую щель, прерывая воздушный поток из легких (3). В результате в голосовой щели возникает разрежение воздуха, которое заставляет голосовые складки с силой сомкнуться (4). Таким образом, подобно раскачиванию детских качелей, совершаемому в нужные моменты, инерционное сопротивление воздуха в преддверии гортани усиливает каждое колебание голосовых складок, создавая резонанс.

ГОЛОСОВАЯ ЩЕЛЬ ОТКРЫВАЕТСЯ

ГОЛОСОВАЯ ЩЕЛЬ ЗАКРЫВАЕТСЯ



## БОЛЬШИЕ И МАЛЕНЬКИЕ РТЫ

Действуя подобно трубке-резонатору, голо-  
совой тракт принимает различную форму,  
чтобы лучше передать определенные частоты  
и резонирующие обертоны. Для того что-  
бы взять столь мощные ноты при громком  
пении, певцы часто открывают рот как можно  
шире. Эта так называемая конфигурация  
мегафона напоминает по форме трубу (верх-

ний рисунок), при этом голосо-  
вые связки и преддверие  
работают как губы музы-  
канта, прижатые к мунд-  
штуке трубы, а рот слу-  
жит раструбом трубы.  
При других техниках  
пения голосовой  
тракт принимает  
форму инвертиро-  
ванного мегафона —  
рот при этом прикрыт  
(нижний рисунок)



МЕГАФОН



ИНВЕРТИРОВАННЫЙ  
МЕГАФОН



пении. Однако если исполнитель  
случайно изменит регистр, то выдаст  
недостаточное владение голосом.

### Резонирующие дыхательные пути

Габариты музыкального инструмен-  
та в основном определяются раз-  
мером резонатора, однако певцам  
приходится обходиться усилителем  
крошечного размера. Несмотря на  
его очевидные ограничения, он пре-  
красно работает.

У музыкальных инструментов  
имеются деки, резонирующие поло-  
сти, либо трубки, которые усиливают  
колебания, производимые источ-  
ником звука. Например, у скрипки  
струны проходят через подставку,  
передающую колебания на верхнюю  
деку. Форма последней тщательно  
подобрана, чтобы она могла коле-  
баться в резонансе с большинством  
звуков, производимых струнами,  
и усиливать их. Воздушная мас-  
са между верхней и нижней дека-  
ми также может варьировать на тех  
же частотах, что и струны. У многих  
медных и деревянных духовых ин-  
струментов трубка (совместно с вен-  
тилями) изготавливается таким об-  
разом, чтобы она соответствовала  
большинству частот колебаний ис-  
точника звука.

Все устойчивые (продолжитель-  
ные) звуки составлены из отдельных  
частот с гармоническими интерва-  
лами между ними. Это означает, что  
они кратны (2:1, 3:1, 4:1...) основной  
частоте, и поэтому резонатор обы-  
чно должен быть достаточно боль-  
шим, чтобы соответствовать всему  
широкому диапазону частот. Со-  
гласно физическим законам, сово-  
купная длина каналов трубы долж-  
на быть от 1,2 до 2 м, тромбон дол-  
жен достигать от 3 до 9 м, а если  
развернуть все трубки валторны, то  
их длина составит от 3,7 до 5,2 м.

Однако природа не столь щедра  
в отношении резонатора певца. Об-  
щая длина дыхательных путей чело-  
века над голосовыми складками со-  
ставляет около 17 см. Самая низкая  
частота, резонирующая при данной  
длине, равняется примерно 500 Гц  
(колебаний в секунду) — хотя она  
может становиться в два раза ниже  
при пении определенных гласных,  
таких как [u] или [i] (как в англий-  
ских словах *pool* и *feel*). Поскольку  
голосовой тракт представляет собой  
резонансную трубку, практически  
замкнутую на одном конце, то уси-  
ливаются лишь нечетные кратные  
(1, 3, 5...) самой низкой резонанс-  
ной частоты. Следовательно, эта ко-  
роткая трубка может резонировать

одновременно лишь на нечетных  
гармониках 500-герцовых колебаний  
источника звука (500 Гц, 1500 Гц,  
3500 Гц...). И поскольку длину голо-  
сового тракта нельзя изменять при  
помощи вентилях или кулис тромбо-  
на (максимум, что можно сделать —  
вытянуть губы или опустить гор-  
тань), то может показаться, что наш  
резонатор безнадежно ограничен  
в своих возможностях.

### Резонанс в короткой трубке

И тут, как показывают недавние ис-  
следования, на помощь снова прихо-  
дят нелинейные эффекты. На этот раз  
речь идет о нелинейных взаимодей-  
ствиях между элементами системы.  
Вместо того чтобы усиливать каждую  
гармонику на конкретной частоте ре-  
зонанса трубки (как это происходит,  
например, в органных трубах различ-  
ной длины, каждая из которых резо-  
нирует на определенных гармони-  
ках), наш короткий голосовой тракт  
благодаря процессу обратной связи  
усиливает одновременно целую груп-  
пу гармоник. Он способен сохранять  
акустическую энергию в одной час-  
ти колебательного цикла и отдавать  
его обратно источнику в другой. По  
сути дела, голосовой тракт дает тол-  
чок голосовым складкам на каждом  
цикле их колебаний, что увеличивает

амплитуду вибрации. Такие регулярные толчки подобны тому, как человек в нужный момент времени подталкивает качели, увеличивая амплитуду их движения.

Идеальный момент толчка наступает тогда, когда движение столба воздуха в трубке отстает от движения голосовых связок. Ученые говорят, что в этот момент времени столб воздуха обладает инерционным сопротивлением (замедленной реакцией на прилагаемое давление). Данное явление помогает поддерживать мощные колебания голосовых складок в потоке воздуха.

Когда голосовые складки начинают расходиться друг от друга в начале цикла колебаний, воздух из легких устремляется в пространство голосовой щели между складками и толкает неподвижный столб воздуха, находящийся непосредственно над ними в преддверии гортани. Давление воздуха в голосовой щели и над ней растет, и столб начинает ускоряться вверх, позволяя новым порциям воздуха заполнять пространство под ним. Такое повышенное давление раздвигает голосовые складки еще дальше друг от друга. Когда из-за своей упругости складки начинают смыкаться и закрывать голосовую щель, ток воздуха убывает. Однако из-за своей инерции столб воздуха продолжает двигаться вверх, оставляя позади себя частичное разрежение в голосовой щели и над ней, которое заставляет складки сомкнуться еще больше. Таким образом, подобно подталкиванию в нужный момент детских качелей, инерционное сопротивление в голосовом тракте усиливает каждое колебание голосовых складок в обоих направлениях.

Следует отметить, что голосовой тракт не ведет себя так автоматически при всех своих конфигурациях. Задача певца состоит в том, чтобы настроить форму голосового тракта (тщательно выбирая подходящие гласные) и обеспечить возникновение инерционного сопротивления практически во всем частотном диапазоне — что дается весьма нелегко.

### Рот как мегафон

Разные техники пения основаны на различных конфигурациях голосового тракта, позволяющих оптимальным образом использовать инерционное сопротивление. При произнесении гласной [e] (как в английском слове *mad*), голосовой тракт принимает форму мегафона: небольшое поперечное сечение в голосовой щели сочетается с широко открытым ртом (*врезка на противоположной стр.*). Певцы-мужчины могут обнаружить у себя инерционное сопротивление на частотах до 800—900 Гц, а женщины — на 20% выше. Как минимум две гармоники для высоких звуков могут быть усилены благодаря такому явлению, и еще на несколько гармоник больше для низких. Одна из стратегий извлечения мощных высоких звуков состоит в том, что певец должен открывать рот как можно шире, как при крике. Когда голосовой тракт принимает конфигурацию мегафона, он приближается к форме укороченной трубы (без витков и вентилей, но с раструбом).

Альтернативный подход к усилению вибрации голосовых складок при помощи инерционного сопротивления состоит в том, чтобы придать голосовому тракту форму инвертированного мегафона, когда преддверие гортани, выполняющее роль мундштука, остается узким, глотка (часть гортла, расположенная непосредственно позади ротовой и носовой полостей) расширяется как можно больше, а рот прикрывается. Приблизительно такая конфигурация получается при произнесении звука [u] (как в английском слове *took*). Техника инвертированного мегафона идеально подходит для оперных певиц, которые хотят использовать середину своего диапазона, и для певцов, использующих его верхнюю часть. Классическое обучение пению включает в себя поиск дополнительных частотных областей, в которых голосовой тракт обеспечивает инерционное сопротивление на различных нотах и для различных гласных. Оно также включает в себя придание голосу



Итальянский тенор Лучано Паваротти добивался богатого резонанса своего голоса путем точнейшей настройки нелинейного инерционного активного сопротивления в гортани

«звонкости», что достигается сочетанием узкого преддверия и широкой глотки. Преподаватели также обучают подбирать гласные, подходящие для данной высоты звука, чтобы на большинстве частот возникло инерционное сопротивление.

Все техники пения основаны на том, что нам дано природой, и на этой основе строится акустически эффективный инструмент. Исследователи, изучающие устройство голосового аппарата человека и неожиданные аспекты его функционирования, начинают все лучше понимать, как опытные певцы выковывают свое мастерство. ■

Перевод: Б.В. Чернышев

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Physics of Small-Amplitude Oscillation of the Vocal Folds. I. R. Titze in *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 83, No. 4, pages 1536–1552; 1988.
- Acoustic Systems in Biology. Neville H. Fletcher. Oxford University Press, 1992.
- Vocal Tract Area Functions from Magnetic Resonance Imaging. B. Story, I. Titze and E. Hoffman in *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 100, No. 1, pages 537–554; 1996.
- Principles of Voice Production. Reprint. I. R. Titze. National Center for Voice and Speech, 2000. [www.ncvcs.org](http://www.ncvcs.org)
- The Physics of Musical Instruments. Second edition (corrected fifth printing). N. H. Fletcher and T. D. Rossing. Springer, 2005.



# ЛУЧШИХ УЧЕНЫХ

Технические достижения последних лет, начиная от искусственного интеллекта и заканчивая летающей машиной, часто воспринимаются обывателями и профессионалами как нечто непонятное или даже таящее в себе угрозу. Тем не менее новые изобретения иногда оправдывают наши самые смелые ожидания и фантазии. В этом году призерами конкурса *Scientific American 50* стали отдельные ученые и целые исследовательские группы, работы которых по праву можно назвать инновационными в своих областях.

Одному из победителей удалось превзойти существующую на сегодняшний день предельную

точность измерений, открывая тем самым еще больше возможностей для создания микросхем нового поколения. В то время как один новатор разработал способ зарядки телефона без подключения его к сети, другой находится на пути объяснения загадочных и смертельных прионовых болезней, таких как коровье бешенство и куру.

Все упомянутые здесь изобретения принесут гораздо больше пользы здоровью человека, развитию электроники и промышленности, чем многие привычные для нас технологии вчерашнего дня.

## НАПРАВЛЕНИЯ

- Передача энергии по воздуху
- Адресная доставка лекарств
- Экологичное топливо
- Токсичные предметы в нашем доме
- Сверхточные измерения
- Антималарийные комары
- Биологические материалы
- Диагностика болезни Альцгеймера
- Оптические микросхемы
- Лечение прионовых болезней
- Энергия Солнца
- Управление стволовыми клетками
- Принтеры для микросхем
- Протезирование
- Электронные системы навигации

## ИЗОБРЕТЕНИЕ ГОДА

**Генетическая программа *The Wellcome Trust Case Control Consortium***

Великобритания

Фундаментальное генетическое исследование раскрывает первопричины основных болезней

*The Wellcome Trust Case Control Consortium*, объединяющий более чем 50 групп британских ученых, поставил своей целью идентифицировать гены, отвечающие за различные наследственные заболевания. В рамках проекта проведено тестирование ДНК 17 тыс. пациентов (большинство из

них — с различными патологиями), и по его результатам установлена связь между 24 позициями в геноме человека и семью наиболее распространенными заболеваниями, в том числе — сердечно-сосудистыми патологиями, ревматоидным артритом и сахарным диабетом. Данная работа позволит диагностировать наследственные болезни на ранних стадиях и подбирать индивидуальную терапию.

МАСШТАБНОЕ СКАНИРОВАНИЕ ГЕНОМА пациентов с различными патологиями выявило генетические варианты, опосредующие различные заболевания. Так, зеленые «всплески» на рисунке указывают хромосомную локализацию генов, ассоциированных с диабетом I-го типа

ДИАБЕТ I-ГО ТИПА

## КОМПАНИЯ ГОДА

**Компания *Amyris Biotechnologies***

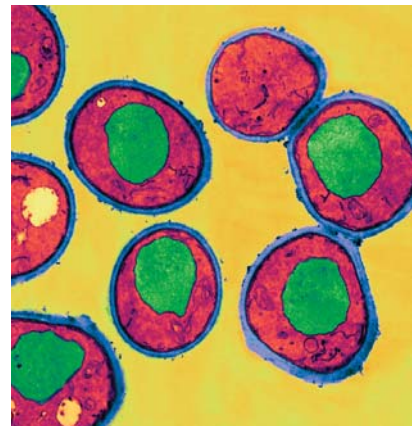
Эмерувилл, Калифорния

Стремительно развивающаяся синтетическая биология предлагает новый способ получения биологического топлива

Используя последние достижения синтетической биологии, компания *Amyris Biotechnologies* предложила новый, экономически более выгодный способ создания предшественника противома-

лярного лекарственного средства артемизинина. В его основе лежит использование генетически модифицированных дрожжей. С помощью этой технологии специалисты компании разработали новый подход к получению биологического топлива, при котором бактерии могут использоваться многократно. Это позволит производить биотопливо в промышленных масштабах.

Используя генетически модифицированные дрожжи, можно повысить эффективность промышленного производства



## СТРАТЕГИЯ ГОДА

***X-Prize Foundation***

Лос-Анджелес, Калифорния

Соблазн баснословных вознаграждений побуждает изобретателей к разработке новых технологий космических полетов и робототехники, к расшифровке генетического кода и разработке эффективного топлива

*X-Prize Foundation* был учрежден как некоммерческая организация, присуждающая денежные премии за самые смелые и новаторские достижения в различных областях науки

и техники. Первая премия досталась группе изобретателей, спроектировавшей космический самолет, способный достичь низкой околоземной орбиты, вернуться на Землю и повторить свой полет в течение следующих двух недель.

В различные годы обладателями данной премии и солидного денежного вознаграждения становились группа, занимавшаяся расшифровкой генетического кода человека, и группа, создавшая самый экономичный по расходу топлива автомобиль. В настоящий момент премия *X-Prize Foundation* и \$30 млн обещаны группе, которая сможет посадить беспилотный космический корабль на поверхность Луны.



Честолюбие, приносящее пользу человечеству: премия *X-Prize Foundation* за частную автоматизированную лунную экспедицию

НАПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСА, ПОЛИТИКИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Оптимистический взгляд в беспроводное будущее**

Система передачи электричества по воздуху заставит нас окончательно отказаться от проводов



Дисплей в новой модели iPhone, ориентированный на управление пальцами, дает пользователю доступ к стандартной клавиатуре, потоковому видео, музыке и голосовой почте

На первый взгляд, прочно вошедшие в нашу жизнь сотовые телефоны и портативные компьютеры дают нам ощущение

полной свободы и мобильности. Например, разработанный компанией Apple новый мобильный телефон с функциями последней модели iPod обладает практически неограниченными возможностями, начиная от обычных звонков и отправки сообщений, заканчивая многофункциональным дисплеем, полностью ориентированным на управление пальцами, возможностью просмотра потокового видео и многими другими новшествами. Тем не менее время работы каждого мобильного устройства ограничено емкостью его батарей, и после их разрядки приходится подключать аппарат к надоевшим элементам питания. Профессор Массачусетского технологического института Марин Солячик (Marin Soljacic) предложил решение этой проблемы, разработав систему, с помощью которой можно заряжать мобильные устройства, не подключая их напрямую к сети. Достаточно лишь некоторое время находиться в зоне действия изобретенного им прибора, и ваш мобильный телефон оказывается полностью заряженным. Идею автономных устройств поддержали и разработчики беспроводных сенсоров — приборов, не превышающих по размерам крупинку риса и способных на многое, начиная от мониторинга неисправностей биологического и химического оружия, заканчивая измерением влажности почвы. Ряд проблем, связанных с разработкой и эксплуатацией таких сенсоров, решили математики Роберт Грист (Robert Grist) из университета штата Иллинойс в г. Эрбана и Шампейн и Вин де Сильва (Vin de Silva) из Колледжа в г. Помона. Для отслеживания неисправностей в работе сети, состоящей из беспроводных сенсоров, ими успешно была применена теория гомологий.

**Адресная доставка лекарственных средств**

Белок вируса бешенства позволяет осуществлять адресную доставку лекарственных веществ

Доставка лекарственного вещества к месту назначения в организме — задача не менее сложная, чем сама его разработка. Особенно остро эта проблема стоит для тканей мозга, где стенки кровеносных сосудов тесно примыкают друг к другу, создавая труднопреодолимый барьер на пути лекарственного вещества к клеткам-мишеням. Маньунат Свами (Manjunath N. Swamy) и его коллеги из Гарвардской медицинской школы при Институте иммунных заболеваний предложили присоединить к молекулам лекарственных веществ низкомолекулярный белок из вируса бешенства, инфицирующего нервные клетки и легко преодолевающего гематоэнцефалический барьер. Аналогичный подход предложили Ганс Боуманс (Hans Boumans) и его коллеги по Нидерландской организации прикладных научных исследований. Они создали биополимерную капсулу, с помощью которой к месту назначения можно доставлять разные лекарственные средства.

**Альтернативные виды топлива**

Новейшие разработки инженеров направлены на экологически чистые виды топлива и аккумуляторы энергии

Как показали исследования, использование этанола в качестве экологически чистого топлива является экономически невыгодным, поскольку он при сгорании дает примерно на треть меньше энергии, чем обычный бензин. Джеймс Дамезик (James A. Dumesic) и его коллеги инженеры-химики из Университета Висконсина-Мэдисона открыли прямой путь получения синтетического топлива из сахара. Идея получения такого горючего не является новой, но простой способ, предложенный Дамезиком, позволит вывести производство сахарного топлива на промышленный уровень. Данное изобретение было усовершенствовано химиком Радославом Адзиком (Radoslav R. Adzic) из Брукхейвенской национальной лаборатории, предложившим замедлить процесс окисления поверхностей электродов с помощью наноскопических частиц золота. Электрохимик Шелли Минтер (Shelley D. Minter) и ее коллега Тамара Клотцбах (Tamara Klotzbach) из Университета в г. Сент-Луис в свою очередь открыли полимер, восстанавливающий ферменты в сахарном топливе и повышающий срок службы каталитических молекул, необходимых для производства горючего, от нескольких дней до двух или трех месяцев.



Золотые кластеры (обведены на рисунке) замедляют процесс окисления платиновых катализаторов в клетке топлива

## НАПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСА, ПОЛИТИКИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Поле битвы с ядовитыми веществами — наш дом**

Многие предметы повседневного обихода опасны для нашего организма и окружающей среды

Появляется все больше свидетельств тому, что самые обычные предметы домашнего обихода и даже детские игрушки несут угрозу нашему здоровью. Так, Патрисия Хант (Patricia A. Hunt) из Университета штата Вашингтон провела изучила действие на орга-

низм бисфенола А, вещества, которое используется при изготовлении пластиковых бутылок. Выяснилось, что он нарушает нормальный процесс деления клеток и может привести к различным врожденным дефектам у детей и к выкидышам. В свою очередь, Американская ассоциация фармацевтов и Служба рыбного и охотничьего хозяйства США высказали озабоченность по поводу утилизации неиспользованных лекарственных препаратов. Выбрасывая ставшие ненужными таблетки, мы даже не подозреваем, какой вред это может нанести природе.



Обычные пластиковые бутылки могут вызывать серьезные заболевания

**Комары вступают в борьбу против малярии**

Генетически измененные комары, не переносящие опасные заболевания, могут успешно конкурировать с зараженными особями

Малярия до сих пор убивает больше миллиона человек в год. Лекарства и различные методы борьбы с этим заболеванием, как правило, стоят слишком дорого и их невозможно применять в странах третьего мира. В прошлом году микробиолог Марсело Якобс-Лорена (Marcelo Jacobs-



Lorena) из Университета Джонса Хопкинса предложил выводить в лабораторных условиях генетически модифицированных комаров, способных сопротивляться паразитам малярии. Он доказал, что выведенные им насекомые способны скрещиваться с дикими особями и производить на свет потомство, обладающее иммунитетом против малярии. Биолог Брюс Хэй (Bruce A. Hay) из Калифорнийского технологического института доказал, что созданные гены способны распространяться в больших популяциях, сохраняя свои свойства от поколения к поколению.

**Прогресс в сверхточных измерениях**

Наноскопические частицы жидкости и законы квантовой механики раскрывают не известное до сих пор значение слова «маленький»

Питер Саттер (Peter W. Sutter) и Эли Саттер (Eli A. Sutter), физики Брукхейвенской национальной лаборатории, создали прибор для проведения сверхточных исследований, способный работать с частицами жидкости, размер которых в тысячу раз меньше предельной на сегодняшний день величины в один аттолитр (1 аттолитр =  $10^{-18}$  литра). При проведении измерений ученым пришлось считаться с тем, что на таких масштабах привычные (классические) законы физики перестают работать и приходится действовать в рамках квантовой метрологии. В свою очередь, используя фотоны как измерительное средство, ученым из Хоккайдского университета в Японии совместно с их коллегами из Бристольского университета в Великобритании удалось почти вдвое повысить точность измерений. Данные эксперименты могут быть полезны, например, при использовании лазера для создания компьютерных микрочипов.



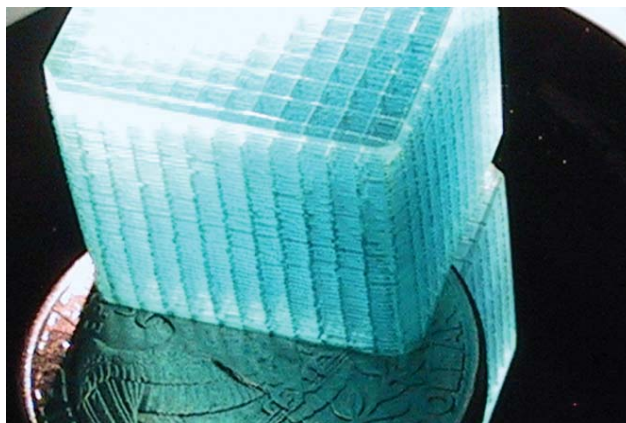
Создание сверхточного измерительного прибора позволило показать, что капли жидкого металла охлаждаются иначе, чем ожидалось

## НАПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСА, ПОЛИТИКИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Материальный мир**

Новые магнитные свойства веществ подсказывает ученым сама природа

Способность организма восстанавливать ткани и заживать раны давно привлекала внимание ученых. Нэнси Соттос (Nancy R. Sottos) и Скотт Уайт (Scott R. White), а также их коллеги по Университету штата Иллинойс в г. Эрбана-Шампейн изобрели самовосстанавливающийся пластик. При его повреждении микроскопические капилляры, находящиеся внутри, лопаются и выделяют специальное быстро затвердевающее вещество, что позволяет ликвидировать дефект. Другую идею, подсказанную природой, использовали Бенуа Роман (Benoît Roman) и Жозе Бико (José Bico) из Парижского промышленного физико-химического института. Наблюдая за мельчайшими капельками воды и используя закон поверхностного натяжения, они создали ряд самособирающихся геометрических фигур микроскопических размеров. Данный метод может быть полезен при самосборке объектов из различных полимеров в наномасштабах. Использование этих и других свойств органических материалов давно уже привлекает создателей электронной аппаратуры. Ученые Робин Хикс (Robin G. Hicks) из Университета в г. Виктория в Британской Колумбии и Раджапан Джаин (Rajsaan Jain) из Университета г. Уинсор в Онтарио совместно со своими коллегами пошли дальше и создали новый класс магнитов, основанных на био-

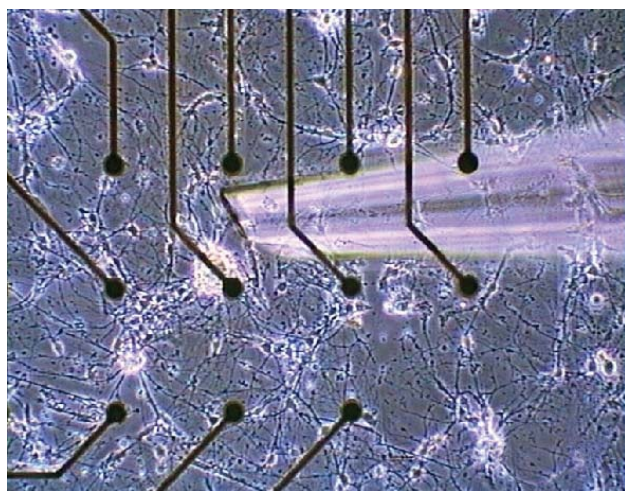


При повреждении пластикового куба внутри него активизируется сеть капилляров, способная восстанавливать исходную форму до семи раз в одном и том же месте

логических компонентах. Идеи магнитных свойств частиц использовал и Сергей Демокритов (Sergey Demokritov) из Университета г. Мюнстер в Германии. Ему удалось пронаблюдать одно из самых экзотических состояний материи, известное как бозе-конденсат (состояние, при котором система частиц ведет себя как одна «суперчастица») не при близких к абсолютному нулю температурах, как было сделано до него, а при обычных комнатных условиях.

**Открытия в области неврологии**

Биологи вплотную приблизились к разгадке тайн мозга человека и открытию лечения болезни Альцгеймера



Электроды, присоединенные к живым нейронам, регистрируют их возбуждение и объясняют принципы работы памяти человека

«Как устроен мозг человека?» — этот вопрос давно волнует нейрофизиологов и ученых других специальностей. Ответ на него попытались дать биофизики Итай Барухи (Itay Baruchi) и Эшель Бен-Якоб (Eshel Ben-Jacob) из Тель-Авивского университета. Им удалось сконструировать электронную микросхему на основе нейронов эмбриона крысы. Подобное объединение живых клеток и искусственно созданных электронных устройств открывает множество перспективных направлений: от изучения механизмов памяти и создания «живых компьютеров» до конструирования приборов, фиксирующих деятельность мозга человека. Созданное устройство может оказать неоценимую услугу при диагностике заболеваний. Так, Ричард Смит (Richard D. Smith) из Национальной лаборатории Тихоокеанского Северо-Запада, используя созданную им самим сложную высокоточную систему, намеревается провести сравнительный анализ белков в тканях мозга в норме и патологии. Для диагностики таких сложных заболеваний, как болезнь Альцгеймера, Стина Такер (Stina M. Tucker), Эстер О (Esther Oh) и Хуан Тронкосо (Juan C. Troncoso) из Медицинской школы Университета Джонса Хопкинса предлагают использовать антитела, связывающиеся с белком бета-амилоидом, отложения которого являются характерным проявлением болезни Альцгеймера. Это позволит выявлять данный белок на ранней стадии заболевания и принимать превентивные меры. Как показали результаты исследований Беки Соломона (Becka Solomon) из Тель-Авивского университета, для разрушения амилоидных бляшек можно использовать вирусы.



## НАПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСА, ПОЛИТИКИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

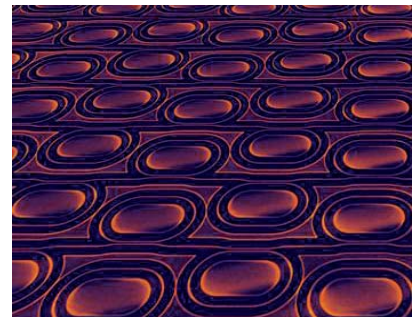
## Управляя светом

Новые технологии дают невероятные возможности контроля над световыми импульсами

Обычным компьютерным микросхемам все труднее справляться с нарастающим потоком информации. Несколько лет назад для передачи больших объемов данных было предложено использовать силиконовые световоды, передающие информацию с помощью световых импульсов. В силу того что оптические соединения должны доставлять информацию в строго отведенное для этого время, возникла проблема задержки световых сигналов. Решение предложили Юрий Власов (Yurii A. Vlasov) и его коллеги по Научно-исследовательскому центру IBM им. Томаса Уотсона в Йорктаун-Хайтс, штат Нью-Йорк, создавшие из

световодов микропетли, по которым сигнал может двигаться по кругу в течение заданного времени, не теряя своей информативности. Другой способ задержать свет придумали Такасуми Танабе (Takasumi Tanabe) и его группа из исследовательской лаборатории компании NTT в Японии. Они использовали кристаллы с микроотверстиями, которые служили своеобразными «светоловушками». В то время как некоторые исследователи хотят задержать свет, другие, возглавляемые Фредом Шубертом (E. Fred Schubert) из Политехнического института Ренсселера, изобрели покрытие, почти полностью его поглощающее. Этот эффект может быть успешно использован в компонентах светоизлучающих диодов или фоточувствительных элементах. В желании усовершенствовать существующие микросхемы многие исследователи пошли еще дальше, разрабатывая идею квантовых компьютеров, информация в которых хранится как

стабильные цепочки атомов. В 2006 г. исследовательской группе под руководством Евгения Ползика (Eugene S. Polzik) из Института Нильса Бора в Копенгагене и теоретика Игнацио Цираку (Ignacio Cirac) из Института квантовой оптики Макса Планка в Гархинге удалось передать информацию скоплению атомов с помощью светового импульса.



Микроскопические петли задерживают световые импульсы

## Успехи в борьбе с прионными заболеваниями

Избавление человечества от коровьего бешенства не за горами



Кровь фильтруют через гранулы, которые покрыты веществом, связывающим прионы

Болезнь Крейтцфельда – Якоба, «человеческий» аналог коровьего бешенства, унесла жизни многих людей. До сих пор медики и ученые не могут предложить никаких приемлемых способов борьбы со смертельным недугом, в основе которого лежит образование в организме белков с искаженной конформацией — прионов, которые переводят в такое же аномальное состояние другие белки, вступившие с ними в контакт. Джованна Маллуччи (Giovanna R. Mallucci) и ее коллеги из Института неврологии в Лондоне с помощью генной

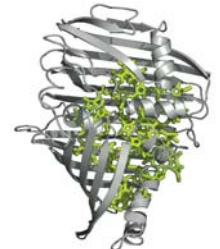
инженерии получили мышей с регулируемым уровнем белка PrP, способствующего образованию прионов. При полном отсутствии этого белка заболевшие особи выздоравливали в течение 12 недель, что позволяет говорить о возможности борьбы с прионными заболеваниями путем уменьшения количества PrP в человеческом организме.

Пока эти методы находятся на стадии разработки, Роберту Рохверу (Robert Rohrer) и его коллегам из Балтиморского медицинского центра помощи ветеранам удалось создать химический фильтр, очищающий эритроциты от прионов. Этот фильтр прошел успешные испытания на животных.

## Рекламная кампания для солнечного света

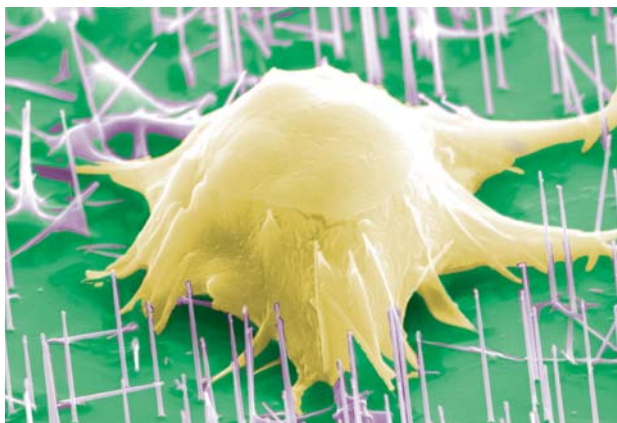
Идея, заимствованная у растений, поможет восстановить репутацию солнечной энергии

Не секрет, что фотогальванические элементы, производящие электричество без вредных последствий для экологии, являются, тем не менее, более дорогостоящими источниками энергии, чем обычные газ и уголь. Группа, возглавляемая Грегори Энджелом (Gregory S. Engel) из Чикагского университета, исследовала принцип фотоэффекта у растений, тем самым существенно повысив эффективность преобразования солнечного света в химическую энергию. Стивен Ван Дессель (Steven Van Dessel) и его коллеги из Политехнического института Ренсселера предложили идею использования солнечной энергии для поддержания оптимальной температуры зданий. Система, получившая название *Active Building Envelope (ABE)*, соединяет солнечные батареи с электрическими термонасосами, способными как нагревать, так и охлаждать здание в зависимости от направления потока энергии. Исследовательская группа сейчас работает над созданием легкой и прозрачной ABE-системы, которая может с успехом применяться для изготовления оконных стекол или прозрачных люков в крышах автомобилей.



Проникновение в суть процесса фотосинтеза у бактерии может существенно повысить эффективность солнечных батарей, созданных человеком

## НАПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСА, ПОЛИТИКИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Управление стволовыми клетками**

Родоначальница всех клеток раскрывает свои секреты

Способность стволовых клеток давать начало самым разным клеткам давно пытаются использовать для лечения различных заболеваний и восстановления поврежденных

Сигналы, поступающие в стволовую клетку по наноскопическим проводам, могут побудить ее к дифференцировке

тканей. Шинья Яманака (Shinya Yamanaka) из Университета г. Киото (Kyoto University) в Японии смог трансформировать клетки кожи мыши так, что они приобрели основные свойства эмбриональных стволовых клеток (ЭСК). Обратное превращение ЭСК в клетки кожи или любого другого типа ткани – это сложный процесс, который зависит от активности генов и тех сигналов, которые они получают от микроокружения. Пэйдун Ян (Peidong Yang) из Калифорнийского университета и Брюс Конклин (Bruce Conklin) из Института сердечно-сосудистых заболеваний в г. Гладстон смогли искусственно смоделировать эти условия, введя в ЭСК наноскопические силиконовые провода.

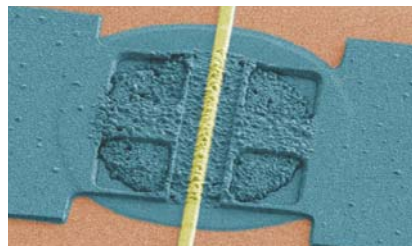
Наряду с этим многие ученые пытаются выяснить, что удерживает зрелые стволовые клетки от дальнейшей дифференциации. Франк Маккеон (Frank D. McKeon) из Гарвардской медицинской школы показал, что все дело в единственном гене — по крайней мере, это касается клеток эпителиального типа. Все эти открытия помогут решить проблему, связанную с нехваткой ЭСК.

**Новое поколение принтеров и электронный спин**

Силиконовые принтеры создают микрочипы, а спин электрона используется в компьютерной логике

На смену старым компьютерным принтерам приходят гораздо более совершенные и многофункциональные устройства, начиная от 3D-принтеров, способных создавать объемные модели, и заканчивая сложными аппаратами, воспроизводящими электронные платы и любые функциональные микросхемы.

Силиконовый принтер, созданный группой Масахиро Фурусавы (Masahiro Furusawa) из японской компании *Seiko Epson Corporation*, позволит поставить на поток производство различных силиконовых микроприспособлений, например фотогальванических элементов. Новые идеи и изобретения коснулись и области компьютерной логики. Если раньше сигналы передавались по цепи, используя факт наличия или отсутствия электронов, то теперь для передачи информации физик Ханан Дери (Hanan Dery) из Калифорнийского университета в Сан-Диего предложил использовать спин электрона (квантовый аналог вращения), легко поддаю-



«Напечатанный» транзистор, сделанный из полисиликона

щийся изменению с помощью магнитов. Новое направление в электронике, основанное на этом принципе, получило название «спинтроника».

**Новые успехи бионики**

Искусственные конечности и протезы становятся с каждым днем совершеннее

Как правило, исследования в области протезирования активизируются во время широкомасштабных вооруженных конфликтов или сразу после их завершения. Не является исключением

и недавнее достижение группы Тодда Куикена (Todd A. Kuiken) из Реабилитационного института в Чикаго, которой фактически удалось создать искусственную человеческую руку, «подключив» протез к центральной нервной системе. Еще больших успехов добился изобретатель Дин Кэмен (Dean Kamen) из компании *DEKA Research and Development Corporation*. Созданные им протезы настолько удобны, что с их помощью можно спокойно поднять

ручку, взять бутылку воды или почистить нос (видеозапись демонстрации можно найти по адресу в Интернете: <http://www.youtube.com/watch?v=1hzRja9eunY>). Большую проблему представляет восстановление порванных связок коленного сустава. Като Лоренсин (Cato T. Laurencin) и его коллеги из Университета штата Виргиния синтезировали полимер, который служит опорой для тканей и способствует росту новых связок.

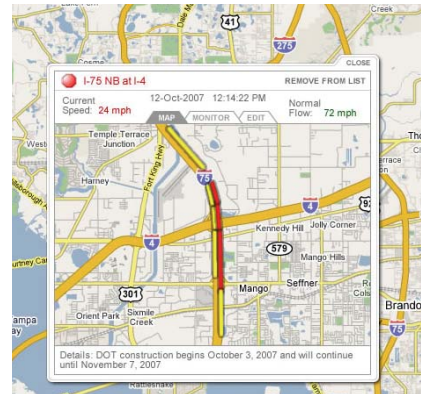
НАПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСА, ПОЛИТИКИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Самый короткий путь**

Новые способы определения оптимального пути сокращают время, проведенное в машине

Сейчас существует множество интерактивных навигационных карт, способных облегчить дорогу до пункта назначения. Система, разработанная в Университете Карлсруэ в Германии, отличается способностью быстро и точно определять всевозможные пути до нужного места, выделяя из них оптимальный. Один из разработчиков проекта Доминик Шульте (Dominic Schultes) нашел способ ускорить работу программы с помощью ориентации по так называемым транзитным узлам — основным перекресткам на данной

карте. Другой разработчик навигационных систем — компания Google — приняла решение снабдить свой продукт реальными снимками местности. Это даст пользователям возможность сравнивать свое местоположение с фотографиями и не позволит им заблудиться. Тем не менее на дороге могут возникнуть непредвиденные осложнения, отследить которые будет весьма затруднительно. Чтобы решить эту проблему, компания IntelliOne разработала систему TrafficAid, которая в режиме реального времени может получать данные о состоянии трафика из различных источников (например, с сенсоров и видеокамер, установленных вдоль дорог), формируя интерактивную карту движения транспорта и изменений на дороге.



Карты Google постоянно пополняются новыми фотографиями улиц. Система TrafficAid в режиме реального времени переводит сигналы о состоянии на дороге в карту трафика

**Как видеть сквозь стены, бороться с паразитами и хорошо спать**

**Т-лучи**

Терагерцевое излучение, лежащее в диапазоне от микроволнового до инфракрасного, используется для исследования предметов, находящихся за некоторой преградой. С его помощью можно обнаружить как опухоль внутри человеческого организма, так и взрывное устройство, спрятанное в труднодоступном месте. Тем не менее до настоящего времени приборы, использующие Т-лучи, были достаточно хрупкими и весили от 45 кг, что затрудняло их использование вне лаборатории. Брайану Шулькину (Brian Schulkin) из Политехнического института Ренсселера удалось создать переносную версию данного прибора, весящую всего 2,3 кг.



Новое лекарство поможет истребить паразитов, вызывающих шистосомозы

а неволебованную энергию, вырабатываемую при ходьбе, использовать для зарядки мобильного телефона.

**Рюкзаки становятся легче**

Лоуренс Роум (Lawrence C. Rome) из Университета Пенсильвании и Морской биологической лаборатории в Вудс-Холе изобрел рюкзак, позволяющий уменьшить вес его содержимого. Дело в том, что при ходьбе или беге наше тело подпрыгивает на несколько сантиметров, а вместе с ним перемещается и рюкзак. Поскольку это движение довольно серьезно увеличивает нагрузку на наши плечи, Роум предложил создать специальную амортизирующую систему, гасящую колебания рюкзака,

**Лучшее снотворное**

Примерно 10 лет назад ученые установили, что внезапные приступы сонливости, названные нарколепсией, связаны с дефицитом пептида головного мозга — орексина. Основываясь на этих данных, швейцарская компания Actelion Pharmaceuticals разработала новое снотворное, блокирующее орексиновые рецепторы. Опыты показали, что препарат прекрасно действует как на человека, так и на животных.

**Оружие против паразитов**

Паразитарные инвазии, или шистосомозы, занимают второе место в мире среди инфекционных заболеваний, уступая только малярии. Конору Кэффри (Conor R. Caffrey) из Калифорнийского университета в Сан-Франциско удалось найти замену единственному существующему на сегодня противопаразитарному препарату — празиквантелу. Это вещество под кодовым названием K11777 уничтожает паразитов.

**Открытые исследования птичьего гриппа**

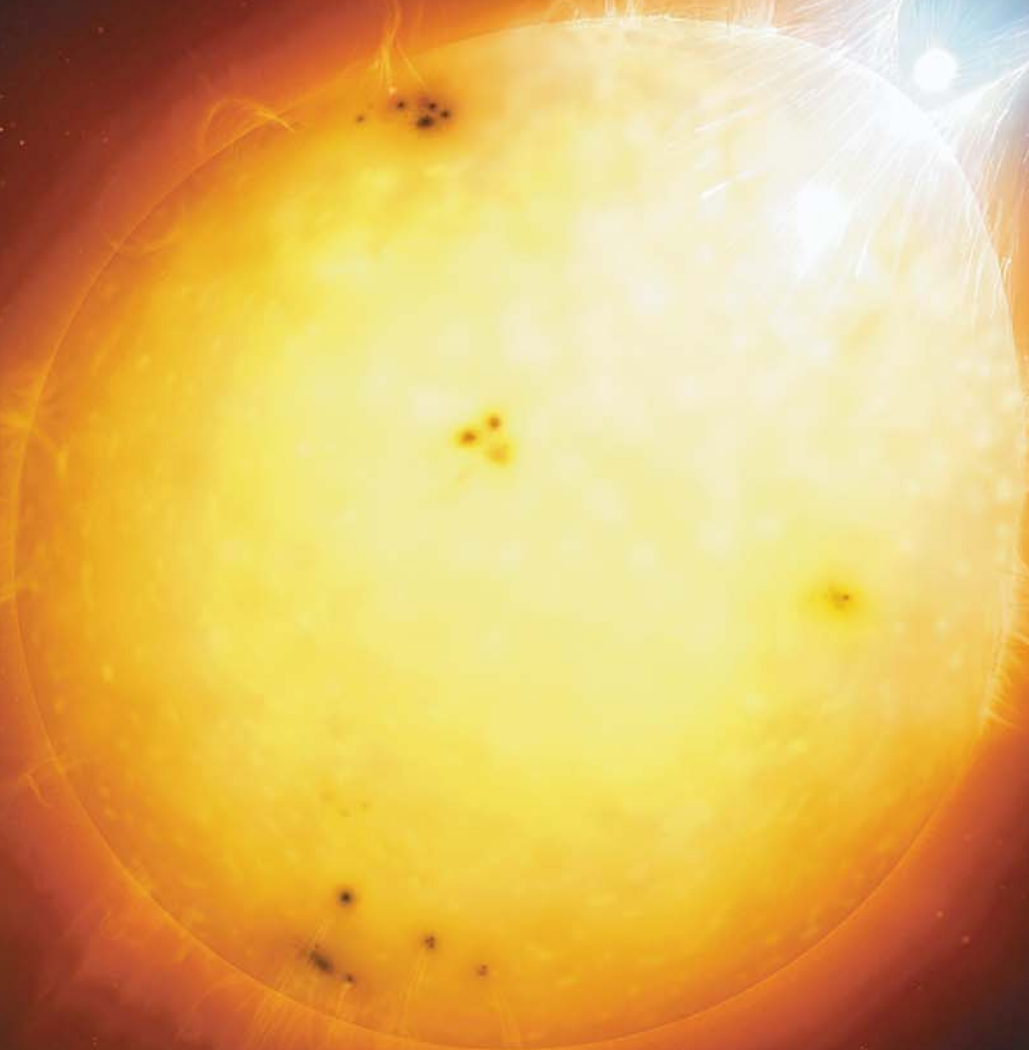
До сих пор лаборатории, занимающиеся исследованием птичьего гриппа, не обнародовали результаты своих экспериментов, раскрывая лишь малую часть имеющейся у них информации. По другому пути пошла Илария Капуа (Ilaria Capua) из Университета в Падуе (Италия). Она собрала и поместила все свои результаты в одну общедоступную базу данных, показав тем самым пример другим ученым.

Т-лучевые устройства стали мобильными



# РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗДЫ

По материалам беседы  
с Маратом Гильфановым  
и Павлом Штыковским



Теория звездной эволюции в общих чертах уже известна, и многие ее выводы подтверждаются наблюдениями. Но до сих пор в ней существуют нерешенные проблемы, в частности, касающиеся возникновения звезд. В этом смысле особый интерес представляет история звездообразования во Вселенной, то есть интенсивность, с которой рождались звезды в галактиках от момента появления первых светил до наших дней

**В** настоящее время в нашей Галактике каждый год рождаются звезды, общая масса которых примерно равна 2—3 солнечным. А как этот процесс протекал раньше? За 15 млрд лет существования Млечного Пути в нем сформировалось около 60 млрд солнечных масс. Был ли это монотонный процесс, или звездообразование происходило вспышками, вызванными, например, сближением с нашими соседями — Магеллановыми Облаками? Пока нет ответа на этот вопрос.

Астрономы не могут «прокрутить» время назад и посмотреть, как менялся темп звездообразования в интересующем их месте пространства. Тем не менее они могут заглянуть в прошлое, наблюдая далекие галактики. Исследуя процессы во все более удаленных объектах, ученые могут определить, как менялся темп звездообразования при эволюции Вселенной. Это, в свою очередь, поможет узнать, когда сформировались наиболее древние галактики, и как их состав изменялся со временем.

Для решения данной задачи нужны надежные индикаторы звездообразования. Из-за высокой температуры спектр молодых светил смещен в ультрафиолетовую область. Кроме того, они часто окружены пылью, которая поглощает их излучение и затем переизлучает его в виде тепла, т.е. в инфракрасном свете. Это дает возможность использовать излучение в ультрафиолетовом и далеком инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра для диагностики звездообразования. На практике такие индикаторы удалось внедрить только во второй половине XX в., когда появились телескопы, позволяющие проводить астрономические наблюдения за пределами видимого диапазона. Однако индикаторы не всегда надежны, т.к. ультрафиолетовое излучение поглощается межзвездной средой, а интенсивность инфракрасного зависит от количества пыли в галактике, которое зачастую неизвестно.

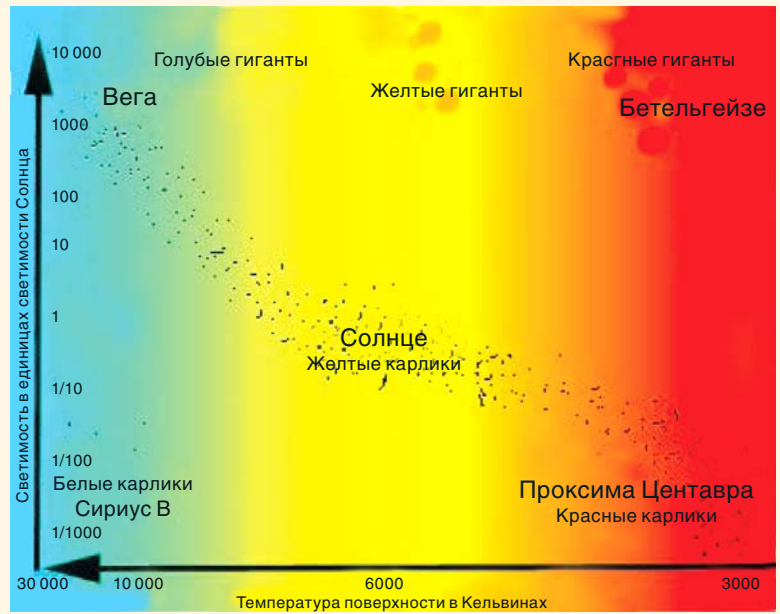
Солнце греет Землю уже около 5 млрд лет и, судя по запасам водорода, этот процесс будет ▶

**Фаза термоядерного горения водорода — наиболее длинная и устойчивая в жизни любой звезды**

**РАСПОЛОЖЕНИЕ ЗВЕЗД НА ДИАГРАММЕ «ТЕМПЕРАТУРА — СВЕТИМОСТЬ»**

К началу XX в. был накоплен огромный объем знаний о звездных спектрах, а также измерены расстояния до многих звезд, что позволило определить их светимости (светимость звезды — это мощность, с которой она излучает электромагнитную энергию). В связи с этим возникла потребность систематизировать полученную информацию. Наиболее эффективной оказалась следующая классификация.

Звезда в зависимости от температуры своей поверхности и светимости изображалась в виде точки на диаграмме «температура-светимость». Изучая ее, датский астроном Э. Герцшпрунг и американский астроном Г. Рессел обнаружили очень интересный и важный факт: звезды заполняют всю площадь диаграммы не беспорядочно, а группируются внутри ярко выраженных областей. Подавляющее большинство всех известных звезд располагается вблизи линии, пересекающей диаграмму по диагонали и называемой «главная последовательность» (красные и желтые карлики, голубые гиганты). Все остальные звезды также образуют определенные группы (белые карлики, красные и желтые гиганты). Изучение особенностей этой диаграммы помогло астрономам построить теорию звездной эволюции.



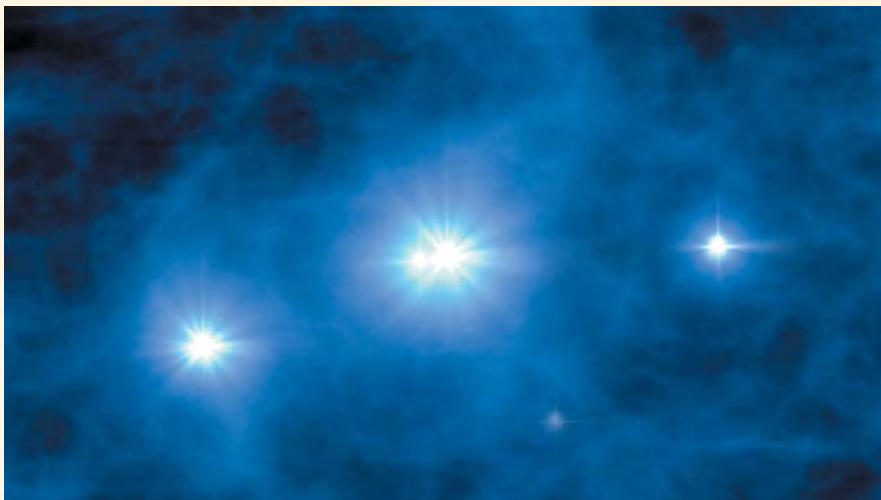
продолжаться еще столько же. У звезды, масса которой в 8 раз больше, а светимость в тысячи раз выше, срок жизни существенно меньше — всего 40 млн лет. Более массивные объекты расходуют свои запасы топлива еще быстрее. Фаза термоядерного горения водорода — наиболее длинная и устойчивая в жизни любой звезды. Все это время она находится на так называемой главной последовательности

(рис. *вверху*). Когда весь водород в недрах превращается в гелий, звезда с нее «сходит». Источник энергии иссякает, равновесие нарушается, и под действием гравитационных сил светило начинает сжиматься. Дальнейшая судьба зависит от его массы.

У небольших звезд температура в ядре не поднимается выше нескольких десятков миллионов градусов, поэтому термоядерный синтез более тяжелых элементов не

происходит. Звезда медленно перемещается по диаграмме (рис. *вверху*) в область белых карликов и затем постепенно остывает. Более массивные звезды сжимаются достаточно сильно для того, чтобы вызвать последовательный термоядерный синтез химических элементов вплоть до железа. Синтез более тяжелых элементов становится энергетически невыгодным и поэтому не происходит. Когда выделение

**СВЕРХНОВЫЕ**



Очень редко в жизни звезд случаются грандиозные катастрофы: звезда взрывается и при этом может светить ярче 10 млрд солнц. Такая вспышка получила название «сверхновая». Изучая сверхновые, астрономы пришли к выводу, что часть из них связана с взрывами старых звезд, возраст которых составляет много миллиардов лет, а масса — порядка солнечной, а другая часть является результатом взрыва молодых и массивных звезд

тепла прекращается, сжатие ничто не препятствует, и образовавшееся железное ядро быстро коллапсирует до размеров 10—20 км, превращаясь в нейтронную звезду или черную дыру в зависимости от первоначальной массы звезды. От выделившейся гравитационной энергии оболочка взрывается и со скоростью около 10 тыс. км/с выбрасывается в окружающее пространство. Происходит так называемый взрыв сверхновой II типа.

### Рентгеновские источники

В 1970 гг., после запуска первой рентгеновской обсерватории «Ухуру», были открыты удивительные объекты — яркие рентгеновские источники. Как выяснилось позднее, они представляют собой тесную двойную систему, состоящую из обычной звезды и коллапсара — черной дыры или нейтронной звезды. Вещество обычной звезды, перетекая на компактный объект под действием его гравитационного притяжения, нагревается до температуры в десятки миллионов градусов и излучает в рентгеновском диапазоне. Как вспоминает основатель рентгеновской астрономии американский физик, лауреат Нобелевской премии Риккардо Джаккони, открытие таких объектов стало полной неожиданностью, т.к. считалось, что двойная система должна разрушиться, если один из ее компонентов, взорвавшись, превратится в нейтронную звезду.

К настоящему времени в нашей Галактике обнаружено около 150—200 ярких рентгеновских источников. В зависимости от массы нормальной звезды, их можно разделить на два класса: маломассивные, если звезда-компаньон имеет массу порядка солнечной или меньше, и массивные, когда она в пять и более раз превышает солнечную. Эти объекты позволяют изучать, как протекают физические процессы в экстремальных условиях, которые невозможно создать в земных лабораториях: сверхплотные состояния вещества, сверхсильные гравитационные и магнитные поля.

В некоторых случаях масса компактного объекта в двойной системе намного превышает верхний теоретический предел для нейтронных звезд, что позволяет классифицировать такие объекты, как двойные системы с черными дырами. В нашей Галактике уже обнаружено более десятка таких объектов.

из Института астрофизики общества имени Макса Планка, доктор физико-математических наук Марат Гильфанов и профессор, академик РАН Рашид Сюняев (ИКИ РАН) исследовали массивные двойные рентгеновские объекты в различных звездообразующих галактиках и продемонстрировали, что их

## К настоящему времени в нашей Галактике обнаружено около 150—200 ярких рентгеновских источников

Как стало ясно несколько лет назад, двойные рентгеновские звезды можно использовать для измерения темпа звездообразования. Детальное исследование популяций рентгеновских источников в других галактиках стало возможным лишь после того, как в самом конце XX в. были выведены на околоземную орбиту две рентгеновские обсерватории. Это телескоп «Чандра», разрешение которого достигает долей угловой секунды и не уступает лучшим наземным оптическим телескопам, и рентгеновский телескоп «ХММ-Ньютон», обладающий рекордно высокой чувствительностью.

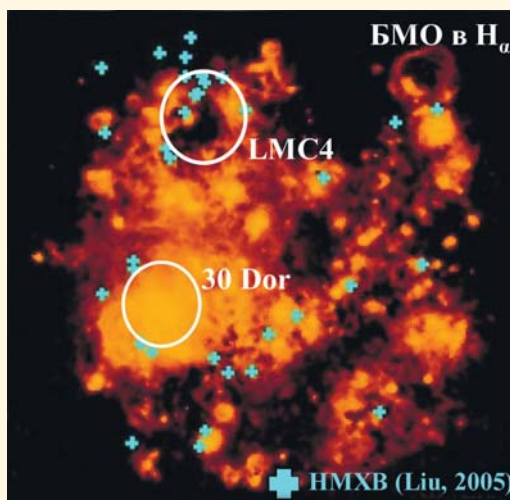
В 2003 г., используя данные, полученные с космической обсерватории «Чандра», Ханс-Якоб Гримм

число и полная светимость прямо пропорциональны темпу звездообразования в галактике.

С одной стороны, такое открытие дает возможность измерять темп звездообразования, в том числе и в далеких галактиках, по их рентгеновскому излучению. С другой, оно несколько неожиданно, так как из простейших теоретических соображений следует, что число массивных двойных рентгеновских объектов должно определяться не текущим темпом звездообразования в галактике, а всей его предысторией за последние 100 млн лет.

Предположим, в галактике в течение очень короткого времени шло интенсивное звездообразование. Отметим, что большинство ▶

### МАССИВНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ В МАГЕЛЛАНОВОМ ОБЛАКЕ

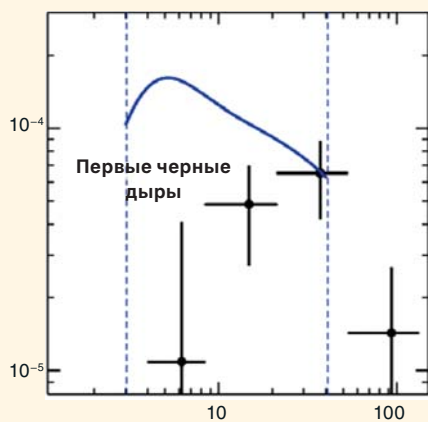


**Гигантская оболочка ионизованного водорода LMC 4.** Массивных рентгеновских двойных звезд много, а звездообразование в этой области завершилось 10—30 млн лет назад

**Область 30 Золотой Рыбы.** Идет интенсивное звездообразование, но оно длится менее 10 млн лет, поэтому еще нет ни одного массивного рентгеновского источника

## ЭВОЛЮЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ МАССИВНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД, ПОСТРОЕННАЯ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

Максимум численности массивных рентгеновских источников наступает через 20—50 млн лет после начала звездообразования



По горизонтальной оси отложен возраст в миллионах лет после начала звездообразования (логарифмическая шкала)

По вертикальной — относительное число массивных рентгеновских источников (черные точки, а длина черных линий показывает возможную погрешность) и взорвавшихся звезд (синяя кривая, она получена на основании теоретических расчетов).

Левая вертикальная пунктирная линия отмечает момент взрыва самых массивных звезд. В это время образуются первые черные дыры. Правая отмечает момент образования последних нейтронных звезд.

массивных звезд рождаются не поодиночке, а входят в состав двойных звездных систем и, таким образом, в перспективе они могут стать рентгеновскими источниками. Однако ясно, что некоторое время ни одного такого источника в этой области не будет. Они появятся только через несколько миллионов лет, когда начнут взрываться первые наиболее массивные звезды. Затем произойдет взрыв менее массивных, и появятся новые, менее яркие рентгеновские источники. Примерно через 20—40 млн лет их количество достигнет максимума, после чего наступит спад, и уже через 50—100 млн лет число массивных рентгеновских двойных звезд упадет до нуля. Таким образом, очевидно, что более точная связь между числом рентгеновских источников и темпом звездообразования должна учитывать возраст звездного населения.

Этот вывод наглядно иллюстрируется изображением Большого Магелланова Облака, полученно-

го в излучении линии  $H\alpha$  водорода (рис. на стр. 77), на котором указаны массивные рентгеновские двойные, обнаруженные телескопом «ХММ-Ньютон».

### Эволюция

В области 30 Золотой Рыбы активно идет процесс рождения массивных звезд, о чем свидетельствует

## Большинство массивных звезд рождаются не поодиночке, а входят в состав двойных звездных систем и становятся потенциальными рентгеновскими двойными

интенсивное излучение в линии водорода  $H\alpha$ , но там практически отсутствуют рентгеновские двойные. В то же время в гигантской оболочке ионизованного водорода *LMC 4* ситуация прямо противоположная — рентгеновских источников много, а звездообразование происходит гораздо медленнее. Это объясняется

тем, что всплеск звездообразования в области *LMC 4* завершился примерно 10—30 млн лет назад, а число массивных рентгеновских двойных к настоящему времени достигло своего максимума. Было бы интересно, основываясь на теории звездной эволюции, рассчитать, как будет изменяться количество рентгеновских источников с момента начала звездообразования. Однако сделать это крайне сложно, так как теория эволюции двойных систем значительно сложнее, чем одиночных звезд.

В 2006 г. ведущий научный сотрудник ИКИ РАН Марат Гильфанов и научный сотрудник ИКИ РАН Павел Штыковский предприняли попытку ответить на этот вопрос, основываясь исключительно на наблюдениях. Для этого они, используя оптические каталоги звезд, исследовали небольшие участки Малого Магелланова Облака и восстановили для каждого из них историю звездообразования. Затем, уже применяя данные обсерватории «ХММ-Ньютон», определили местоположение всех массивных рентгеновских двойных. Сравнивая, как зависит плотность этих

источников от возраста окружающего их звездного населения, они определили зависимость числа рентгеновских источников от времени, прошедшего с момента звездообразования. Малое Магелланово Облако было выбрано не случайно. Эта небольшая галактика неправильной формы — спутник Млечного Пути и расположена сравнительно близко, на расстоянии около 200 тыс. световых лет.

Результаты, полученные М. Гильфановым и П. Штыковским, оказались несколько неожиданными (рис. вверху). Их можно сравнить

### НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ

**Марат Равильевич Гильфанов** — доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института космических исследований РАН.

**Павел Евгеньевич Штыковский** — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института космических исследований РАН.



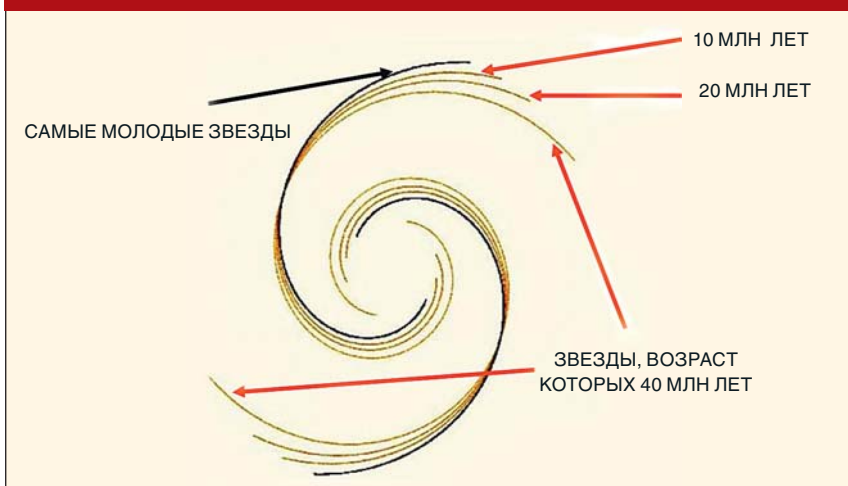
с кривой темпа вспышек сверхновых II типа, полученной на основании теоретических расчетов.

Через 3 млн лет после всплеска звездообразования первыми начинают взрываться самые массивные звезды (левая пунктирная линия). Спустя 5 млн лет темп вспышек сверхновых достигает своего максимума, а затем начинает постепенно спадать. Через 40 млн лет образуются последние нейтронные звезды в результате взрывов звезд массой около восьми солнечных. Предполагается, что менее массивные объекты не взрываются. Таким образом, напрашивается вывод, что к этому времени уже не должно остаться ни одной массивной рентгеновской двойной, но, согласно наблюдениям, их количество наоборот достигает своего максимума. Почему экспериментальная кривая численности рентгеновских источников хотя бы в общих чертах не совпадает с кривой взрывов сверхновых? Может, теоретическая кривая все же ошибочна?

Ученые считают, что оснований для подобного вывода нет. Экспериментальная кривая и не должна повторять кривую темпа вспышек сверхновых, потому что между возникновением нейтронной звезды и появлением на небе рентгеновского источника пройдет некоторое время. В зависимости от светимости источника, это время может достигать 20—30 млн лет. Полученная кривая поможет теоретикам проверить и откалибровать теорию эволюции двойных систем и кроме того уточнить новый индикатор звездообразования, который удалось разработать благодаря космическим рентгеновским телескопам «Чандра» и «ХММ-Ньютон». Возможно, что наблюдение галактик в рентгеновском диапазоне раскрывает дополнительные возможности для диагностики звездообразования в далеких галактиках, даже там, где классические методы порой дают сбои.

Полученная зависимость важна не только с точки зрения теории эволюции двойных систем

### СПИРАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГАЛАКТИКИ



и диагностики звездообразования в далеких галактиках. Она также позволяет предсказать ряд интересных эффектов, поддающихся экспериментальной проверке. Одно из таких предсказаний, сделанных М. Гильфановым и П. Штыковским, касается особенностей проявления спиральной структуры галактик в рентгеновском диапазоне. Для его проверки они исследовали расположение массивных рентгеновских источников в спиральной галактике M51, находящейся на расстоянии 30 млн световых лет, в рукавах которой происходит интенсивное звездообразование. Спиральную структуру рукавов можно достаточно хорошо определить по пику излучения водородной линии  $H\alpha$ , расположение которого совпадает с местонахождением самых молодых звезд. Если максимум численности массивных рентгеновских двойных наступает через 30—40 млн лет после всплеска звездообразования, то их распределение будет смещено относительно спиральной структуры, наблюдаемой в линии  $H\alpha$  (рис. вверху).

Наблюдения подтвердили правильность этого вывода, хотя и поставили новые вопросы. Схожие результаты были получены при исследовании массивных рентгеновских двойных звезд в спиральных рукавах нашей Галактики.

Можно надеяться, что открытие, сделанное в Институте космических исследований, привлечет к новой проблеме астрономов-наблюдателей и даст толчок к более глубокому изучению популяций массивных рентгеновских двойных в галактиках. Это позволит в будущем уточнить ряд спорных моментов в теории эволюции двойных систем. В то же время применение нового метода для исследования звездообразования в далеких галактиках поможет воссоздать историю образования звезд во Вселенной. ■

Беседовал Василий Янчилин

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Джаккони Р. У истоков рентгеновской астрономии (Нобелевская лекция по физике — 2002) // УФН, 2004, т. 174, № 4, с. 427—438.
- Попов С.Б., Прохоров М.Е. Популяционный синтез в астрофизике // УФН, 2007, т. 177, № 11, с. 1179—1206.
- Гурский Г., Ван ден Хевел Э. Рентгеновские источники — двойные звезды (перевод из *Scientific American*) // УФН, 1976, т. 118, № 4, с. 673—691.
- Шнопфер Г., Делвай Дж. Рентгеновское небо (перевод из *Scientific American*) // УФН, 1973, т. 110, № 8, с. 607—620.
- Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, 1984.
- Тейлер Р. Строение и эволюция звезд. М.: Мир, 1973.

# СВЕТ ВКЛЮЧЕН

Марк Фишетти

Вскоре лампы накаливания могут совсем исчезнуть. Им на смену придут энергосберегающие компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Сегодня они пока не получили широкого распространения, поскольку стоят дороже традиционных лампочек. Но в декабре 2007 г. конгресс США принял закон об экономии энергии, который задал новые стандарты освещения. К 2012 г. изготовители любых 100-Вт ламп обязаны обеспечить повышение светоотдачи по отношению к сегодняшним 100-Вт лампам накаливания на 30%. К 2013 г. эти требования распространятся на 75-Вт лампы, а к 2014 г. — на 60- и 40-Вт. Аналогичные нормы приняла и Европа. Компактные люминесцентные лампы соответствуют этим требованиям, и несмотря на то что изготовители попытаются улучшить традиционные лампы, КЛЛ несомненно имеют преимущество и продолжают совершенствоваться.

При производстве осветительных приборов применяются самые передовые технологии (на илл.). Вольфрамовая нить в лампе накаливания светится при температуре выше 2200° С и должна быть исключительно однородной, так как малейший дефект ведет к быстрому перегоранию. Однако такая лампа отдает лишь около 10% подводимой мощности в форме видимого света, излучая остальную часть в виде тепла. Светоотдача люминесцентной лампы примерно в 4 раза выше. 26-Вт КЛЛ дает столько же света, сколько 100-Вт обычная, потребляя при этом вчетверо меньше энергии. Трубчатые люминесцентные лампы, широко применяемые в пото-

лочных светильниках, еще эффективнее, но их нельзя вставить в обычный патрон.

У компактных люминесцентных ламп еще есть некоторые недостатки, над устранением которых работают производители. В частности, некоторые потребители находят свет этих ламп слишком резким. «Глазу человека нужны все длины волн видимого спектра, — говорит старший инженер-консультант компании *GE Lighting* Джеймс Дейкин (James Dakin), но люминофор, покрывающий стенки люминесцентных ламп, излучает не все. Совершенствование люминофора должно устранить этот недостаток».

Первым люминесцентным лампам требовалось несколько минут, чтобы достичь полной светоотдачи, и многие из них жужжали или мерцали, но замена магнитного балласта электронным позволила устранить этот недостаток и уменьшить размеры ламп. «Мы прилагаем огромные усилия, чтобы создать осветительные приборы, пригодные для более широкой сферы использования», — говорит главный менеджер *GE Lighting* Джеймс Мейер (James Meyer). Дальнейшее снижение их себестоимости, считает он, в большой мере будет обеспечено увеличением объемов производства.

Со временем конкуренцию существующим лампам могут составить светоизлучающие диоды (светодиоды) — полупроводниковые источники света, почти равные компактным люминесцентным лампам по эффективности, но втрое более долговечные. Однако пока такие источники по интенсивности света едва могут сравниться с 25-Вт лампами накаливания, а стоят намного дороже. ■

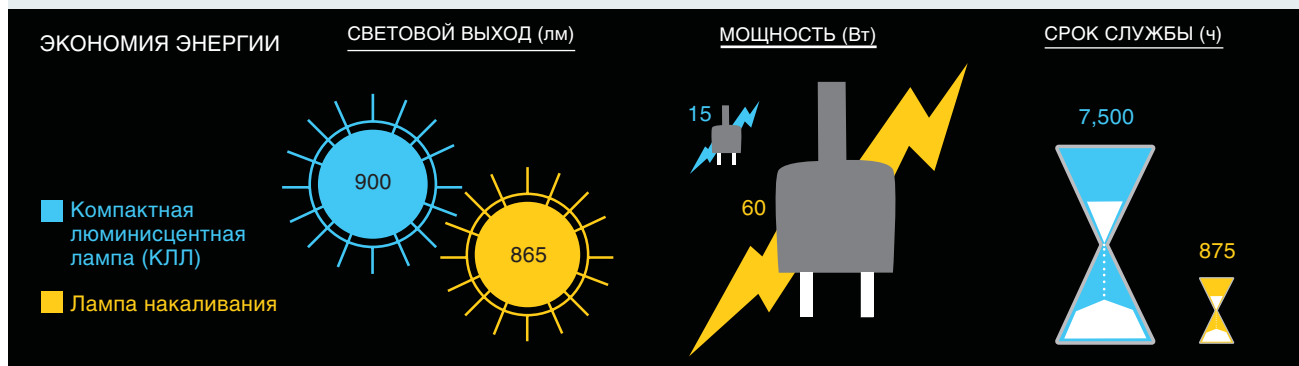
## ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

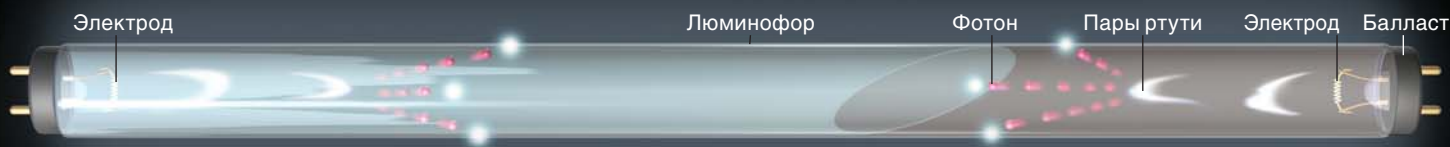
**ПЕРЕМЕННЫЙ И ПОСТОЯННЫЙ ТОК.** В отличие от практически всех бытовых электроприборов обычные лампы накаливания, ввинчиваемые в стандартные патроны, могут ничуть не хуже работать при питании постоянным током.

**ОСВЕЩЕНИЕ ХОЛОДИЛЬНИКОВ.** Недавнее усовершенствование белых светодиодов побудило компанию *Wal-Mart* заменить горячие лампы накаливания в холодильных и морозильных камерах всех своих магазинов гораздо более холодными светодиодными светильниками. Это позволило уменьшить тепловую нагрузку и расход электроэнергии.

**РТУТЬ.** Как указано на упаковках, все люминесцентные лампы, как обычные, так и компактные, содержат небольшие количества ртути.

Поэтому их необходимо утилизировать надлежащим образом (требования к утилизации в разных штатах различаются). Изготовители пытаются уменьшить необходимые количества этого вещества в лампах. А критикам они указывают, что более значительные затраты электроэнергии, необходимые для питания ламп накаливания такой же интенсивности, приводят к выделению в атмосферу большего количества ртути (и других загрязнителей), если электростанции отапливаются углем. **БУРОЕ ПЯТНО.** Атомы вольфрама, испаряющиеся с нити лампы накаливания, могут собираться на некотором участке стенки стеклянного баллона лампы, образуя бурое пятно. Если стеклянная колба плохо запаяна и в нее проникает воздух, то вольфрам может реагировать с ним, образуя бурые, пурпурные или желтые отложения оксида вольфрама ( $WO_3$ ).





## → ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ЛАМПА

Балласт (в правом конце) обеспечивает высокое напряжение, которое вызывает дуговой разряд между вольфрамовыми электродами. Разряд возбуждает атомы ртути, которые испускают фотоны ультрафиолета. Эти фотоны падают на люминофор, покрывающий стенки лампы, вызывая испускание видимых фотонов (люминесценцию). По зажигании разряда балласт поддерживает меньшие уровни напряжения и тока, не давая разряду погаснуть. Аргон в лампе ускоряет запуск и повышает интенсивность света



## → ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ

Ток проходит через выводы к резистивной нити накаливания, обычно вольфрамовой, нагревая ее до температуры свечения. Со временем в результате испарения вольфрама внутри откачанной колбы нить истончается и в конце концов перегорает. В лампах мощностью больше 25 Вт колбу, чтобы замедлить испарения вольфрама, заполняют инертным газом (например, аргоном или ксеноном)



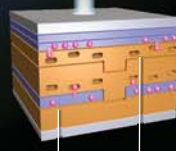
## → КЛЛ

Эти лампы работают так же, как трубчатые, но трубка у них изогнута, а оба ее конца вставлены в цоколь, который можно ввинтить в стандартный патрон для лампы накаливания



## → СВЕТОДИОД

Ток проходит через полупроводниковый диод, вызывая движение электронов и дырок. Встреча электрона и дырки вызывает испускание фотона определенного цвета, зависящего от рода полупроводника. Сочетая в одном корпусе красные, синие и зеленые светодиоды или покрыв синий светодиод желтоватым люминофором, можно получить в итоге белый свет



Электроны Дырки

**ДИОД** испускает свет, когда электрон сталкивается с дыркой

# CeBIT: фейерверк высоких технологий

С 4 по 9 марта в пригороде Ганновера прошла крупнейшая в мире выставка информационных технологий — *CeBIT (Centrum der Büro- und Informationstechnik, www.cebit.de)*. Выставка проходит ежегодно в марте, начиная с 1970 г. В этом году в ней участвовали 5845 компаний из 75 стран

## Компьютеры скоро «позеленеют»

Главная тема *CeBIT* этого года — так называемые «зеленые» *IT*-технологии, предполагающие снижение потребления энергии, переход на альтернативные источники энергии и уменьшение выброса двуокиси углерода в *IT*-производстве.

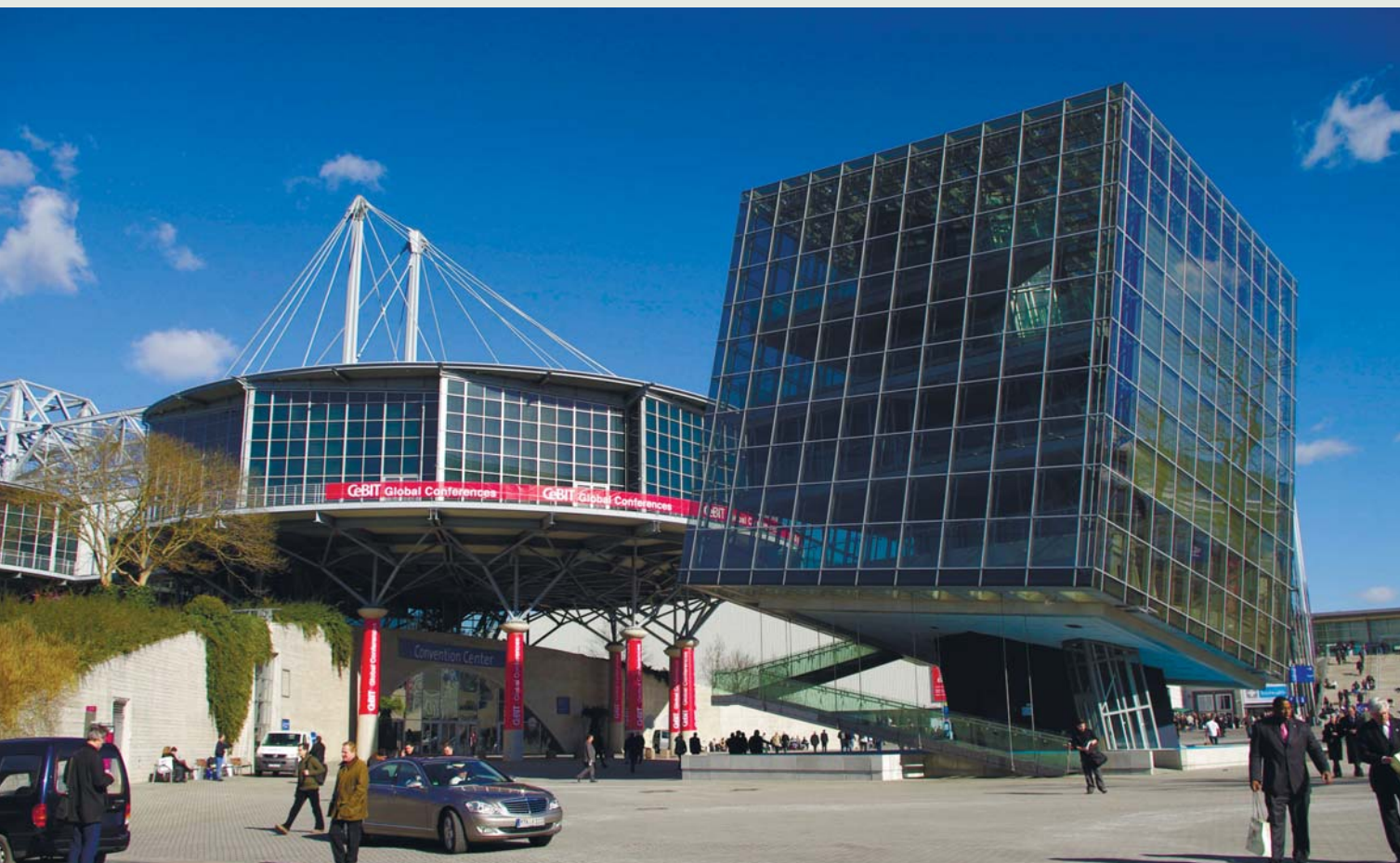
На торжественном открытии выставки для многочисленных масс-медиа была организована пресс-конференция, которую по традиции открыли *VIP*-персоны — канцлер Германии Ангела Меркель, президент Франции, страны-партнера *CeBIT* в этом году (в 2007 г. в этой роли выступала Россия), Николя Саркози, президент Еврокомиссии Жозе Мануэль Баррозу и *CEO Microsoft* Стив Баллмер. Ангела Меркель в своей речи затронула тему безопасности и защиты дан-

ных в Интернете, подчеркнув, что Германия стремится стать лидером в *IT*-индустрии в Европе. Николя Саркози заявил о тесном сотрудничестве с Германией в этой области. Стив Баллмер провозгласил шестую информационную революцию — революцию миниатюрных «умных» устройств, хранителей огромных объемов информации, высоких скоростей передачи данных, в том числе по беспроводным технологиям, и компьютеров, которые общаются с людьми «человекоподобным» способом. Баллмер также подчеркнул, что в экологических программах по уменьшению выброса двуокиси углерода должны участвовать не только производители «железа», но и компании-производители программного обеспечения могли бы вносить свой вклад в уменьшение потребления энергии. У *Microsoft*

уже есть определенные положительные сдвиги в этой области. Во-первых, *Windows Vista* в бездействующем режиме потребляет в 30 раз меньше энергии, чем *Windows XP*. Во-вторых, вместе с немецким дистрибьютором электричества *Yello Strom Microsoft* собирается внедрить технологию мониторинга потребления электричества в онлайн-режиме для потребителей, чтобы каждый мог в реальном времени, сидя дома, знать, сколько энергии расходуется и сколько это стоит.

## Укротить CeBIT

Осмотреть все 26 выставочных павильонов экспозиции *CeBIT*, каждый площадью с футбольное поле, некоторым покажется невозможным. Действительно, чтобы преодолеть не меньше 100 км всей территории, заполненной сотысячной



толпой посетителей, вам понадобится около месяца. Но все же шести выставочных дней будет достаточно, чтобы ознакомиться с наиболее яркими экспонатами, представленными на выставке, изобилующей всевозможными изделиями научно-технического прогресса, почти каждое из которых можно было потрогать и проверить в действии.

Я не буду много рассказывать о принтере *Planon Printstick*, который печатает с любого мобильного телефона через *Bluetooth*. Не буду подробно описывать и миниатюрный ручной сканер от *Yifang*, позволяющий оцифровывать на лету любые сделанные специальной ручкой, записи, графики, рисунки на обычной бумаге и хранить без компьютера до 100 страничек формата А4. «Водоплавающие» мобильные телефоны, с которыми можно смело купаться в бассейне, и компьютерные *TFT*-мониторы, которые тоже можно опускать в аквариумы, вы скоро увидите в телевизионных новостях. О тысяче и одном мобильном *USB*-носителе данных из Тайваня разных цветов, форм и размеров, о фотоаппаратах с возможностью редактирования снимков почти как в *Photoshop*, о коммуникаторах с *Word*, айфонах, гаджетах, ноутбуках, процессорах и другом «железе» вы наверняка уже где-нибудь читали. А расскажу я лучше о самых неординарных научных разработках. То, что удивило меня, надеюсь, удивит и вас.

### Самые-самые

**Самые правдивые глаза.** На выставке пользовался огромной популярностью стенд молодой шведской компании *TOVII*, которая сделала реальностью технологию будущего, показанную в фильме Стивена Спилберга «Особое мнение», где вся интерактивная реклама вокруг человека, на улице, в метро, магазинах персонализирована — она меняется в зависимости от того, куда именно и как долго смотрит человек: задержал взгляд на несколько сот миллисекунд на рекламе отдыха на Мальдивах, и через мгновение его электронный почтовый ящик бомбардируют туроператоры; прочел



На торжественном открытии выставки по традиции выступили VIP-персоны — президент Франции Николя Саркози, канцлер Германии Ангела Меркель, президент Еврокомиссии Жозе Мануэль Баррозу

название кофе на рекламном щите, протискиваясь в подземном переходе, и в первой же кофейне ему предлагают именно эту марку. Данная технология уже успешно применяется в анализе потребительского предпочтения тех или иных товаров, для их удачного расположения на прилавках магазинов и удобочитаемости интернет-сайтов. Другое направление компании — помощь людям, которые по разным причинам не могут пользоваться ни руками, ни голосом, чтобы общаться через Ин-

тернет. Небольшой монитор со специальным интерфейсом отслеживает движения ваших глаз по виртуальной клавиатуре и таким образом может набивать текст электронного послания, помогать делать покупки в магазине в онлайн-режиме и даже играть в компьютерные игры.

**Самые необычные интерфейсы.** Невозможно было пройти мимо другого биологического метода «дистанционного» управления компьютером — австрийская компания *G.tec* представила свою новую разработку из

Компания *G.tec* представила свою новую разработку из области *Brain-Computer-Interfaces (BCI)*, дословно — «интерфейсы между мозгом и компьютером»)





Самый экологичный из ноутбуков



Робот-игрушка *Pleo* — самый «живой» из динозавров

области *Brain-Computer-Interfaces* (*BCI*, дословно — «интерфейсы между мозгом и компьютером»). Данная система позволяет считывать биосигналы мозга в виде электроэнцефалограммы (ЭЭГ), анализировать их и в реальном времени преобразовывать в цифровые «мысли-команды» для контроля какого-либо устройства, программы, или просто курсора на мониторе. *BCI* сейчас довольно широко разрабатываются различными лабораториями и компаниями: одно из главных применений данной технологии —

помочь больным с нарушениями опорно-двигательного аппарата коммуницировать с окружающим миром, компьютерами, «умными» бытовыми приборами и управлять с помощью мыслительных команд, например, протезами рук или инвалидной коляской.

**Самый экологичный из ноутбуков.** Компания *Asus* представила на выставке свой новый «экологичный» ноутбук *EcoBook Bamboo*, корпус которого сделан из натурального ламинированного бамбука разных цветов, что придется по душе

не только любителям экзотики и высокого стиля, но и пользователям, трепетно относящихся к своему здоровью, — ведь натуральный материал, в отличие от пластика, не содержит вредных примесей.

**Самый «живой» из динозавров.** Калифорнийская компания *UGOBE* показала на выставке еще одну «зеленую» технологию — полностью автономного робота-игрушку *Pleo*, недельного детеныша динозавра семейства *Satrasaurus*. Он может грустить, радоваться, быть игривым и испуганным, настороженным и беззаботным, может испытывать голод и усталость, любопытство и отвращение, но главная особенность робота — общение с человеком происходит посредством порядка 14 различных «телодвижений», поз, передающих ту или иную информацию о желаниях, эмоциях, намерениях робота. *Pleo* начинен огромным количеством всевозможных сенсоров (около 50), за счет чего он может достаточно функционально взаимодействовать с окружающей средой. Он реагирует на прикосновения человека и издает гортанные звуки, как и подобает детенышу динозавра. Управлять *Pleo* можно с помощью особой операционной системы *Life Form OS* с открытым кодом, что позволяет совершенствовать и усложнять его поведение и взаимодействие с человеком.

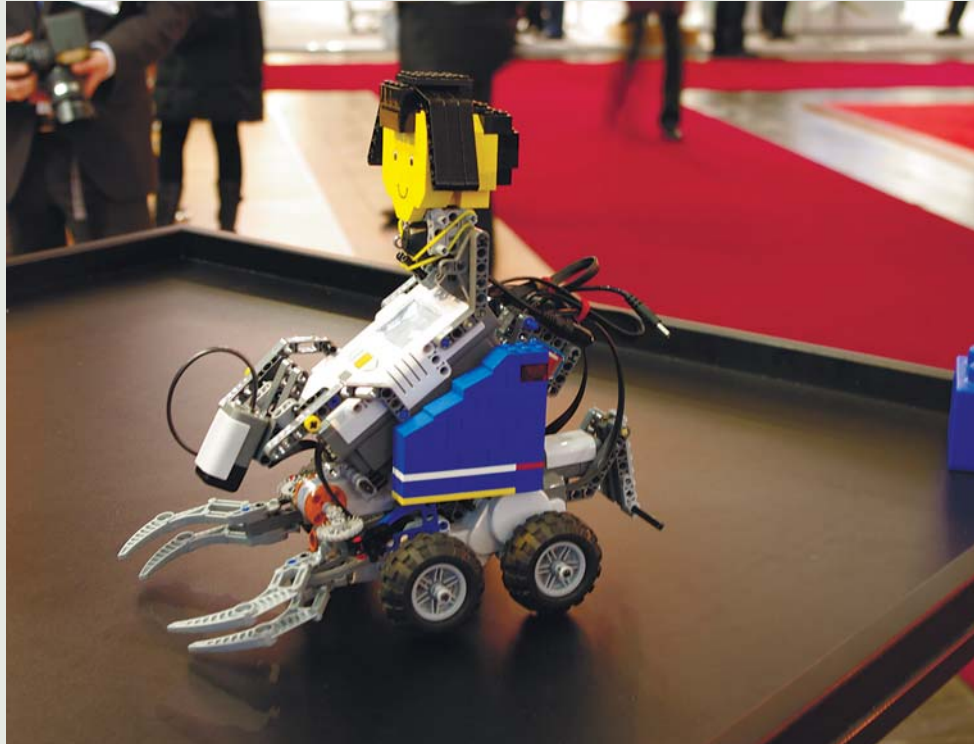
**Самая «дышащая» футболка.** Фраунгоферовский институт интегральных схем продемонстрировал прототип «умной» футболки *RespiSHIRT*, позволяющей спортсменам или врачам пациентов, перенесших операции на сердце или легких, в реальном времени дистанционно производить мониторинг дыхания. Всего лишь один сенсор, как паутина обвивающий грудь и живот и надежно вшитый в футболку, плюс беспроводная передача данных на *PDA*-датчик делают данную технологию простой в использовании и надежной даже при максимальной физической активности, например во время спринтерского забега спортсмена на 100 м.

**Самый «понимающий» из LEGO-роботов.** Молодая немецкая компания *CLT Sprachtechnologie* продемонстрировала новую технологию общения машин и человека, основанную на лингвистической программе *DialogOS*. Сконструированный компанией LEGO-робот мог понимать прямую речь человека и выполнять сложные операции и передвижения по манежу. На вопрос, что же является новшеством в данной технологии, один из ведущих научных экспертов компании, профессор Манфред Пинкаль (*Manfred Pinkal*), объяснил мне, что такой лингвистический интерфейс между машиной и человеком, как программа *DialogOS*, позволяет вне зависимости от того, кто управляет машиной, в каком настроении, с какими интонациями и индивидуальными особенностями артикуляции, быть понятым машиной без какого-либо предварительного обучения.

**Самые «солнечные» сумки.** Берлинская компания *SunLoad* продавала на выставке по довольно высоким ценам (от 500€ до 1000€) сумки и портфели со встроенными солнечными батареями. Они способны преобразовывать солнечную энергию в электрическую и накапливать в течение дня до 4500 миллиампер-часов, чего должно хватить, чтобы подзарядить один ноутбук или четыре других более мелких устройства, таких как аудиоплееры, цифровые фотокамеры, мобильные телефоны.

**Самая согревающая одежда.** Другая немецкая компания *WarmX* показала на выставке одежду с подогревом для каждодневного ношения в холодную погоду. Куртки, кальсоны и футболки снабжены эластичными волокнами из серебра, которые производят тепло от поступающей с аккумулятора энергии и напрямую согревают тело.

**Самый нужный из навигаторов.** *Mobile Research Center* из Бременского университета, координирующий научный проект *WEARIT@WORK*, крупнейший по разработке носимых (*wearable*) компьютеров, продемонстрировал специальный



LEGO-робот понимает прямую речь человека и выполняет сложные операции на манеже

планшетный облегченный компьютер *iWEAR*, прикрепляемый на пояс сбоку. Он поможет полностью слепым людям ориентироваться в пространстве, на улице или помещении. Передача голосовой информации от *GPS*-компьютера о местонахождении человека, особенностях местного рельефа, дорог, зданий и дорожного движения передается по беспроводному каналу на наушники обладателя *iWEAR*. Таким образом человек с достаточно большой точностью может определить свое местоположение в городе, в незнакомой местности или даже в собственной квартире.

### CeBIT-2009

Вот и закончилась неделя в Ганновере. Но еще несколько дней будут подписываться контракты на бумаге с эмблемой *CeBIT*, несколько недель — скрупулезно изучаться пресс-релизы компаний, а Ганновер — не один месяц упоминаться в различной прессе. Впереди новый *CeBIT-2009* — перспективные разработки, демонстрирующие достижения человеческой мысли и научно-технического прогресса.

Олег Сеньков



Специальный планшетный облегченный компьютер *iWEAR*, прикрепляемый на пояс сбоку

# КОРОЛЕВСКИЙ ЮНОШЕСКИЙ ФОРУМ

Проходившие в Москве Вторые Всероссийские юношеские чтения имени С.П. Королева собрали представителей органов законодательной и исполнительной власти, научной общественности, молодых ученых, преподавателей и учащейся молодежи. Перед участниками и гостями форума выступили летчики-космонавты — дважды Герой Советского Союза В.А. Джанибеков, Герой Советского Союза А.И. Лавейкин и Герой России А. И. Лазуткин.

Будущим студентам и выпускникам были представлены перспективные технологии и инновационные проекты — например, новые решения геоинформационных задач с созданием специализированных геопорталов, основными компонентами которых являются космические снимки, навигационные, картографические и геодезические системы.

На презентации будущего Космического центра — Всероссийского молодеж-

ного центра аэрокосмического образования им. С.П. Королева экспонировались космические тренажеры сближения и стыковки транспортного космического корабля с орбитальной космической станцией. Использование в центре специального оборудования позволит привить будущим исследователям основные навыки работы со сложными приборами.

На секциях рассматривались различные аспекты применения информационных технологий в космических исследованиях, в частности, моделирование искусственного изменения альbedo потенциально опасных астероидов и сопоставление различных факторов влияния на психику человека в условиях длительного пребывания в космосе. Историческая тематика позволила за период работы конференции хронологически проследить все этапы развития отечественной ракетно-космической отрасли, проанализировать некоторые пред-

посылки и истоки мировой космической науки, еще раз обратиться к творческому наследию великих ученых — основоположников исследований околоземного пространства и спрогнозировать дальнейший рост разработок мирного освоения Вселенной. Но наибольший интерес у юных участников конференции вызвали работы, связанные с профессиональным применением авиации в различных отраслях. Увлекательные доклады по проблемам космического мониторинга сельскохозяйственных угодий, лесных и торфяных пожаров, космического зондирования и прогнозирования погоды, состояния историко-литературных заповедников и природоохранных территорий настроили не только слушателей, но и самих докладчиков на долгую и интересную работу, изучение первоисточников и самостоятельный анализ. А это значит, что их первые шаги в науке уже сделаны, и дальнейшее движение по этому пути зависит от целеустремленности и настойчивости будущих ученых.

# АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Астрофизики России, работающие в академических институтах и отечественных и зарубежных научных центрах, провели в Институте космических исследований РАН конференцию, посвященную проблемам и перспективам развития отрасли на ближайшие десятилетия.

В экономиках многих развитых и развивающихся стран финансирование астрофизических исследований — один из ключевых показателей, иллюстрирующих отношение государства к науке. Объясняется данный факт уникальным положением, занимаемым астрофизикой между фундаментальными и прикладными разработками. Многие страны ведут самостоятельные научные программы, и не всегда участие в совместных проектах предполагает их пролонгированное финансирование. Поэтому необходимость непрерывного

развития астрофизических работ способствует поиску новых научных тем и их комплексному изучению, как, например, представленное академиком РАН Р.А. Сюняевым исследование по физике космологической рекомбинации и ее наблюдательным проявлениям, или выступление В.В. Дубровича из Санкт-Петербургского филиала Специальной астрофизической обсерватории РАН о наблюдательных проявлениях первичных молекул в дозвездную эпоху «темных веков». Проведенная работа, в частности, позволяет уточнить картину эволюции объектов на нелинейной стадии, выявить роль глобальных источников сверхравновесного энерговыделения в ранней Вселенной, тестировать картину дозвездной эволюции Вселенной на масштабах от скоплений галактик до масс планет с косвенным тестом наличия сверхтяжелых частиц тем-

ной материи, получить уникальную информацию о физических параметрах и тонкостях процесса первичного нуклеосинтеза.

Подробный доклад по проблемам турбулентности, генерации магнитных полей, плазменной неустойчивости и вязкости межгалактической плазмы в скоплениях галактик, подготовленный совместно с зарубежными коллегами Стивом Коули, Франчайзом Ринко и Марком Розинном, представил А.А. Щекочихин из Лондонского Империял Колледжа. В развитие темы прозвучали выступления, в т.ч., о детальном изучении процесса разрушения холодных ядер скоплений во время их столкновения, результатах использования эффекта гравитационного искажения формы галактик для измерений массы скоплений, физике аккреции и звездообразования в активных ядрах галактик и определении масс черных дыр в рентгеновских двойных системах по спектральному индексу и квазипериодическим осцилляциям.



# РАН: предварительные итоги года

Одним из главных итогов минувшего года, объявленного Годом русского языка, несомненно, следует считать возрождение интереса к отечественной культуре. На очередном Общем собрании РАН вниманию членов академии были представлены доклады, позволяющие по-новому оценить творческое наследие великих российских прозаиков и поэтов с точки зрения передовой науки.

Современному этапу развития русистики было посвящено выступление академика А.Б. Куделина. Преемственность традиций в сочетании с инновационными технологиями может способствовать успешному поиску новых принципов и методов решения ряда нетрадиционных научных задач. Например, изучение восточнославянской исторической диалектологии в связи с реконструкцией древненовгородского диалекта и исследованиями берестяных грамот способствовало пересмотру некоторых положений истории русского языка.

К бережному отношению к «живому» языку призывал академик Ю.Д. Апресян, в своем исследовании подробно и всесторонне рассмотрев теоретические основы активного словаря, его эмпирическую базу и современные лингвистические технологии. По мнению докладчика, семантические правила и толкования, проблемы управления и сочетаемости в словаре, синтаксис и лексикализованная просодия должны быть доступны для понимания и применения не только авторам произведений, но и их читателям, также влияющим на чистоту, глубину и выразительность языковых средств.

Член-корр. А.М. Молдаван рассказал о национальном корпусе языка и проблемах русистики. Результатом филологических исследований является возникновение новых дисциплин — так, синтез ло-



Президент РАН Ю.С. Осипов

гики и лингвистики сформировал направление логического языкового анализа, в частности, анализа выражаемых в языке культурных концептов.

В ходе научной сессии была затронута и проблема подлинности «Слова о полку Игореве». Труды сотен филологов, обогатившие историческую лингвистику за последние века, позволяют сделать вывод о том, что если автор Слова — фальсификатор, то для точного соответствия всем принятым правилам и особенностям стиля того времени он должен был на десятки лет раньше других ученых предварительно изучить большой объем материала и открыть несколько десятков законов, среди которых фундаментальный принцип изменяемости языка во времени и тысячи фонетических, орфографических и грамматических особенностей, соответствующих рукописям разных регионов и лет. Веком ранее и Якоба Вакернагеля, определившего порядок подчинения расположения во фразе безударных служебных слов (энклитик) в древних индоевропейских языках, и А.И. Соболевского, установивше-

го факт использования особой орфографии южнославянского происхождения (с помощью которой написано Слово) в русских рукописях XV—XVI веков, фальсификатор должен был открыть и установить эти закономерности. По мнению академика А.А. Зализняка, предположить подделку можно только в том случае, если ее совершил не допустивший ни одной ошибки при создании Слова лингвист-фальсификатор — гений, пожелавший скрыть свою гениальность от человечества, поскольку никаких более свидетельств о его открытиях им не было оставлено.

Дополнение к восприятию русской классической литературы и формированию образа России в мире сделал член-корр. В.Е. Багно, а проблем, связанных с изучением русского языка в странах СНГ и Балтии, коснулся член-корр. В.А. Тишков. Архив А.П. Платонова в РАН был темой доклада член-корр. Н.В. Корниенко.

Разворот подготовил  
Леонид Раткин

Владимир Пивнюк

# ПОЧЕМУ СОЛНЕЧНО-ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА?

Рост потребностей в топливе и энергии при ресурсных и экологических ограничениях уже становится критическим фактором дальнейшего развития нашей экономики и делает актуальной своевременную подготовку новой энергетической концепции и технологии, способных удовлетворить существенную часть прироста энергетических потребностей страны, когда потенциал ископаемого органического топлива будет исчерпан

**Н**ынешние проблемы отечественной энергетики требуют серьезной корректировки энергетической политики, разработки и реализации новой концепции надежного энергообеспечения на основе гибких и высокоэффективных инновационных энергетических технологий и технических устройств.

**Сегодня уже не существует альтернативы опережающему и решительному развитию солнечно-водородной распределенной энергетики.**

Технологии солнечно-водородной энергетики как макротехнологии самого высокого уровня, вобравшие в себя весь спектр локальных технологий — от нанотехнологий и материаловедения до электрокатализа и электрохимии, — способны обеспечить ускоренное продвижение экономики страны по инновационному пути развития и создание базовых технологий шестого технологического уклада в промышленности. Они позволяют

преодолеть сложившиеся барьеры роста, решать задачи диверсификации структуры российской экономики и ослабления ее зависимости от сырьевого экспорта.

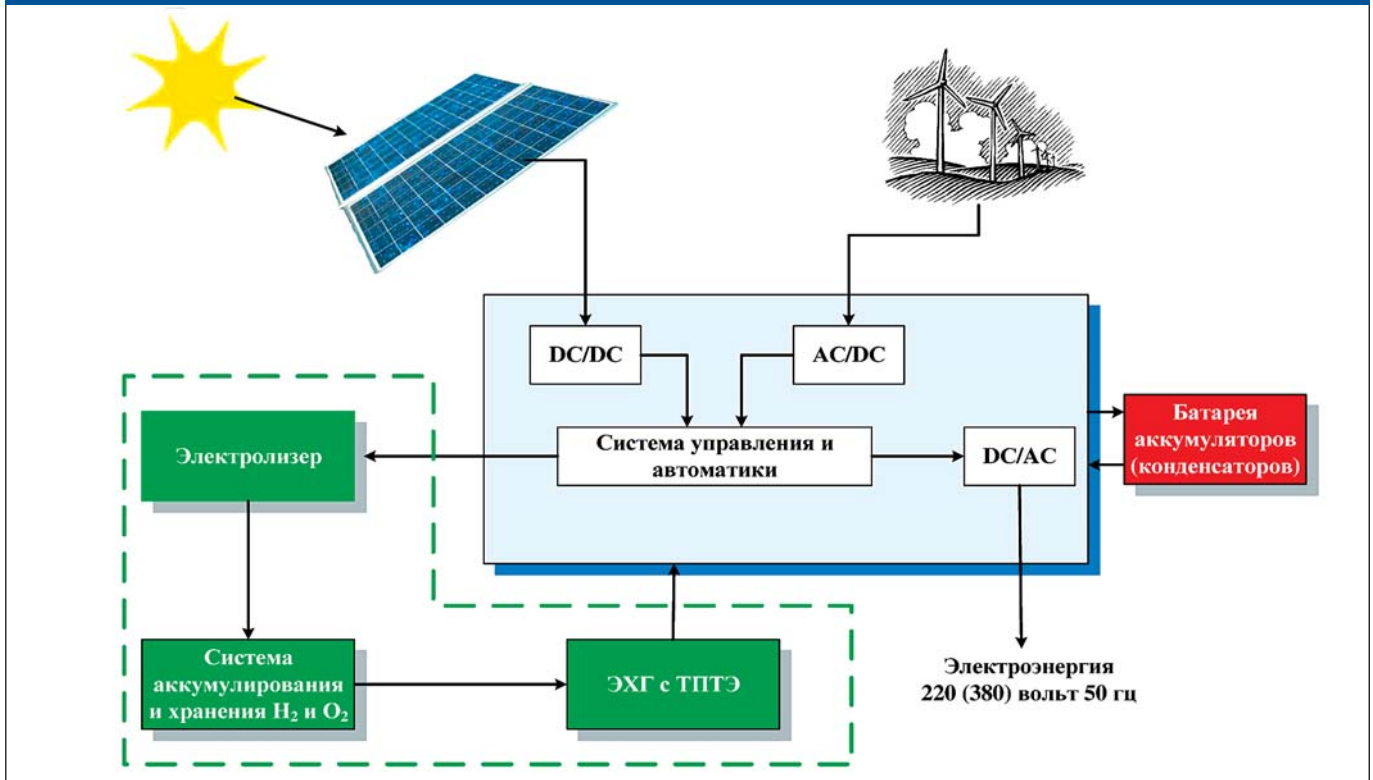
В 2003 г. «Норильский никель» совместно с РАН подписали долгосрочное Соглашение и утвердили Комплексную программу фундаментальных научных исследований и разработок в области водородных технологий, топливных элементов и возобновляемых источников энергии, направленную на создание научно-технического и технологического задела по инновационным энергетическим проектам.

Основная цель этой программы состоит в том, чтобы исследовать, разработать и выбрать конкурентоспособные технологии, пригодные для массового производства эффективных электрохимических энергетических установок на топливных элементах, дешевых способов производства, хранения, аккумуляирования и распределения водорода, а также высокоэффек-

тивных возобновляемых источников энергии. Она охватывает практически весь спектр инновационных энергетических и водородных технологий и направлена на ускоренную трансформацию результатов фундаментальных научных исследований и разработок в этих областях в конкурентоспособную наукоемкую продукцию, имеющую высокий потенциал рыночной коммерциализации.

В рамках этой программы объединены и скоординированы усилия лучших научных организаций РАН, государственных научных центров, КБ и промышленных предприятий. Всего в реализации этой Программы принимают участие около 120 научных и конструкторских организаций страны. Над решением научных проблем и созданием ключевых компонентов инновационных энергетических и водородных технологий работают 57 академиков и членов-корреспондентов РАН, свыше 1000 докторов и кандидатов наук.

**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ), ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ И ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**



Достигнутые по ряду технологий результаты позволили нам перейти к разработке принципиально новых энергетических установок на топливных элементах для электро- и теплоснабжения различных объектов жилищно-коммунальной и социальной сферы, нефтегазового комплекса, для системы автономного распределенного энергоснабжения, **в том числе с использованием в качестве первичного источника энергии солнечных фотопреобразователей.**

Для обеспечения коммерциализации результатов исследований и разработок, полученных на первом этапе, и создания пилотных образцов новых энергетических установок мы учредили ООО «НИК «НЭП», в составе которого сформирован

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский инновационно-инжиниринговый центр водородных технологий и возобновляемых источников энергии.

По существу, вновь учрежденная компания является своеобразным венчурным фондом, через который «Норильский никель» осуществляет инвестиции в исследования и разработки по водородным технологиям, а также корпоративным технопарком, в котором размещаются исследовательские лаборатории и проектно-конструкторские подразделения, разрабатывающие новые технологии и пилотные образцы рыночной инновационной продукции, а также ключевые компоненты водородной инфраструктуры: генераторы водорода, топливные

процессоры, устройства хранения и аккумулирования водорода, интегрированные (гибридные) энергетические установки на базе ТЭ, электролизеров, солнечных фотопреобразователей и ветротурбин.

В рамках указанной Программы мы провели также комплексные системные исследования широкого спектра проблем, связанных с первичными возобновляемыми источниками энергии, необходимой для производства водорода и, в первую очередь, **с использованием солнечной энергии.**

**Выбор эффективных первичных источников энергии, которые должны заменить исчерпаемые природные ресурсы органического топлива, является принципиальным вопросом построения и развития энергетической системы будущего.**

А выбор их весьма ограничен. Это солнечная энергия (и производная от нее энергия ветра), атомная (высокотемпературная с замкнутым топливным циклом), и, возможно,

**Сегодня уже не существует альтернативы опережающему и решительному развитию солнечно-водородной распределенной энергетики**

термоядерная. Вот, по существу, и весь выбор.

В ближайшие 30—40 лет серьезно можно рассчитывать только на солнечную энергию как наиболее доступную для ускоренного развития эффективных и конкурентоспособных солнечно-водородных технологий и энергетических систем.

**Объединение солнечной энергии и водорода позволяет в значительной степени ослабить серьезные недостатки солнечной энергии, пока еще ограничивающие ее широкое применение** — непостоянство во времени (суточные, сезонные и погодные колебания) и относительно невысокая плотность солнечного

## В настоящее время ни одному из известных методов использования солнечной энергии нельзя отдать предпочтение

энергетического потока, которая к тому же существенно варьируется в зависимости от широты места на поверхности Земли. Это чрезвычайно важно для нашей страны, территория которой расположена между 41 и 82 градусами северной широты. Среднегодовое значение плотности солнечного излучения на поверхность Земли с учетом сезонных и погодных колебаний для средней полосы России составляет 120 кВт/ч/м<sup>2</sup>. (Для сравнения — плотность теплового потока на стенки топки парового котла достигает нескольких сотен кВт/ч/м<sup>2</sup>).

Тем не менее **неисчерпаемость солнечной энергии**, ее огромные суммарные количества, во много раз превосходящие даже прогнозируемые потребности человечества в энергии, а также экологическая чистота ставят солнечную энергетику **на одно из первых мест в ряду возобновляемых источников энергии**. Технологии использования солнечной энергии активно развиваются во многих странах мира. Некоторые из них уже достигли коммерческой зрелости и успешно конкурируют на рынке энергетических услуг.

**К глубокому сожалению, наше отставание в этой весьма важной отрасли энергетики будущего просто катастрофично:** Россия среди этих стран практически не значится. Из более чем 1 ГВт установленной мощности солнечных фотопреобразователей в мире на долю России приходится менее одной сотой процента (свыше 85% установленной мощности солнечных фотопреобразователей приходится на долю Японии (почти 50%), США и Германии).

Для того чтобы быть использованной во всех возможных областях потребления, солнечная энергия, впрочем, как и ядерная, нуждается в посреднике — энергоносителе,

который мог бы донести вырабатываемую солнечную энергию в то место, где она нужна, и в том виде, в котором она может быть использована. **Таким энергоносителем может быть только водород, получаемый из воды.**

Мы провели анализ эффективности и конкурентоспособности отечественных и зарубежных технологических платформ солнечной энергетики (материалы анализа представлены) и считаем, что **в настоящее время ни одному из известных методов использования солнечной энергии нельзя отдать предпочтение. В то же время, по нашему мнению, наибольшим потенциалом конкурентоспособности обладают концентраторные солнечные батареи с гетероструктурными фотопреобразователями на основе элементов А<sup>3</sup>В<sup>5</sup> (арсенида галлия)**. По этим технологиям мы находимся на хорошем мировом уровне и реально можем добиться успеха в реализации концепции солнечно-водородной энергетики. В рамках Комплексной программы с РАН мы инвестировали в исследования и разработки по гетероструктурным фотопреобразователям около \$5 млн.

Мы пришли к пониманию целесообразности создания автономных интегрированных (гибридных) электрохимических энергетических установок на топливных элементах с использованием в качестве первичного источника энергии концентраторных солнечных батарей с такими гетероструктурными фотопреобразователями и ветротурбин, в которых для накопления вырабатываемой ими энергии используется реверсивная система электролизер — топливный элемент. Произведенные в электролизерах водород и кислород используются для выработки электричества батареей топливных элементов в те периоды, когда отсутствует солнечная или ветровая энергия.

Электролитическое производство водорода (и кислорода) совместно с топливными элементами, работающими на этих водороде и кислороде (воздухе), является эффективной технологической основой практического применения неустойчивых по своей природе солнечной и ветровой энергии при выработке электроэнергии для обеспечения автономного энергопитания различных объектов, удаленных от систем централизованного энергоснабжения, а также как источники бесперебойного питания.

Большие возможности хранения водорода в таких системах по сравнению с консервацией электричества в аккумуляторах способствуют выравниванию и балансу меняющихся нагрузок, характерных для солнечной и ветровой энергии, и позволяют использовать энергоресурсы, максимально адаптированные к региональным особенностям, более гибко сочетать централизованные и децентрализованные источники энергии, особенно для отдаленных мест и объектов (северных территорий, горных поселений, фермерских хозяйств, островов и т.п.). ■

**Владимир Алексеевич Пивнюк** — вице-президент ОАО «ГМК «Норильский никель»».

## Открытая книга



Капица С.П. Мои воспоминания.  
М.: РОССПЭН, 2008.

Несмотря на то что книга не претендует на всеобъемлющий охват биографии ученого, избранные главы, отдельные эпизоды, выстроенные в хронологическом порядке, создают для читателя полную картину жизни автора. Поскольку все тексты изначально наговаривались на магнитофон, они сохранили неповторимую интонацию живой разговорной речи. Действие перебрасывается из одной эпохи в другую, сохраняя главное — цельность создаваемого образа. По мнению самого С.П. Капицы, «воспоминания имеют смысл, когда они соединяют время, связывая настоящее с прошлым и имея в виду будущее». Вспоминая, автор снова переживает минувшее, делится своими мыслями о пережитом много лет назад. В результате перед читателем возникает многоплановая ретроспектива, где судьба человека отражает историю его страны, а иногда и всего мира.

Даже небольшой «случай из жизни», из которых и состоит эта книга, оказывается своеобразным ключом к пониманию важнейших процессов, происходивших в стране на протяжении многих десятилетий. Вместе с тем на фоне событий возникают колоритные портреты тех, с кем автору довелось встретиться. Из них сложилась впечатляющая портретная галерея, дополняемая богатым фоторядом. В ряде случаев авторская речь перемежается воспоминаниями других лиц, но такой прием только обогащает основное повествование, придавая ему своеобразную полифоничность в соответствии со словами автора: «Пока ты жив — воспоминания остаются открытой книгой».

## Культура Возрождения

Эпоху Возрождения и ее культуру в России изучают почти полтора века, но только сейчас появилась первая богато иллюстрированная энциклопедия, обобщающая столь огромный эмпирический материал.

Авторы рассматривают культуру Возрождения как единое явление, в котором равноправно существовали искусство, архитектура, география, книгопечатание и политика. Впервые читателю представлен материал о христианской составляющей эпохи. В книгу вошли статьи, посвященные религиозным мыслителям и крупнейшим деятелям церкви (Жану Бодену, Франческо Гваццо, Максиму Греку). Рассматриваются и сопоставляются совокупности духовных ценностей народов Европы, Востока и Средней Азии.

Концепция отличается многополярным подходом, поскольку над ней работали представители практически всех научных школ, существующих в России. Описываемые явления и понятия получились объемными и выпуклыми в силу того, что в их освещении принимали участие те исследователи, которые сделали основной вклад в их изучение.

Каждая статья написана как небольшое законченное исследование, сопровождается обстоятельной библиографией и соответствующим иллюстративным рядом. Изложение отличается ясностью, четкостью, простотой и в то же время максимально насыщено научно доказанными фактами. Поэтому энциклопедия окажется полезна и специалистам, и читателям широкого профиля.



Культура Возрождения:  
Энциклопедический словарь. Т.1.  
М.: РОССПЭН, 2008.



Анатолий Гендин, агентство «Локатор»

# ВИНО БЕЗ ВОЗРАСТА

Рассказывая о винах, обычно говорят: это вино такого-то года или такого-то урожая. А почему у испанского хереса нет возраста?

Андалусийский херес (*jerez*) — это, пожалуй, самое известное во всем мире испанское вино. Производят его в основном из винограда «паломино» (*Palomino*) на небольшой территории в окрестностях старинного города на юге страны Херес-де-ла-Фронтера, который, собственно, и дал когда-то свое имя знаменитому теперь крепленому вину, в котором содержится от 15% до 20% алкоголя.

Технологическая изюминка хересного производства связана с особой укладкой больших бочек емкостью 500 л, в которых и созревает вино.

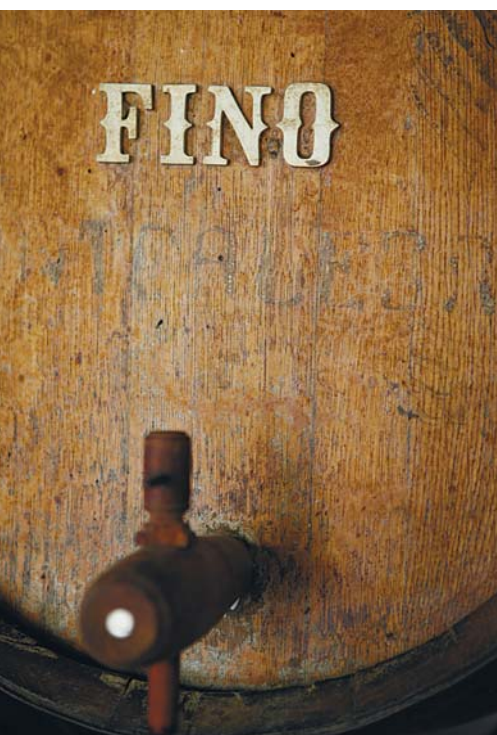
Они лежат в подвалах штабелями в несколько этажей — от 3 до 5—6 у крупных производителей. Самый нижний ряд называется «солера» (*solera*), от испанского слова *suelo* — «земля, пол». В широком смысле солерой называется и вся бочковая кладка такого рода, и вообще хересная технология. Все остальные ряды бочек — это «криадерос» (*criaderos*), «питомники», порядковые номера им присваивают снизу вверх. Молодое вино заливают в верхний ряд бочек, для него освобождают место, последовательно переливая часть содержимого (не более трети) из верх-

них бочек в нижние. Эта трудоемкая процедура проводится несколько раз в год и называется «сака» (*saca*). В бутылки разливают готовый к употреблению херес из самого нижнего ряда. Вот так и получается, что у хереса нет возраста — в том смысле, что у конкретной бутылки нет и быть не может привязки к урожаю определенного года, в солере все давно перемешалось и унифицировалось.

Существует несколько классических хересных стилей. В первую оче-



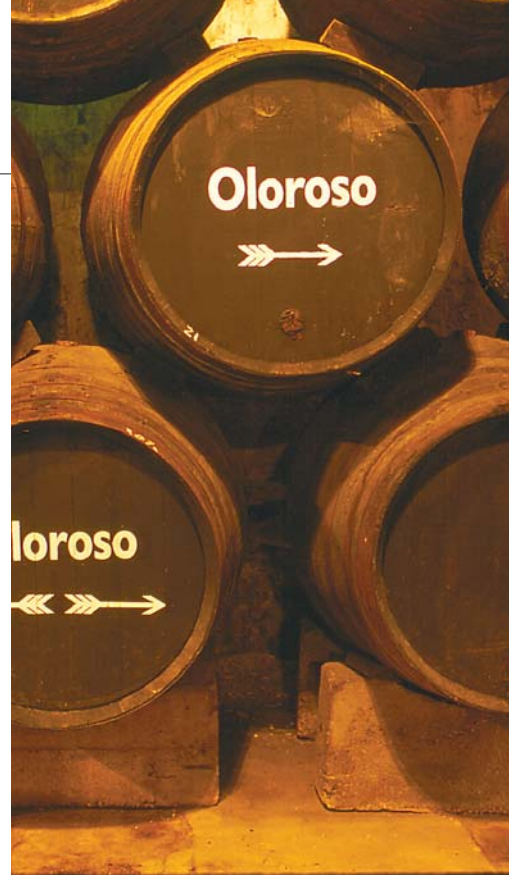
редь это очень сухой, легкий и освежающий «фино» (*fino*) характерного бледно-золотого цвета. Он созревает в бочках, наполненных примерно на пять шестых своего объема, под слоем особой дрожжевой культуры, предохраняющей вино от контакта с воздухом и, соответственно, окисления. Называется этот слой *velo de flor*, буквально «цветущее покрывало», по-научному — *Mycoderma vini*, и по запаху очень напоминает свежее дрожжевое тесто. Именно этот пенистый слой толщиной в несколько сантиметров обеспечивает сухому хересу его специфические аромат и вкус. Содержимое бочек крепится винным спиртом



до 15%, чем и создается оптимальный режим для развития полезной дрожжевой культуры. Многочисленные попытки в точности воспроизвести этот уникальный грибок где-либо еще успехом не увенчались, поэтому испанцы очень спокойно относятся к иностранным винам с аналогичным названием — не те это хересы, не похожи они на оригинал.

В андалусийском городе Санлукар-де-Баррамеда делают особый вид хереса, фактически вариант *fino*, называется он «мансанилья» (*manzanilla*, буквально «яблочный») — из-за легкого аромата свежих зеленых яблок, который придает этому напитку уникальный микроклимат. Примечателен херес из Санлукара еще и солоноватым привкусом; скорее всего, его навевал морской бриз из Атлантики. Херес «амонтильядо» (*amontillado*) темнее и мягче *fino*, для него характерны янтарно-медовый цвет и орехово-изюмные тона. А цвет классического хереса «олоросо» (*oloroso*) сами андалусийцы сравнивают с красным деревом; это вино отличается очень долгими сроками хранения без всякого ущерба для качества — до 100 лет и более. Как разновидность *oloroso* рассматривают херес «пало кортадо» (*palo cortado*); это вино сначала развивается под дрожжевой пленкой как *fino*, а заканчивает уже без нее как *oloroso*.

В зависимости от стиля конкретных хересов различаются и рекомендации по их употреблению. Хересы *fino* и *manzanilla* — классические аперитивы; андалусийцы употребляют их и как обычное столовое вино с некоторыми сортами рыбы, морепродуктами и даже супами: столовая ложка сухого хереса, добавленная уже на столе в любой бульон, особенно из бычьих хвостов, придает ему редкостно изысканный вкус. *Amontillado* хорошо идет с твердыми, сильными сырами и жирной рыбой, *oloroso* неплохо сочетается с красным мясом, дичью, сырами. А хересы из очень сладкого винограда Педро Хименес (*Pedro Ximenez*) — темно-шоколадные до черноты и сладкие до ломоты в зубах — сами по себе являются отличным десер-



том. Хороши они также с голубыми сырами, мороженым, выпечкой и просто со свежими фруктами.

Кроме разнообразных хересов в Андалусии производят еще и хересный бренди (*Brandy de Jerez*) — крепкий (40—43% алкоголя) и душистый. Изначально для бренди использовали только основной хересный сорт винограда «паломино». При перегонке каждой партии виноматериалов отделяют начальные и конечные части дистиллята (так называемые «голова» и «хвосты»), а для дальнейшего производства используют только среднюю часть («сердце»), содержащую 65—70% алкоголя. Этот крепчайший полуфабрикат называется странным для испанского уха словом «оланда» (*holanda*), т.е. «голландский»: в свое время именно в Голландию отправляли основную массу производившегося в Испании винного спирта.

Со временем уже готовые спирты стали завозить из центральных районов Испании, но выдерживают их исключительно в хересных бочках и по уже известной нам солерной технологии, время от времени переливая часть содержимого (не более трети) из верхних бочек в нижние. Готовую продукцию опять-таки разливают из самого нижнего ряда. При таком подходе конечный про-



дукт всегда получается одного и того же вкуса, аромата и качества — независимо от особенностей урожая конкретного года. В этом и состоит основное отличие хересного бренди от остальных.

Употребляют хересный бренди в основном как дижестив, после еды; есть любители пропустить рюмку-другую и в процессе приема пищи, между блюдами. Этот ароматный

напиток добавляют в мороженое, традиционно смешивают его и со сладкими андалусийскими винами. Используют хересный бренди и в современных коктейлях — например в сочетании с различными колами и тониками, фруктовыми соками, сухими винами, экзотическими ликерами, пряными травами, молоком, шоколадом и льдом.

Хересный уксус — это разновидность винного уксуса, но делают его не буквально из хереса, т.е. уже готового крепленого вина, а из такого же виноградного сула, которое идет и на производство хереса. У этих двух популярных продуктов из Андалусии много общего в технологии производства.

Выдерживают такой уксус в дубовых бочках из-под того же хереса, что существенно обогащает его характерными ароматами и вкусовыми оттенками знаменитого вина. Сами бочки точно так же укладывают штабелями-солерами, и время от времени частично переливают более молодой уксус из верхних бочек в нижние, где хранится более старый. Готовый продукт разливают на продажу из самого нижнего ряда. Некоторым уксусным солерам уже

более ста лет, так что в каждой бутылочке уксуса из этих бочек теоретически есть несколько капель столетней давности. Бывает и так называемый «винтажный» уксус, сделанный из винограда конкретного урожая и выдержанный в отдельных бочках вне традиционной солеры; в этом случае на этикетке указывают год урожая. В любом случае хранятся бочки с уксусом в отдельном помещении подальше от винных — их соседство с хересом может плохо сказаться на развитии вина. По этой же причине у многих виноделов уксусное хранилище вообще размещено совсем в другом месте, не там, где основное, винное производство.

В продажу хересный уксус поступает в таких же характерных бутылках с винтовыми пробками, что и херес, только объемом поменьше — 0,375 и 0,5 л. Впрочем, иногда его разливают и в стандартные для этого крепленого вина бутылки емкостью 0,75 л; с другой стороны, и херес можно встретить в маленьких бутылочках, так что для верности нужно внимательно всматриваться в этикетки и искать на них слова *Vinagre de Jerez*. Правильный хересный уксус выходит не только кислым, как ему и положено, но и откровенно вкусным: он совсем не агрессивен, скорее сладковат, с явными карамельно-ванильными оттенками сухофруктов, орехов и даже шоколада, а по цвету напоминает красное дерево разных оттенков.

Сфера применения качественного хересного уксуса очень широка. Он нужен не только для разнообразных салатов и многочисленных маринадов, но и для целого ряда других типичных для андалусийской кухни рецептов. Добавляют его даже в сладкие фруктово-ягодные соусы и сиропы — например в клубнично-ванильный. ■

**Анатолий Александрович Гендин** — кандидат исторических наук, гастрономический журналист, писатель, автор серии гастрономических путеводителей «АТЛАС ГУРМАНА», директор информационного агентства «Локатор».





ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC  
AMERICAN

# В мире науки

www.sciam.ru

Подробности по телефонам:  
105-03-72 и 727-35-30



ЛУЧШИЕ МАТЕРИАЛЫ ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ»,  
О ТАЙНАХ МОЗГА И СОЗНАНИЯ —  
ТЕПЕРЬ НА CD-ДИСКАХ



## Читайте в следующем выпуске журнала

### БУДУЩЕЕ ФИЗИКИ

Большой адронный коллайдер (*Large Hadron Collider, LHC*), самый грандиозный и сложный проект во всей истории физики, близится к завершению: его запуск запланирован на текущий год. Вне зависимости от того, что обнаружит *LHC*, он откроет новую эру физики элементарных частиц

### БЕСПОКОЙНЫЙ ЛЕД

Большие массы воды, недавно обнаруженные под полярными ледниками, могут способствовать катастрофическому повышению уровня воды в Мировом океане

### МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ РАДИОМЕТКИ

Радиочастотные опознавательные метки (*Radio-frequency identification, RFID*), которыми маркируют все товары, ускоряют обслуживание покупателей в больших торговых центрах. Однако сегодня созданы микроскопические радиочастотные метки, имеющие совершенно другое назначение: борьбу с подделками

### ТВОИ КЛЕТКИ — МОИ КЛЕТКИ

Организм почти каждого человека содержит не только собственные клетки, но и небольшое количество клеток генетически отличных индивидов — матери, или, если это рожавшая женщина, — детей. Что же делают эти чужаки в нашем теле?

### ГОРОДА НАУКИ

Бразильский нейробиолог Мигель Николеллис изучает электрическую активность нейронов головного мозга для создания роботизированных протезов и мечтает о раскрытии потенциала соотечественников путем строительства городов науки

# КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые Вы хотите получить, а также Ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанному в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
  - по адресу 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки»;
  - по электронной почте [m\\_biruykova@sciam.ru](mailto:m_biruykova@sciam.ru);
  - по факсу 925-03-72.

Подписку можно оформить со следующего номера.

Уважаемые подписчики! Доставка журнала осуществляется по почте заказным письмом.

## БЛАНК ЗАКАЗА ПРЕДЫДУЩИХ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												
2003 г.												

Цена за один номер журнала **80 руб. 00 коп.**

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Индекс \_\_\_\_\_

Область \_\_\_\_\_

Город \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_

Дом \_\_\_\_\_ Корп. \_\_\_\_\_ Кв. \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

## БЛАНК ПОДПИСКИ

- Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу **840 руб. 00 коп.**
- Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу **1680 руб. 00 коп.**

Цена за один номер журнала по подписке в 2008 г. **100 руб. 00 коп.** (без учета стоимости доставки)

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Индекс \_\_\_\_\_

Область \_\_\_\_\_

Город \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_

Дом \_\_\_\_\_ Корп. \_\_\_\_\_ Кв. \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

Дата рождения \_\_\_\_/\_\_\_\_/19\_\_\_\_

ЗАО «В мире науки»  
 Расчетный счет 40702810100120000141  
 в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187  
 Корреспондентский счет 30101810700000000187  
 ИНН 7709536556; КПП 770901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

ЗАО «В мире науки»  
 Расчетный счет 40702810100120000141  
 в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187  
 Корреспондентский счет 30101810700000000187  
 ИНН 7709536556; КПП 770901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		
Плательщик		

## ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

- по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970; «Почта России», подписной индекс 16575
- на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970
- Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, комн. 409, тел./факс (495) 105-03-72
- В ООО «Едиториал УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (495) 135-42-16.
- В книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА» (тел. 409-93-28): г. Долгопрудный, новый корпус МФТИ; г. Зеленоград, МИЭТ, 4-й корпус
- В интернет-магазинах: [www.ozon.ru](http://www.ozon.ru), [www.setbook.ru](http://www.setbook.ru), [www.urss.ru](http://www.urss.ru)

