

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC  
AMERICAN

# В мире науки

№09 2009

## ПРОЩАЙ, НЕФТЬ?

**Биотопливо второго поколения**

### ЛЕВЫМ-ПРАВЫМ!

Разделение функций полушарий мозга – не привилегия человека

### С НОЧНОГО СВЕТИЛА НА КРАСНУЮ ПЛАНЕТУ

Заметки единственного в мире ученого, побывавшего на Луне

### БИТВА ЗА БИВНИ

Как остановить браконьеров, истребляющих слонов

ISSN 0208-0621



09009



9 770208 062001 >

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

# содержание

СЕНТЯБРЬ 2009



## ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 18 КОСМИЧЕСКИЕ ПОЛЕТЫ  
ОТ ЛУНЫ ДО МАРСА**  
**Харрисон Шмитт**  
*Единственный в мире ученый-геолог, побывавший на нашем естественном спутнике, дает ценные советы тем, кому предстоит в будущем посетить Красную планету*
- 26 БИОТОПЛИВО  
САМОЕ ЗЕЛЕНЕЕ ТОПЛИВО**  
**Брюс Дейл и Джордж Хьюбер**  
*Специалисты превращают сельхозотходы, древесину и быстрорастущие травы во всевозможные виды биотоплива, пригодного даже для реактивных двигателей*
- 34 ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА  
САНИТАРЫ ПОЧВЫ**  
**Василий Янчилин**  
*Загрязненную нефтепродуктами почву можно очистить с помощью специально подготовленных микробов*
- 40 МЕДИЦИНА  
НОВЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ СО СМЕРТЕЛЬНО ОПАСНЫМИ  
МИКРООРГАНИЗМАМИ**  
**Кристофер Уолш и Майкл Фишбах**  
*В поисках более эффективных антибиотиков биологи используют новые инструменты и подходы*
- 48 ГЕНЕТИКА ОБРАЗА ЖИЗНИ  
ГЕНЫ, КОТОРЫЕ МЫ МЕНЯЕМ: ВРЕДНЫЕ ПРИВЫЧКИ И ЭПИГЕНЕТИКА**  
**Олег Сеньков**  
*Как показывают исследования постгеномной эры, гены — сложные полиморфные молекулярные наномашинны, чутко реагирующие на любые изменения окружающей среды и образа жизни их обладателя — человека*
- 58 НЕЙРОБИОЛОГИЯ  
ЛЕВОЕ И ПРАВОЕ**  
**Джордж Валлортигара, Питер Макнейлидж и Лесли Роджерс**  
*Разделение труда между двумя полушариями головного мозга, ранее считавшееся уникальной особенностью человека, возникло за полмиллиарда лет до появления первых людей*
- 68 ПСИХОЛОГИЯ  
ЛОВУШКА ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССА**  
**Дэвид Доббс**  
*Все больше экспертов утверждают: само понятие «посттравматическое стрессовое расстройство» зыбко, что приводит к тяжелым последствиям для многих военнослужащих*
- 74 ОХРАНА ПРИРОДЫ  
СПАСТИ СЛОНА!**  
**Сэмюел Вассер, Билл Кларк и Кэти Лори**  
*Новые криминалистические методы, основанные на анализе ДНК, могут помочь в борьбе с нелегальным отстрелом африканских слонов ради их бивней*

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

Корреспонденты: Е.В. Кокурина, Д.А. Мисюрлов

Над номером работали:

А.Н. Божко, А.В. Ващенко, А.Н. Воинов,  
А.А. Гендин, А.Р. Кадырова, Т.М. Колядич,  
Т.Н. Лапшина, Т.А. Митина, Б.И. Перлина, И.П. Прошкина,  
И.Е. Сацевич, О.В. Сеньков, В.Г. Сурдин, А.П. Худoley,  
Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская, В.Л. Янчилин

Научные консультанты:

директор Института биохимии и физиологии  
микроорганизмов (ИБФМ), заведующий лабораторией  
биологии плазмид, член-корреспондент РАН А.М. Боронин,  
кандидат физико-математических наук В.Г. Сурдин

Арт-директор: Л.П. Рочева

Корректурa: Я.Т. Лебедева

Секретарь: И.И. Сорина

Генеральный директор  
ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

PR-менеджер: П.П. Мостинский

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Бухгалтер: Ю.Е. Полякова

Отдел распространения, подписка: Л.Р. Исмагилова  
Л.В. Леонтьева

Веб-сайт: А.П. Цыганков

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 ИД «Медиа-Пресса», 127147, Москва, ул. Правды, д. 24.  
Заказ № 91615

© В МИРЕ НАУКИ

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.

Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

ЗАО «В мире науки» входит в состав Гильдии издателей  
периодической печати

Тираж: 11 600 экземпляров

Цена договорная.

Передача 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,  
Michelle Press, Michael Shermer,  
Sarah Simpson, W. Wayt Gibbs

Chairman: Brian Napack

President: Steven Yee

Vice President and managing director,  
international: Kevin Hause

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

## 3 ЧТО ДЕЛАТЬ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ

## 4 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

## 6 СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

- Эволюция в пробирке
- Зона соблазна
- Свиной грипп под прицелом
- Детские мысли
- Хорошая растяжка
- То слишком мало, то слишком много
- Мрак по соседству
- Эпицентр возникновения человечества

### ЛАБОРАТОРИЯ ВКУСА

## 90 УСЫ ИЛИ КЛЕШНИ? ИЗ ЖИЗНИ МОРСКИХ ПРОДУКТОВ

Анатолий Гендин

*Чем омар отличается от лобстера, а лангуст от креветки, что такое нулевая устрица, и как правильно приготовить и употребить морских обитателей*

## ОБЗОРЫ:

## 84 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

## 86 ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ

## 94 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ



# Что делать с глобальным потеплением

Повысьте цену на ископаемое топливо и отдайте доходы потребителю

7 декабря в Копенгагене состоится сессия Рамочной конвенции ООН об изменении климата, призванная прояснить один вопрос: что сделано за пятилетний период реализации Киотского протокола для уменьшения выбросов парниковых газов? США не ратифицировали этот документ, но если эта страна уклонится еще раз, Копенгаген может оказаться не в состоянии получить обязательства и от других государств. Это рецепт климатической катастрофы. Чтобы показать мировым лидерам, что США серьезно относятся к сокращению собственной эмиссии углерода, американские законодатели должны поднять цену на использование ископаемого топлива.

Но как это сделать максимально безболезненно? Для многих экономистов налог с конечных пользователей — самый естественный подход. Однако Конгресс его не одобрит. Прошлой осенью президент Барак Обама призывал к внедрению практики «ограничить и торговать», которая подразумевает продажу с аукциона квот на эмиссию углекислого газа.

Необходимо создать механизм, который позволит избежать ловушек, сводящих на нет эффективность европейских усилий по выполнению Киотского протокола. Европейская схема торговли разрешениями на выбросы (ETS) оказалась несостоятельной. Чрезмерное количество квот привело к диким колебаниям в цене. Некоторые из самых злостных загрязнителей Европы получали случайную прибыль.

План президента Обамы относительно «стопроцентного аукциона» квот на эмиссию искоренил бы многие из этих недостатков. Разрешения продавались бы, а не распределялись бесплатно. Ограничения устанавливались бы после консультаций со специалистами, что позволило бы достичь существенного сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Рынок, работающий в пределах ограничений, минимизировал бы нагрузку, распределяя затраты. Поставщики энергии могли бы купить, продать и обменять свои квоты — и затем передать дополнительные расходы своим клиентам.

Не удивительно, что поставщики энергии и их сторонники в Конгрессе противостоят этому предложению. Если правительство не будет распределять квоты бесплатно, говорят они, потребителей ждет повышение

цен. Прискорбно, но правительство готово пересмотреть план «стопроцентного аукциона».

Однако, есть способ сдерживать колебания цен на ископаемое топливо, не опустошая бумажники потребителей: передать доходы с аукциона гражданам в качестве льгот. Энергия от ископаемого топлива стала бы более дорогой, как и должно быть, а льготы помогли бы возместить ее добавочную стоимость потребителю. Политически этого могло быть достаточно, чтобы выиграть партию. Питер Барнс (Peter Barnes), предприниматель, продвигающий этот механизм в течение многих лет, называет его «ограничение и дивиденд».

Вот как этот механизм мог бы работать: ежегодно Конгресс устанавливал бы ограничения на ископаемые виды топлива, извлеченного компаниями на переработке нефти, угля и природного газа, которых, по мнению Дэвида Вейсбаха (David A. Weisbach) из Университета Чикагской юридической школы, «меньше 3 тыс. юридических лиц» — плюс некоторое количество импортного сырья. Ограничения были бы реализованы в виде квот, которые будут предлагаться на аукционе, а минимальная цена устанавливалась бы исходя из текущей ситуации. Право купить квоты имели бы только вышеназванные 3 тыс. производителей энергии. Чтобы упростить законодательство и исключить правонарушения, доходы необходимо было бы направлять непосредственно американским гражданам.

Чтобы способствовать ограничению выбросов в будущем, разрешения должны заканчиваться, например, раз в год. Это помогло бы системе оперативно реагировать на изменения содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере и давать всем сторонам шанс приспособиться к программам. Это также позволяло бы некоторым эмитировать производные ценные бумаги, основанные на эмиссионных квотах.

Глобальное потепление — реальная проблема. США должны принять участие в ее решении. Мы убеждаем Конгресс установить ограничения на добычу и использование ископаемого топлива перед форумом в Копенгагене. Никакие меры не будут идеальными, но действуя сегодня, мы выигрываем время, чтобы оптимизировать систему завтра. Давайте не позволим лучшему быть врагом хорошего. ■

## ■ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ■ ПЕРФОРАЦИОННЫЕ КАРТЫ ■ ЗЕМЛЯНЫЕ ЧЕРВИ ■

### СЕНТЯБРЬ 1959

**НЕТ ЯДЕРНЫМ ИСПЫТАНИЯМ.** «Что можно умозаключить об ионизирующем излучении? Оно всегда было с нами и с нами пребудет. Наша генетическая система, вероятно, хорошо приспособилась в процессе естественного отбора к нормальному радиационному фону. Дополнительное излучение повышает частоту мутаций, большинство которых вредны. Радиоактивный выброс большого объема ведет к росту числа онкологических заболеваний; однако небольшие добавочные порции, возможно, чреватые тем же. Ввиду подобной опасности представляется разумным прилагать все возможные усилия, чтобы максимально понизить уровень ионизирующего излучения, которому мы подвергаемся. Что же касается испытаний ядерного оружия, то совершенно обоснованным представляется вывод, что они вносят свой, пусть и небольшой вклад в усиление мирового радиационного фона. Уже только по этой причине ядерные испытания должны быть прекращены». — Джордж Бидл (George W. Beadle), лауреат Нобелевской премии по медицине (1958) за исследования по генетике микроорганизмов.

### СЕНТЯБРЬ 1909

**ПЕРЕПИСЬ НАСЕЛЕНИЯ.** Пересчитывать в конце каждого десятилетия всех мужчин, женщин и детей Соединенных Штатов — одно из самых грандиозных мероприятий, которые призвано взять на себя правительство. Для облегчения процесса подсчета при тринадцатой переписи населения стали применяться машины, изобретенные Джеймсом Пауэрсом (James Powers), техническим экспертом Бюро переписи, успешно опробованные при последней переписи на Кубе и уже используемые Отделом демографической статистики. Механический метод подсчета населения требует двух типов машин. Ключевой компонент всей системы — перфорационная карта, содержащая данные, собранные счетчиками в домах каждого уголка страны. На перфоркартах есть сведения и об отраслях и мощностях нашей промышленности, а также об уровне нашего благосостояния.

### 300 ЛЕТ ПЛАВАНИЮ ГЕНРИ ГУДЗОНА.

Корабль «Полумесяц» отплыл из Амстердама 4 апреля 1609 г. с командой из 18 голландцев и англичан на борту; 3 сентября парусник бросил якорь в бухте Санди-Хук (Нью-Джерси). Неделя была потрачена на то, чтобы исследовать залив на шлюпке, в результате был найден «хороший путь между

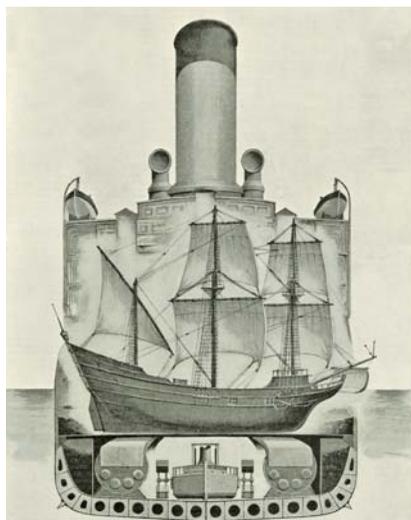
двумя мысами» (пролив Нарроус), которым судно и вошло 12 сентября «в самую прекрасную реку, которую только можно найти», позже названную по имени капитана команды Гудзоном. Когда точная копия «Полумесяца» прибыла на пароходе *Soestdyk* из Голландии на Бруклинский государственный военно-морской кораблестроительный завод и была спущена на воду при помощи плавучего крана, всеобщее изумление вызвала миниатюрность судна: оно оказалось не больше, чем маленький буксир.

### СЕНТЯБРЬ 1859

**О ПОЛЬЗЕ ЧЕРВЕЙ.** Обычный земляной червь, к которому привыкли относиться презрительно и даже при любой возможности уничтожать, — весьма полезное создание. Согласно Чарлзу Дарвину, черви обрабатывают почву, осуществляя под землей примерно то же, что человек делает лопатой в саду или плугом на пашне. На полях, удобренных известью, мергелем или пеплом, качество почвы со временем весьма улучшается. Фермеры приписывают это влиянию удобрений, хотя на самом деле это следствие деятельности червей. Дарвин отмечает: «Черви перемешивают грунт, и на поле, покрытом мергелем, через 80 лет возникает слой плодородной земли толщиной более 30 см».

**ХЛОПКОВЫЙ РЫНОК.** Завершился сельскохозяйственный год хлопка, и он был богат событиями. В предыдущий год финансовой паники резко снизилось потребление, вследствие чего на руках торговцев остались серьезные излишки непроданного товара, а на складах производителей — большие запасы неизрасходованного сырья. Нынче вновь воцарившаяся на рынке стабильность сопровождалась обильным урожаем, дешевизной продовольствия, понижением расценок на перевозку и повышением уровня потребления, что позволяет надеяться на реализацию всего урожая. К январю продажи и в стране, и за границей осуществлялись очень успешно и по растущим ценам.

**ЗЛОВЕЩЕЕ СУКНО.** Наши джентльмены облюбовали в качестве национального одеяния подогнанный по фигуре костюм из тонкого черного сукна. Иностранцы, вероятно, думают о нас, что мы все время в трауре: мы путешествуем в черном, отдыхаем в черном, работаем в черном. Даже поденщики выбирают для своей одежды все ту же неизменно черную ткань. Ко всему прочему она слишком тонка, чтобы согреть зимой, и слишком темна, чтобы остудить летом. ■



300 ЛЕТ СУДОСТРОЕНИЯ. «Полумесяц» Генри Гудзона, показанный в масштабе с поперечным сечением лайнера «Мавритания», установившего рекорд скорости пересечения Атлантического океана в 1909 г.



КРАСНОЯРСКАЯ  
ЯРМАРКА  
КНИЖНОЙ КУЛЬТУРЫ

КРАСНОЯРСК, МВДЦ "СИБИРЬ"

4-8  
ноября  
2009

## ВЫСТАВКА-ПРОДАЖА + КНИЖНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ

КНИЖНЫЙ  
ФЕСТИВАЛЬ  
В РАМКАХ ЯРМАРКИ  
ВКЛЮЧАЕТ  
СЛЕДУЮЩИЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ:

КНИГА  
КАК ПРОДУКТ:

цикл мероприятий для профессионального книжного сообщества

КНИГА  
КАК ИСКУССТВО:

выставки, музыкальные и видеопрограммы, инсталляции, перформансы, мастер-классы по книжному дизайну

КНИГА  
КАК СОЦИАЛЬНЫЙ  
ИНСТИТУТ:

дискуссии и круглые столы о состоянии современной литературы

ЦЕЛИ ПРОЕКТА:

ПРОПАГАНДА КНИГИ И ЧТЕНИЯ КАК КУЛЬТУРНОГО ДОСУГА;  
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЛУЧШИХ РОССИЙСКИХ ИЗДАТЕЛЕЙ И  
СТИМУЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КНИГИ В СИБИРИ;  
ИНТЕГРАЦИЯ ФРАГМЕНТИРОВАННОГО КУЛЬТУРНОГО  
СООБЩЕСТВА СИБИРСКОГО И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНОВ;  
РАСШИРЕНИЕ ЧИТАТЕЛЬСКОЙ АУДИТОРИИ И ПОВЫШЕНИЕ  
СТАТУСА ПИСЬМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ.

официальная страница ярмарки:  
[www.prohorovfund.ru/projects/bookfair](http://www.prohorovfund.ru/projects/bookfair)



Фонд  
Михаила  
Прохорова



сибирь  
федеральный  
высший учебно-научно-исследовательский центр  
имени Карена Мурадяна



# ЭВОЛЮЦИЯ В ПРОБИРКЕ

Еще один шаг к созданию искусственной жизни



**РАСТУЩАЯ ЖИЗНЬ.** Способные к самовоспроизводству молекулы РНК ветвятся в горизонтальной плоскости от центральной нити ДНК. Подобные РНК в пробирке демонстрируют большую часть признаков эволюции. Однако такая синтетическая прежизнь, в отличие от жизни настоящей, не способна развить способности, обеспечивающие появление новых функций

Когда Джералд Джойс (Gerald F. Joyce) увидел результаты эксперимента, первым его побуждением было немедленно опубликовать полученные данные. После многих лет работы он и его студент Трэйси Линкольн (Tracey Lincoln) наконец обнаружили короткие, но очень важные последовательности РНК, которые при смешивании с водным раствором более простых строительных блоков могут удваиваться в числе снова и снова, умножаясь десятикратно за несколько часов

и продолжая реплицироваться до тех пор, пока есть пространство и исходный материал.

Но Джойс не был полностью удовлетворен. Профессор и декан в Исследовательском институте им. Скриппса в Ла-Хое, штат Калифорния, 53-летний молекулярный биолог — один из отцов-основателей гипотезы «мира РНК». Эта точка зрения гласит, что, возможно, жизнь в том виде, в котором мы ее знаем, т.е. жизнь на основе ДНК и белков-ферментов, где РНК выступает по большей части в качестве переносчика генетической информации, развилась из более простых пребиотических систем, в основе которых были преимущественно или исключительно молекулы РНК. Конечно, эта идея имеет право на существование только в том случае, если РНК способны эволюционировать сами по себе. Профессор считает, что синтезированная им искусственная РНК отчасти представляет собой доказательство того, что такое возможно. Получив первичные результаты, они с Линкольном провели следующий год, изменяя полученные молекулы, наблюдая за их самопроизвольными мутациями и ходом естественной конкуренции, в которой выигрывает сильнейший (т.е. наиболее приспособленный).

В январе, за месяц до 200-летия со дня рождения Чарлза Дарвина, они опубликовали предварительные результаты в *Science*. Их небольшая «система в пробирке» на самом деле демонстрирует практически все основные признаки дарвиновской эволюции. Изначально в ней существовали 24 варианта самореплицирующихся РНК, которые воспроизводились с различной скоростью; в зависимости от параметров среды некоторые реплицировались быстрее других. РНК конкурировали друг с другом за

строительный материал. Процесс репродукции этих молекул был несовершенен, поэтому вскоре появились новые, мутантные формы — Джойс назвал их рекомбинантами — и даже стали процветать.

«Эксперимент длился 100 часов, за это время число воспроизводимых молекул увеличилось в  $10^{23}$  раз. Очень скоро изначальные реплицируемые типы молекул исчезли, а их место в популяции заняли рекомбинанты», — объясняет профессор. Однако никто из них не привнес в популяцию никаких новшеств — ничего, что не могли бы их предки.

Этот отсутствующий компонент является ключевым и отличает искусственную систему от настоящей жизни, существующей по законам дарвиновской эволюции. «Наша система не живая, — говорит Джойс. — В живой системе новые функции могут возникать из любой материи и на любом этапе развития. Наша цель — в лабораторных условиях воссоздать возникновение жизни. Чтобы достичь этого, мы должны усложнить систему до такой степени, чтобы она смогла создавать новые функции, а не просто оптимизировать те, которые в нее уже были заложены».

Эта цель выглядит вполне достижимой, потому что молекулы РНК в лаборатории Джойса были относительно простыми: каждая содержала только две геноподобных секции, которые могли варьироваться. Каждый из «генов» был коротким строительным блоком для синтеза новой РНК. Такая рибонуклеиновая нить, обладая каталитической активностью, обеспечивала синтез следующей РНК, активируя сборку двух аналогичных «генов» и соединяя эти нуклеотидные последовательности в единую нить — генетическую матрицу для синтеза подобного же рибозима. Полученный РНК-катализатор второго поколения обеспечивал образование все тех же двух свободных «генов», которые затем связывал в клон оригинальной нуклеотидной нити. Но иногда в этот циклический процесс вкрадывалась ошибка, в результате чего появлялись рекомби-

нанты, например если рибозим соединял «гены», принадлежащие разным нитям РНК, или располагал их в другой последовательности. Появление рекомбинантов обеспечивало поддержание разнообразия в системе, но создания новых «генов» при этом не происходило. Возможно, со временем удастся разработать столь же простую систему, которая будет способна производить новые «гены», или же это станет возможно при усложнении системы, например если каждая нить РНК будет содержать большее число «генов», которые будут подвергаться действию рибозима.

Скотт Силвермен (Scott K. Silverman), химик из Университета Иллинойса, автор пионерской работы с ДНК-энзимами, надеется, что пытаясь создать модель дарвиновской эволюции на уровне отдельных молекул, специалисты наконец смогут понять, как этот процесс происходит в естественных условиях, как на молекулярном уровне реализуются основные принципы биологической эволюции; пока все это остается тайной. Например, Джойс и Линкольн в своем итоговом отчете об эксперименте описали интересный факт: три наиболее успешных рекомбинанта образовали взаимосвязанную группу. При этом когда в процессе репликации одного из членов группы происходила ошибка, в результате появлялся один из двух других членов группы.

#### ОТ «ЖИЗНИ В ПРОБИРКЕ» К ИНСТРУМЕНТАМ ДИАГНОСТИКИ

Создание жизни в лаборатории может быть важнейшим событием для человечества, даже если она больше похожа на «ожившую молекулу», а не на Франкенштейна. Но это открытие будет иметь и огромное практическое значение для химии. В статье, опубликованной в *Nature Biotechnology*, говорит Джералд Джойс, описано, как его лаборатория в Исследовательском институте им. Скриппса в Ла-Хое модифицировала РНК-репликаторы, благодаря чему они стали способны к биологической функции воспроизводства. Победители этой эволюционной гонки станут хорошими кандидатами для использования в медицинской диагностике, считает он. Скотт Силвермен из Университета Иллинойса думает, что эта идея хороша: «Представьте, что вам нужно провести анализ загрязненной среды с множеством химических компонентов — скажем, обнаружить сальмонеллу в арахисовом масле, что без предварительной очистки сложно. Было бы очень полезно усовершенствовать систему анализа настолько, чтобы можно было бы определить присутствие того или иного компонента несмотря на любой фон»

Следующим большим шагом к созданию жизни в лабораторных условиях, говорит Джойс, станет синтез (или выращивание) комплекса искусственных молекул, который будет способен не только на самовоспроизводство, но и на осуществление метаболизма. Генетик Джек Шостак (Jack W. Szostak) из Гарвардской медицинской школы уже создал искусственные белки, которые способны связывать АТФ (высокоэнергетические соединения, ключевые для метаболизма в клетке). Лаборатория Шостака также пытается создать протоклетку, которая бы окружала РНК имитирующей оболочку сферой из жирных кислот, мицелл, которая была бы способна спонтанно формироваться, поддерживать себя и реплицироваться.

Однако даже если биохимики создадут подобную систему, соединив РНК и другие основные части в некое подобие синтетической жизни, разработанная модель будет столь сложной, что не станет иллюстрацией естественного возникновения жизни миллиарды лет назад. Репликаторы Джойса состоят всего лишь из 50 химических «знаков», но вероятность случайного появления таких последовательностей, как говорит он, равна примерно 1:10<sup>30</sup>. Если бы (при той же вероятности появления) они могли быть на шесть или даже на десять «знаков» длиннее, тогда можно было бы относительно легко представить себе их спонтанную самосборку в «первичном бульоне» Земли.

Джордж Массер

## ЗОНА СОБЛАЗНА

С помощью томографического исследования удалось понять, почему у одних людей, сидящих на диете, мозг дисциплинирован, а у других поддается соблазнам. Исследователи из Калифорнийского технологического института просили добровольцев, стремящихся похудеть, назвать такой вид пищи, который они считали нейтральным как в отношении полезности для здо-

ровья, так и вкуса (многие указывали йогурт). Затем ученые сканировали их мозг в тот момент, когда те выбирали между этим нейтральным объектом и либо полезной едой (например, яблоком), либо, наоборот, вредной (например, шоколадным батончиком). Исследователи связали одну из областей мозга, вентромедиальную префронтальную кору, с тягой к вкусным вещам вне зависимости от их вредности для здоровья. Другая область, дорсолатеральная префронтальная кора, оказа-

лась связанной с самоконтролем: испытуемые, желавшие похудеть и продемонстрировавшие сильный сигнал в этой области, выбирали более здоровую пищу, даже если она не казалась им более вкусной. Эти данные, опубликованные в журнале *Science* от 1 мая, открывают новые перспективы для борьбы не только с ожирением, но также и с наркоманией, стремлением к неразумной трате денег и другими нарушениями в сфере желаний и самоконтроля.

Чарлз Чой

# СВИНОЙ ГРИПП ПОД ПРИЦЕЛОМ

Можно ли зарегистрировать приближение новой эпидемии гриппа, проводя наблюдения за здоровьем животных?

О том, что в январе текущего года произошел сброс отходов в Гудзон, общественность узнала менее чем через сутки, т.к. стоявшие неподалеку камеры наружного наблюдения зафиксировали это событие во всей красе. В эру повсеместного контроля люди привыкли, что, как правило, некто или нечто наблюдает за происходящим, оповещая о неприятностях сразу же, как только они случаются. Увы, так происходит не всегда. Новый штамм вируса гриппа А (H1N1) приобрел свойство передаваться человеку в марте этого года, а в конце мая официальные лица, представляющие сельское хозяйство и здравоохранение, все еще пытались выяснить, откуда пришла эта инфекция.

Появление нового штамма H1N1 продемонстрировало высокую эффективность существующей системы наблюдения за вспышками человеческого гриппа, а также подтвердило давнюю теорию о том, что свиньи потенциально могут быть резервуаром для вируса, способного вызвать пандемию среди людей. Также стало очевидно, что в сфере регистрации и учета появления вирусов гриппа у животных и своевременного распознавания их потенциальной опасности для человека практически не достигнуто никакого прогресса. Несмотря на то что исследования гриппа в течение многих лет пользовались вниманием и получали финансирование, представители здравоохранения до сих пор не выработали эффективную процедуру регистрации новых инфекций, пора-



**ЕСТЕСТВЕННЫЙ РЕЗЕРВУАР:** наблюдение за животными, как на этой свиноферме в Мичигане, с целью выявления новых штаммов вируса гриппа запаздывает относительно подготовки к пандемии человеческого гриппа, которую они могут вызвать

жающих животных, но потенциально способных передаваться людям, хотя это могло бы помочь предотвратить пандемию или обеспечить раннее оповещение.

Например, когда в 2007 г. Юрген Рихт (Jurgen A. Richt) и его коллеги из Национального центра по болезням животных при Министерстве сельского хозяйства США в Эймсе, штат Айова, идентифицировали новый штамм вируса свиного гриппа А (H2N3), способный, как они думали,

вызвать пандемию, им даже некому было сообщить об этом: «Мы задались вопросом, что нам делать? Никто не заинтересован в нашей информации — на этот случай нет соответствующих инстанций, правил и нормативов». Рихт с группой единомышленников опубликовал статью в научном журнале, где озвучил

свою оценку нового штамма и заключил, что «было бы целесообразно организовать постоянное наблюдение за свиньями и ухаживающим за ними персоналом, который по роду своей деятельности находится в ежедневном контакте с животными».

Под словом «наблюдение» подразумевается, что врачи и диагностические лаборатории должны как минимум отчитываться о каждом взятом образце и конкретных патогенах, которые были в нем обнаружены. Например, все случаи гриппа человека подлежат регистрации в системе Центров по контролю и профилактике заболеваний, которая фиксирует факт заболевания и его географию. Но, как в случае болезни человека, так и для животных, бесплатные лабораторные тесты, диагностирующие грипп, фиксируют лишь небольшую долю случаев, которые сопровождался визитом врача. Систематический же забор образцов и принудительный отчет об инфицировании поголовья свиней обязателен лишь в связи с малым количеством негативно влияющих

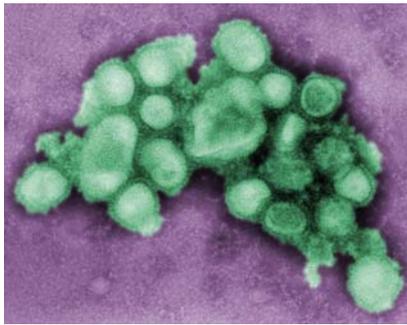
на экономическую сторону животноводческого хозяйства заболеваний, включающих в себя классическую чуму свиней и болезнь Нипа.

Рихт, ныне сотрудник Канзасского государственного университета, считает, что лаборатории ветеринарной диагностики могут сыграть важную роль в организации активного сканирования поголовья, если они будут тестировать каждый образец на весь спектр патогенов независимо от причины забора анализа.

«Чтобы следить за состоянием популяции животных, нам нужна более организованная структура, обеспечивающая обнаружение возбудителей болезней с помощью технологий XXI в.», — говорит он. Большие государственные лаборатории, включая таковые в Айове и Северной Каролине (штаты, где поголовье свиней наибольшее), уже имеют технические возможности отслеживать ряд заболеваний, объясняет ученый.

Технология микрочипирования позволяет тестировать пробы на специфичные для свиней, крупного рогатого скота и домашней птицы патогены; обеспечение небольших лабораторий необходимой для этого аппаратурой приведет к более полному охвату поголовья и позволит создать в реальном времени картину потенциальной угрозы человеку, например такой, как новый вариант гриппа, появившийся у домашнего скота.

Идентификация новых штаммов гриппа у животных — это одно; определение, представляют ли они угрозу для людей — это совершенно другое. «Я пессимистично смотрю на способность науки предсказывать такие вещи», — говорит Джеффри Таубенбергер (Jeffery K. Taubenberger) из Национального института аллергии и инфекционных заболеваний. В марте он опубликовал статью, в которой анализировал филогенез двух штаммов свиного гриппа *H1N1*, один из которых — евразийский — ответственен за появление новой разновидности, теперь заражающей людей. Изученные штаммы имеют общего предка *H1N1*-типа, но оба развивались в популяциях свиней независимо, и незначительные



ВИРУС *H1N1* способен инфицировать человека (фотография сделана с помощью электронного микроскопа), и специалисты не могут предсказать, в каком направлении продолжится его развитие

изменения в генах вируса, которые позволяют микропаразиту приспособиться к новому виду-хозяину, у каждого штамма были своими. Многие другие исследователи искали явные признаки, которые бы показывали, что вирус стал способен сменить хозяина или превратился в более легко передаваемую форму, но их попытки найти эти признаки провалились.

В итоге никто не может объяснить, почему *H5N1*-штамм вируса птичьего гриппа поразил 400 человек по всему миру (преимущественно в Азии и Африке), но так и не смог полностью приспособиться к существованию в человеческом организме. Также ученые не знают, откуда пришел первоначальный птичий вирус *H1N1*, вызвавший в 1918 г. пандемию «испанки», или в каком направлении развивается его далекий потомок, современный *H1N1*-штамм свиного гриппа. Распространившись в 40 странах, заразив около 10 тыс. человек и убив 79 из них (по данным

на конец мая), возможно, он еще даст о себе знать в последующие месяцы, особенно если сможет овладеть способом передачи от человека к человеку. И этой осенью он может вернуться в Северное полушарие как в качестве льва, так и ягненка.

Таубенбергер (который с коллегами из Института патологии Вооруженных сил США в 1996 г. первым определил структуру пандемического *H1N1*-штамма вируса 1918 г. в законсервированных образцах тканей жертв) говорит, что в основах биологии и экологии вирусов гриппа слишком многое пока остается неизвестным. Он также думает, что контроль заболеваний во всей аграрной экосистеме — людей, свиней, птиц, так же как и собак, кошек, лошадей и прочих домашних и диких животных — потребует более глубоких знаний о том, как и почему развиваются вирусы гриппа.

К счастью, и финансы, и исследования, направленные на подготовку к встрече пандемии, способствовали резкому усилению контроля над обычным человеческим гриппом и совершенствованию методов борьбы с ним.

Рихт указывает на то, как быстро лаборатории идентифицировали первые в США случаи нового гриппа у двух детей из Южной Калифорнии, и как оперативно система Центров по контролю и профилактике заболеваний подняла тревогу, позволяя «чиновникам от здоровья» включиться в дело. К сожалению, без более тщательного мониторинга животных — естественных резервуаров нового гриппа — контроль над заболеваниями людей будет оставаться лишь первой линией обороны.

Кристина Соарес

## НЕ СТОЛЬ ВЫСОКО

Подъем уровня Мирового океана вследствие таяния Западно-Антарктического ледяного щита составит не более 3,2 м, а не выше 5 м, как предсказывали раньше.

Согласно новой модели, исчезнет лишь часть ледяного щита, а именно те его участки, которые расположены ниже уровня океана или сползают к нему. Те же обла-

сти, которые лежат выше, не растают. Однако в результатах исследования, опубликованных в *Science* от 15 мая, ничего не говорится о таянии льда в других местах Земли. Например, одна лишь Гренландия содержит столько льда, что его достаточно для повышения уровня океана на 7 м.

Дэвид Биелло

# ДЕТСКИЕ МЫСЛИ

## К увеличению размера головного мозга человека могла привести инфантильность?

Еще несколько десятилетий назад ученые заметили, что взрослый человек имеет физическое сходство с детенышем шимпанзе — у обоих небольшой размер челюстей, уплощенное лицо и редкий волосяной покров. Сохранение ювенильных черт, в эволюционной биологии называемое неотенией, особенно заметно проявляется у одомашненных животных: взрослые собаки многих пород сохраняют такие щенячьи признаки, как висячие уши, короткие морды и большие глаза. И вот теперь, согласно данным генетического исследования, неотения позволяет объяснить, почему люди столь радикально отличаются от шимпанзе, хотя у обоих видов практически одни и те же гены и они разошлись в эволюции всего около 6 млн лет назад — совсем недавно по эволюционным масштабам.

У животных неотения возникает как результат задержки развития, указывает молекулярный биолог Филипп Хайтович (Philipp Khaitovich) из Института эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге, Германия. Например, зубы у людей прорезаются позже, чем у шимпанзе, и полового созревания человек достигает примерно на пять лет позднее. «Смещение периодов развития служит одним из наиболее мощных механизмов эволюции, вызывающих значительную перестройку организмов при небольших изменениях на молекулярном уровне», — объясняет ученый.

Для того чтобы с помощью генетики доказать, что неотения сыграла свою роль в эволюции *Homo sapiens*, Хайтович сравнил экспрессию 7958 генов в мозге 39 человек, 14 шимпанзе и девяти макаков-ре-

зусов. Исследователь брал пробы из дорсолатеральной префронтальной коры — области, в которой у приматов легко выявляется связь с памятью. Ткани были взяты от индивидов, погибших в разном возрасте, чтобы изучить зависимость активности генов от возраста.

Как у людей, так и у шимпанзе активность примерно одной и той же доли генов со временем менялась. Однако около половины генов включались у людей в иное время по сравнению с шимпанзе. Анализ 299 генов, время активации которых было отсрочено у всех трех видов, показал, что почти 40% из них начинали работать у человека позже всего, с задержкой вплоть до подросткового периода.

Несмотря на то что непосредственные функции многих из неотенических генов остаются неясными, они особенно активны в сером веществе мозга человека, которое ответственно за мышление, отмечают исследователи в апрельском выпуске *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. В настоящее время ученые в поисках неотении изучают другие области мозга человека, шимпанзе и макака.

Доказать, что неотения действительно повлияла на эволюцию человека и на размер его мозга, не так уж и легко. Хайтович предлагает анализировать активность генов в случаях ускоренного развития у детей, которое, как было недавно показано, может вести к ухудшению когнитивных способностей.

Другие исследователи полагают, что роль неотении вполне вероятна. Способность мозга к обучению достигает максимума до наступления полной зрелости, и, «поскольку неотения означает удлинение периода детства, у вас появляется больше возможностей для развития мозга», — говорит специалист по молекулярному филогенезу Моррис Гудман (Morris Goodman) из Уэйнского государственного университета. Другими словами, не исключено, что эволюцию человека несли на себе бурлящие силы молодости.

Чарлз Чой



НУ, ЕЩЕ ЧУТЬ-ЧУТЬ! Взрослый человек имеет общие черты с детенышем шимпанзе, в том числе небольшой размер челюстей и плоское лицо. Сохранение ювенильных черт, называемое неотенией, позволяет объяснить, почему люди столь сильно отличаются от шимпанзе, несмотря на значительное совпадение их геномов

# IV российская специализированная выставка средств и технологии визуализации

# DISPLAY

30.09 - 03.10

2009

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



## ВСЕШ МИР ДИСПЛЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Санкт-Петербург, ВК "Ленэкспо", 30 сентября - 3 октября 2009 года  
В рамках Российской **инновационной недели** и форума "Российский Промышленник"

- Дисплеи, экраны, индикаторы
- Табло, бегущие строки
- Интерактивные дисплейные технологии
- Лазерные технологии визуализации
- Проекционное оборудование и системы
- Составные мониторы и табло
- 3D визуализация
- Промышленные и бортовые дисплеи
- Электронная бумага
- Голографические дисплеи
- Технологии производства и обслуживания средств отображения
- Компоненты и материалы
- Научные разработки
- Услуги по созданию комплексных информационных систем

В деловой программе - семинары и конференции  
по средствам визуализации для наружной рекламы, образования, деловой инфраструктуры,  
промышленности, транспорта, энергетики, торговли, силовых структур, шоу-бизнеса

[Http://www.display-expo.ru](http://www.display-expo.ru)

# ТО СЛИШКОМ МАЛО, ТО СЛИШКОМ МНОГО

Новый взгляд на то, как связана вариабельность числа копий генов с различными заболеваниями



**ХРОМОСОМНЫЕ МАНИПУЛЯЦИИ ЧИСЛАМИ:** увеличение или уменьшение числа копий генов, связанное с различными заболеваниями, — гораздо более частое явление, чем думали раньше

Прошло почти десять лет со времени секвенирования генома человека, но охота за «болезнетворными генами» далека от завершения. Большая часть генетиков сосредоточилась на поисках изменений, затрагивающих единичные пары оснований (AT и GC) и связанных с такими смертельно опасными заболеваниями, как муковисцидоз. Однако подобными мутациями в геноме, состоящем из 3 млрд пар оснований, не могут быть исчерпаны все случаи генетических aberrаций, чреватых серьезными патологиями. Недавно биологов заинтересовали вариации, считавшиеся редкими: полиморфизм числа копий гена (при этом сами гены остаются нормальными). Такие aberrации сопряжены с серьезными заболеваниями — аутизмом, шизофренией, болезнью Крона — и долгое

время оставались загадкой для специалистов.

Явление вариабельности числа копий генов было открыто в 1936 г. американским генетиком Колвином Бриджесом (Calvin Bridges). Он обнаружил, что у мух с дубликацией гена *Var* необычно маленькие глаза. Двадцать лет спустя французский исследователь, который занимался изучением хромосом человека под микроскопом, открыл, что полиморфизм числа копий гена связан с болезнью Дауна. Страдающие этим недугом имеют лишнюю копию хромосомы 21. По всем имеющимся данным, подобные aberrации происходят очень редко и всегда напрямую связаны с той или иной патологией.

В 2004 г. ситуация изменилась. Две исследовательские группы картировали сайты, где встречается дан-

ная аномалия, и стало ясно, что на самом деле она вовсе не уникальна: в среднем в геноме каждого человека таких сайтов 12. «Эти данные повергли нас в шок, — говорит Стивен Шерер (Stephen Scherer), генетик из Клиники детских болезней в Торонто и один из авторов открытия. — Всегда считалось, что столь крупные изменения в ДНК должны приводить к серьезным заболеваниям».

Шерер и его коллеги, среди которых известный генетик Мэтью Херлз (Matthew Hurles) из Института Сенгера в Кембридже (Англия), в 2006 г. провели детальный анализ ДНК 270 индивидов и идентифицировали у каждого в среднем 47 сайтов с вариациями числа копий генов. А в 2007 г. была определена нуклеотидная последовательность генома пионера секвенирования ДНК Крейга Вентера (J. Craig Venter) и обнаружены целых 62 упомянутых сайта. На что Вентер заметил: «Можно ли назвать нормальным человека, у которого с числом копий генов все в порядке?»

Исследователи до сих пор пытаются понять, как изменение числа копий генов (а большинство aberrаций наследуются) влияет на организм. Если в геноме присутствуют три копии какого-либо гена вместо обычных двух (по одному от каждого родителя), то, как правило, кодируемый ими белок образуется в большем, чем нужно, количестве. Но так происходит не всегда. Иногда клетки несмотря ни на что синтезируют нормальное количество белка, но только не в тех случаях, когда затрагиваются участки ДНК, контролирующие экспрессию каких-либо других генов.

Однако несмотря на всю путаницу генетикам удалось найти связь между случаями полиморфизма числа копий генов и некоторыми сложными заболеваниями. Так, в сентябрьском номере *Nature* за 2008 г. опубликована статья, подтверждающая высказанное ранее предположение, что 30% людей, у которых из хромосомы 22 делегирован участок дли-

ной 3 млн пар нуклеотидов, страдают такими психическими заболеваниями, как аутизм и шизофрения, а в статье, вышедшей в том же году в августовском номере *Nature Genetics*, сообщается о наличии связи между болезнью Крона и делецией участка длиной 20 тыс. пар нуклеотидов в области, расположенной перед сайтом инициации транскрипции гена *IRGM*, который опосредует уничтожение проникших в организм патогенов. И, наконец, в январе 2009 г. появилось сообщение о связи между избыточной массой тела и делецией участка длиной 45 тыс. пар нуклеотидов в гене *NEGR1*, который отвечает за рост нейронов в гипоталамусе, области головного мозга, регулирующей чувство насыщения и метаболизм.

Есть надежда, что вариабельность числа копий генов поможет объяснить, почему сложные заболевания часто бывают наследственными, но не всегда связаны с одними и теми же генами. «По-видимому, они влияют на риск заболевания вероятностным образом, — поясняет Стивен Маккарролл (Steven McCargoll), известный генетик из Массачусетского технологического института. — Делеция в гене *IRGM* может увеличить риск возникновения болезни Крона только на 40%, но это касается миллионов людей». Действительно ли она разовьется — зависит от других генетических, а также средовых факторов.

А тем временем Шерер и Херлз находят все новые случаи вариабельности числа копий генов. Карта, опубликованная ими в 2006 г., вклю-

чала только вариабельные участки длиной более 20 тыс. пар нуклеотидов; сейчас они заканчивают работу над картой, включающей участки длиной всего 500 пар нуклеотидов. Судя по предварительным оценкам, в геноме каждого человека имеется до тысячи сайтов, вариабельных по числу копий генов, что соответствует минимум 1% генома.

«Прогресс налицо, и достигнут он за короткое время, — говорит Шерер. — Но в следующем году мы надеемся найти еще более короткие вариабельные участки и еще больше случаев корреляции между полиморфизмом числа копий генов и различными заболеваниями. 2009 г. будет для нас решающим».

Мелинда Уэннер

## ОНИ ЕЩЕ ЖИВЫ!

У муравьев эффективно организовано своевременное удаление тел мертвых собратьев, что предотвращает возможное заражение колонии при гниении трупов. Некоторые ученые предполагали, что эти насекомые просто ощущают продукты распада, однако новое ис-

следование дает другое объяснение. Энтомологи из Калифорнийского университета в Риверсайде установили, что аргентинские муравьи способны обнаруживать мертвых собратьев еще до того, как в их телах начинаются какие-либо процессы разложения. Более того, они обнаружили, что живые муравьи выделяют два химических вещества, долихидиаль и иридомирмецин. Эти соединения подавляют

так называемый некрофорез — удаление мертвых тел сородичей из колонии. Оба химических вещества быстро рассеиваются после гибели насекомого: уже через десять минут их концентрация падает в два раза, сообщается в статье, опубликованной в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* от 19 мая.

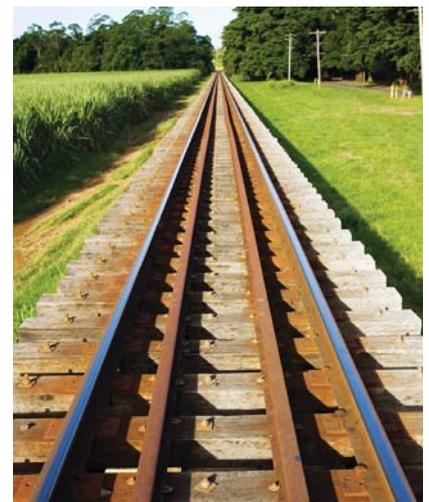
Джон Метсон

## РАБОТА НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОЖЕ

Одна железнодорожная шпала не столько вредит окружающей среде, сколько удерживает рельсы. Однако если подумать о том, что по всему миру гниют миллионы шпал, то выбор материала им на замену может повлиять на количество углекислого газа в атмосфере. Для изготовления деревянных шпал нужно срубить множество деревьев, поглощающих углекислый газ, — приблизительно 89 тыс. кубометров древесины на миллион шпал; бетонные шпалы также становятся причиной выброса в атмосферу парниковых газов из-за сжигания

топлива в процессе их производства. Роберт Кроуфорд (Robert H. Crawford) из Мельбурнского университета в Австралии показал, что в расчете на 1 км пути изготовленные бетонные шпалы, которые прослужат 100 лет, приведет к эквивалентному выбросу от 656 до 1312 т  $CO_2$ . Это в два–шесть раз меньше, чем в случае изготовления деревянных шпал, поскольку бетон служит дольше, а древесина при гниении выделяет  $CO_2$ . Исследование опубликовано в *Environmental Science & Technology* от 1 июня.

Чарлз Чой



МАТЕРИАЛ, из которого изготовлены шпалы, может повлиять на темпы глобального потепления

# Мрак по соседству

## Окружает ли нашу Землю темная материя? Нагревает ли она газовые планеты-гиганты Солнечной системы?

Количество темной материи во Вселенной почти в пять раз превышает объем обычной материи. Тем не менее она продолжает оставаться загадочной, поскольку ее нельзя наблюдать в телескоп, и она почти всегда проникает сквозь обычную материю. Астрономы узнают о существовании темной материи только на основе ее гравитационных проявлений — так, привнося дополнительную массу во вращающиеся галактики, темная материя удерживает их от разлетания. Однако прежде чем устремлять взгляд к далеким галактикам, астрономы захотели провести исследования и поближе: темная материя могла бы производить заметный эффект в нашей собственной Солнечной системе.

Как утверждает физик-теоретик Стивен Адлер (Stephen Adler) из института современных исследований в Принстоне, штат Нью-Джерси, говоря более точно, исследования могли бы проводиться с Землей и Луной. Так, если совместно определенная масса Земли и Луны оказалась бы больше, чем сумма их масс, измеренных по отдельности, то, по предположению ученого, разница масс могла бы быть объяснена наличием гало темной материи между двумя планетами.

Адлер пришел к такому заключению после анализа результатов измерений массы Луны, осуществленных лунными спутниками, и измерений массы Земли, проведенных долговременной системой геодезических спутников LAGEOS (LAsER GEODYNAMICS Satellite), представляющих собой сферические отражатели лазерных лучей. Луч лазера определяет радиус орбиты каждого спутника

и время, необходимое для одного витка по орбите. По таким измерениям специалисты могут вычислить гравитационную тягу каждого спутника, а, следовательно, и массу, обуславливающую эту тягу.

Далее Адлер проанализировал результаты измерения расстояния от Земли до Луны, проведенные с помощью лазерных лунных отражателей, установленных в ходе программы Apollo. Если Земля оказывает необычайно сильное гравитационное влияние на Луну, расстояние до которой 384 тыс. км, то дополнительное гравитационное влияние на спутники системы LAGEOS, находящиеся на среднем



СОГЛАСНО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯМ, частицы таинственной темной материи могут быть причиной до сих пор не объясненного процесса внутреннего подогрева газовых планет-гигантов нашей Солнечной системы

расстоянии около 12,3 тыс. км от Земли, можно объяснить действием гало темной материи между Луной и этими искусственными спутниками. Основываясь на текущих данных, Адлер заключил, что между Землей и Луной лежат не более 24 тыс. млрд тонн темной материи. Ученый добавляет, что это может объяснить наличие известных аномалий орбит космических аппаратов «Пионер», «Галилео», «Кассини», «Розетта» и миссии NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous).

Адлер также предполагает, что темная материя могла бы привести к драматическим эффектам для четырех газовых планет-гигантов нашей Солнечной системы — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Обладая эти массивные тела гравитационно скрытой темной материей, частицы темной материи могли бы активно проникать в них — редкие события, но достаточные для того, чтобы подогреть газовые планеты (и даже Землю) так, чтобы их внутренние области оказались горячее, чем исследователи могли бы объяснить действием других механизмов. С такой позиции становится понятным, почему, например, Уран так аномально холоден. Ось этой планеты необычно сильно наклонена относительно плоскости вращения вокруг Солнца — возможно, за счет случившегося когда-то мощного внешнего воздействия, — и Адлер предположил, что в результате той давней катастрофы большая часть облака темной материи, разогревавшая планету, могла быть вырвана из Урана.

Как отмечает астрофизик-теоретик Этан Сигел (Ethan Siegel) из Портлендского университета, возможное нагревание планет темной материей может помочь ответить на вопрос о неизвестных свойствах этой материи — как часто она взаимодействует с обычной материей, или может ли темная материя собираться вокруг звезд и планет в противоположность тому, чтобы рассеиваться по целой галактике. Например, если частицы темной материи обладают соответствующим

щими античастицами, согласно теориям некоторых исследователей, то энергия, выделяющаяся при их аннигиляции, могла бы разогреть планеты гораздо быстрее, чем при взаимодействии частиц обычной и темной материи. Осуществление такого сценария подразумевает, что темная материя не может слишком сильно конденсироваться в нашей Солнечной системе, иначе последняя оказалась бы гораздо горячее.

Астрофизик Анника Петер (Annika Peter) из Калифорнийского технологического университета скептически относится к идее нагревания планет темной материей. Она считает, что потребовалось бы нереа-

листично большое количество темной материи. Астроном Эндрю Гоулд (Andrew Gould) из Государственного университета Огайо также сомневается, что в Солнечной системе могут быть сосредоточены большие объемы темной материи. Ученый соглашается, что гравитационные взаимодействия с планетами в основном будут выталкивать темную материю, подобно тому как планеты разогнали большую часть обычной материи Солнечной системы. Этан Сигел по-прежнему полагает, что коль скоро Солнечная система движется сквозь вещество Галактики, она могла бы собирать вокруг себя дополнительную темную материю.

Что касается сегодняшнего состояния этой проблемы, то вопрос существования любой разновидности темной материи в Солнечной системе остается таким же загадочным, как и проблема ее существования в других местах. «Было бы здорово, если бы вокруг Земли оказалось гало темной материи, подобно радиационным поясам Ван Аллена или кольцам вокруг Сатурна, — считает Адлер, — потому что в таком случае исследователи получили бы в свое распоряжение очень удобный способ раскрытия тайны того, что существует в таком огромном количестве во Вселенной, но до сих пор так призрачно».

Чарлз Чой

## МОГУТ ЛИ ТРОПИЧЕСКИЕ ЛЕСА ПОРОЖДАТЬ ДОЖДЬ?

Давно известно, что тропические дождевые леса существуют благодаря обильным дождям. Согласно новой гипотезе, некоторые области, покрытые лесом, могут сами создавать условия, которые приводят к обильным осадкам. Согласно теории «биотического насоса» предполагается, что над обширными лесными пространствами, как, например, в бассейне Амазонки, образуется большое количество водяного пара. Испарение и конденсация воды приводят к падению атмосферного давления, что, в свою очередь, притягивает дожди по механизму положительной обратной связи. «Данная теория может объяснить, почему внутренние области конти-

нентов, обширные территории которых заняты дождевыми лесами, остаются столь влажными, — говорит исследователь из Общества охраны дикой природы Дуглас Шейл (Douglas Sheil), который в апрельском выпуске журнала *Bioscience* предложил видеоизмененную модель биотического насоса, изначально разработанную в 2006 г. А.М. Макарьевой и В.Г. Горшковым из Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова. — Сразу становится понятно, в чем состоит опасность уменьшения площади лесных массивов». Шейл отмечает, что для подтверждения этой многообещающей модели нужны дополнительные данные по циркуляции воз-



НАД ДОЖДЕВЫМИ ЛЕСАМИ образуется водяной пар, который понижает атмосферное давление, привлекая тем самым еще больше влаги

душных масс в связи с различными типами растительности.

Стив Мирски

## ЭПИЦЕНТР ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

В ходе обширного генетического исследования проводилось определение места возникновения человечества. Проанализировав генетические последовательности в 121 африканской, 60 неафриканских и четырех афроамериканских

популяциях, исследователи проследили происхождение африканцев вплоть до 14 предковых кластеров, возникших в точке с координатами 12,5° в.ш. и 17,5° ю.д., вблизи границы современных Анголы и Намибии. Данное исследование,

опубликованное 22 мая в *Science*, позволяет не только уточнить характер миграций людей, но также и объяснить состояние здоровья и распространение болезней во многих из этих популяций.

Катерина Хармон

# Хорошая РАСТЯЖКА

## Натяжение кожи вокруг рта влияет на то, какие слова мы слышим

Учебники по нейробиологии утверждают, что наши пять чувств существуют отдельно друг от друга. На самом деле любой, кто пытался насладиться вкусным обедом с заложенным носом, скажет вам, что это не так. Слух и зрение, по-видимому, связаны так же, как обоняние и вкус. Наиболее ярким примером может служить так называемый «эффект Макгурка», при котором зрительная информация, например движение губ, влияет на человеческое восприятие речи. Сегодня также известно о влиянии осязания на узнавание слов со слуха.

Дэвид Остри (David Ostry), совещающий работу в Университете Макгилла и центре исследований речи Хаскинских лабораторий в Нью-Хейвене, штат Коннектикут, долгие годы изучал взаимодействие восприятия речи и соматосенсорной системы. К последней относится сеть кожных и мышечных рецепторов, которые собирают для мозга тактильную информацию. В своей последней статье, опубликованной в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Остри описывает результаты, полученные им и его коллегами из Хаскинских лабораторий. Эти данные важны как для теоретических областей нейробиологии, так и для специалистов, разрабатывающих новые методы коррекции речевых нарушений.

В процессе эксперимента во время прослушивания испытуемыми составленного компьютером набора слов специально разработанное робототехническое устройство слегка растягивало в разных направлениях кожу вокруг рта. Подобранные слова были похожи по звучанию, как, например, *head* или *had*. Когда уголки губ испытуемых приподнимали сверху, что приближало рот к положению,

необходимому для произнесения слова *head*, испытуемые были склонны слышать *head*, даже когда на слух слово звучало нечетко. Если рот испытуемых оттягивали вниз, будто бы они собираются сказать *had*, люди чаще слышали *had*, даже когда звучание было ближе к *head*. Оттягивание уголков губ назад не оказывало влияния на восприятие речи. Более того, анализ влияния времени натяжения на полученный эффект пока-



**СЛОВЕСНЫЕ ИГРЫ:** в зависимости от того, как устройство растягивает или сжимает кожу вокруг рта, испытуемый слышит и понимает звуки по-разному

зал, что натяжение кожи влияет на восприятие речи только тогда, когда соответствует движениям при реальной вокализации.

Это не первая попытка вызвать когнитивный ответ, стимулируя область рта. В 1988 г. ученые показали, что можно улучшить настроение испытуемого, попросив его зажать между зубами карандаш, потому что это движение заставляет имитировать улыбку. Подобные эксперименты проводились и в отношении восприятия. Но, как отмечает Азиф Газанфар (Asif Ghazanfar), исследователь из Принстонского университета, большинство из них фокусировались на исследовании эмоциональных реакций, которые

требуют больше времени для развития, в отличие от эффекта, полученного в исследовании Остри. Последний возникает практически мгновенно. «Что действительно важно в полученных результатах, так это скорость, с которой возникает эффект — порядка десятка миллисекунд, — утверждает Азиф Газанфар. — Это указывает нам, что мозг не существует отдельно от тела. Невозможно выделить событие, которое происходило бы исключительно в голове, без учета состояния тела».

Данные, полученные Остри, возвращают нас к моторной теории восприятия речи, разработанной в 60-х гг. XX в. Согласно основной гипотезе, нейронные механизмы, обеспечивающие генерацию речи, также участвуют и в ее восприятии. Фернандо Ноттебом (Fernando Nottebohm) исследует речь на модели певчих птиц. Он рассматривает работы Остри как одно из важных свидетельств в пользу этой концепции. Сам же исследователь подчеркивает, что соматосенсорная система может влиять на восприятие речи без привлечения моторной системы.

Ранее исследования с использованием ядерно-магнитного резонанса показали, что зоны мозга человека, отвечающие за обработку слуховой, моторной и тактильной информации, в некоторых областях пересекаются. Пока остается неясным, каким образом происходит их взаимодействие при регуляции восприятия речи. Остри и его коллеги надеются прояснить этот вопрос в своих дальнейших исследованиях с обратным опытом. Будет изучено не восприятие последовательности звуков на слух, а тактильные ощущения, возникающие при последовательности натяжений разной интенсивности и направления. Такой эксперимент позволит выяснить, влияет ли звуковая стимуляция на то, что испытуемые чувствуют кожей. Остри предполагает, что осязание и слух оказывают двустороннее влияние друг на друга: мы можем не только слышать ртом, но также осязать ушами.

Эрика Уэстли

**Международный симпозиум  
«КОСМОС  
и глобальная безопасность человечества»  
Space & Global Security of Humanity**

На симпозиуме будет рассмотрен комплекс проблем обеспечения глобальной безопасности человечества, создания Международной аэрокосмической системы мониторинга глобальных природных и техногенных явлений, обеспечения устойчивого и гармоничного развития человечества с помощью аэрокосмических технологий.



**МЕСТО И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ**  
г. Лимассол, Кипр  
2-4 ноября 2009 года  
Время начала регистрации 10.00.  
Открытие в 12.00 часов 2 ноября 2009 года



**ОРГАНИЗАТОРЫ**

Международная ассоциация "ЗНАНИЕ"  
Международная академия астронавтики (IAA)  
Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского



«Целью создания Международной аэрокосмической системы мониторинга глобальных природных и техногенных явлений является эффективное развитие и совместное использование аэрокосмического потенциала, передовых технологий мониторинга и методов обработки стран мира для обеспечения глобального оперативного и краткосрочного прогноза стихийных бедствий и техногенных катастроф в интересах снижения опасности и негативных последствий для населения и экономического потенциала мирового сообщества».

Вице-президент Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского  
Меньшиков В.А.

**ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ и АККРЕДИТАЦИЯ**

*Текущая информация, условия участия, программа, формы заявок, демонстрации, презентации, правила оформления тезисов, докладов и другие материалы на сайте:*

**[www.spacesystems.ru](http://www.spacesystems.ru)**

**КОНТАКТЫ**

Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского  
Вице-президент: **Меньшиков** Валерий Александрович.  
141091, Московская обл., г. Юбилейный,  
ул. М.К. Тихонравова дом 27  
Координатор симпозиума: **Цадиковский** Евгений Иосифович  
Тел./факс +7 495 543 38 68; +7 495 785 79 29;  
e-mail: [top@spacesystems.ru](mailto:top@spacesystems.ru)

Харрисон Шмитт

# ОТ ЛУНЫ до Марса

Единственный в мире ученый-геолог, побывавший на нашем естественном спутнике, дает ценные советы тем, кому предстоит в будущем посетить Красную планету

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ В исследованиях Луны с помощью космических аппаратов *Apollo*, начавшихся 40 лет назад, научные цели стояли не на первом месте, но все же эти экспедиции серьезно обогатили науку. Астронавты собрали образцы лунного грунта и провели измерения, которые сузили круг гипотез о происхождении Луны и заложили основу для сравнений с данными исследований других планет.

■ В ходе последней лунной экспедиции *Apollo 17* в декабре 1972 г. единственным ученым, когда-либо побывавшим на Луне, стал автор настоящей статьи. По его утверждению, исследование Луны оказалось похожим на полевые работы на Земле. Он научился мысленно отделять эффекты метеоритных ударов, чтобы определять типы нижележащих пород. Однако оценка расстояний на непривычном ландшафте оказалась трудной, а жесткие перчатки космического скафандра сильно замедляли работу.

■ С подобными трудностями встретятся и исследователи Марса.

С помощью специально сконструированного металлического совка автор берет образцы лунного грунта на дне кратера Камелот 12 декабря 1972 г. Когда-нибудь геолог сможет делать то же самое на Марсе. Пока же исследования на Марсе проводят роботы, в частности *Mars Pathfinder*, который обследовал Арес Валлис в 1997 г.





Сорок лет назад, в июле 1969 г., на поверхность Луны впервые ступило живое существо. Не высадутся ли люди и на Марс еще лет через сорок? Президент США Барак Обама подтвердил широкий круг целей космических экспедиций, обозначенный в 2004 г. его предшественником: к 2010 г. вывести из эксплуатации шаттлы, разработать новую линию ракет под названием *Ares*, к 2020 г. вернуться на Луну и, возможно, к середине 2030-х гг. высадиться на Марсе (см.: Джонс У., Дингелл Ч., Уайт Д. *К Луне и далее // ВМН, № 1, 2008*). Этой программе присвоено название *Constellation* («Созвездие»).

Сегодня политиков волнует не столько Марс, сколько пауза между прекращением полетов шаттлов и первым полетом по программе *Ares*, в течение которой США будут зависеть в деле запуска астронавтов на орбиту от России или частных компаний. Если вначале предполагалось, что эта пауза продлится два года, то сегодня говорят уже о шести годах, и администрация Обамы заявила, что бывшему руководителю аэрокосмической программы Норману Огастину (Norman Augustine) поручено пересмотреть всю программу, чтобы выяснить, как можно скорректировать график ее выполнения.

Хотя до полетов на Марс еще очень далеко, NASA все же разрабатывает космический аппарат с прицелом на будущие межпланетные полеты. Его создатели руководствуются опытом Харрисона Шмита, которым он делится в приведенной ниже статье. ■

Над длинной узкой долиной Тавр-Литтров грозятся горы, высота которых больше, чем у стен Большого Каньона в Колорадо. Яркое Солнце, ярче, чем где-либо на Земле, освещает покрытое кратерами дно долины и крутые склоны гор, резко контрастирующие с совершенно черным небом. В ходе завершения программы *Apollo* в 1972 г. мы с Джином Сернаном (Eugene Serpan) три дня изучали эту долину, возраст которой составляет около 4 млрд лет, а также несколько более молодые вулканические скалы и частично заполняющий долину вулканический пепел. Это был первый и пока единственный случай, когда геолог мог изучать другой мир непосредственно на месте. Сегодня США, Европейский Союз, Россия и другие международные партнеры планируют экспедиции на Марс для проведения полевых исследований, возможно, уже в первой трети текущего столетия. Что будет новым, а что знакомым для первых геологов, которые шагнут навстречу красному восходу?

Большинство отчетов об экспедициях в рамках программы *Apollo* сосредоточиваются на их исторической значимости и технических достижениях, обеспечивших осуществление этих экспедиций, но их участники помнят и о человеческой стороне дела: пешем передвижении по поверхности Луны, откалывании образцов пород геологическим молотком, перетаскивании камней и определении своего местоположения в чуждых условиях. Принципы и методы полевых исследований, которые мы применяли, знакомы любому геологу. Основы не менялись.

## ПАНОРАМА МЕСТА ПОСАДКИ

*APOLLO 17*, иллюстрирующая некоторые зрительные эффекты, усложняющие исследования Луны. Рассеянный свет создает гало вокруг тени фотографа Юджина Сернана, а из-за отсутствия воздуха и знакомых ориентиров все предметы кажутся ближе, чем на самом деле. Лунный модуль находится на расстоянии около 150 м, а холм Южный Массив за ним — примерно в 8 км. Астронавт на снимке — Шмитт. При подготовке эксперимента по изучению электрических свойств поверхности ему приходилось наклоняться вправо, поскольку его скафандр был слишком жестким и не позволял ему нагибаться



Целью были, как обычно, документирование и изобразительная фиксация структуры, относительного возраста и изменений особенностей местности, чтобы получить основания для предположений об их происхождении и ресурсах, которые могли бы когда-либо обеспечить возможность существования цивилизации в этих местах.

Факт проведения работ вне Земли не меняет принципов планирования и осуществления экспедиции, в частности способов сбора и документирования образцов. Соблюдение этих принципов становится даже более важным, поскольку повторное посещение того же места оказывается гораздо менее вероятным. В частности, для полного осознания научной и общечеловеческой ценности результатов исследований неизменной остается необходимость присутствия человека с его опытом и воображением.

При анализе каждого нового объекта мы основываемся на опыте изучения предшествующего объекта, как

уже более двух веков поступают геологи на Земле. Мы должны постоянно задаваться вопросами сходства и различия. Как будет соотноситься геологическое строение Марса, его доступность, стратегия исследований и оптимальный состав команды с опытом, полученным в ходе выполнения программы *Apollo*?

### Полевые работы на Луне

Геологические особенности Земли сформировались в результате исключительно сложных воздействий. Земная кора, магма, вода и атмосфера взаимодействуют между собой; океанические и континентальные плиты разламываются и сталкиваются; на Землю падают тела из космоса; ландшафт изменяет и биосфера, включая человека. А в случае Луны влияния в течение последних четырех миллиардов лет были в основном внешними и ограничивались ударами метеоритов и воздействием частиц солнечного ветра, обладающих большими энергиями (см.: *Спадис П. Новая луна // ВМН, № 3, 2004*).

У Луны нет атмосферы, поэтому ее поверхность открыта воздействию космического вакуума. Метеориты и кометы, иногда размером всего с пылинку, летящие со скоростью несколько километров в секунду, бомбардируют и изменяют горные породы, их обломки, стекло и пыль. Этот процесс сформировал то, что считается лунным грунтом: покрывающий самые древние вулканические потоки и более старые формы, образованные бомбардировкой, слой мелких и частично стекловидных обломков, называемых лунным реголитом, толщина которого достигает нескольких метров. Поэтому полевые исследования Луны требуют от геолога способности видеть вглубь. Чтобы выявить границы раздела или контакты пород, мне нужно было представить себе, как постепенное формирование и распространение реголита в результате бомбардировки расширило и ослабило первоначальные контрасты цвета и структуры минералов.

Так, в долине Тавр-Литтров на Луне я изучал контраст между темными мелкозернистыми натекми базальта и более древними обломочными породами, которые называют ударными брекчиями. Когда он формировался, он должен был быть четким: резкой границей двух типов пород. Однако космическое воздействие в течение 3,8 млрд лет размывало его на несколько сотен метров. В других местах граница между отложениями пылевой лавины и темным реголитом размывалась

## ОБ АВТОРЕ

**Харрисон «Джек» Шмитт** (Harrison H. "Jack" Schmitt) был пилотом лунного модуля в экспедиции *Apollo 17*, когда была проведена самая продолжительная и последняя высадка на Луну, а с 1977 по 1983 г. был сенатором от штата Нью-Мексико. Шмитт окончил колледж при Калифорнийском технологическом институте, получил степень доктора геологических наук в Гарвардском университете и до включения в команду космических исследований работал с известным специалистом по геологии планет Юджином Шумейкером (Eugene Shoemaker) в Геологической службе США. С 1994 г. он преподает в Университете Висконсина в Мадисоне, а с 2005 по 2008 г. председательствовал в Консультативном совете *NASA*.



за 100 млн лет со времени сошествия этой лавины всего на несколько десятков метров. Понимая процессы, активно изменявшие эти контактные зоны, я смог установить их первоначальное положение. Таким же образом и на Земле геолог должен определять, как земные процессы выветривания затушевывают или скрывают места контакта и структуры нижележащих пород.

Для идентификации разных типов пород в открытых глыбах при полевых исследованиях на Луне необходимо понимание эффектов непрерывной микрометеоритной бомбардировки. Когда о поверхность ударяются частицы, имеющие очень большую скорость, они образуют локализованную высокотемпературную плазму и плавят породу в точке удара. Выброшенная плазма и расплавленная порода переоткалдываются на близлежащих поверхностях, образуя на всем камне тонкую коричневатую патину, содержащую чрезвычайно мелкие частицы железа. Как на Земле в засушливых зонах геологу нужно видеть сквозь «загар пустыни» — налет на поверхности скал и камней, так и мне приходилось быстро просматривать образцы и понимать, что может лежать под этой патиной, до того как раскалывать камень молотком.

Мелкие ударные лунки, прорывающие лунную патину, содержат стекло разных цветов, характеризующее различия химического состава подвергшихся ударам минералов. Там, где ямка возникла на белом ми-

нерале (например, плагиоклазовом полевоом шпате, основном компоненте вулканических пород), в ней образуется светло-серое стекло с четким белым пятнышком, вызванным паукообразным растрескиванием структуры минерала. Там, где удар пришелся на минерал, богатый железом или магнием, стекло получается зеленым. Знание этих процессов позволило мне определять состав пород на глаз.

### Что найдут исследователи на Марсе?

На Красной планете специалисты ожидают увидеть влияния, похожие как на земные, так и на лунные, т.к. она имеет промежуточный размер. И действительно, наши углубляющиеся знания о рельефе Марса уже подтверждают существование этих смешанных процессов. Со времени получения первых снимков, сделанных орбитальными фотокамерами и марсианской станцией *Viking*, мы знаем, что геологические формы Марса образовались в результате совместного воздействия внутренних и внешних влияний.

СТЕКЛОВИДНЫЙ МАТЕРИАЛ на сделанном *Apollo 11* снимке лунной пыли крупным планом. Возможно, это грунт, расплавленный и разбрызганный в результате удара метеорита, а затем затвердевший. Многие лунные камни покрыты стекловидной патиной, которая делает их внешне непохожими на аналогичные земные минералы

В отличие от Луны, Марс имеет атмосферу, хотя и разреженную — давление на его поверхности составляет около 1% давления на уровне моря на Земле. Существование этой атмосферы изменяет общую геологическую картину, которую исследователи должны будут оценить, чтобы идентифицировать и проанализировать нижележащие породы. Атмосфера Марса «отфильтровывает» мелкие метеориты и ядра комет — те, которые могли бы образовать кратер диаметром меньше 30 м. Поэтому поверхность не покрыта продуктами ударного распыления, как на Луне, а в качестве основного мигрирующего материала выступает переносимая ветром пыль. Эта пыль возникает вследствие раз-

## ИССЛЕДОВАТЕЛИ МАРСА

столкнутся с теми же дезориентирующими зрительными эффектами, что и астронавты программы *Apollo*. Представленная панорама кратера Гусев, снятая марсоходом *Spirit* на 147-й марсианский день его путешествия, иллюстрирует обратное рассеяние света вокруг тени мачты фотокамеры. Специалисты, изучавшие данные, полученные марсоходом, говорят, что пыль в атмосфере Красной планеты ослабляет свет и облегчает оценку расстояний по сравнению с тем, что было на Луне. Подножие холмов Колумбия на заднем плане находится примерно в 500 м от фотокамеры



ных причин: ветровой эрозии пород, обвалов и оползней, ударов и химических реакций. Она образует рыхлые дюны, которые исследователям, возможно, нужно будет огибать, как приходится обходить глубокие снежные заносы на земных равнинах и горных перевалах. Ведь марсоходы *Spirit* и *Opportunity* временно застревали в пыли.

Несмотря на фильтрующий эффект атмосферы, поверхностные и подповерхностные структуры большинства обнаженных марсианских образований сформированы в основном ударными воздействиями. Первым геологам придется расшифровать выбросы, разломы и ударные модификации пород. Однако не все породы связаны с ударными процессами. Во многих рифтовых долинах и в других регионах преобладают слоистые породы, напоминающие осадочные или вулканические пласты. Реголит ударного происхождения покрывает не всю поверхность, и многие обнажения подстилающих марсианских пород доступны для обычного геологического изучения и взятия образцов.

На Луне воды нет, но на Марсе жидкая вода сформировала некоторые ландшафты и образовала новые минералы. Лабораторные исследования лунных пород не выявили в них минералов, содержащих воду, но орбитальные датчики и анализы марсианских минералов, проведенные роботами, обнаружили на Марсе разнообразные водосодержащие глины и сульфаты, возможно, осаж-

денные из воды. Более того, в отличие от Луны, породы которой содержат неокисленное металлическое железо, на Марсе есть обширные отложения окисленного железа (гематита  $Fe_2O_3$ ), что также свидетельствует о воздействии жидкой воды (см.: Белл Д. *Водное прошлое Красной планеты* // *ВМН*, № 4, 2007; Христенсен Ф. *Многоликий Марс* // *ВМН*, № 10, 2005). Марсианский геолог должен быть готов интерпретировать гораздо более широкий спектр минералов, чем тот, с которым мы столкнулись на Луне. Кроме того, вода переносит материал. Она создает долины, а некоторые удары метеоритов, по-видимому, растапливают подповерхностный лед, создавая грязевые потоки.

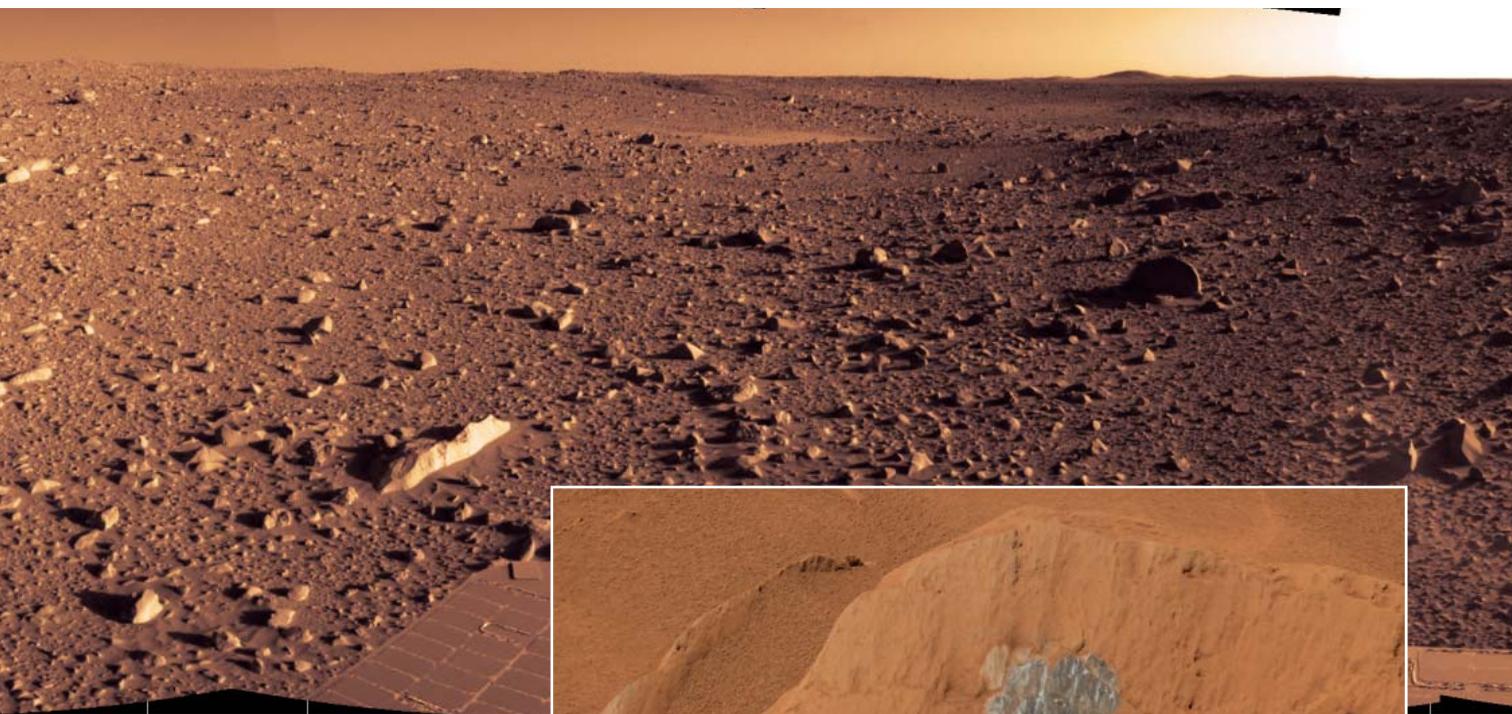
В результате марсианский реголит обычно состоит из ударных выбросов и обломков, принесенных грязевыми потоками и паводками, с прослойками принесенной ветрами пыли. В полярных областях он содержит также водяной лед и твердый диоксид углерода ( $CO_2$ ) в виде инея, что недавно подтвердил посадочный аппарат *Phoenix*. Лунный реголит намного менее сложен.

Вследствие этих отличий Марса от Луны перед марсианскими геологами в поле встанут новые трудности. Им все равно понадобится способность видеть вглубь, но здесь она должна быть больше похожей на ту, которая нужна на Земле, где приходится учитывать эффекты переноса материалов под действием ветра, воды и силы тяжести. В некоторых отно-

шениях исследования могут оказаться более легкими, чем на Луне. Снимки с Марса показывают, что хотя мелкая переносимая ветром пыль образует на многих породах очень тонкое покрытие, похожее на патину, но ветер часто очищает поверхность, так что пылевой налет не будет серьезно мешать визуальной идентификации пород и минералов.

Несомненным сходством с лунными условиями исследований будет наличие зрительных искажений. В вакууме и в разреженной атмосфере наш мозг обычно недооценивает расстояния. С подобной проблемой люди сталкиваются в условиях очень прозрачного воздуха в земных пустынях и горах. Отсутствие таких привычных объектов, как дома, деревья, кусты, вышки ЛЭП и т.п., усугубляет проблему. Впервые ее отметил Нил Армстронг после посадки *Apollo 11* на Луну. Я научился вносить поправки, сравнивая настоящую длину моей тени с кажущейся: оценка дистанции в результате повышалась примерно на 50%.

Шутки с глазами играет и поверхностная пыль. На Луне она вызывала интенсивное обратное рассеивание света при взгляде прямо со стороны Солнца. Это так называемый эффект нимба, который наблюдается и на Земле: он виден как яркое размытое пятно, когда смотришь на свою тень на снегу или на тень самолета при полете над лиственным лесом или пашней. На Марсе астронавты также столкнутся с этим явлением. Обратное рассеивание дает



некоторое количество света в тени, тогда как при взгляде в сторону Солнца тени освещаются лишь слабым светом, отраженным от других элементов рельефа. Для каждого снимка нам приходилось регулировать диафрагму фотокамер в зависимости от ориентации по отношению к Солнцу. В фото- и видеокамерах для будущих исследований нужно будет предусмотреть автоматическое приспособление к условиям освещения.

### Трудность доступа

На Луне я чувствовал себя очень легко. Я объясняю это чувство комфорта сильной мотивацией, хорошей подготовкой и высоким доверием к команде поддержки на Земле. Но от Земли до Луны можно долететь всего за трое с половиной суток, а до Марса, с использованием ракетных двигателей на обычном химическом топливе, — в лучшем случае за семь-восемь месяцев. Даже если это будут двигатели на ядерном топливе или иные, что позволит сократить длительность путешествия благодаря непрерывному ускорению и торможению корабля, все равно полет займет несколько месяцев. Благодаря такой изолированности марсианской команды она будет в гораздо большей степени зависеть от собственных сил и возможностей, чем лунная.

Несмотря на это, я не думаю, что психологические аспекты станут большой проблемой. Осознание, что на обратный путь понадобятся



ся как минимум несколько месяцев по сравнению с немногими днями для возвращения с Луны, может плохо повлиять на некоторых людей, но исследователи на Земле преодолевали и эту, и более серьезные трудности. В прежние времена искатели приключений часто попадали в ситуации, когда вернуться домой им было почти так же трудно, как будет первым марсианским командам, и при этом они не имели никаких средств связи. Мотивация участников экспедиций на Марс, их подготовка, уверенность в своей команде и инстинкт самосохранения останутся такими же, какие были у участников экспедиций по программе *Apollo*. Каждый будет очень занят работой на космическом корабле и его обслуживанием, научными исследованиями, физическими упражнениями, тренингами на симуляторах с целью подготовки к будущим задачам, обновлением планов исследований и другими делами. И если история космических полетов может служить каким-то показателем, то главной психологической трудностью для членов команды должно оказаться выделение личного свободного времени для отдыха. Тем, кто будет плани-

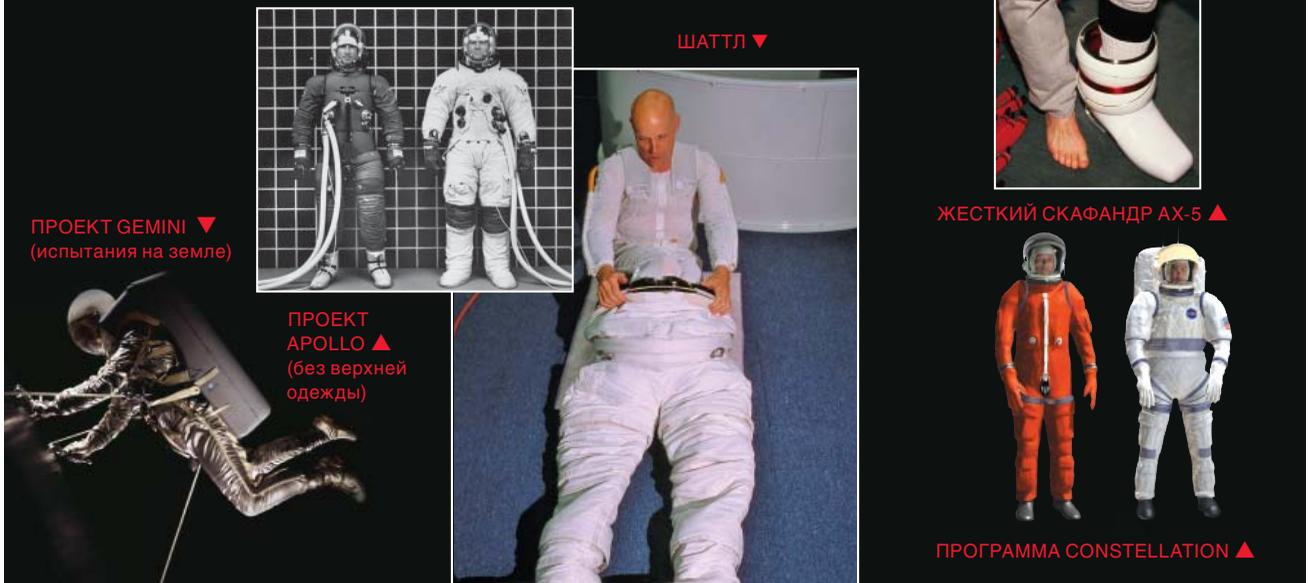
МАРСИАНСКИЕ КАМНИ, как и лунные, имеют покрытие, через которое геолог должен проникнуть взглядом, чтобы определить тип породы. К счастью, ветры не позволяют этому налету стать слишком толстым. На 99-й марсианский день своего путешествия марсоход *Spirit* использовал абразивное устройство (*Rock Abrasion Tool, RAT*), чтобы соскрести пыль и выветренный материал с этого камня, получившего название *Route 66*

ровать экспедицию, следует иметь это в виду.

Первоочередным ограничением эффективности исследований на Марсе станет необходимость носить скафандр, в котором поддерживается нужное давление. Скафандр *Apollo 7LB*, который мы надевали во время исследований в долине Тавр-Литтров на Луне, позволил нам проделать удивительно большую работу «в поле» в очень неблагоприятных условиях. Давление в нем поддерживалось на уровне 0,255 бар, т.е. около четверти атмосферного давления на уровне моря на Земле. При необходимости я мог пробежать несколько миль «лыжным стилем» в стабильном темпе со скоростью почти 10 км/ч. С нашим снаряжением мы, работая командой, могли довольно быстро собирать образцы, фотогра-

## СКАФАНДР НА ВСЕ СЛУЧАИ

В научно-фантастической литературе скафандры выглядят привлекательно, но работать в них трудно. Скафандр должен быть надут, чтобы человек мог дышать в нем, но наличие давления внутри делает его жестким, что ограничивает подвижность. Астронавтам *Apollo* приходилось довольно долго тренироваться, чтобы освоиться с работой в нем. Возможно, что скафандры будущего обеспечат большую подвижность



ПРОЕКТ GEMINI ▼  
(испытания на земле)

ШАТТЛ ▼

ЖЕСТКИЙ СКАФАНДР AX-5 ▲

ПРОЕКТ APOLLO ▲  
(без верхней одежды)

ПРОГРАММА CONSTELLATION ▲

филировать их и складывать в мешок. Примерно за 18 часов работы мы собрали около 113 кг образцов пород и реголита. И все же я хотел бы, чтобы скафандр обеспечивал намного лучшую подвижность ног, корпуса и рук, чем *Apollo 7LB*. Что работало очень плохо и вызывало большую усталость и травмы, так это перчатки скафандра. Для последующих полетов на Луну и полетов на Марс их нужно будет как-то усовершенствовать. Подвижность пальцев была очень ограниченной, а предплечья уставали уже через полчаса работы. Было такое ощущение, словно я постоянно сжимаю теннисный мяч. После восьмичасового отдыха болезненных ощущений в мышцах не оставалось — это одно из преимуществ более эффективной работы сердечно-сосудистой системы в условиях вшестеро меньшей силы тяжести. Но после трех походов продолжительностью от восьми до девяти часов я очень сомневался, что смогу еще что-то сделать натертыми руками с травмированными пальцами, — и это было результатом плохой конструкции перчаток.

Возможно, космические скафандры будут модифицированы таким образом, что перчатки или их эквиваленты позволят работать почти так же свободно, как без них, а сам скафандр станет почти столь же гибким, как обычный лыжный костюм. Вероятно, планировать маршруты помогут полевые помощники-роботы. Кроме того, из опыта астронавтов, построивших Международную космическую станцию (МКС), мы сегодня знаем методы физической подготовки, обеспечивающие превосходное состояние мышц для длительной нагрузки. Другие новые процедуры и оборудование должны еще повысить эффективность исследований.

### Подбор команды

Политическая срочность и пробный характер первых планов и разработок по программе *Apollo* давали мало возможностей для регулярного подбора опытных полевых геологов в качестве членов лунных экспедиций. NASA выбирала в первую оче-

редь опытных летчиков-испытателей и военных летчиков. Все члены команд должны были иметь хорошее образование, опыт и уверенно пользоваться оборудованием и методами, необходимыми для выполнения полета. Места для геолога-пассажира не предусматривалось. Только один полевой геолог оказался обученным летному делу — это был я.

С возвратом к подготовке лунных экспедиций в рамках программы *Constellation* на ближайшие десять лет или около того это положение должно измениться. Профессиональных полевых геологов необходимо включить в состав всех экспедиций на Луну, создавая этим прецедент для путешествий на Марс. Как и случае нескольких последних экспедиций по программе *Apollo*, все члены команд и групп их рабочей поддержки должны быть как можно лучше знакомы с реальной геологической проблематикой. Оптимальной для первых экспедиций будет команда из четырех человек: двух профессиональных пилотов, прошедших дополнительную подготовку в качестве полевых геоло-

гов и инженеров по системам (как и в экипажах кораблей *Apollo*); одного профессионального полевого геолога, дополнительно подготовленного как пилот, инженера по системам и полевого биолога; одного профессионального полевого биолога с дополнительной квалификацией врача и полевого геолога.

При такой комплексной подготовке членов экспедиции ее успех будет зависеть не только от каждого отдельного участника, но и от командной работы. Каждый член экспедиции на Марс должен не только быть способным к внесению профессионального вклада в общую работу, но и абсолютно соответствовать иерархической структуре команды, чувствовать себя в ней свободно и безусловно комфортно. Исторический опыт показывает, что маленькие изолированные команды добиваются наибольшего успеха, когда ими руководит авторитетный опытный лидер.

Исследования Марса будут отличаться от исследований Луны во многих отношениях. Во-первых, поскольку длительность путешествия будет измеряться не днями, а месяцами, команда должна будет в течение всего полета постоянно тренироваться в выполнении процедур посадки и орбитального полета. В случае экспедиций на *Apollo* мы репетировали посадку на тренажере на Земле, причем последняя репетиция проводилась за несколько дней до старта, т.е. меньше чем за неделю до запланированного управляемого спуска на Луну. В случае полета на Марс время от старта до посадки составит около девяти месяцев — слишком большой срок, чтобы можно было обойтись без тренировок в полете.

Во-вторых, осуществление большинства традиционных функций управления полетом с Земли будет невозможным из-за длительного времени поступления сигналов (до 22 минут в один конец). Поэтому земному руководству придется ограничиться теми действиями, которые не требуют прямого контакта с командой, например анализом и синтезом данных, планированием на очередную неделю, монито-

рингом систем и расходуемых материалов, планированием обслуживания и развитием программы работ. Функции непосредственного управления кораблем и работами на месте астронавты должны будут выполнять сами. Например, экспедиция может состоять из двух команд: группы, которая высадится на Марс, и группы, которая останется на орбите для работы в качестве орбитального центра управления. Когда первая группа вернется на орбиту, вторая может высадиться в другом месте для исследования другого участка.

В такой степени самостоятельности нет ничего нового. Даже в ходе программы *Apollo*, когда мы планировали исследования еще на Земле, пользуясь имевшимися фотоснимками, NASA предоставляло командам достаточную свободу для проведения, если будет возможность, анализа незапланированных объектов. Так, в конце второго периода исследований в ходе экспедиции *Apollo 17*, когда до конца работ на этом участке оставалось всего 30 минут, я заметил оранжевое стекло на краю кратера Шорти. Не ожидая указаний от центра управления экспедицией, Джин и я начали описывать породу, фотографировать ее и брать образцы. У нас не было времени обсуждать этот план с руководством, но мы сразу поняли, что нужно делать. Точно такой же подход всегда потребует и от команды на Марсе, т.к. руководство на Земле получит сведения о новой находке лишь через десятки минут.

Третье отличие от лунных экспедиций будет состоять в том, что ввиду огромных затрат на каждую экспедицию и их огромной исторической важности подход к исследованиям должен быть полностью ориентирован на успех. Если даже что-либо пойдет не так, астронавты должны будут продолжать работы и выполнить все поставленные задачи. Например, корабль в идеале должен быть готов принять двух участников высадки, если окажется, что одному не справиться. Далее, при неисправностях в работе

систем или программного обеспечения на этапах входа в атмосферу, спуска или посадки астронавты должны будут высаживаться на планету, а не возвращаться на орбиту, как предписывалось программой *Apollo*. Когда группа будет доставлена на Марс, неполадки со временем можно будет устранить, консультируясь с Землей.

Сегодняшние молодые люди будут иметь счастливую возможность изучать Красную планету, если их родители и деды подготовят им ее. Это будет нелегко. Как и во всем в мире, здесь присутствует риск. Велики будут не только ценность приобретенных новых знаний, но и потери в случае прекращения работ. Если исследования Марса вновь задержатся по отношению к уже запланированным срокам, то американцам придется плестись в хвосте проектов других стран. Более того, без последовательных усилий по изучению того, как исследовать, а впоследствии и заселять другие миры, сам факт существования человечества будет поставлен под угрозу ударов астероидов и комет, путешествующих по Солнечной системе. Любознательность, уроки истории и инстинкт самосохранения требуют, чтобы мы продолжали двигаться дальше в космос. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Exploring Taurus-Littrow (What Is It Like to Walk on Another World?). Harrison H. Schmitt in *National Geographic*, Vol. 144, No. 3, pages 290–307; September 1973.
- A Trip to the Moon. Harrison H. Schmitt in *Where Next, Columbus? The Future of Space Exploration*. Edited by Valerie Neal. Oxford University Press, 1994.
- Return to the Moon. Harrison H. Schmitt. Springer-Praxis, 2006.
- Decoding the Mineral History of Mars. Vivien Gornitz in *Mineral News*, Vol. 24, No. 2, pages 12–13; February 2008.
- Paper Astronaut: The Paper Spacecraft Mission Manual. Juliette Cezzar. Introduction by Buzz Aldrin. Universe, 2009.
- Путешествия к Луне / Ред.-сост. В.Г. Сурдин. М.: Физматлит, 2009.

Брюс Дейл и Джордж Хьюбер

# САМОЕ ЗЕЛЕНое топливо



## Специалисты превращают сельхозотходы, древесину и быстрорастущие травы во всевозможные виды биотоплива, пригодного даже для реактивных двигателей. Но прежде чем занять рынок, биотопливо нового поколения должно выдержать конкуренцию с нефтью

С каждым годом становится все более очевидно, что США необходимо освободиться от нефтяной зависимости, которая превратилась в угрозу национальной, экономической и экологической безопасности страны. Поскольку человечество не намерено отказаться от транспорта, необходимо найти какой-то иной, новый способ приводить в действие мировой парк транспортных средств. Различные виды биотоплива из целлюлозы — жидкого топлива из непищевых частей растений — открывают нам путь к экологически заманчивой и технически реализуемой в короткие сроки идее альтернативы нефти.

Биотопливо можно производить из всего, что является или когда-то было растениями. Сырьем для выработки биотоплива первого поколения служит пищевая биомасса, в первую очередь из кукурузы и соевых бобов (США) или из сахарного тростника (Бразилия). Все это наиболее доступные способы получения биотоплива, а технология превращения данных видов сырья в топливо уже успешно применяется — сегодня в США действуют 180 заводов по переработке кукурузы в этанол. Тем не менее биотопливо первого поколения нельзя рассматривать как окончательное решение проблемы, поскольку нет достаточно больших сельхозугодий, способных удовлетворить потребность развитых стран в биотопливе первого поколения более чем на 10%. Увеличение спроса на сельхозпродукцию повысит цены на корм для скота, и тем самым приведет к увеличению сто-

имости продуктов питания — однако далеко не в той степени, как заявляли средства массовой информации в прошлом году. Однако после общей оценки объема выбросов в атмосфере загрязняющих веществ в процессе выращивания, уборки и переработки кукурузы становится ясно, что биотопливо первого поколения вовсе не так безобидно для окружающей среды, как бы нам того хотелось.

Производимое из целлюлозного материала биотопливо второго поколения под разговорным названием «грассолин» (от *grass* — «трава» и *gasoline* — «бензин») лишено этих недостатков. Его можно вырабатывать из десятков, если не сотен самых разных вещей: от древесных отходов в виде опилок и остатков деревянных конструкций до таких сельскохозяйственных отходов, как стебли кукурузы и пшеничная солома, а также из «энергетических культур» — быстрорастущих трав, кустарников и деревьев, которые выращиваются специально в качестве исходного сырья (*врезка на стр. 31*). Стоимость подобного сырья невелика (\$40–50 за энергетический эквивалент барреля нефти), оно имеется в достатке и никак не связано с производством продуктов питания. Большинство энерге-

тических культур произрастают на целинных землях, не используемых в качестве сельхозугодий. Некоторые такие культуры, в частности молодой ивняк, обладают способностью очищать почву, загрязненную сточными водами или тяжелыми металлами.

Для получения биотоплива можно стабильно заготавливать огромное количество целлюлозной биомассы. Согласно исследованиям, проведенным Министерством сельского хозяйства и Министерством энергетики США, имеется возможность ежегодно вырабатывать по меньшей мере 1,3 млрд тонн сухой целлюлозной биомассы, не сокращая объемов, предназначенных для производства продуктов питания, кормов для скота и экспорта. Этого количества биомассы хватило бы для производства более 100 млрд галлонов (454,5 млн т) грассолина в год — примерно половина нынешнего ежегодного потребления в США бензина и дизельного топлива (*диаграмма внизу слева на стр. 31*). По аналогичным оценкам, глобальные запасы целлюлозной биомассы обладают энергетическим эквивалентом 34–160 млрд баррелей нефти в год, что превосходит нынешний мировой уровень ежегодного потребления нефти в 30 млрд баррелей. Целлюлозную биомассу можно также перерабатывать в любой вид горючего — этанол, обычный бензин, топливо для дизельных и даже ракетных двигателей.

Несмотря на то что с ферментацией кукурузных зерен специалисты по-прежнему справляются намного лучше, чем с расщеплением прочных целлюлозных волокон, в последнее время удалось добиться внушительных результатов. Используя такие мощные средства, как модели квантово-химических расчетов, ин-

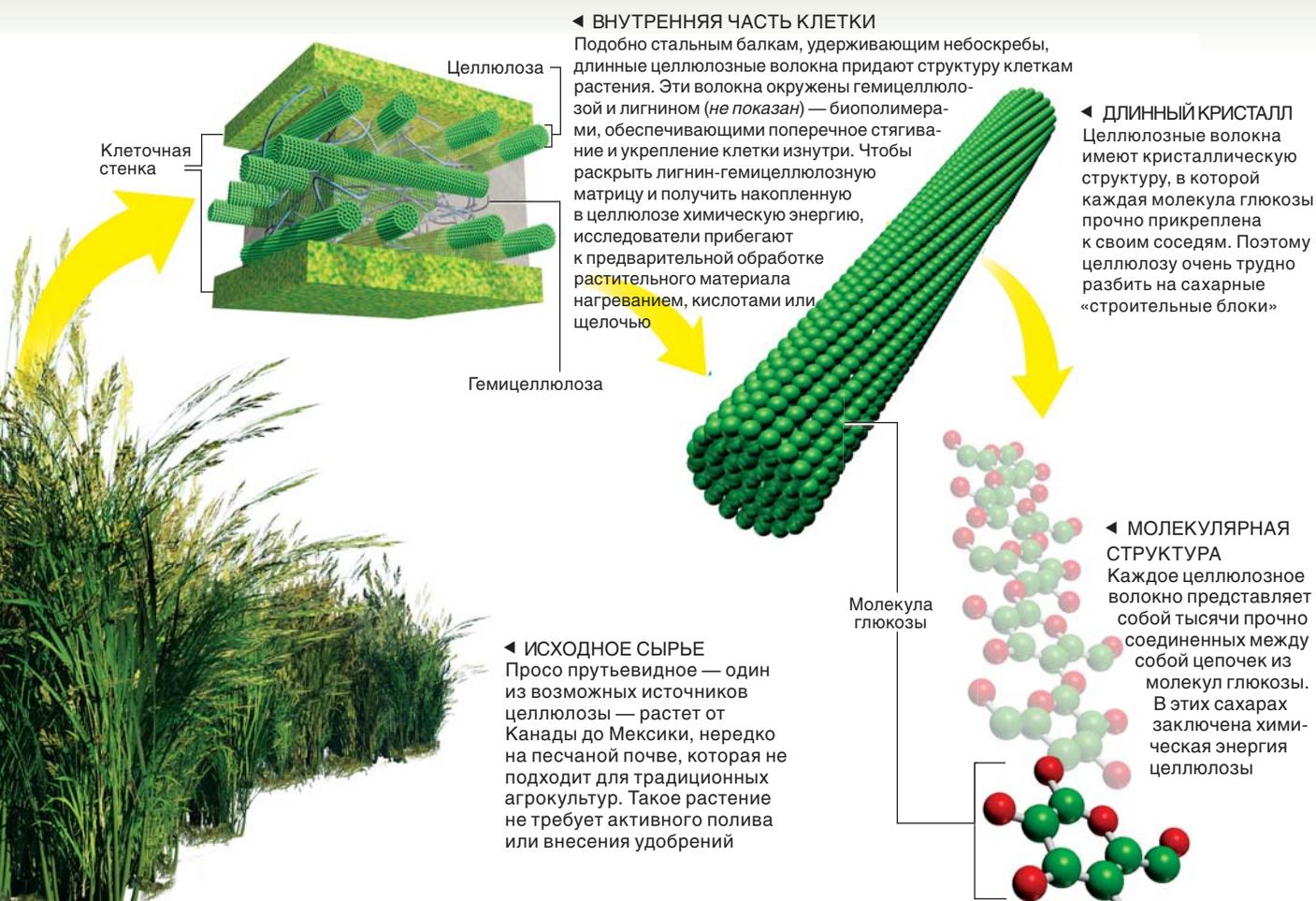
### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Биотопливо второго поколения из непищевых частей растений — экологически заманчивая и технически достижимая в короткие сроки альтернатива нефти.
- Основная часть такого биотоплива — «грассолина» — будет производиться из сельхозотходов, таких как стебли кукурузы и быстрорастущие энергетические культуры, а также из древесных отходов.
- США могут выращивать достаточное количество подобного сырья для замещения половины объема потребляемой нефти, не оказывая при этом влияния на пищевые ресурсы.

## КЛЕТОЧНЫЙ КАРКАС ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

В природе целлюлоза поддерживает вертикальный рост растения. Она имеет кристаллическую молекулярную структуру, которая обладает одновременно гибкостью

и высокой стойкостью к разложению. Делая растение прочным, эти качества создают трудности для тех, кто хочет превратить его в моторное топливо



женеры-химики создали структуры, способные управлять химическими реакциями на атомном уровне. По ускоренному расчету проводится исследование возможности применения технологий конверсии растительной биомассы в промышленных условиях. Речь идет об очень молодой области исследований, однако уже сегодня работает ряд демонстрационных установок, а завершение строительства первых коммерческих предприятий по производству биотоплива второго поколения намечено на 2011 г. Время грассолины, возможно, уже не за горами.

### Энергетический узел

В данной ситуации свою роль сыграла эволюция. Целлюлоза была создана природой таким образом, чтобы придавать жесткую структуру

растениям. Она представляет собой прочный каркас из связанных друг с другом молекул, который поддерживает вертикальный рост растения (*врезка вверху*) и упорно сопротивляется биологическому разложению. Чтобы высвободить заключенную в этом каркасе энергию, исследователям требуется в первую очередь развязать молекулярный узел, завязанный эволюцией.

В целом данный процесс предполагает сначала расщепление плотной биомассы на более мелкие молекулы, а затем составление из этих элементов разных видов топлива. Обычно специалисты классифицируют методы расщепления по температуре нагревания. Низкотемпературный метод (50–200° С) позволяет получить сахара, которые можно ферментировать в этанол и другие виды топлива,

в значительной степени так же, как перерабатываются сегодня кукуруза и сахарный тростник. При достижении более высоких температур (300–600° С) образуется бионефть, перерабатываемая затем в бензин или дизельное топливо. Расщепление при сверхвысокой температуре (свыше 700° С) создает условия для получения газа, который может быть переработан в жидкое топливо.

Сегодня никто не знает, какой из подходов обеспечит наиболее экономичный перевод в то или иное жидкое биотопливо максимального количества аккумулированной энергии. Возможно, для целлюлозной биомассы из разных видов растений потребуются разные подходы. Например, высокотемпературная обработка была бы оптимальной для дерева, тогда как траву лучше было

бы обрабатывать при более низких температурах.

### Горячее топливо

Наиболее технически отработанный способ производства биотоплива — высокотемпературное получение синтез-газа (сингаза). Такой синтез-газ, смесь монооксида углерода и водорода, можно производить из любого углеродсодержащего материала. Обычно он перерабатывается в дизельное топливо, бензин или этанол с помощью процесса, именуемого синтезом Фишера-Тропша, который был разработан этими германскими исследователями еще в 1920-е гг. В период Второй мировой войны синтез Фишера-Тропша активно использовался в Германии для выработки жидкого топлива из имевшихся на территории этой страны запасов угля. Большинство круп-

ных нефтяных компаний располагают сегодня технологией переработки синтез-газа, которую они вполне смогут применить, если стоимость бензина достигнет непомерно высокого уровня.

Первый шаг в получении синтез-газа именуется газификацией. Биомасса загружается в химический реактор и нагревается до температуры выше 700° С. При перемешивании ее с водяным паром или кислородом образуется газ, содержащий монооксид углерода, а также водород и смолы. После обязательного вычищения смол давление газа в реакторе повышается до 20–70 атмосфер. Затем находящийся под давлением газ поступает на особого рода катализатор — твердый материал, который адсорбирует отдельные молекулы реагирующего вещества, стимулируя начало определенных химических реакций.

Такие катализаторы разрабатывались инженерами-химиками для переработки в топливо синтез-газа из природного газа и угля, однако они в равной мере применимы и для биомассы.

Несмотря на то что эта технология хорошо освоена, необходимые для ее использования реакторы довольно дорогостоящи. Завод по переработке природного газа на основе синтеза Фишера-Тропша, который был построен в Катаре в 2006 г. и имеет производительность 34 тыс. баррелей жидкого топлива в сутки, обошелся в \$1,6 млрд. При таких инвестициях в строительство пришлось бы в течение 15–30 лет ежедневно перерабатывать около 5 тыс. т сырья, чтобы возместить капиталовложения в завод по переработке биомассы. Поскольку доставка такого количества биомассы предполагает значительные

## ПРЕВРАЩЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НЕПОСРЕДСТВЕННО В ТОПЛИВО

Целлюлоза состоит из атомов углерода, кислорода и водорода (последние не показаны). Бензин включает в себя углерод и водород. Таким образом, превращение целлюлозы в грассолин — вопрос удаления из целлюлозы кислорода, чтобы полу-

чить молекулы с высокой энергетической плотностью, содержащие только лишь углерод и водород. В показанной ниже технологии под названием «каталитический быстрый пиролиз» целлюлоза разлагается и в один этап превращается в бензин

**НАЧАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ**  
Попадая в реактор, целлюлоза менее чем за секунду разогревается до температуры 500° С, что вызывает ее разрушение на более мелкие, богатые кислородом молекулы

**КАТАЛИЗАТОР**  
Образовавшиеся осколки адсорбируются катализатором, который стимулирует начало ряда химических реакций. В результате из осколков целлюлозы удаляется кислород и создаются углеродные кольца. Сам этот химический процесс пока не до конца понятен

**КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ**  
По завершении процесса продолжительностью всего лишь несколько секунд целлюлоза превращается в ароматические компоненты бензина. Побочные продукты этой реакции — вода (не показана), двуокись углерода и угарный газ



**ВОЗМОЖНОСТИ НАСЕКОМЫХ.** Термиты — образец для предприятий по производству биотоплива. Микробы, живущие в пищеварительном тракте термита, разлагают целлюлозу на сахара. Биотехнологи пытаются воспроизвести этот процесс в производственных масштабах

проблемы, связанные с материально-техническим обеспечением и рентабельностью, специалисты продолжают исследования по поиску путей снижения капитальных затрат.

### Бионефть

Под воздействием давления и высокой температуры в недрах Земли зоопланктон и водоросли палеозоя за сотни миллионов лет трансформировались в современные нефтяные месторождения. Сегодня мы имеем возможность аналогичным образом — но уже в гораздо более короткие сроки — превращать целлюлозную биомассу в бионефть. Для этого на нефтеперерабатывающем заводе биомасса нагревается в бескислородной среде до температуры 300–600°C. От нагревания она разделяется на плотное углеподобное вещество и бионефть, выделяя

при этом газ. Получаемая по этому методу бионефть — наиболее дешевое жидкое биотопливо из имеющихся сегодня на рынке: цена энергетического эквивалента 1 галлона (3,78 л) бензина составляет примерно \$0,5 (в дополнение к стоимости сырой биомассы).

Такой процесс можно также выполнять на сравнительно небольших предприятиях, расположенных поблизости от мест заготовки биомассы, что ограничит расходы на транспортировку сырья. К сожалению, подобная бионефть обладает высокой кислотностью, не смешивается с топливом на основе обычной нефти и имеет лишь половину энергоемкости бензина. Конечно, можно сжигать бионефть непосредственно в дизельном двигателе, но поступать подобным образом следует лишь в том случае, если

### ОБ АВТОРАХ

**Брюс Дейл** (Bruce E. Dale) — профессор и заведующий кафедрой на факультете химического машиностроения Университета штата Мичиган, а также один из руководителей биоэнергетического исследовательского центра *Great Lakes*. Периодически выступает в качестве консультанта по биотопливной промышленности. **Джордж Хьюбер** (George W. Huber) — профессор химического машиностроения в Массачусетском университете, г. Амхерст. В 2003 г. журнал *Scientific American* включил его работу по получению водорода из сырой биомассы в число 50 высших достижений года. Хьюбер — основатель фирмы *Anellotech*, занимающейся биотопливом; он тоже периодически консультирует различные нефтяные и биотопливные компании.

этот агрегат вам больше не понадобится.

Впрочем, на крупных нефтеперерабатывающих заводах ту же бионефть можно превращать в пригодное для использования топливо, и многие компании уже изучают возможность приспособить имеющееся у них оборудование для решения этой задачи. Некоторые из них, производя другой вид «зеленого» дизельного топлива, считают, что могут также заниматься целлюлозной бионефтью. В настоящее время подобные заводы используют в качестве сырья как растительные и минеральные масла, так и животные жиры. Компания *Copoco-Phillips* недавно продемонстрировала подобный подход на своем нефтеперерабатывающем предприятии в городе Боргер, штат Техас, производя ежедневно более 12 тыс. галлонов (45 424 л) биодизельного топлива (биодизеля) из говяжьего жира, который поставляется с расположенной поблизости скотобойни *Tyson Foods* (врезка на стр. 33).

Исследователи занимаются также поиском возможностей объединить этот двухэтапный процесс. Речь идет о переработке твердой биомассы в бионефть, а затем этой бионефти в биотопливо внутри одного и того же реактора. Один из авторов статьи (Джордж Хьюбер) и его коллеги занимаются сегодня разработкой технологии под названием «каталитический быстрый пиролиз». Слово «быстрый» в названии обозначает немедленное нагревание: сразу же после попадания в реактор биомасса менее чем за секунду разогревается до температуры 500° С, что вызывает разрушение крупных и образование более мелких молекул. Теперь, приобретя нужный размер и форму, эти небольшие молекулы идеально, словно яйца в упаковочную картонку, адсорбируются катализатором.

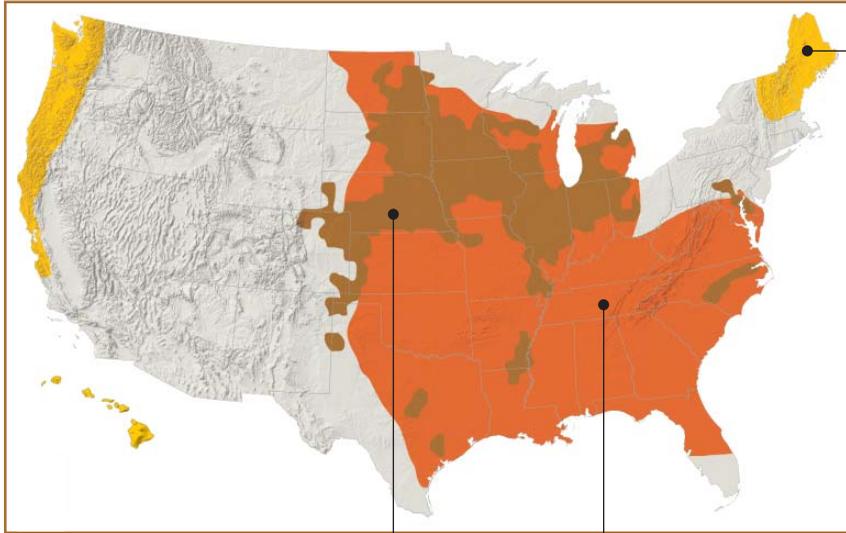
Оказавшись внутри пор катализатора, молекулы проходят целый ряд химических реакций, которые превращают их в бензин — точнее, в важные ароматические компоненты бензина, повышающие его октановое число (врезка на стр. 29). (Высокооктановые марки топлива

## ВЫБОР МЕСТ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ США

Когда исследователи научатся эффективно превращать целлюлозный материал в биотопливо, им не придется столкнуться с проблемой нехватки исходного растительного сырья. По результатам исследования, проводившегося в последние десять лет Министерством сельского хозяйства и Министерством энергетики США, имеется возможность ежегодно заготавливать более 1,3 млрд т целлюлозного сырья, не нанося ущерба экспорту или производству продуктов питания (уточненный вариант выводов будет опубликован в этом году).

В дополнение к энергетическим культурам, которые можно выращивать на большей части территории США — в особенности, на тех землях, что недостаточно плодородны для традиционных пищевых культур, — северо-восточный и северо-западный регионы страны могли бы поставлять отходы лесозаготовок. В свою очередь, потребности Среднего Запада в значительной степени удовлетворялись бы за счет пожнивных остатков после сбора урожаев кукурузы и сои, включая стебли и стержни початков кукурузы

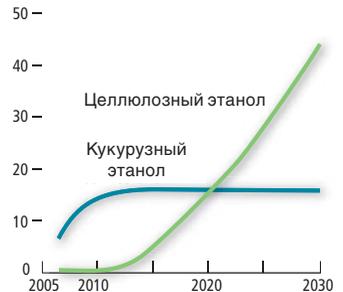
### МЕСТА ЗАГОТОВКИ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОТОПЛИВА



#### ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Такие материалы имели бы два основных источника: во-первых, отходы деятельности лесозаготовительной и бумажной промышленности, во-вторых, избыток деревьев с небольшим диаметром ствола, которые признаны Службой охраны лесов США подлежащими санитарной вырубке

#### КОЛИЧЕСТВО ЭТАНОЛА, КОТОРОЕ МОГУТ ПРОИЗВОДИТЬ США (МЛРД ГАЛЛОНОВ)



По результатам исследования, опубликованном в этом году Национальной лабораторией в Сандии, США почти исчерпали свои возможности увеличивать производство этанола из кукурузы, тогда как количество этанола, производимого ими из целлюлозы, может возрасть десятилетиями



#### СЕЛЬХОЗОТХОДЫ

На долю стеблей, листьев и стержней початков приходится примерно половина собранного урожая кукурузы. Какое-то их количество оставляют на поле, для подкормки почвы, но большая часть этих остатков отправляется сегодня в отходы

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ

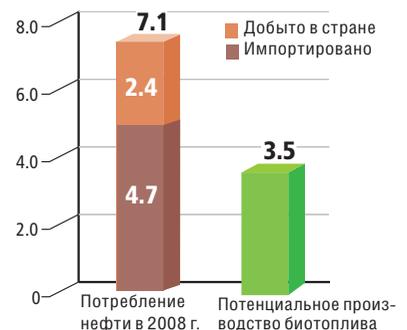
Такие растения могут быстро расти, требуя минимального количества воды и удобрений. В качестве примера можно назвать просо прутьевидное, сорго, слоновью траву (китайский камыш) и сахарный тростник. Некоторые из них, такие как молодой ивняк, не только растут на почве, которая загрязнена сточными водами или тяжелыми металлами, но и очищают ее



### ОБЪЕМ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОТОПЛИВА, КОТОРЫЙ США МОГУТ СТАБИЛЬНО ЗАГОТОВЛИВАТЬ (МЛН Т)



### СЕГОДНЯШНЕЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ НЕФТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА (МЛРД БАРРЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА НЕФТИ)



Потенциальный объем производства биотоплива соответствует пику добычи нефти в США в 1970 г.

## РАЗРУШЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ АММИАКОМ

При множестве разных способов предварительной обработки растительных волокон для разрушения целлюлозы — наиболее часто упоминается воздействие кислотами и нагреванием — су-

ществует процесс *AFEX* (разрушение целлюлозы аммиаком), который представляет собой уникальное сочетание экономичности, низкой себестоимости продукции и эффективности

### ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

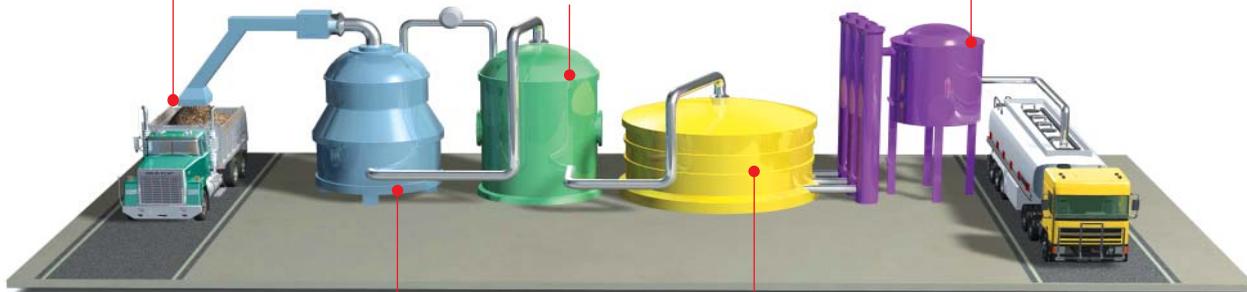
Сырье измельчается до небольших кусочков и доставляется на предприятие

### ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Аммиак разрушает растительное сырье, извлекая целлюлозу из лигниновой матрицы, а затем поступает на повторное использование

### ДИСТИЛЛЯЦИЯ

Этанол отделяется от воды путем дистилляции



### ВАРКА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

При нагревании и под давлением сырье перемешивается с сильной щелочью аммиаком

### ФЕРМЕНТАЦИЯ

Обработанная целлюлоза превращается ферментами в сахара, из которых затем получают этанол

### ТРАНСПОРТИРОВКА

Автоцистернами этанол доставляется в систему автозаправочных станций

повышают давление в цилиндрах двигателя, способствуя улучшению его работы.) Весь этот процесс продолжается в течение каких-то двух-десяти секунд. Созданная недавно компания *Anellotech* сегодня стремится расширить масштабы применения этой технологии, перенести ее с лабораторного на коммерческий уровень. К 2014 г. она рассчитывает ввести в действие целое промышленное предприятие.

### Предпочтение сахарам

Наибольшие государственные и частные инвестиции сумел привлечь вариант, в основе которого лежит традиционный механизм — получение из растений сахаров, а затем ферментация этих сахаров в этанол или другие виды биотоплива. Исследователи опробовали десятки возможных способов расщепления устойчивых к переработке целлюлозы и гемицеллюлозы — последняя представляет собой волокна, которые скрепляют целлюлозу внутри клетки (*врезка на стр. 28*), — на составляющие их сахара. Достичь этой цели можно нагреванием биомассы, воздействием на нее гамма-излучения, перемалыв-

анием в мелкий порошок или действием высокотемпературного пара. Можно также обрабатывать ее концентрированными кислотами и щелочами или погружать в растворители. Благодаря геной инженерии возможно даже создание новых микробов, которые будут, поглощая, разрушать такую целлюлозу.

К сожалению, многие способы, эффективные в лаборатории, не имеют шансов на успешное применение в промышленных условиях. Для достижения коммерческой жизнеспособности проекта в процессе предварительной обработки сырья требуется вырабатывать значительное количество легко ферментируемых и высококонцентрированных сахаров, не превышая при этом умеренного уровня капитальных затрат. В таком производстве нельзя использовать токсичные материалы или чрезмерно расходовать электроэнергию. Наконец, по стоимости своего производства грассолин должен выгодно конкурировать с бензином.

Наиболее многообещающие подходы предусматривают воздействие на биомассу крайних значений *pH*

и температуры. В одной из наших лабораторий (лаборатория Брюса Дейла) мы разрабатываем новую методику с использованием такой сильной щелочи, как аммиак. В этом процессе под названием *AFEX* (*ammonia fiber expansion*, разрушение целлюлозы аммиаком) биомасса обрабатывается под давлением в концентрированном растворе аммиака при температуре 100° С. После снижения давления аммиак испаряется и может быть использован повторно. В результате 90 и более процентов обработанной целлюлозы и гемицеллюлозы превращаются ферментами в сахара. Столь высокий объем выхода отчасти объясняется тем, что при этой методике к минимуму сводятся потери сахара, которые часто происходят в кислотной или высокотемпературной среде. Процесс *AFEX* — это переход «сухого в сухое»: биомасса, которая на начальном этапе представляет собой преимущественно сухое вещество, после подобной предварительной обработки остается такой же сухой, не разбавляясь водой. Благодаря этому из нее можно получать большие объемы высококонцентрированного высокоградусного этанола.

Производимая по данной методике продукция может быть весьма недорогой. Если предположить, что целлюлозная биомасса будет доставляться на предприятие по цене около \$50 за тонну, а затем проходить процесс AFEX в сочетании с современным способом ферментации под названием «объединенная биообработка», то стоимость получаемого этанола составит примерно \$1 за энергетический эквивалент 1 галлона (3,78 л) бензина. На бензоколонках то же количество этанола будет, вероятно, стоить менее \$2.

### Стоимость перехода

Естественно, что стоимость станет определяющим фактором того, насколько быстро будет расти потребление грассолина. Его основной конкурент — нефть, а нефтяная промышленность вот уже более 100 лет благополучно пользуется результатами специальных исследований в своей области. Большая часть работающих сегодня нефтеперерабатывающих заводов успела компенсировать первоначальные затраты капитала, тогда как строительство новых заводов по производству грассолина потребует дополнительного инвестирования сотен миллионов долларов — расходы, которые неизбежно окажутся заложенными в цену будущей продукции.

С другой стороны, грассолин имеет ряд серьезных преимуществ по сравнению с топливом из нефти и некоторых ее альтернативных вариантов, таких как нефтеносные пески или жидкий уголь (водоугольная суспензия). Прежде всего, исходное растительное сырье намного дешевле сырой нефти, что должно помочь сдерживать уровень затрат после начала работы этого производства. Кроме того, биотопливо будет производиться внутри страны со всеми очевидными выгодами в плане национальной безопасности. Наконец, его использование более благоприятно отразится на состоянии окружающей среды, чем любой альтернативный вариант на основе ископаемого топлива.

Благодаря новым аналитическим возможностям и методам компью-

### ЖИР НАБИРАЕТ ОЧКИ

Результатом нашего изобилия стала новая тенденция — производить топливо из жира. В апреле этого года компания *High Plains Bioenergy* построила предприятие по производству биотоплива рядом с заводом по переработке свинины у города Гаймон, штат Оклахома. Сейчас это предприятие забирает свиной жир — имеющийся в изобилии дешевый побочный продукт промышленного процесса забоя свиней — и вместе с растительным маслом превращает его в биодизельное топливо. Как ожидается, из 30 млн фунтов (13,6 тыс. т) жира оно сможет ежегодно производить 30 млн галлонов (113,5 млн л) такого топлива. В 2010 г. аналогичного рода завод появится в городе Гейсмар штата Луизиана, которое будет управляться *Dynamic Fuels* — совместным предприятием скотобойни *Tyson Foods* и энергетической компании *Syntroleum*. Новый завод будет использовать предоставляемый этой скотобойней говяжий, куриный и свиной жир для ежегодного производства 75 млн галлонов (283,9 млн л) биотоплива для дизелей и реактивных двигателей.

Впрочем, недавно отрасли по выработке биодизельного топлива был нанесен серьезный удар, а многие предприятия остановили работу из-за отсутствия спроса на их продукцию. Из-за снижения цен на нефть изготавливаемое из нее топливо для дизелей стало дешевле биодизельного, которое в США вырабатывается обычно из соевого и другого растительного масла. Федеральная налоговая скидка в размере \$1 на каждый галлон биодизельного топлива смягчила удар для его производителей, однако время предоставления льготы истекает в конце этого года. Поэтому некоторые производители опасаются того, что вместе с этой налоговой скидкой исчезнет и их бизнес. Ранее скотобойня *Tyson Foods* договаривалась о партнерстве с компанией *ConocoPhillips* в производстве биодизельного топлива на именуемом у последней предприятии в городе Боргер, штат Техас. Однако неопределенность в вопросе статуса этой налоговой скидки задержала осуществление данного проекта



терного моделирования исследователи смогут разрабатывать совершенные и эффективные производственные операции по биопереработке сырья — и делать это со скоростью, которая всего лишь десятилетие назад была недостижимой для инженеров-нефтяников. Мы все глубже понимаем свойства исходного растительного сырья и те процессы, которые позволяют во все возрастающих объемах превращать его в топливо. Поддержка правительством США исследований по поиску альтернативных форм энергии должна способствовать ускорению процесса. В этом году президент Барак Обама подписал закон о выделении Министерству энергетики США \$800 млн на финансирование программы по использованию биомассы. Эта программа ускорит проведение исследований и опытно-конструкторских работ в области биотоплива, а также обеспечит выделение средств на коммерческие проекты по биопереработке сырья. Данным законом предусматривалось также предоставление кредитных гарантий на \$6 млрд для наиболее прогрессивных проектов по биотопливу,

в рамках которых до октября 2011 г. начнутся строительные работы.

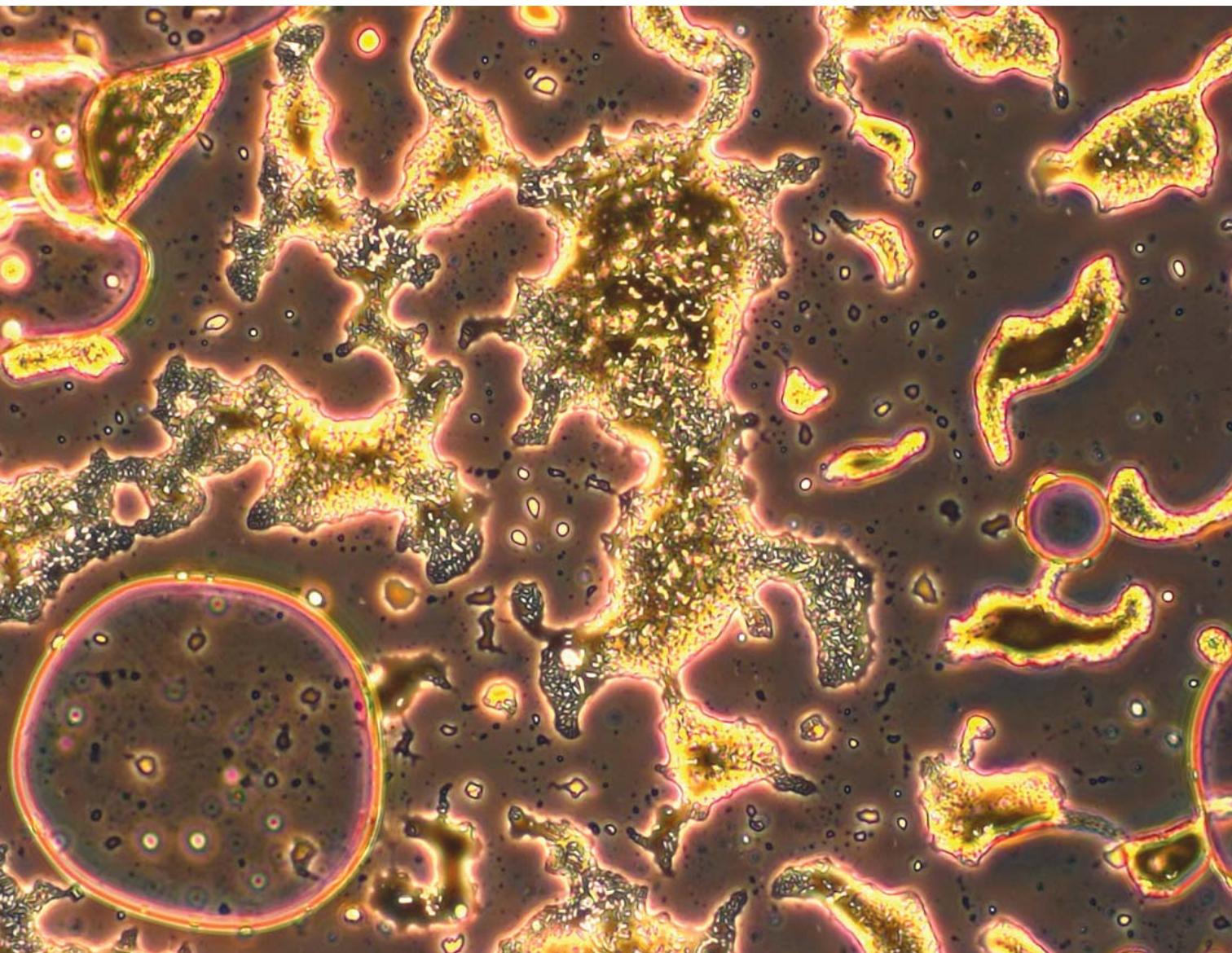
В самом деле, если США сохраняют свою нынешнюю приверженность биотопливу, то все трудности материально-технического обеспечения предстоящего преобразования, стоящие сегодня перед отраслью, будут успешно преодолены. В течение следующих 5–15 лет технологии переработки биомассы перейдут из лабораторий на рынок, и резко возрастет число автомобилей, управляющихся целлюлозным биотопливом. Движение к грассолину сможет радикально изменить наш мир. ■

Перевод: А.Н. Божко

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ *Breaking the Chemical and Engineering Barriers to Lignocellulosic Biofuels*. Исследовательские ориентиры в движении от биомассы к биотопливу: [www.ecs.umass.edu/biofuels](http://www.ecs.umass.edu/biofuels)

■ *Development of Cellulosic Biofuels*. Видеолекция Криса Сомервилла (Chris Somerville), директора Института энергетических бионаук в Калифорнийском университете в Беркли: <http://tinyurl.com/grassoline>



# САНИТАРЫ ПОЧВЫ

Загрязненную нефтепродуктами почву можно очистить с помощью специально подготовленных микробов

Казалось бы, сегодня во время экономической нестабильности в первую очередь надо думать о том, как выйти из тяжелой ситуации с минимальными потерями. Все государства, входящие в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), а также страны-наблюдатели увеличивают затраты на науку, пытаются совершить рывок в научно-инновационном развитии. Если не сделать это сейчас, то в дальнейшем можно ока-

заться на обочине прогресса. Например, американцы планируют к 2020 г. на \$18 млрд увеличить финансирование фундаментальной науки, Израиль занимается актуальной для многих стран проблемой опреснения морской воды.

Размер территорий, загрязненных нефтепродуктами, постоянно увеличивается. По разным данным, ежегодно антропогенное (т.е. связанное с человеческой деятельностью) загрязнение Мирового океана нефтью составляет 12–15 млн т.

За последние 12 лет только в Западной Сибири площадь залитой углеводородами почвы увеличилась в пять раз и достигла 1 млн га. Экологическая проблема, связанная с нефтезагрязнениями, становится все более актуальной, представляет угрозу окружающей среде, человеку. Ее решением занимаются разные компании, научно-исследовательские организации. В Институте биохимии и физиологии микроорганизмов (ИБФМ) РАН (г. Пущино) для этой цели ис-

---

## Процесс поедания нефти микроорганизмами

---

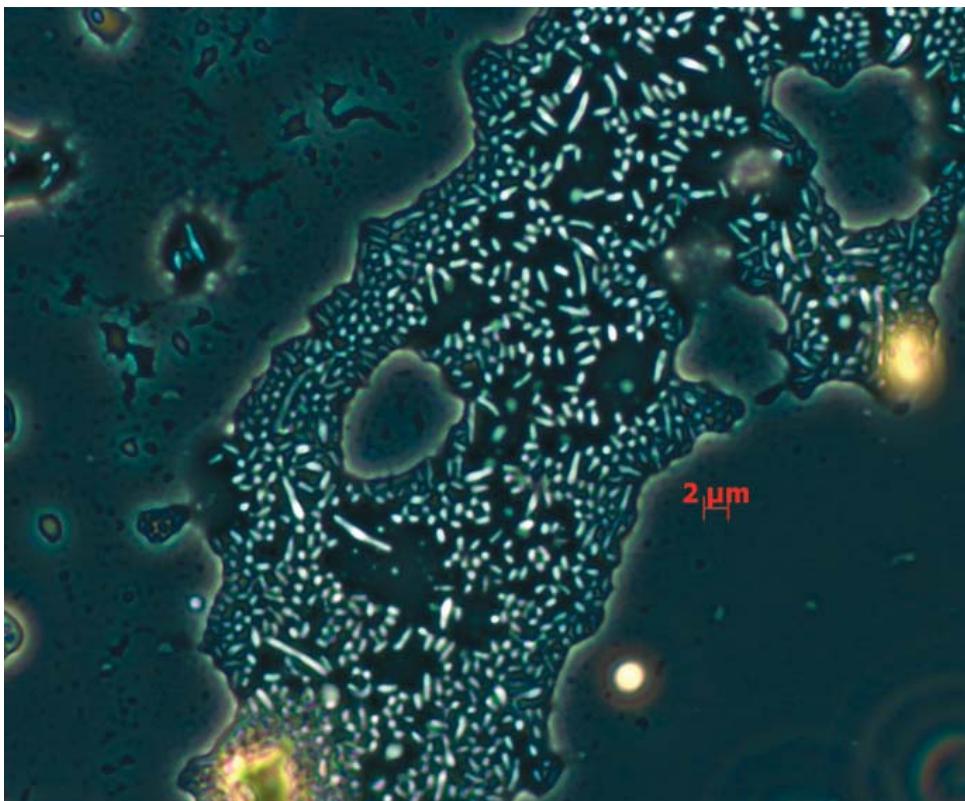
пользуют микроорганизмы с управляемыми свойствами. Под руководством директора института, заведующего лабораторией биологии плазмид, члена-корреспондента РАН **Александра Михайловича Боронина** ученые успешно развивают новую перспективную концепцию биоремедиации.

### Безопасный подход

Без микроорганизмов не было бы жизни вообще. Ежесекундно они перерабатывают громадное количество постоянно образуемых растениями и животными органических соединений, превращая их в простые химические вещества. Так совершается основной круговорот материи в природе. Однако в последнее время в биосфере стала накапливаться синтетическая органика, зачастую весьма токсичная. Это так называемые ксенобиотики, или соединения, чужеродные для природы. Обычно они поступают сначала в почву, затем через грунтовые воды — в открытые водоемы. Для решения локальных (т.е. связанных с деятельностью отдельных промышленных предприятий) проблем необходимы эффективные технологии очистки сточных вод, твердых отходов. И Россия пока отстает в этом плане от западных стран.

Серьезную проблему представляют также рассеянные загрязнения. Это, например, широко используемые в сельском хозяйстве пестициды и гербициды, которыми поля обрабатываются несколько раз в сезон. Не секрет, что некоторые из этих веществ содержат, например, мышьяк. Часть из них разрушается, в том числе под воздействием ультрафиолета, но часть сохраняется в почве и в конечном счете медленно отравляет человека через пищевые продукты.

К рассеянным относятся также загрязнения нефтепродуктами.



Большие территории заливаются уже при добыче нефти. Ценное топливо может оказаться в окружающей среде и при неправильной транспортировке, разрыве нефтепроводов, несанкционированной врезке в линии с жидким горючим, катастрофе танкеров. Одно из подобных событий произошло несколько лет назад, когда в прибрежных водах Испании потерпел аварию танкер. Дважды за пос-

леднее время происходили крупные катастрофы у берегов Аляски. Процедура очистки морской поверхности и берега была длительной и дорогостоящей.

В состав нефти входит большое число различных углеводородов. Самая безопасная — легкая фракция нефти (из нее производят, например, бензин), содержащая летучие компоненты, которые быстро испаряются. Наиболее токсична

## По разным данным, ежегодно антропогенное загрязнение Мирового океана нефтью составляет 12–15 млн т

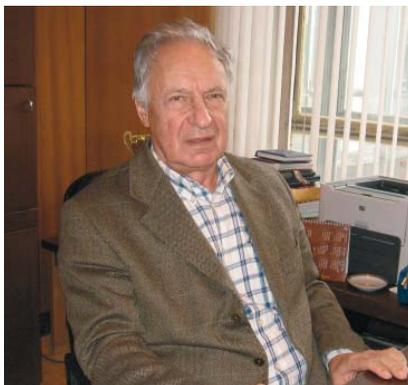


тяжелая фракция, в состав которой входят полициклические углеводороды, обладающие канцерогенными свойствами. И если такие вещества попадают в окружающую среду, то ликвидировать их непросто. Самый эффективный подход — биотехнологический, с использованием микроорганизмов.

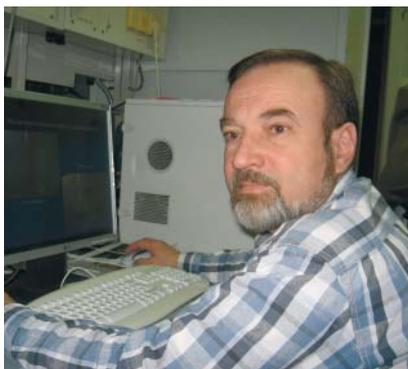
### Издержки приспособляемости

При значительных локальных нефтяных загрязнениях, представляющих реальную угрозу для здоровья людей, не обойтись без механического изъятия загрязненного грунта и дальнейшей его переработки, в том числе и с использованием микробов-деструкторов. При рассеянных загрязнениях, покрывающих большие территории, альтернативы биотехнологическим методам нет. Однако для широкого использования микробов в решении экологических проблем необходима экспериментальная работа по получению новых штаммов микроорганизмов, обладающих комплексом полезных свойств.

Из всех живых существ микроорганизмы быстрее всех остальных эволюционируют, приспосабливаясь к условиям окружающей среды. В свое время стало большой проблемой появление патогенных микробов, устойчивых к антибиотикам. Многие тяжелые болезни, такие как, скажем, воспаление легких, раньше приводили к большому количеству летальных исходов. Когда были найдены лекарственные средства, поначалу нескольких доз пенициллина хватало, чтобы излечиться от недуга. Однако очень быстро эффективность терапии начала снижаться. Выяснилось, что возбудители болезней стали устойчивыми к пеницилину. На смену ему пришли другие антибиотики — тетрациклин, стрептомицин. Но микробы приспособились и к ним. Объяснение такому явлению дали генетики. Оказалось, что микроорганизмы содержат кроме хромосом внехромосомные элементы наследствен-



В Институте биохимии и физиологии микроорганизмов (ИБФМ) РАН (г. Пущино) для решения экологических проблем используют микроорганизмы с управляемыми свойствами. Под руководством директора института, заведующего лабораторией биологии плазмид члена-корреспондента РАН А.М. Боронина ученые успешно развивают новую перспективную концепцию биоремедиации



Старший научный сотрудник лаборатории биологии плазмид А.Е. Филонов



Старший научный сотрудник лаборатории В.В. Кочетков

ности — плазмиды, обеспечивающие в том числе устойчивость бактерий к антибиотикам. Синтезированные под контролем входящих в состав плазмид генов определенные ферменты расщепляют или модифицируют антибиотики, снижая тем самым их активность. Этот пример наглядно демонстрирует, как микробы приспосабливаются к изменяющимся условиям окружающей среды. Большую роль в этом играют как раз плазмиды, обладающие свойством размножаться и переноситься в другие клетки в популяции бактерий. Происходит цепная реакция распространения некоего признака, помогающего микробам выжить в определенных условиях. Как результат, возникают трудности в лечении различных заболеваний. Приходится постоянно совершенствовать антибиотики. Однако бактерии в свою очередь модифицируют свои ферменты, и они становятся активными по отношению к новым лекарствам. Получается, что люди непрерывно соревнуются с микробами, и в этой гонке никто пока не стал победителем.

### Живое решение

Плазмиды могут нести не только «отрицательные», но и «положительные» гены. Скажем, они способны контролировать деградацию синтетических токсических соединений, выбрасываемых человеком в окружающую среду. Это тоже пример способности микроорганизмов быстро эволюционировать. Микробы в течение короткого времени приобретают способность утилизировать разного рода загрязнители. Для них они становятся питанием, источником необходимых элементов.

Нефть — не чужеродное соединение для нашей планеты. Однако она очень долго была упрятана в глубинах Земли, и внешняя биосфера не контактировала с ней. Когда жидкое топливо стали извлекать наружу, микробы приобрели способность к разложению углеводов. Для ускорения и оп-

## ВЫРАЩИВАНИЕ РАСТЕНИЙ В РАЗНЫХ ПОЧВАХ



тимизации такого процесса необходимо объединение в одном микроорганизме генов, отвечающих за разные свойства: деструкцию углеводородов, в том числе полициклических, устойчивость к тяжелым металлам, низкой температуре и т.д.

В лаборатории профессора А.М. Боронина для этого используются методы не геной инженерии, а генетики микроорганизмов, то есть осуществляется в своем роде их селекция. Другое дело, что специалисты учатся геной инженерии у микробов. Это очень удобные объекты для исследований, т.к. они

размножаются с колоссальной скоростью.

Для борьбы с рассеянными загрязнениями с помощью микроорганизмов можно использовать два подхода. Первый состоит в активизации имеющейся в почве аборигенной микрофлоры. Вспашка улучшает структуру грунта, повышает доступ кислорода к микробам, внесение удобрений восполняет дефицит в некоторых микроэлементах, полив — недостаток воды.

Другой подход заключается в интродукции (внесении) в почву высокоэффективных микроорганизмов-деструкторов. На основе та-

ких микроорганизмов создаются биопрепараты. Продукт может представлять собой густую пасту из микроорганизмов или порошок из лиофилизированных, т.е. обезвоженных микробов. Препараты разбавляют водой и таким раствором орошают загрязненные территории. Если их площадь велика, то средство распыляют с помощью обычных краскопультов. Если поверхность большая, то используют пожарные машины, военную технику, вертолеты. «Наш метод можно назвать экстренным, или “скоровспомощным”, — говорит старший научный сотрудник лаборатории биологии плазмид А.Е. Филонов. — Он направлен на быструю деструкцию нефти до некоторых минимальных значений ее концентрации. Мы обрабатываем биопрепаратами не только почву, но и загрязненные углеводоро-

**Из всех живых существ микроорганизмы быстрее всех остальных эволюционируют, приспособляясь к условиям окружающей среды**

**НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СМЕСЬЮ ПАУ С ТОКСИЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ И/ИЛИ МЕТАЛЛОИДАМИ**



дами водные поверхности. Наши микробы — большей частью это *Pseudomonas* и *Rhodococcus* — свободноживущие, они могут разлагать углеводороды даже на территориях, где нет никакой раститель-

ности из крупнодисперсной в мелкодисперсную форму, в идеале — в коллоидный раствор. Тем самым увеличивается площадь атаки углеводородов микроорганизмами, т.е. происходит ускорение процес-

ленность падает под воздействием нежелательных факторов. Эту проблему как раз и решает новая концепция. Для этого используются ризосферные, т.е. живущие в прикорневой области микробы, способные к уничтожению ксенобактериоцидов. Растения выделяют через корневую систему экссудаты — вещества, содержащие необходимые для микробов углеродсодержащие соединения, включая аминокислоты, сахара. Новшество пущинской разработки в том, что используются микроорганизмы, вырабатывающие в том числе фитогормоны, стимулирующие рост и развитие растений. Это свойство особенно важно в случае сильно загрязненных нефтью территорий, где всхожесть семян небольшая. Кроме того, микроорганизмы синтезируют антибиотики, защищающие растения от вызывающих болезни фитопатогенов (прежде всего грибов), таким образом создается своего рода симбиоз растений и микробов.

**Специалисты учатся генной инженерии у микробов. Это очень удобные объекты для исследований: они размножаются с колоссальной скоростью**

ности. Им нужен только источник питания — нефть». Для использования в очистке водных поверхностей микробам необходимо придать дополнительные свойства, например устойчивость к концентрации солей в том или ином море, соленом озере. Очень важна способность микробов к продукции биоэмульгаторов. Это поверхностно активные вещества, переводящую эмульсию разлитой на поверхности воды не-

са. Но самое главное свойство микробов обеспечивается катаболическими плазмидами, отвечающими за быструю дегградацию нефтезагрязнений.

**Альянс с растениями**

В ИБФМ разработана усовершенствованная концепция биоремедиации. Когда микробы попадают в почву, они оказываются в стрессовых для них условиях. Их чис-

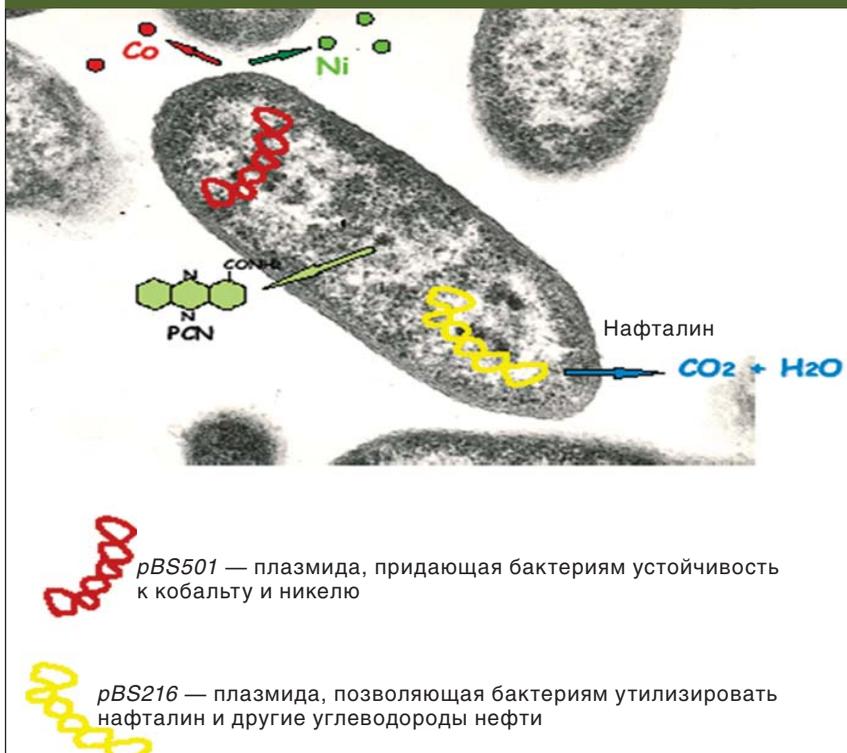
«Особенность нашего метода заключается в том, что мы используем не просто микроорганизмы-деструкторы, которые разрушают те или иные загрязнители, — говорит старший научный сотрудник лаборатории В.В. Кочетков. — Микробы также колонизируют, т.е. заселяют корни растений. Иначе они будут вытесняться аборигенной микрофлорой». Для этого семена высаживают с налипшими на них микроорганизмами: только так можно защитить их от внешних стрессовых факторов. При этом растения должны быть устойчивыми к углеводородам. Сначала загрязненная территория засаживается однолетними культурами. Это могут быть рожь, горчица, рапс, кукуруза, подсолнечник. В зависимости от уровня загрязненности почвы это может продолжаться несколько лет. Полученный урожай используется только в технических целях, в том числе для получения биотоплива. Но такие растения нельзя использовать в качестве корма для животных или в производстве продуктов питания, т.к. неизвестен состав их биомассы.

В некоторых случаях используются многолетние растения — кустарники и деревья; это, как правило, определенные сорта ивы и тополя. Эксперименты проводились в Краснодарском крае, на базе ВНИИ биологической защиты растений: на почвах, загрязненных нефтью, высаживались растения, ассоциированные ризосферными микроорганизмами. На таких территориях разложение углеводородов происходило заметно интенсивнее.

Все описанные биотехнологические методы подходят для очистки окружающей среды не только от нефти и нефтепродуктов, но и от многих других загрязнений органического характера, например, от тех же пестицидов.

Исследованием плазмид в ИБФМ занимаются более 30 лет, а биоремедиацией — более 20 лет. И работы еще много. Создаются новые, улучшенные штаммы микроорганизмов.

### КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАММА *P. CHLORORAPHIS* PCL1391 (PBS16, PBS501), СПОСОБНОГО К РАЗЛОЖЕНИЮ ПАУ И УСТОЙЧИВОГО К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ



Нужно более внимательно рассмотреть, как результаты нового подхода влияют на окружающую среду. Ведь процессы деструкции нефти

до сих пор не были характерными для естественных условий. ■

Материал подготовил  
Василий Янчилин



Кристофер Уолш и Майкл Фишбах

# НОВЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ СО СМЕРТЕЛЬНО ОПАСНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

В поисках более эффективных антибиотиков биологи используют новые инструменты и подходы

«Супермикробы в городе!» Звучит как название нового фильма ужасов. На самом деле это «всего лишь» заголовок статьи, опубликованной 26 октября 2007 г. в *New York Post*. В ней сообщалось, что недавно от заражения метициллинустойчивым штаммом *Staphylococcus aureus* (MRSA) умер 12-летний мальчик, проживавший в Бруклине. Бактерия попала в ранку, полученную во время игры в баскетбол на спортивной площадке возле дома.

Каких-нибудь десять лет назад перспектива подхватить не поддающееся лечению инфекционное заболевание казалось маловероятной, и вот она стала реальностью. В 2007 г. группа исследователей, возглавляемая Монией Кливенс (Monina Klevens) из Центра по контролю и предотвращению инфекционных заболеваний, объявила, что MRSA ежегодно уносит жизни 19 тыс. лю-

дей в одних только Соединенных Штатах. Это больше, чем число жертв СПИДа. Ситуация усугубляется тем, что почти 20% заболевших умирают, при этом среди них становится все больше молодых людей, инфицированных не в каких-то экзотических странах, а у себя на родине. Раньше случаи заражения ограничивались больницами и хосписами, основные пациенты которых — люди с ослабленным иммунитетом. Даже тем, кто выживает, приходится платить непомерно большую цену: пациент, инфицированный во время пребывания в больнице, находится там на десять дней дольше, и стоит это \$30 тыс.

Суммарные расходы на лечение больных MRSA в больницах США оцениваются в сумму \$3–4 млрд, и касается это только одного патогена, бороться с которым становится все труднее. Современная медицина утратила инициативу в сражении с бак-

териями, когда-то не представлявшими серьезной угрозы, и теперь, чтобы вернуть прежние позиции, необходимы новые подходы к поиску и созданию эффективных антибиотиков.

## Природа резистентности

История появления MRSA наглядно показывает, насколько быстро может развиться устойчивость к лекарственным препаратам. Природные механизмы возникновения резистентности к стафилококкам и другим патогенам делают задачу борьбы с ней почти невозможной, фармакологам приходится придумывать способы создания все новых и новых антибиотиков.

Метициллин, производное всем известного пенициллина, вошел в медицинскую практику в 1959 г. Его применяли при заражении нечувствительными к пенициллину штаммами таких бактерий, как *S. aureus* и *Streptococcus pneumoniae*. Однако спустя всего два года в Европе были зарегистрированы метициллинрезистентные штаммы *S. aureus*, а к 1980-м гг. они широко распространились в медицинских учреждениях по всему миру. К середине 1990-х гг. появился новый класс MRSA-инфицированных — они заразились вне стен больниц.

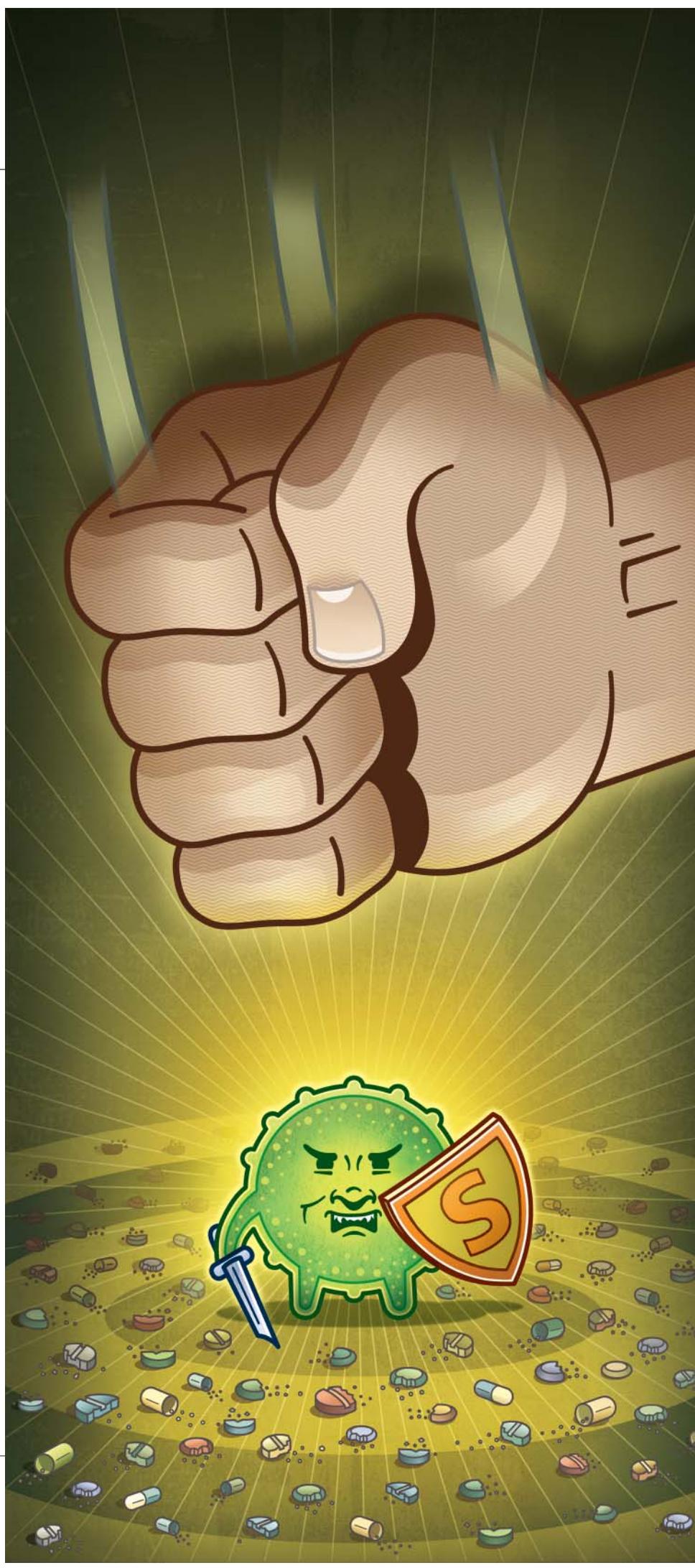
## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Сегодня опасные для человека бактерии вырабатывают устойчивость к существующим антибиотикам быстрее, чем фармацевты успевают найти новые.
- Среди новейших стратегий решения проблемы — поиски микроорганизмов, обитающих в экзотических условиях, и манипуляции с генами.
- Еще один подход к решению проблемы резистентности — сужение спектра действия антибиотика до одного микроорганизма.

*MRSA* — патоген, избавиться от которого крайне трудно отчасти потому, что, попав в кровоток, он начинает бурно размножаться. Но самая сильная его сторона — нечувствительность к одному из основных классов антибиотиков, бета-лактамам (к ним относятся цефалоспорины и все производные пенициллина). Устойчивость обуславливается синтезом фермента, который расщепляет лекарственное вещество. В результате в арсенале врачей остается узкий круг антибиотиков, каждый из которых вызывает серьезные побочные эффекты. И уже есть штаммы *MRSA*, нечувствительные к самому мощному антибиотику данного круга — ванкомицину.

Появление ванкомициноустойчивых штаммов среди бактерий, уже не реагирующих на метициллин, высвечивает одну серьезную проблему: с момента введения нового антибиотика в практику начинается отсчет времени его применимости. Причина этого — естественный отбор: просто с появлением нового противомикробного вещества изменяется среда обитания, в которой какой-нибудь бактериальный штамм, случайно оказавшийся нечувствительным к нему, берет верх над всеми другими и начинает быстро размножаться. Ванкомицин получил одобрение *FDA* в 1958 г. и стал основным средством борьбы с *MRSA*. Но в 2002 г. в медицинских учреждениях начали появляться устойчивые к нему штаммы, названные *VRSA* (*vancomycinresistant S. aureus*). Они были разновидностями *MRSA*, которые приобрели «кассетный» набор из пяти генов, обуславливающих устойчивость к ванкомицину. Ферменты, кодируемые данными генами, обеспечивали замену мишени ванкомицина на другую структуру. В результате ванкомицин, «последняя надежда» клиницистов, переставал сдерживать размножение *VRSA*.

Изменение мишени антибиотика — одна из трех основных стратегий, используемых бактериями в борьбе за жизнь. Вторая стратегия заключается в ферментативном расщеплении или химической мо-



## МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ АНТИБИОТИКОВ...

Антибиотики нацелены на уничтожение патогенов посредством вмешательства в их жизненно важные процессы. Бактерии используют против них все имеющиеся у них средства защиты — от расщепления молекул противомикробных веществ до выведения их из клетки

## НАРУШЕНИЕ РАБОТЫ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА

Современные антибиотики парализуют те виды деятельности бактерий, которые обеспечивают их жизнеспособность. Одни препятствуют образованию наружной стенки, другие блокируют синтез белков, третьи останавливают раскручивание двойной спирали ДНК, необходимое для копирования молекулы, и т.д. Ниже представлены механизмы действия некоторых антибиотиков и указана принадлежность последних к тем или иным классам



дификации антибиотика, в результате чего он становится «небеспособным». Такую стратегию используют многие MRSA, резистентные к бета-лактамам. И, наконец, третья стратегия основана на использовании генов, контролирующих работу трансмембранного насоса, через который бактериальная клетка выводит молекулы антибиотика.

Откуда берутся «гены резистентности»? Одни появляются в результате случайных мутаций бактериальных генов. Таков ген, мутация в котором приводит к замене ми-

шеней цiproфлоксацина и прочих фторхинолоновых антибиотиков. Другие переходят от соседних бактерий. Примером служит «кассета» из пяти генов, происходящая из бактерий, вырабатывающих ванкомицин. Он необходим им для собственной защиты от антибиотика, но благодаря процессу, называемому горизонтальным переносом генов, «кассета» оказывается у другого патогена.

Такой перенос часто осуществляется внехроматическими кольцевыми генетическими элементами — плазмидами. Они передаются от

одной бактерии к другой и реплицируются в цитоплазме. Свое дальнейшее распространение плазмиды обеспечивают также с помощью генов, которые помогают выжить хозяйской клетке, в частности генов резистентности. Одна плаزمид, выделенная из бактерии, которая присутствовала в растениях, поливаемых сточными водами, содержала девять разных генов резистентности к антибиотикам.

Горизонтальный перенос генов был выявлен также в 2002 г. в Мичиганской больнице у пациента, инфицированного одновременно MRSA, VRSA и третьей бактерией, *Enterococcus faecalis*. Генетический анализ упомянутых штаммов показал, что плазмид, содержащая «кассету» ванкомицирезистентных генов (а также гены устойчивости к трем другим антибиотикам и одному классу дезинфицирующих средств), перешла от *E. faecalis* к MRSA, в результате чего появился новый штамм VRSA.

Случаи, когда хронический больной инфицируется двумя разными

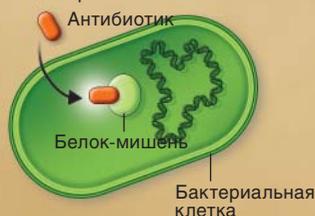
## ОБ АВТОРАХ

**Кристофер Уолш** (Christopher T. Walsh) — профессор Гарвардской медицинской школы, советник по науке во многих биологических и фармацевтических компаниях. В центре его научных интересов — изучение механизмов, используемых микроорганизмами для синтеза антибиотиков и других веществ, представляющих интерес для медицины. **Майкл Фишбах** (Michael A. Fischbach) до недавнего времени работал младшим научным сотрудником в отделе молекулярной биологии Массачусеттской больницы. В сотрудничестве с Уолшем занимался поисками бактериальных генов, отвечающих за синтез антибиотиков. Сейчас работает доцентом Калифорнийского университета в Сан-Франциско в отделе биоинженерии.

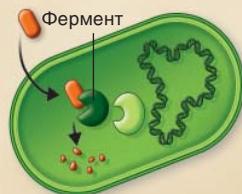
## ...И РЕАКЦИЯ НА НИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

## МЕХАНИЗМЫ ПРИОБРЕТЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ

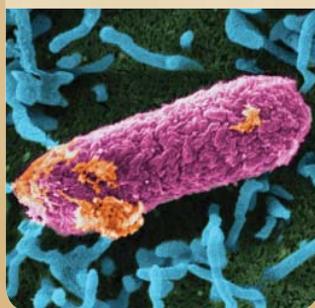
Бактерии становятся устойчивыми к антибиотикам либо в результате специфической мутации, либо благодаря приобретению генов резистентности от других микроорганизмов. Три наиболее распространенных типа резистентности обуславливаются действием фермента, который разрушает молекулу антибиотика или подавляет его активность. Четвертый тип основан на использовании трансмембранного насоса, через который выводятся проникшие в клетку лекарственные вещества еще до того, как они осуществят свое действие, а пятый заключается в изменении белка-мишени с образованием продукта, который не распознается молекулой лекарственного вещества. На рисунке в качестве примера представлены патогены, использующие такие типы резистентности



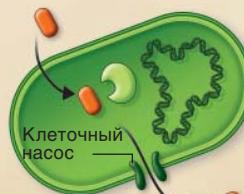
**МЕХАНИЗМ:** расщепление лекарственного вещества



**ПРИМЕР:** *Escherichia coli*



**МЕХАНИЗМ:** выведение лекарственного вещества



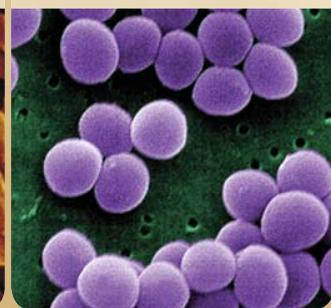
**ПРИМЕР:** *Pseudomonas aeruginosa*



**МЕХАНИЗМ:** изменение мишени



**ПРИМЕР:** *Staphylococcus aureus* (VRSA)



патогенами, которые дают начало третьему, к сожалению, нередки. Поскольку в блоках интенсивной терапии и хосписах как правило находятся люди с ослабленным иммунитетом, вероятность появления новых нечувствительных к антибиотикам патогенов здесь особенно высока. Врачи и медицинские сестры невольно способствуют переносу микроорганизмов от пациента к пациенту, переходя от одного из них к другому во время ежедневного осмотра или для того чтобы подправить капельницу или катетер. А между тем соблюдение простого правила — мыть руки после любого общения с очередным больным — существенно уменьшает частоту горизонтального переноса патогенов.

Штамм VRSA, не успевший широко распространиться, чувствителен лишь к очень немногим используемым в клинике антибиотикам, и смертность среди инфицированных им больных довольно высока. Все чаще встречаются патогены нового типа — панрезистентные грамотрицательные бактерии с еще бо-

лее широким профилем устойчивости. У грамотрицательной бактерии фактически две клеточные мембраны, что затрудняет проникновение в клетку многих антибиотиков. Среди патогенов, устойчивых почти ко всем используемым в клинике антибиотикам — штаммы *E. coli*, вызывающие пищевые отравления, родственные им *Klebsiella pneumoniae* и две оппортунистические бактерии — *Pseudomonas aeruginosa* и *Acinetobacter baumannii*, — которые вызывают пневмонию, менингит и бактериемию у иммунодефицитных пациентов.

Необходимо делать все возможное, чтобы сдерживать распространение резистентных бактерий — а значит, генов резистентности — как в больницах, так и вне их. Параллельно следует заниматься поиском новых антибиотиков.

Период с конца 1930-х и до начала 1960-х гг. был золотым веком в истории фармакологии. В то время были открыты почти все основные классы используемых сегодня антибиотиков. В 1962 г., после введения

в медицинскую практику хинолонов, антибиотиковый бум закончился. Следующий новый класс антибиотиков, оксазолидиноны, получил одобрение FDA лишь в 2000 г. Одной из причин столь долгого безвременья было отсутствие финансовой заинтересованности фармацевтических фирм: гораздо выгоднее производить лекарственные препараты длительного применения — гипотензивные средства или лекарства для лечения артритов, — чем антибиотики. Другая причина заключается в том, что применяющиеся ныне антибиотики были получены методами, исчерпавшими сегодня свои возможности. Для открытия новых противомикробных веществ нужны новые подходы.

## Разные стратегии

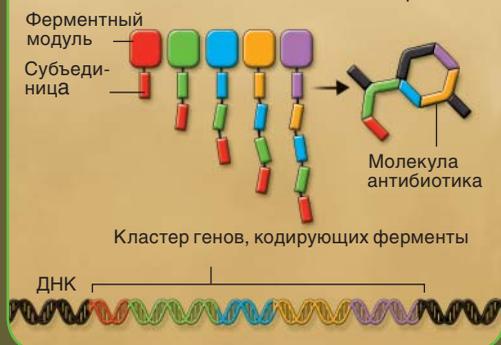
Большинство имеющихся в продаже антибиотиков — это естественные метаболиты бактерий и грибов либо их производные. Микроорганизмы синтезируют антибиотики для «химической защиты» друг от друга, а также, возможно, использу-

## ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ НА СЛУЖБЕ У ФАРМАКОЛОГИИ

Большинство используемых сегодня антибиотиков синтезируется бактериями. В природе они служат «химическим оружием» продуцентов в борьбе с конкурентами. Еще больше этих веществ можно получить, используя результаты сканирования геномов микроорганизмов-продуцентов и манипулируя генами

## ПОИСКИ ГЕНОВ

Бактерии синтезируют антибиотики, используя набор ферментов, сгруппированных в модульные единицы. Каждый из этих ферментов присоединяет к образуемой структуре свой элемент. Ферменты кодируются набором tandemно расположенных генов. Сканируя геномы различных бактерий, можно попытаться найти в них группы генов и проанализировать их продукты. Не все обнаруженные кластеры генов, кодирующие антибиотики, функционально активны; их идентификация — только первый шаг в работе «охотников» за активными генными кластерами



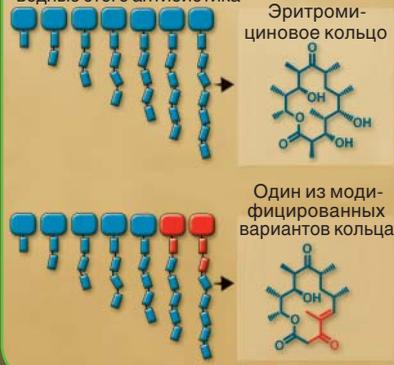
## ПЕРЕНОС ГЕНОВ

Когда вновь обнаруженный антибиотик синтезируется природным продуцентом в слишком малом количестве, можно перенести целые наборы его генов, кодирующих соответствующие ферменты, в более мощные продуценты



## МАНИПУЛЯЦИИ ГЕНАМИ

Для того чтобы преодолеть бактериальную резистентность к данному антибиотику, его можно модифицировать методами генной инженерии, с тем чтобы микроорганизм-продуцент использовал другие ферментные модули. В одном из экспериментов применяли самые разные комбинации генов и получили 50 вариантов колец молекулы эритромицина. На их основе можно создавать новые производные этого антибиотика



ют их в качестве сигнальных молекул. Обычно в поисках природных антибиотиков выделяют микроорганизмы из различных источников, часто из почвы, культивируют их и экстрагируют из культуральной среды секретируемые ими вещества. Последние тестируют на способность уничтожать болезнетворные бактерии, изучают их структуру и химические свойства. Таким образом проверены миллионы веществ, секретируемых микроорганизмами. Однако на рынок попало всего десять классов природных антибиотиков, остальные идентифицированные противомикробные вещества не нашли широкого применения по разным причинам, в частности вследствие слабой противомикробной активности и токсичности.

Описанный подход был вполне приемлем в золотой век антибиотиков, но почти все, что он мог дать, если не прибегать к особым ухищрениям, уже взято на вооружение. Последние 50 лет фармацевтические компании не оставляли попы-

ток «выжать» из него хоть что-то, но статистика неумолима: новых антибиотиков почти не появляется. Одна из причин, оставляющих мало надежд на успех, заключается в следующем. Большинство микроорганизмов, вырабатывающих антибиотики, образуют споры, которые быстро распространяются по всему земному шару. Их гены, ответственные за синтез антибиотиков, передаются другим микроорганизмам (точно так же, как передаются гены резистентности), и в результате множество самых разных бактерий и грибов вырабатывают одни и те же антибиотики. Согласно последним данным, один из каждых 250 штаммов актиномицетов, наиболее широко используемых в качестве продуцентов антибиотиков, синтезирует тетрациклин. Многие микробиологи в связи с этим пришли к выводу, что все «антибиотиковые месторождения» выработаны. К счастью, результаты проведенного недавно генетического анализа многих бактериальных опровергают такое заключение

и четко указывают на то, что необходимо изменить тактику поисков.

Современные стратегии в сфере поиска новых антибиотиков можно отнести к двум категориям: одна состоит в модификации уже известных антибиотиков, другая — в поиске совершенно новых. Химически модифицированные естественные антибиотики называют полусинтетическими. Их «ядро» остается интактным, изменены лишь боковые группы. В качестве примера можно привести антибиотики тетрациклинового ряда; они выводят из строя клеточные «машины» синтеза белков — рибосомы. Резистентность к тетрациклинам часто опосредуется работой трансмембранного насоса, через который из бактериальной клетки выводится лекарственное вещество, еще не успевшее выполнить свою работу. Такой защитный механизм широко распространен среди панрезистентных грамотрицательных бактерий.

Сотрудники фирмы *Wyeth* получили химически модифицированный

тетрациклин, названный тайгетциклином, который, попав в бактериальную клетку, в ней и остается. Он был разрешен к применению в 2005 г. и сейчас используется как средство борьбы с целым рядом устойчивых к тетрациклину патогенов. Правда, его применение ограничивается больницами и хосписами, поскольку он вводится только внутривенно. К большому огорчению, уже обнаружены штаммы *A. baumannii*, устойчивые к тайгетциклину.

Вместо того чтобы химически модифицировать такие природные антибиотики, как пенициллин, ванкомицин и эритромицин, можно изменить генетические свойства их продуцентов. Большинство микроорганизмов используют для синтеза антибиотиков целую «команду» ферментов, каждый из которых включает свое звено в растущую молекулу. Внося генетические изменения, приводящие к модификациям специфических ферментных модулей, можно получить антибиотик, уникальный в отношении характера и локализации отдельного звена. Биотехнологическая компания *Kosap* получила таким способом более десяти производных эритромицина, которые трудно было производить с помощью обычного химического синтеза.

И все же предпочтительнее не модифицировать старые антибиотики, а пытаться синтезировать совершенно новые, поскольку устойчивость к ним разовьется не так быстро.

### Вмешательство в геном

В последние годы биологи сконцентрировали усилия на идентификации ферментов, необходимых бактериям для выживания. Они надеются, что вещества, подавляющие действие таких ферментов, можно будет найти в библиотеках химических соединений и на их основе создать противомикробные лекарственные вещества. Однако прежде чем начинать подобные изыскания, нужно выяснить, как скажется на бактерии утрата данного фермента. Как только будет расшифрован ге-

ном целевого микроорганизма, появится возможность инактивировать гены, обеспечивающие синтез фермента, и посмотреть, что произойдет с бактерией.

Пока попытки использования новых ингибиторов целевых ферментов к успеху не привели. Одна из причин — наличие у бактерий клеточной стенки, которая представляет собой непреодолимый барьер для большинства веществ. Даже если потенциальный низкомолекулярный ингибитор будет найден, он не сможет достичь молекулы-мишени, находящейся внутри клетки. Вместо того чтобы искать слабые места у патогенов, лучше детально проанализировать геном продуцентов.

И здесь главным инструментом служит геномика.

Секвенирование в 2002 г. генома бактерий — продуцентов антибиотиков — выявило один интересный факт: в геноме актиномицетов содержится от 25 до 30 наборов генов, которые, судя по их нуклеотидной последовательности, могут кодировать ферментные модули, участвующие в синтезе антибиотикоподобных молекул, однако бактерии большинство этих наборов не используют. При культивировании они синтезируют только молекулы одного-двух типов.

Для того чтобы выяснить, кодируют ли «дремлющие» гены компоненты механизма синтеза антибиоти-

## РАСШИРЕНИЕ КРУГА ПОИСКОВ

Почвенные бактерии были когда-то таким богатым источником антибиотиков, что он казался микробиологам неисчерпаемым, и они не занимались поисками продуцентов в других местообитаниях. Но времена изменились, и сегодня, чтобы найти микроорганизмы, синтезирующие неизвестные ранее противомикробные вещества с другим механизмом действия, чем у применяющихся ныне антибиотиков, приходится исследовать новые местообитания и более тщательно изучать старые



### МОРСКИЕ ОРГАНИЗМЫ

Среда с экстремальными свойствами — самое подходящее место для поиска необычных химических веществ, которые вынуждены синтезировать обитающие в ней микроорганизмы, чтобы выжить в необычных условиях. Так, неизвестный ранее мощный антибиотик абиссомидин синтезирует бактерия *Verrucosipora* (в культуре — слева, в виде спор — справа), обитающая в Японском море на глубине примерно 300 м



### ОРГАНИЗМЫ-СИМБИОНТЫ

Симбиоз ведет к строгой специализации партнеров, которая проявляется, в частности, в синтезе ими необычных веществ. Один из грибов, живущий в организме жука лубоеда соснового южного, помогает ему переваривать древесную пульпу. В то же время жук предоставляет убежище бактерии, продуцирующей мощное противогрибковое вещество, которое уничтожает грибы — конкуренты гриба-симбионта

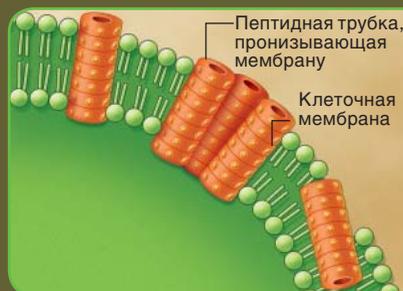


### НЕВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПРОДУЦЕНТЫ

Некоторые бактерии выступают как мощные продуценты новых антибиотиков, но не растут в лабораторных условиях. *Stigmatella aurantiaca* синтезирует антибиотикоподобное вещество миксохромид, но, как и другие члены группы миксобактерий, плохо растет в культуре. Перенеся соответствующие гены в более неприхотливого продуцента, можно с его помощью получать новое ценное вещество

## НОВЫЕ СТРАТЕГИИ

Параллельно повышению эффективности уже известных антибиотиков и поиску новых микробиологи пытаются найти другие подходы к обезвреживанию патогенов. Многие из таких подходов имеют дополнительное преимущество: они снижают вероятность развития резистентности

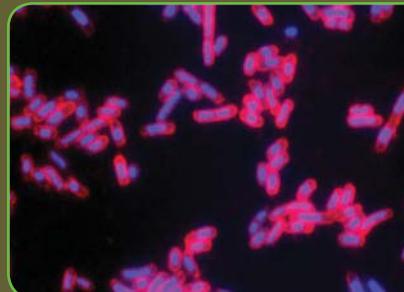
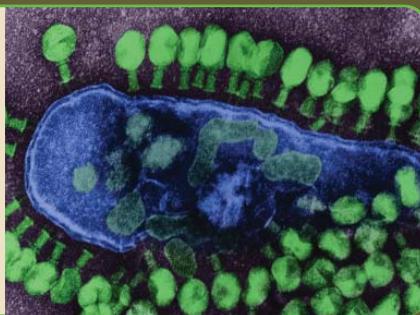


## УБИЙСТВЕННЫЕ ПРОКОЛЫ

Пептидные трубки, образующие поры, не выводят из строя бактериальные ферменты и не блокируют жизненно важные процессы. Они убивают бактерии, разрушая клеточную стенку. Сходную тактику защиты от микроорганизмов используют позвоночные с помощью природных белков дефензинов. Несколько исследователей групп синтезировали пептиды, образующие путем самосборки трубки, которые пронизывают клеточную мембрану бактерий

## ТОЧНОЕ ПОПАДАНИЕ

Бактериофаги (зеленый цвет) — это вирусы, инфицирующие бактерии (синий цвет). Обычно каждый вирус предпочитает определенную бактерию. Бактериофаги давно изучают на предмет использования их для борьбы с патогенными бактериями, но такие исследования могут помочь также в создании лекарственных средств строго направленного действия. Они будут уничтожать патогенов только одного вида и не затрагивать клетки человека и полезных для него бактерий



## ОБЕЗОРУЖИВАТЬ, А НЕ УНИЧТОЖАТЬ

Один из способов избежать развития резистентности к антибиотику во время терапии состоит в уменьшении агрессивности патогена. В качестве примера можно привести сконструированные генетическими методами *E. coli* (красный цвет), имитирующие природные бактерии этого же вида. Они поглощают смертельно опасный токсин *Shiga* (синий цвет), секретируемый другой энтеробактерией

ков, мы совместно с коллегами из Гарвардской медицинской школы и Института Броуда занялись секвенированием геномов еще 20 штаммов актиномицетов и поисками генов, которые могли бы кодировать соответствующие ферментные модули. Анализ нуклеотидных последовательностей в окрестности таких генов поможет выяснить, какие механизмы использует клетка для регуляции их активности. Располагая информацией, мы сможем сконструировать клетки, в которых обнаруженные наборы генов активны, выделит их продукты и проверить на противомикробное действие.

Вместо того чтобы побуждать бактерию к синтезу антибиотика, который ею по какой-либо причине не вырабатывается несмотря на наличие соответствующих генов, Рольф Мюллер (Rolf Muller) и его коллеги из Университета земли Саар в Германии решили перенести набор генов, имеющих отношение к синтезу антибиотика, из «молчащих» штаммов миксобактерий, с которыми они работали, в другую бактерию, более подходящую на роль продуцента. Миксобактерии, как и актиномицеты, обладают большим потенциалом как продуценты антибиотиков. Но они растут в культуре хуже акти-

номицетов, поэтому предпринимались лишь единичные попытки их скрининга с целью выявления подходящих штаммов.

Мюллер перенес гены, участвующие в выработке антибиотикоподобного вещества миксохромида, из миксобактерии *Stigmatella aurantiaca* в *Pseudomonas putida*, штамм, хорошо растущий в культуре и, кроме того, широко используемый для коммерческого производства одного фермента, применяемого в промышленности. Мюллер решил сразу две задачи: нашел бактерию, которая поддается генетическим манипуляциям и обладает системой метаболизма, необходимой для выработки антибиотиков, и осуществил перенос крупных фрагментов ДНК из одного вида бактерий в другой. Тем самым было положено начало разработкам целого «месторождения» антибиотиков, чьи гены запрятаны в глубинах генома миксобактерий.

Помимо раскрытия новых возможностей давно известных почвенных бактерий, микробиологи не забывают о существовании необследованных экологических ниш. Обоснованные в них организмы вполне могут синтезировать неизвестные пока противомикробные вещества. Родерих Зюссмут (Roderich Süssmuth) с сотрудниками из Тюбингенского университета в Германии сделали как раз такое открытие: в отложениях на дне Японского моря на глубине 289 м они обнаружили бактерию из рода актиномицетов, которая синтезировала новый антибиотик, названный абиссомицином. Другая группа ученых — Брэдли Мур (Bradley Moore), Уильям Феникал (William Fenical) и их коллеги из Океанографического института Скриппса в Ла-Хое — секвенировала геномы двух до недавнего времени неизвестных штаммов актиномицетов и обнаружила в них наборы генов, связанных с синтезом антибиотиков и сходных веществ. Таким образом, среди морских бактерий, по видимому, немало продуцентов лекарственных веществ, ожидающих своего открытия.

Организмы, способные синтезировать антибиотики, можно найти

и среди симбионтов, получающих взаимную выгоду от длительного сожительства. Например, жук лубоед сосновый южный служит организм-хозяином для одного из грибов, который не только помогает насекомому переваривать древесную массу, но и защищает от других грибов. Камерон Карри (Cameron Currie), Джон Кларди (Jon Clardy) и их коллеги из Висконсинского университета в Мадисоне и Гарвардской медицинской школы обнаружили, что у жука есть еще один симбионт — бактерия из рода актиномицетов, которая синтезирует неизвестное прежде противогрибковое вещество, названное микангимицином. Оно уничтожает грибы — конкурентов симбионта, но не его самого. Йорн Пиль (Jörn Piel) из Боннского университета в Германии нашел другого жука, симбионтами которого служат морская губка и бактерия, продуцирующая сходный с упомянутым выше антибиотик. Еще одна группа ученых из Германии сообщила, что ими найден гриб, образующий симбиотическую пару с бактерией, которая синтезирует лекарственное вещество, названное ризоксином. На самом деле два широко используемых противораковых вещества, подофиллотоксин и камптотецин, долгое время считавшиеся продуктами метаболизма растений, синтезируются паразитирующими на них грибами. Применение микроорганизмов-симбионтов в качестве источника противомикробных средств только начинается. Возможно, они станут одними из самых многообещающих природных поставщиков антибиотиков с новым механизмом действия. Это же относится и к симбионтам человека.

### Сохранить пришельцев

Человек, так же как насекомые или грибы, — пристанище для множества бактерий-симбионтов; они выполняют разные полезные для организма функции, от помощи в переваривании пищи до обеспечения правильного функционирования иммунной системы. К несчастью, все широко применяемые антибио-

тики оказывают двойное действие: они уничтожают не только вредных патогенов, но и полезных симбионтов. Нередко радикальное изменение микрофлоры под их воздействием расчищает дорогу опасным штаммам бактерий, например *Clostridium difficile*, вызывающим вторичную инфекцию, более серьезную, чем первая.

Один из способов предотвратить заражение заключается во введении полезных микроорганизмов или веществ, которые ускоряют размножение симбионтов, вытесняющих патогенов. Использование подобных пробиотиков позволяет избежать длительного применения антибиотиков, к которым с высокой вероятностью развивается устойчивость, но еще ни разу не было замечено, чтобы таким способом удалось искоренить инфекцию.

И все же осознание того факта, что природная кишечная микрофлора может быть хорошим подспорьем в борьбе с инфекцией, способствовало формированию нового взгляда на то, каким должен быть оптимальный антибиотик: он должен уничтожать только патоген, вызвавший инфекцию, а не бактерий, составляющих естественное сообщество и находящихся в симбиотических отношениях с нашим организмом. Нил Стокс (Neil Stokes) вместе с коллегами из компании *Prolysis* в Оксфорде (Англия) недавно разработал антибиотик, предотвращающий клеточное деление *S. aureus* и родственных бактерий и не вторгающийся в жизненный цикл других микроорганизмов. А Виктор Найсет (Victor Nizet) и Эндрю Вонг (Andrew Wang) из Калифорнийского университета в Сан-Диего совместно с Эриком Олдфилдом (Eric Oldfield) из Иллинойского университета развили данный подход: они получили вещество, блокирующее синтез молекул пигмента, который опосредует вирулентность *S. aureus*, и тем самым могли обезоруживать патоген, не уничтожая его. В таком случае у естественного обора не оставалось никаких причин поддерживать «выживших» агрессоров,

и резистентные штаммы возникали с меньшей частотой. Еще один подход основан на сужении сферы действия препарата. Его мишень уникальна или жизненно важна только для целевой бактерии — и ни для каких иных. И даже если эта бактерия случайно становится устойчивой к данному лекарственному препарату, способ, каким она приобретала резистентность, бесполезен для других патогенов.

Станет ли такая терапия — сама по себе или как один из компонентов комплексного лечения — жизнеспособной, покажет будущее. Пока можно лишь указать на некоторые из сдерживающих обстоятельств. Во-первых, необходимым условием применения новых препаратов должна быть быстрая безошибочная идентификация патогена — виновника заболевания. Соответствующие тесты уже разработаны, но пока не имеют широкого применения. Во-вторых, узконаправленные антибиотики могут не заинтересовать фармацевтические компании ввиду нерентабельности их производства.

Вместе с тем идея «антибиотики на все случаи жизни» потерпела крах. В 1960–1970-е гг. казалось, что с инфекционными заболеваниями практически покончено. Затем наступили времена пессимизма. Мультирезистентность бактерий предвещала близкий конец эры антибиотиков. Сегодня мы знаем, что неверно ни то, ни другое: возможно, человечество никогда окончательно не выиграет эту гонку со временем, но, что касается прошлого столетия, новые методы терапии всегда на шаг опережали появление новых патогенов. Нужно сделать все возможное, чтобы восстановить такое лидерство. ■

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Antibiotics: Actions, Origins, Resistance. Christopher Walsh, ASM Press, 2003.
- Antibiotics at the Crossroads. Carl Nathan in Nature, Vol. 431, pages 899–902; October 21, 2004.



Олег Сеньков

# Гены, которые мы меняем: вредные привычки и эпигенетика

Если определить гены как некие статичные элементы, на которых, как на жестком диске компьютера, записана вся информация о строении человека, то это будет не совсем правильно. Как показывают исследования постгеномной эры, гены — сложные полиморфные молекулярные наномашинки, чутко реагирующие на любые изменения окружающей среды и образа жизни их обладателя — человека

**Н**аши гены — отнюдь не мертвые биты информации, записанные на ДНК, а очень живые и пластичные составляющие нашего организма. В первой части этого обзора (см.: *ВМН*, 2008, № 11) было рассмотрено, как диета, питание, активный образ жизни, а также разнообразные техники медитации могут влиять на гены, на «правильную» экспрессию белков, а значит, и на здоровье. Из этой статьи вы узнаете, как самые вредные привычки человечества — табакокурение и алкоголь — могут жестко вмешиваться в геном и менять нас с вами далеко не в лучшую сторону.

### Курение и гены

**Цена табака.** Табакокурение — один из самых мощных негативных факторов, влияющих не только на весь организм в целом, но и на наши гены и потомство, а значит, и на весь генофонд цивилизации, ее настоящее и будущее. Сегодня так или иначе курит практически каждый житель планеты: 1/4 уже почти семимиллиардного населения курит активно, 3/4 — пассивно, включая детей, даже еще не рожденных. Существует такая гипотеза: если бы наши далекие предки, покинувшие колыбель человечества Африку, не открыли бы Австралию, где произрастал дикий табак, и не познали бы расслабляющего эффекта от его жевания примерно 40–50 тыс. лет тому назад, затем индейцы Южной и Северной Америки не додумались вдыхать дым табака через деревянные курительные трубки 10–15 тыс. лет на-

зад, если бы эта привычка не была бы подхвачена конкистадорами Колумба и перевезена в Европу на рубеже XV–XVI вв., распространившись, как эпидемия, по всему миру в последующие столетия, то сегодня средняя продолжительность жизни человека составляла бы на 20–30 лет больше, а половины хронических и врожденных болезней, в том числе многих видов рака, не существовало бы вовсе, или с ними было бы гораздо легче бороться. Такова цена табака, которую платит все человечество, каждый из нас. Мы портиим не только наши с вами гены, наш самый важный код, но и гены наших потомков. Сегодня наши дети расплачиваются астмами, аллергиями, диабетом, депрессиями, ожирением, задержками умственного и физического развития за глупость и безответственность своих отцов, дедов и прадедов. Завтра наши правнуки будут

обвинять нас в бездействии и вырождении нации.

В России, так же как и в США, от заболеваний, связанных с курением, ежегодно умирает до полумиллиона человек, а во всем мире — 5,4 млн, т.е. каждый двенадцатый житель Земли умирает от табака. Согласно оценкам экспертов Гарвардского университета, в списке причин смертей в Америке, которые можно было бы предотвратить в 2005 г., табакокурение заняло первое место. Скорее всего, сходные показатели можно наблюдать и в других странах мира. Это превышает объемы всех человеческих потерь от алкоголя, наркотиков, убийств, СПИДа и дорожно-транспортных происшествий вместе взятых. По данным ВОЗ, число смертей, связанных с курением, к 2030 г. может увеличиться до 10 млн в год. Всего в XX в. табак убил около 100 млн человек на планете. Это

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Табакокурение и злоупотребление алкоголем — одни из самых мощных негативных факторов образа жизни, которые необратимо меняют молекулярно-генетическую карту человека, выключая или переактивируя целые кластеры различных генов, что приводит к дисбалансу жизненно важных функций организма, накоплению генных мутаций и развитию рака. Эти изменения могут передаваться по наследству и накапливаться в поколениях через эпигенетические механизмы, приводя к ослаблению потомства, увеличению предрасположенности к болезням, даже вырождению целых генераций.

- Табак и алкоголь возглавляют список самых опасных канцерогенов, составленный Международным агентством исследования рака (IARC) в составе ВОЗ. Табачный дым содержит до 5 тыс. различных химических соединений, из них 142 — известные токсины, канцерогены и тератогены. Выкуривание даже одной сигареты в день, а также пассивное курение увеличивают риск развития рака легких и других сопутствующих болезней в разы. Продукт расщепления спирта в организме ацетальдегид — главный канцероген любых алкогольных напитков, даже слабоалкогольных. Употребление больше чем 30–40 г чистого спирта в день (два-три бокала вина или две бутылки светлого пива) небезопасно для генов и здоровья. Табак и алкоголь — сильные синергисты; одновременное употребление спиртных напитков и курение сигарет недопустимо, их негативное воздействие на гены и организм не только суммируется, но и усиливается во много десятков раз.

### ОФИЦИАЛЬНАЯ СТАТИСТИКА ВОЗ И ГАРВАРДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА 2008/2009 г.

#### ТАБАК ЕЖЕГОДНО УБИВАЕТ:

во всем мире — 5,4 млн чел.;

в России — 500 тыс. чел.;

в США — 500 тыс. чел.

#### АЛКОГОЛЬ ЕЖЕГОДНО УБИВАЕТ:

во всем мире — 1,8 млн чел.;

В России — 500–750 тыс. чел.;

В США — 64 тыс. чел.

больше, чем погибло в двух мировых войнах ушедшего столетия. Несмотря на достижения современной медицины, как говорят эксперты, в XXI в. от табака умрет до 1 млрд человек. Даже при нынешнем высоком уровне диагностики и лечения рака легких и других сопутствующих заболеваний курильщики все равно живут в среднем на 15–20 лет меньше некурящих. Уровень смертности среди них втрое-вчетверо выше. Каждая сигарета укорачивает жизнь как минимум на 13 мин. Но тем не менее ежегодно во всем мире выкуривается до 5,5 трлн сигарет. В России с курением ситуация просто катастрофическая: курят до 2/3 всех мужчин, 1/3 женщин, и около 3 млн детей и подростков, потребляя при этом более 25 млрд сигарет ежегодно. Россия занимает третье место в мире по табакокурению после Китая и США. Но если в Америке и развитых странах Европы в последние десять лет наблюдается четкая тенденция снижения производства и потребления таба-

ка, то в России наоборот идет уверенный рост.

**Химия табака.** Мало кто знает, что сигареты содержат до 5 тыс. различных химических веществ, почти всю периодическую таблицу Менделеева, включая даже некоторые радиоактивные элементы. Из них 142 относят к сильным канцерогенам, токсинам или тератогенам, т.е. веществам, которые вызывают рак и токсикацию у взрослого человека и аномальное развитие мозга и тела у эмбриона. При выкуривании всего 15 сигарет в день за месяц в легких курильщика накапливается целый стакан черного и вязкого, как смола, табачного конденсата, куда входят сотни опасных для жизни соединений. Например, сегодня достоверно известно, что азотистое соединение 4-аминобифенил, которое применяется в производстве красителей и лаков, вызывает рак мочевого пузыря. Мышьяк, которым раньше травили грызунов, — рак легких и лимфатической системы. Бензол, которого так много в бензине, — лейкемию. Бензпирен — одна из основных составляющих выхлопных газов и главный мутаген табака — вызывает сильнейшие врожденные уродства у младенцев и рак легких у взрослых, т.к. связывается напрямую с ДНК. 1,3-бутадиен, из которого делают каучук — рак костного мозга. Кадмий, который не выводится организмом и связывается с ферментами и аминокислотами, блокируя их работу, — рак простаты, крови и легких. Хром — рак легких. Формальдегид — рак носовых пазух. Никель — рак легких и носа. Радиоактивный

полоний-210 — рак легких. Винилхлорид, из которого делают поливинилхлорид, а затем пластмассы — рак печени. Акрилонитрил вызывает опухоли мозга, легких и кишечника. Все эти химикалии, попадая в кровь через легкие, быстро разносятся по всему организму, постепенно разрушая его.

**Табак и рак легких.** Сегодня ученые бьют тревогу — табак убивает каждого второго, кто использует его напрямую, и каждого десятого, кто употребляет его пассивно. Еще в 1986 г. Всемирная организация по изучению рака IARC продемонстрировала, что достаточно непродолжительного контакта сигаретного конденсата с кожей или легочными тканями мышей, как у последних молниеносно начинают инициироваться раковые опухоли. Интересно, что раком легких — одним из самых страшных последствий табакокурения, — до начала массового производства сигарет в конце XIX в. практически никто не болел. Были известны лишь единичные случаи. К 1898 г. в мире было зафиксировано всего 140 больных. Но уже через 40 лет эта цифра выросла до 100 тыс. смертей в год. 30–40 лет — это как раз то время, которое необходимо в среднем курильщику, чтобы развить рак легких, выкурив порядка 3 млн сигарет. Сегодня рак легких — самое массовое онкологическое заболевание, уносящее более 5 млн жизней в год (*диаграмма на стр. 53*). Например, в докладе знаменитого английского доктора Джеймса Рипейса (James Repace), сделанном во время антитабачной конференции 2003 г., сообщается, что ежегодно курение убивает более 120 тыс. англичан; 12 тыс. из них умирают от пассивного курения. В Америке от пассивного курения на работе, в административных учреждениях, в барах и кафе преждевременно уходят из жизни более 60 тыс. человек ежегодно.

**Табак и гены.** Как же действует табакокурение на наш организм, наши гены? Почему люди умирают от табака? Совсем недавно, в марте 2008 г., было показано, какое ог-

#### ОБ АВТОРЕ

**Олег Сеньков** (Oleg Senkov) — нейрофизиолог, получил бакалаврскую и магистерскую научные степени в Санкт-Петербургском государственном университете, защитил докторскую диссертацию в Гамбургском университете, научный сотрудник Института клинической нейробиологии Хайдельбергского университета (Германия). Сфера научных интересов — исследование мозга, в частности основы работы памяти и обучения на молекулярно-генетическом, клеточном и системном уровнях; синаптическая пластичность; нейрональные осцилляции; *NMDA*-, *AMPA*- и *GABA*-рецепторы. Домашняя страница: [www.olegsenkov.com](http://www.olegsenkov.com).

ромное количество генов находится под влиянием воздействия сигарет; более того, как много генов навсегда выходят из строя, даже если человек давно бросил курить. Так, ученые из Национального института рака США, протестировав образцы раковых тканей легких с помощью ДНК/РНК-чипов, обнаружили до 135 генов, которые имели «неправильную» картину активации у курящих по сравнению с некурящими. Среди этих генов 81 ген был подавлен и 54 наоборот переактивированы, в том числе и чрезвычайно важные гены, регулирующие один из самых основных процессов в любой клетке — правильное удвоение и расхождение дочерних хромосом *TTK*, *NEK2*, *PRC1* во время деления клеток (митоза). Вот почему развивается рак — клетки теряют контроль над нормальным делением! Примечательно, что нормальная активация многих генов оставалась нарушенной у бывших курильщиков даже спустя 20 лет после того, как они отказались от вредной привычки. Таким образом, о скалы научного факта разбилось еще одно старое предубеждение о курении: «Покую год-другой, а потом брошу, и мне ничего не будет». К сожалению, будет.

Эти данные подтверждают и другие эксперименты. Так, в 2007 г. специалисты сравнили ткани, взятые у курильщиков (одна пачка в день на протяжении 30 лет или две пачки в течение 15 лет), бросивших курить, и у людей, которые никогда не курили. Исследователи использовали новый метод серийного анализа генной экспрессии. Было обнаружено колоссальное число измененных генов (примерно 600), которые имели неправильную картину экспрессии. К счастью, большая часть этих генов возвращается в норму, если бросить курить, и чем раньше, тем лучше. Но все равно около 120 генов остаются измененными даже спустя десять лет после отказа от сигарет.

Развенчан и другой миф о курении, особенно популярный среди молодых девушек, только начинаю-

щих курить: «Мне от одной-двух сигарет ничего не будет». Как показало недавнее крупномасштабное исследование, проведенное на 43 тыс. мужчин и женщин в период между 1970 и 2002 гг., достаточно всего одной сигареты в день — и шансы мужчины умереть от какой-нибудь сердечно-сосудистой болезни или рака легких утраиваются. Для женщины же 1–4 сигареты в день имеют гораздо больше негативных последствий: шансы получить рак вырастают аж в пять раз. Представительницам прекрасного пола следует иметь в виду, что женский организм гораздо более восприимчив к негативному влиянию сигарет.

Курение опасно не только для самого курильщика, но и для его будущего потомства — причем не только во время беременности, как считалось раньше, но и задолго до нее. Так, если один из родителей курит, то в три раза вырастает вероятность того, что и ребенок будет курить тоже. Если же курит беременная женщина, а таких случаев в России, по подсчетам, около 40%, то вероятность выкидыша или рождения мертвого ребенка увеличивается в восемь раз. В 2007 г. канадские ученые обнаружили, что «выкуривание» мышами двух сигарет в день (эквивалент пачки для человека) в течение шести недель (пять человеческих лет) увеличивает количество мутаций в клетках, зачинающих сперматозоиды — сперматогониях, в 1,4 раза. А если курить 12 недель (примерно десять лет для человека), то количество мутаций удваивается. Остается только догадываться, сколько мутаций происходит у мужчины, который начал курить еще в школе, а как показывает статистика, таких большинство, и зачал ребенка после 30 лет. Отсюда один важный совет будущим отцам: поскольку сперматогенез у мужчины идет примерно 64–72 дня, курить надо прекращать как минимум за два-три месяца до предполагаемого зачатия, чтобы хоть как-то предотвратить попадание мутировавшей ДНК сперматозоидов в зиготу, а затем и эмбрион будущего ребенка.



### Алкоголь и гены

Россия пока что остается одной из самых «пьющих» стран в мире (диаграмма на стр. 53), занимая верхние строчки таблиц показателей потерь населения от алкоголя, и ситуация не меняется к лучшему. Но сдаваться нельзя. Изыскания идут полным ходом, и количество новой научной информации о вреде чрезмерного употребления алкоголя каждый день увеличивается. Это помогает не только хоть как-то влиять на умы населения, особенно молодого, но и бороться, лечить легкие и средние формы алкоголизма и его последствия.

**Страшные цифры.** Употребление алкоголя занимает девятое место в Гарвардском списке самых массовых причин преждевременных смертей. Так, по данным ВОЗ, 1,8 млн человек в мире ежегодно гибнут от алкоголя, и это 3,2% от всех смертей на планете. В 2001 г. от злоупотребления спиртными напитками в США погибло до 85 тыс.



людей, тогда как в 2005 г., на основании новых подсчетов исследователей из Гарварда, в США от алкоголя погибло 64 тыс. человек: налицо заметный спад. В Англии злоупотребление спиртным уносит жизни около 33 тыс. человек. В Швеции до 44% всех неестественных смертей так или иначе связаны с алкоголем. По разным оценкам, алкоголь — прямая причина развития рака и смерти от рака. В целом человечество теряет из-за спиртного от 3,6 до 7% всего населения планеты. Если сравнить количество выпитого алкоголя на душу населения с частотой возникновения разных видов онкологических заболеваний, то налицо четкая корреляция (*диаграмма на стр. 53*) — чем больше человек пьет, тем выше риск развития рака.

В России алкогольная статистика выглядит пугающе: разные авторы насчитывают от 300 до 750 тыс. смертей, прямо или косвенно вызванных употреблением алкоголя. Это 1/3-1/4 всех смертей в России. Один из главных российских экспертов по этой проблеме, руководитель отдела Московского НИИ психиатрии Министерства здравоохранения РФ, доктор медицинских наук А.В. Немцов в журнале «Нарко-

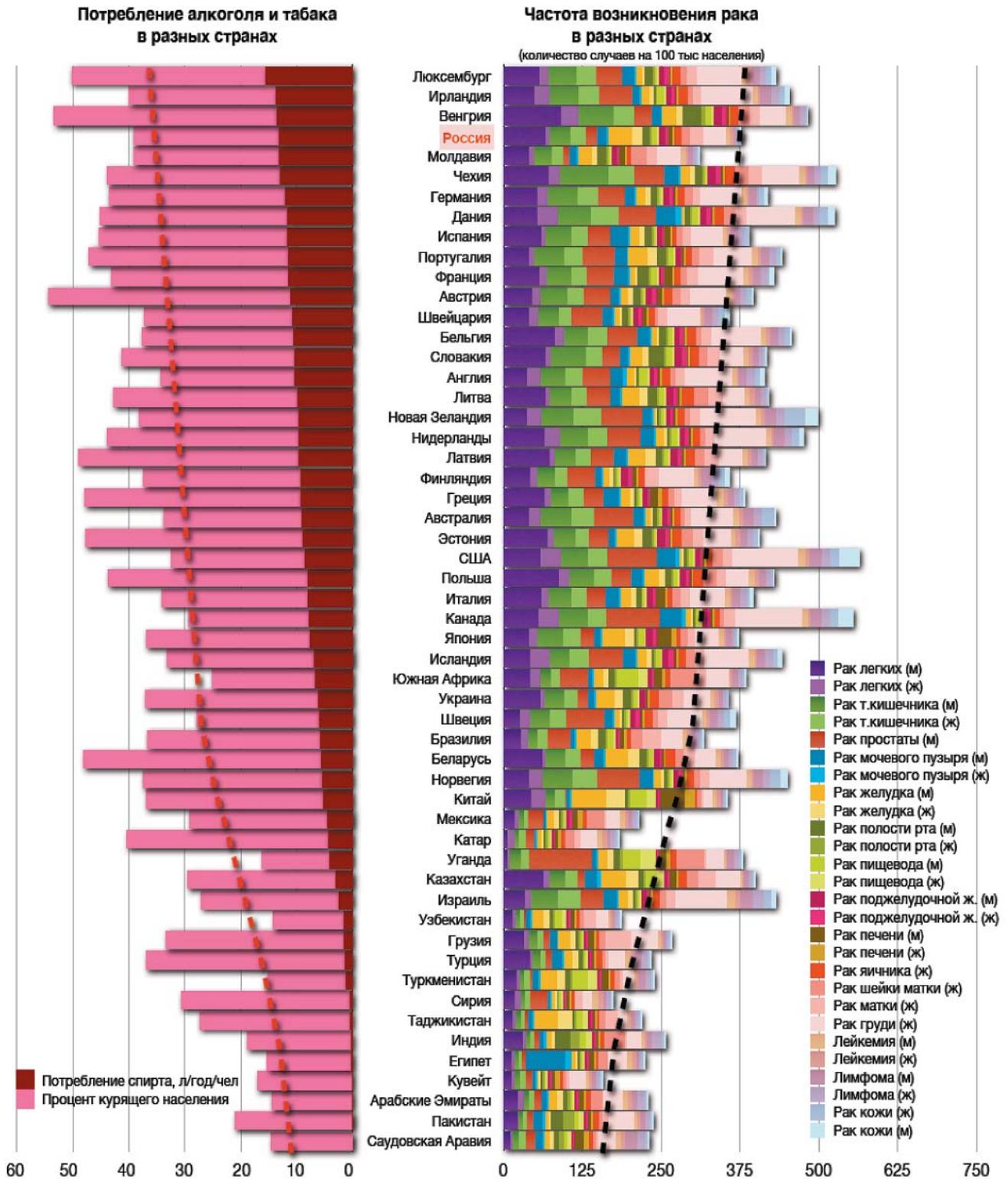
логия» (№ 12, 2007) приводит следующие цифры: 500 тыс. смертей в год, что составляет 30% от совокупной мужской смертности и до 15% женской. Как заявил недавно первый заместитель председателя Комитета Государственной Думы по охране здоровья, академик РАМН Н.Ф. Герасименко в журнале «Российская Федерация» (№ 4, 2009), «...по официальным данным Роспотребнадзора потребление чистого алкоголя на душу населения поднялось до 18 л (по неофициальным данным, до 30 л. — Прим. автора) в год. Порог безопасности, определенный ВОЗ для любой страны и равняющийся 8 л, превышен по крайней мере вдвое. Без принятия самых экстренных мер деградация России и ее народа (*генофонда*. — Прим. автора) — неизбежна». Так, по данным UNICEF Innocenti Research Center за 2004 г., каждый второй мужчина сорокалетнего возраста, живущий в относительно богатой «нефтедолларовой» России, не доживет до 60 лет, тогда как в бедной, но непьющей Албании — только каждый двадцатый. А по расчетам ВОЗ, из 100 юношей-выпускников школ 2009 г. в Англии до пенсионного возраста доживут 90 из 100, в России же — лишь 40. Основная причина все та же — алкоголь.

**Алкоголь и рак.** Мало кто, наверное, знает — иначе бы люди пили гораздо меньше, — что IARC определяет алкоголь и любые напитки на его основе как канцерогенные и относит к самой опасной группе I, в которую, к слову, входит и табак. О канцерогенности чистого этилового спирта в науке идут дебаты, сам по себе он, по-видимому, не является стопроцентным канцерогеном, однако он идеальный растворитель для всех потенциально опасных веществ, которые в нерастворенном виде не могут попасть внутрь клеток и, соответственно, не способны прямо влиять на ДНК. Но несомненно канцерогенны продукты расщепления спирта, в первую очередь ацетальдегид, который может напрямую связываться с ДНК и модифицировать ее. Более того, ацетальдегид взаимодействует с множеством белков в цитозоле и ядре клеток, повреждая целые клеточные молекулярные системы, например систему регенерации поврежденной ДНК, систему расхождения хромосом при делении, систему синтеза и утилизации белков.

Еще в 1988 г. группа американских ученых во главе с Джозефом Фраумени (Joseph F. Fraumeni) доказала, что вероятность заработать рак горла или полости рта у тех, кто и курит и пьет, по сравнению с теми, кто не сочетает обе эти вредные привычки, выше в 35 раз. Алкоголь и табак — очень сильные синергисты. Похожие результаты были получены и французской группой специалистов, которые показали восемнадцатикратное увеличение риска развития рака пищевода при употреблении 80 г алкоголя в день (бутылка вина 0,7 л), но если при этом еще курить по 20 сигарет в день, то риск увеличивается в 44 раза. В других исследованиях под руководством калифорнийского ученого Тимоти Моргана (Timothy Morgan) в 2004 г. было показано, что алкоголь запускает механизм развития рака и в печени. Так, употребление 80 г и более спирта в день увеличивает риск заработать рак печени от 4,5 до

### ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАКА ОТ ОБЪЕМОВ УПОТРЕБЛЕНИЯ АЛКОГОЛЯ И ТАБАКА В РАЗНЫХ СТРАНАХ

В цветовой кодировке справа указаны основные виды рака у мужчин (м) и женщин (ж); слева — суммарное употребление чистого спирта в литрах на человека в год и процент курящего взрослого населения (от 15 лет) по странам. (Составлено автором по материалам базы данных ВОЗ 2002–2006 гг.)



### ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ РОССИИ ЗА 2008 г.

РОЖДЕНО: **1 713 947** чел.

УМЕРЛО: **2 075 954** чел.

РОЖДАЕМОСТЬ: **12,1** младенца / 1000 чел.

СМЕРТНОСТЬ: **14,6** смертей / 1000 чел.

РОСТ ПОПУЛЯЦИИ: отрицательный, **2,5** чел. / 1000 чел.

СРЕДНЯЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ:

МУЖЧИНЫ — **61,5** лет

ЖЕНЩИНЫ — **73,9** лет

7,3 раз по сравнению с теми, кто пьет менее 40 г. в день. А если человек имеет ослабленную печень, например переболел гепатитом С или В, то риск увеличивается уже в 126 и 38 раз соответственно. Употребление же 100 г алкоголя в день увеличивает вероятность цирроза печени в 27 раз.

Интересно, что ацетальдегид после распада спирта накапливается не только в клетках печени и крови, но и в слюне (его концентрация может быть в 20 раз больше, чем в крови), причем двумя различными путями: за счет расщепления спирта живущими в полости рта бактериями после употребления алкогольного напитка и во время курения из табачного дыма. Причем концентрация канцерогена в слюне после одной сигареты в пять раз выше, чем после алкоголя. Вот почему врачи настоятельно рекомендуют пользоваться антибактериальными полоскательными средствами для полости рта после употребления спиртного. Не помешает это также после курения. Вдобавок ни в коем случае нельзя сглатывать слюну во время курения, так как ацетальдегид сигарет попадает в пищевод и желудок. Вот почему курильщики болеют не только раком легких, но и полости рта, пищевода и желудка.

В 2007 г. в IARC было подсчитано, что сегодня в мире примерно 389 тыс. случаев возникновения рака (это 3,6% от всех больных раком, 5,2% — мужчины, 1,7% — женщины) связаны именно с чрезмерным употреб-

лением алкоголя. Было установлено, что для женщины риск заработать рак груди прямо пропорционален количеству потребления алкоголя. В большом эпидемиологическом исследовании, проведенном в 2002 г, были протестированы 58 тыс. больных раком груди и 95 тыс. здоровых женщин, и выявлен риск в 7,1 раза на каждые дополнительные 10 г алкоголя (примерно полбокала вина), потребляемые за день. Специалисты называют одной из главных причин, по которым алкоголь может индуцировать развитие рака груди, следующую: дело в том, что рак груди относится к тому типу онкологических заболеваний, который очень чувствителен к женским половым гормонам — эстрогенам, а алкоголь — сильнейший стимулятор выработки эстрогенов. Употребление даже одного бокала вина ведет к скачкообразному повышению концентрации эстрогенов в крови женщины, а постоянное злоупотребление спиртными напитками — к индуцированию раковых опухолей. Современное антираковое лечение как раз и основано на этом механизме. Женщинам назначается антиэстрогеновые препараты, такие как тамоксифен и его производные, которые блокируют действие женских половых гормонов на раковую опухоль. В этой связи интересен тот факт, что грибы, например шампиньоны, обладают свойством снижать уровень эстрогена в крови благодаря тому, что могут подавлять ак-

тивность ароматазы — главного фермента, синтезирующего эстроген. Совсем недавнее исследование, проведенное австралийскими и китайскими учеными во главе с Минь Чжаном (Min Zhang) в начале 2009 г. и напечатанное в *International Journal of Cancer*, показало снижение на целых 50% риска заболевания раком груди у женщин, чьи ежедневные кулинарные пристрастия отдавались грибам (свежие грибы больше 10 г или сухие больше 4 г в день), и на 90% у женщин, которые в дополнение к грибам постоянно пили зеленый чай. Вот почему в азиатских странах, где традиционно употребляют в пищу много грибов и зеленого чая, рак груди распространен в пять раз меньше чем, например, в Европе.

**Алкоголь и сперматогенез.** Алкоголь, так же как и курение, очень сильно влияет на образование сперматозоидов, их качество и фертильность, т.е. способность оплодотворить женскую яйцеклетку. Наиболее часто встречающаяся болезнь, вызванная прямым действием спиртного — полная или частичная блокада сперматогенеза. В экстремальных случаях, когда употребление алкоголя доходит до 80 г и более в день, мужчины могут стать полностью стерильными. Средние же дозы, как показали многие исследования, также снижают количество и качество сперматозоидов и уменьшают секрецию тестостерона — мужского полового гормона. Так, недавние клинические тесты выявили, что воздержание от алкоголя в течение всего только трех месяцев полностью восстанавливает сперматогенез у каждого второго мужчины со слабой фертильностью вследствие алкоголя. Спирт, так же как и табак, производит много реактивных форм кислорода, таких как свободные радикалы, ионы кислорода, супероксиды, перекиси ( $H_2O_2$ ,  $HO_2$ ,  $O_2^-$ ,  $OH$ ), которые представляют собой самые опасные химические соединения для наших генов. Эти крайне агрессивные оксиданты повреждают не только ДНК/РНК соматичес-

ких клеток тела, но и генетический материал мужских и женских половых клеток. Такие мутации становятся наследственными и передаются из поколения в поколение. Вот почему важно хотя бы употребление антиоксидантов, таких как витамины С и Е, причем в повышенных дозах, если человек курит или пьет. Известно, что 20 сигарет в день или 50 г алкоголя снижают концентрацию витамина С в крови почти на 50%, а количество сперматозоидов в сперме, их фертильность и подвижность — до 20%, повреждение же ДНК свободными радикалами удваивается. Если употреблять как минимум 250 мг витамина С (четыре больших апельсина или киви), и 100–600 мг витамина Е ежедневно, то эти показатели значительно улучшаются. Это первый и эффективный шаг к защите генов и будущего потомства.

**Алкоголь и гены.** Сколько же генов «выключает» алкоголь? Точные показатели у разных ученых разнятся, но в любом случае счет идет на тысячи. И главное, что происходит это в святые святых — в мозге, меняя не только его структуру, морфологию, но и самого человека, его мышление, эмоции, индивидуальность, привычки, жизненные ценности и идеалы. Это делают гены! Как показали последние молекулярно-генетические исследования, одни гены «салятся на дозу» и без ста граммов не желают работать, производить тот белок, которые должны производить, другие от алкоголя просто «сходят с ума», перепроизводя белки в десятки раз, либо полностью выключаются. Так, недавно, в исследовании, проведенном в Техасском университете, у хронических алкоголиков было проанализировано большое количество генов в префронтальной области мозга — структуре, больше всего страдающей от злоупотребления спиртным. Ученые обнаружили 163 гена, которые имели ненормальную картину активности. В основном это были гены, контролирующие образование миелина, специальной изолирующей оболоч-

ки вокруг аксонов нейронов, составляющих основу белого вещества мозга. Вот почему алкоголь как бы «высушивает» мозг, — нейроны перестают вырабатывать миелин, нервные импульсы разных нейронов начинают «коротить» друг с другом, отсюда проблемы с памятью, вниманием и эмоциями.

В другом крупномасштабном исследовании на образцах мозга 14 алкоголиков и 13 нормальных людей, проведенном группой ученых из США и Австралии в 2006 г., были показаны серьезные нарушения в экспрессии множества генов у алкогользависимых: 79 гена были переактивированы, а 153 — совсем «выключены» или подавлены. Среди измененных генов больше всего пострадали те, которые были вовлечены в нейрогенез — процесс образования новых нейронов из стволовых клеток гиппокампа и камбиальных клеток желудочков мозга. Под ударом оказались и самые древние гены развития мозга, контролирующие синаптическую проводимость между нейронами, регулирующие транскрипцию, воспалительный и иммунные ответы, а также белки-рецепторы клеточной адгезии. Фактически весь спектр «генов домашнего хозяйства» мозга так или иначе страдал от чрезмерного употребления алкоголя.

### Эпигенетика и здоровье наших детей

До недавнего времени считалось, что наша наследственная информация передается из поколения в поколение только генетически, т.е. через последовательность ДНК, гены. Сегодня с появлением новой науки XXI в. эпигенетики специалисты все чаще находят исключения из этого основного правила генетики. Центральные догмы биологии — генетический закон Менделя и теория эволюции Дарвина — требуют серьезного пересмотра. Все-таки французский естествоиспытатель Жан-Батист Ламарк 200 лет тому назад был прав, хотя бы отчасти. Он утверждал, что характерные признаки организма, приобретенные в течение его жизни, могут быть насле-

дуемы. Что же такое эпигенетика? Почему тот образ жизни, который мы ведем сейчас, отразится завтра на наших детях и внуках? Эпигенетика — это не зависящие от последовательности ДНК наследуемые процессы, влияющие на экспрессию генов: метилирование ДНК, ацетилирование гистоновых белков, на которые наматывается нить ДНК для более компактного хранения в ядрах клеток, и реструктуризация хроматина. Передача или изменение наследуемой информации во время мейоза или митоза, основанная не на последовательности ДНК, может происходить также с помощью прион-протеинов и белков. Другими словами, на протяжении всего прошлого столетия в традиционной науке считалось, что жизненный опыт, образ жизни, пища, привычки и характер никаким образом не влияют на гены будущего потомства, т.е. наследуемая информация, которая записана в наших половых клетках, не может быть изменена в ходе жизни, кроме случаев мутаций, например после облучения, как в Хиросиме и Нагасаки, или алкоголизма, опять же через мутагенез. Считалось, что положительный или отрицательный приобретенный опыт индивида никаким образом не может быть «записан» в его геном и передан потомству. Оказывается, это не так. Постулат о наследственной передаче признаков только через последовательность четырех нуклеотидов в ДНК уже полностью не согласуется с фактами современной науки. Тщательные исследования образа жизни и болезней нескольких поколений семей показали, что от того,

**ЭПИГЕНЕТИКА — НОВАЯ НАУКА О ПЕРЕДАЧЕ НАСЛЕДУЕМЫХ ПРИЗНАКОВ НЕ ЧЕРЕЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДНК, А ЧЕРЕЗ ИЗМЕНЕНИЕ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ (ИЛИ НАДГЕНОМНЫХ) ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ**



Профессор Рэнди Джиртл и его трансгенные мыши агути

как жили наши родители и прапородители, зависит, чем будем болеть мы, и какой образ жизни будет у наших детей и внуков. Как же все это работает? И как передается такая наследуемая информация в поколениях?

Все началось с триумфальных экспериментов профессора Рэнди Джиртла (Randy Jirtle) и одного из его постдоков Роберта Уотерленда (Robert Waterland) из университета Дьюка, США. Исследователями были созданы уникальные трансгенные мыши, названные агути (*фото сверху*), так как в их геном был интегрирован одноименный ген, дающий животным не только желтую окраску и лишний вес, но и предрасположенность к раку и диабету. В обычных условиях эти грызуны приносят такое же потомство, тучное, желтое и болезненное, но ученые смогли сделать так, что потомство вдруг начало рождаться здоровым, имело нормальную окраску и жило долго. Эффект гена агути был полностью стерт, хотя ни один нуклеотид ДНК

мыши не был изменен. Произошло это всего лишь потому, что перед рождением нового потомства состав питания самок был изменен. Ученые посадили будущих мам на диету, обогащенную веществами с метильной группой (один атом углерода соединен с тремя атомами водорода). Таких метильных групп много в овощах и фруктах, например в луке, чесноке и свекле. Эмбрионы мышей, которые были на такой диете, выключали ген агути у себя на хромосомах. Другими словами, чем больше метильных групп поступало с пищей и вовлекалось в питание зародышей, тем больше они были доступны для специальных ферментов, катализирующих присоединение метильной группы к ДНК. И наоборот, чем меньше метильных групп поступало с пищей и было присоединено на эмбриональную ДНК в области гена, тем более активным становился этот ген.

Рэнди Джиртл так прокомментировал свое открытие журналу *Discover* в статье «ДНК — это не судьба»: «Эпигенетика доказывает, что мы ответственны за целостность нашего генома. Раньше мы думали, что только гены предопределяют, кто мы. Сегодня мы точно знаем: все, что мы делаем, все, что мы едим, пьем или курим, оказывает воздействие на экспрессию наших генов и генов будущих поколений. Эпигенетика предлагает нам новую концепцию свободного выбора». Как выразилась Эмма Уайтлоу (Emma Whitelaw) из Квинслендского института медицинских исследований, Австралия: «Мы должны помнить: то, что мы наследуем от наших родителей, — это хромосомы, а хромосомы состоят из ДНК только на 50%, остальную половину составляют протеины, несущие эпигенетические маркеры».

Другой примечательный эксперимент провел Майкл Мини (Michael Meaney) из Университета Макгилла в Монреале, Канада. Исследователи наблюдали за поведением крыс во время воспитания потомства. Они подметили, что новорожденные крысята, которые регулярно полу-

чали надлежащую материнскую опеку, росли достаточно смелыми и спокойными по характеру. Напротив, малыши, которых матери игнорировали во время воспитания, вырастали боязливыми и нервными. Причины этого, как оказалось, были чисто эпигенетическими: обычная забота матерей о потомстве контролировала уровень метилирования именно тех генов мозга детенышей, которые отвечают за реакцию на стресс — рецепторов гормона кортизола, экспрессируемых в гиппокампе. В другом эксперименте тот же вопрос рассматривался применительно к человеку. По результатам магнитно-резонансного томографирования специалисты определяли, накладывает ли на мозг взрослых людей отпечаток то, как о нем в детстве заботились родители. Оказалось, что и здесь материнская забота сыграла ключевую роль в организации мозга. Испытуемые, страдавшие в детстве от дефицита материнской любви и опеки, имели гораздо меньший размер гиппокампа, чем дети из нормальных семей. А величина этого органа определяет не только силу памяти человека и скорость мышления, но и предрасположенность к психическим заболеваниям — таким как, например, посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР).

Что касается рака и эпигенетики, то науке уже давно известны онкогены, или гены, которые «запускают» процесс образования раковой опухоли. Эти гены выключены в нормальных здоровых клетках за счет метилирования промоторов этих генов, так называемых островков CpG (цитозин и гуанин в цепи ДНК находятся рядом и соединены фосфором, таких оснований в одном островке может быть от 200 до несколько тысяч, примерно 70% промоторов всех генов имеют эти островки). Ацетальдегид алкоголя и многие ингредиенты табака ингибируют образование метильных групп на ДНК, это включает «спящие» онкогены, они начинают работать, превращая клетки в раковые. Известно, что до

60% всех мутаций в половых клетках приходится именно на островки CpG, что нарушает правильную эпигенетическую регуляцию генома. Метильные группы попадают в наш организм с пищей, через пути фолиевой и метиониновой аминокислот. Эти две аминокислоты не вырабатываются нашим организмом, поэтому должны постоянно поступать с пищей. Если пища бедна ими, то нарушение процессов метилирования ДНК неизбежно.

Известный канадский исследователь рака Моше Зиф (Moshe Szyf) из Университета Макгилла также разделяет революционные идеи эпигенетики: «В противоположность генетическим мутациям эпигенетические изменения потенциально обратимы. Мутировавший ген скорее всего никогда не сможет вернуться в нормальное состояние. Единственное решение в данной ситуации — вырезать или дезактивировать этот ген во всех клетках, которые его несут. Гены же с нарушенным паттерном метилирования, с измененным эпигеномом могут быть возвращены к норме, и довольно просто. Уже существуют эпигенетические лекарства, например 5-азациитидин (коммерческое название — видаза), разрешенный Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) и представляющий собой неметилированный аналог цитидина, нуклеозида ДНК и РНК, который, встраиваясь в ДНК, снижает ее уровень метилирования. Это лекарство используется сейчас против миелодиспластического синдрома, известного также, как прелейкемия».

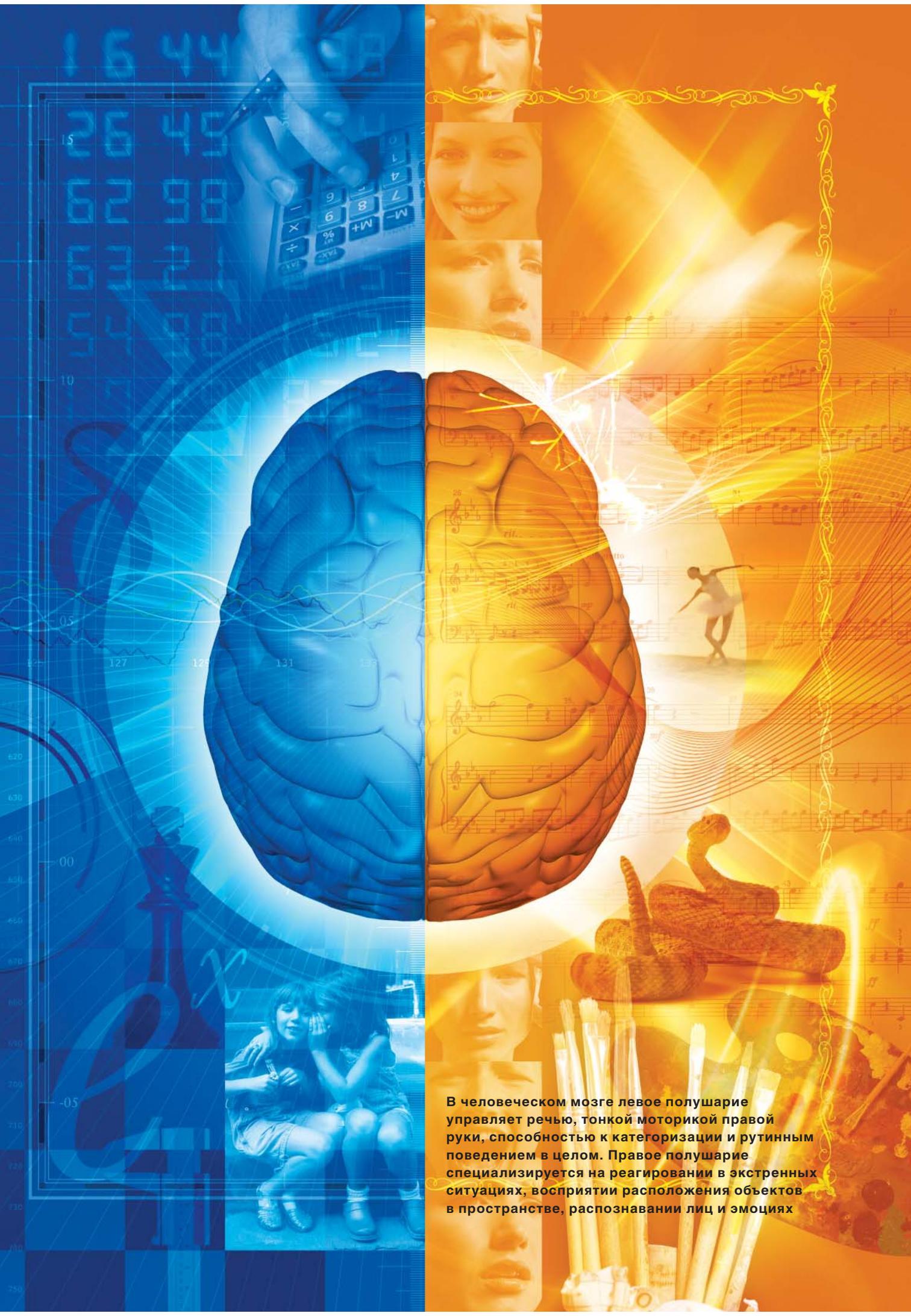
Сейчас уже полным ходом идет коммерческое освоение этой области. Так, немецкая биотехкомпания *Epigenomics* в сентябре этого года собирается выпустить на рынок целую серию инновационных скрининг-тестов, позволяющих заблаговременно диагностировать предрасположенность к разным видам онкологических заболеваний (от опухолей простаты, толстого кишечника до рака легких) и саму бо-

лезнь на разных стадиях ее развития по эпигенетическим изменениям в организме, основанных на ДНК-метилировании. В этом же направлении работают и десятки других компаний, например *Roshe Pharmaceuticals*, *MethylGene*, *NimbleGen*, *Sigma-Aldrich*, *Epigentek*. Более того, в 2003 г. был инициирован международный проект под названием «Эпигеном человека» (*Human Epigenome Project*, *HEP*). К данному моменту ученые смогли расшифровать вариабельные локусы метилирования ДНК на трех хромосомах человека: 6, 20 и 22. Впереди еще 20 хромосом.

Эпигенетика довольно быстро начинает находить ответы на вопросы, на которые традиционная генетика так и не смогла ответить за последнюю сотню лет. Так, профессор педиатрии Роберт Уотерленд (Robert Waterland) из Медицинского колледжа Бэйлора в Хьюстоне, США, говорит в интервью, опубликованном в газете *The Sunday Times* под заголовком «Как твое поведение может изменить ДНК твоих детей»: «Сегодня во всем мире эпидемия ожирения. Почему мы становимся все полнее и полнее? Одна из гипотез — переядание матери до и во время беременности, что вызывает эпигенетические изменения в механизме экспрессии генов». Эта гипотеза была экспериментально подтверждена профессором с помощью опытов, проведенных на животных: перекормленные самки мышей каждый раз производили еще более тучное потомство. Другой исследователь, Маркус Пэмбри (Marcus Pembrey) из Института детского здоровья при Лондонском университете, опубликовал две важные работы по эпигенетике. В одной было показано, что если отцы детей начали курить до 11 лет, то их сыновья имеют повышенный риск ожирения. В другой были проанализированы записи изолированной шведской коммуны и выяснено, что мужчины, чьи прадеды в прошлом недоедали и страдали от постоянной нехватки продовольствия, жили гораздо дольше, чем мужчины из той

же коммуны, чьи предки никогда не голодали. В другом исследовании, проведенном канадской группой ученых из Центра по изучению наркотической зависимости и психического здоровья в Торонто во главе с Джонатаном Миллом (Jonathan Mill), было показано, как много генов (около 40 ключевых) подвержено эпигенетическим изменениям у больных, страдающих шизофренией — психической болезнью, переходящей из поколения в поколение в одной и той же семье без ясных генетических причин. «Мозг особенно чувствителен к эпигенетическим изменениям, особенно во время эмбрионального развития, — говорит доктор Милл. — Вот почему пренатальное воздействие алкоголя, табака и других токсинов имеет такие сильные последствия в отношении наследственности». Исследование Абрахама Райхенберга (Abraham Reichenberg) из Медицинской школы Маунт-Синай в Нью-Йорке выявило, что дети, зачатые их отцами в возрасте после 40 лет, имели риск развития аутизма в течение жизни почти в шесть раз больше, чем дети, отцы которых в момент зачатия были моложе 30 лет, и что причины такой колоссальной разницы — чисто эпигенетические.

«Если вы курите — постарайтесь бросить! Если не можете сами — обратитесь к специалистам! Если не хотите бросать — хотя бы не курите в присутствии детей!» — такие призывы сегодня можно слышать по всей Европе. А некоммерческая образовательная программа Европейского Союза «Европейское партнерство против рака», объединяющая виднейших ученых Европы, занимающихся проблемой рака, советует употреблять не больше 20–30 г алкоголя в день (примерно 250 мл вина или 500 мл пива) мужчинам и половину этого женщинам, чтобы избежать алкогольной зависимости, заболеваний, связанных с употреблением спиртных напитков, включая онкологические, а также необратимого изменения генома человечества. Берегите ваши гены! ■



В человеческом мозге левое полушарие управляет речью, тонкой моторикой правой руки, способностью к категоризации и рутинным поведением в целом. Правое полушарие специализируется на реагировании в экстренных ситуациях, восприятии расположения объектов в пространстве, распознавании лиц и эмоций

Джорджо Валлортигара, Питер Макнейлидж и Лесли Роджерс

# ЛЕВОЕ И ПРАВОЕ

Разделение труда между двумя полушариями головного мозга, ранее считавшееся уникальной особенностью человека, возникло за полмиллиарда лет до появления первых людей. Речь, праворукость, распознавание лиц и восприятие пространства — истоки всех этих функций можно увидеть в асимметрии мозга древних позвоночных

**Л**евое полушарие человеческого мозга управляет речью — вероятно, наивысшим проявлением нашего разума. Оно также отвечает за точные и сложные движения правой руки человека. Правое полушарие доминирует в таких вещах, как, например, восприятие взаимного расположения объектов в пространстве. Сорок лет назад в науке господствовало мнение, что не только речь, но и праворукость, и специализация одной стороны мозга для восприятия пространственных отношений имеются исключительно у людей. Тогда считалось, что у животных не существует никакой специализации полушарий.

Подобная точка зрения хорошо вписывается в представления о том, что человек имеет особый эволюционный статус. Биологи и специалисты по поведению в целом соглашались, что праворукость возникла у наших человекообразных предков всего около 2,5 млн лет назад. Также считалось, что она стала основой для речи. Согласно такой точке зрения, левое полушарие просто добавило язык жестов к уже имевшемуся у него репертуару сложных движений рукой, а затем превратило его в устную речь. Или же способность левого мозга по управлению действиями, производимыми руками, распространилась и на голосовой аппарат. В любом случае считалось,

что речь и язык развились на основе сравнительно недавно возникшей способности манипулировать орудиями труда. Полагали также, что после всего этого правому полушарию уже ничего не оставалось, как стать центром обработки пространственных отношений.

Однако за последние десятилетия в исследованиях на различных видах животных было показано, что и у них два полушария играют абсолютно различные роли. Тем не менее многие специалисты до сих пор продолжают полагать, что открытая недавно специализация полушарий у животных никак не связана с таковой у человека, а асимметрия его полушарий представляет собой нечто совершенно особенное.

В этой статье мы представим доказательства в пользу иной гипотезы, получающей все большее распространение, особенно среди биологов. Мы утверждаем, что специализация полушарий, характерная для человеческого мозга, уже существовала

в некоторой зачаточной форме еще у первых позвоночных, появившихся около 500 млн лет назад. Мы полагаем, что возникшая позже специализация полушарий, свойственная в том числе и человеку, развилась из своей исходной формы в ходе дарвиновского процесса эволюционных перестроек. Согласно нашей гипотезе, левая сторона мозга позвоночных была исходно специализирована для управления упроченными паттернами поведения, реализующимися в обычных, привычных условиях. В отличие от левой, правая сторона, ответственная за эмоциональную активацию мозга, была исходно специализирована для детекции неожиданных стимулов из внешней среды и реагирования на них.

Вероятно, у древних позвоночных такое разделение труда возникло после того, как одно из полушарий стало брать на себя управление в каких-либо конкретных условиях. Мы полагаем, что в дальнейшем

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Авторы предположили, что специализация двух полушарий мозга уже существовала в момент появления первых позвоночных 500 млн лет назад.
- Видимо, левое полушарие изначально занималось управлением упроченными шаблонами поведения; правое же специализировалось на детекции неожиданных стимулов и реагировании на них.
- Как речь, так и праворукость могли развиваться из управления рутинным поведением.
- Возможно, распознавание лиц и восприятие пространственных отношений возникли как наследники способности быстро замечать хищника.

## При питании позвоночные животные всех пяти классов проявляют предпочтение правой стороны



У людей и других позвоночных нервы, идущие к одной стороне тела и обратно от нее, связаны с другим полушарием мозга. В результате каждое полушарие управляет противоположной стороной тела

правое полушарие становилось главенствующим в потенциально опасных ситуациях, которые требовали быстрой реакции со стороны животного, — например если речь шла о том, чтобы заметить подкрадывающегося хищника. В прочих ситуациях управление переходило к левому полушарию, и оно стало отвечать за поведение, обусловленное внутренней мотивацией: про него говорят, что оно осуществляется под нисходящим управлением. (Мы подчеркиваем, что поведение с внутренней мотивацией не обязательно врожденное — на самом деле оно часто бывает результатом обучения). Правое же полушарие стало отвечать за поведение, причины которого лежат во внешней среде: оно, соответственно, осуществляется под восходящим управлением. Все те формы активности мозга, которые направляют более специализированные виды поведения — речь, изготовление орудий труда, восприятие пространственных отношений, распознавание лиц и т.п., — развились из этих двух исходных вариантов управления.

### Левое полушарие

Большая часть фактов, подтверждающих нашу гипотезу, основана не на прямом изучении работы мозга, а на наблюдении за действиями, которые в ряде случаев могут совершаться чаще одной стороной тела, чем другой. При этом в нервной системе позвоночных связи между телом и мозгом перекрещиваются — большая часть нервов с одной стороны тела идет к противоположной стороне мозга.

Доказательств первой части нашей гипотезы — что левое полушарие позвоночных специализируется на управлении рутинными формами поведения, причины которого лежат внутри организма — становится все больше. Один вид рутинного поведения с предпочтением правой стороны, встречающийся у многих позвоночных, — это питание. Например, известно, что рыбы, рептилии и амфибии имеют тенденцию атаковать жертву спра-

ва от себя, видя ее при этом правым глазом, а управление, соответственно, осуществляется левым полушарием (*врезка на стр. 62*). Так, разные виды птиц — куры, голуби, перепела и кулики — пользуются преимущественно правым глазом при клевании и захвате добычи. В одном случае латерализация пищевого поведения привела даже к асимметрии во внешней анатомии: клюв новозеландского кривоногого зуйка загнут вправо, благодаря чему птица может искать пищу под речными камнями и смотреть при этом правым глазом.

Что касается млекопитающих, то в качестве яркого примера можно привести латерализацию пищевого поведения у горбатых китов. Филип Клэпхэм (Phillip J. Clapham) из Аляскинского научного центра Национальной службы морского рыболовства США в Сиэтле вместе со своими коллегами обнаружил, что у 60 из 75 китов следы истирания присутствовали только на правой стороне челюсти, а у остальных 15 они были слева. Такие данные свидетельствуют о том, что при питании киты явно отдают предпочтение одной стороне челюсти, причем норма — выбор правой стороны.

Таким образом, во всех классах позвоночных (рыбы, рептилии, амфибии, птицы и млекопитающие) животные предположительно сохраняют предковое предпочтение правой стороны тела для такой рутинной деятельности, как питание.

### Происхождение праворукости

Так можно ли считать праворукость человека уникальным явлением? Факты, свидетельствующие о предпочтении правой стороны у птиц и китов, выглядят интересными, но с их помощью вряд ли можно убедительно опровергнуть старую гипотезу об отсутствии эволюционных предпосылок праворукости человека. Однако недавно во многих исследованиях было показано предпочтение правой руки у наших ближайших эволюционных родственников — приматов, что указывает на унаследование

праворукости людей от предков — древних приматов. Предпочтение правой руки наблюдается у бабуинов, капуцинов и макаков-резусов, а также и среди человекообразных обезьян, особенно шимпанзе.

Много работал с человекообразными обезьянами Уильям Хопкинс (William D. Hopkins) из Национального центра приматологических исследований имени Йеркса в Атланта. Группа Хопкинса изучала предпочтение правой стороны в задачах, в которых либо требовалась координация обеих рук, либо возникала необходимость дотянуться вверх до пищи, расположенной достаточно высоко. Например, экспериментаторы помещали мед внутрь короткой пластмассовой трубки, и обезьяне, для того чтобы добраться до лакомства, нужно было взять трубку в одну руку и выковыривать мед пальцем другой. Приматы делали это в два раза чаще пальцем правой руки, чем левой. Аналогично обезьяны чаще использовали правую руку, чтобы дотянуться до расположенной высоко пищи.

Данные исследования также указывают на то, что когда древние приматы при добывании пищи стали использовать более сложные манипуляции, предпочтение одной руки у них также усилилось. Мы подозреваем, что причина заключается в том, что для выполнения более сложных действий потребовался наиболее прямой путь обмена сигналами между мозгом и рукой. Поскольку более короткий путь от левого полушария, уже специализированного для выполнения рутинных задач, шел к правой руке, то именно ее приматы стали предпочитать для выполнения сложных, хотя и рутинных действий.

### Коммуникация и левый мозг

В настоящее время гипотеза о том, что способности правой руки человека к особенно тонким движениям возникли как результат эволюционной модификации пищевого поведения предковых видов приматов, выглядит весьма правдоподобной. Но могло ли пищевое поведение стать

## РАЗДЕЛЕНИЕ ТРУДА МЕЖДУ ПОЛУШАРИЯМИ



▲ Исходная картина

В классическом эксперименте Дина Делиса (Dean C. Delis) из Калифорнийского университета в Сан-Диего пациентов с поражениями мозга просили рассмотреть картину, на которой большая буква *H* была составлена из букв *A* меньшего размера (рис. слева), а затем воспроизвести ее по памяти. Пациенты с повреждениями правого полушария (которые, соответственно, могли полагаться только на левое полушарие) нередко просто изображали множество букв *A*, разбросанных по странице (внизу слева). Больные с поражением левого полушария часто рисовали только букву *H* без составлявших ее букв *A* (внизу справа). Таким образом, левый мозг характеризует стимул по одной или нескольким деталям, в то время как правый мозг специализируется на синтезе целостного образа



Пациенты с повреждением правого полушария могли вспомнить детали исходной картины, но не ее общие очертания



Пациенты с повреждением левого полушария могли воспроизвести общий образ, но не его детали

предпосылкой специализации левого мозга в отношении речи? Мы вовсе не утверждаем, что развитие шло по прямой. Мы лишь полагаем, что «языковой мозг» развился из промежуточной и не столь примитивной специализации левого полушария — а именно из его специализации к ру-

тинной коммуникации, как голосовой, так и неголосовой. Однако вопреки прочно укоренившемуся убеждению, мы считаем, что ни один из данных видов коммуникации не возник у людей впервые — они также стали следствием межполушарной специализации животных,

### ОБ АВТОРАХ

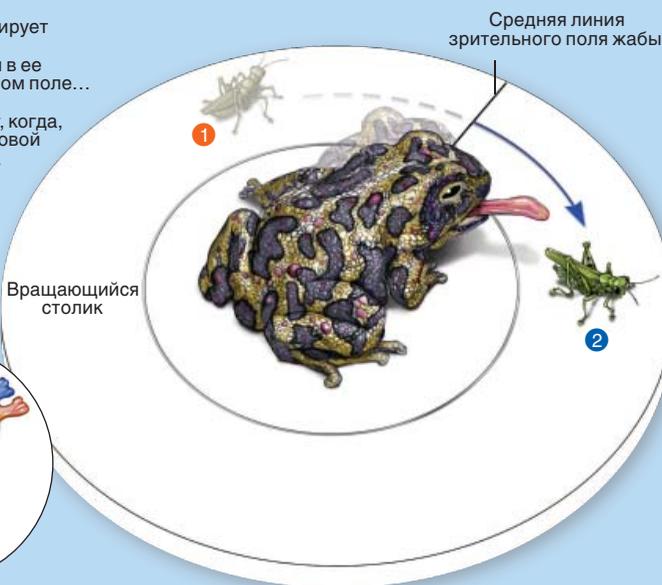
**Джордж Валлортигара** (Giorgio Vallortigara) — профессор когнитивных нейронаук Центра наук о разуме и мозге и кафедры когнитивных наук в Университете Тренто в Италии. Совместно с Лесли Роджерс получил первые доказательства функциональной асимметрии мозга у рыб и амфибий. **Питер Макнейлидж** (Peter F. MacNeilage) — профессор психологии в Техасском университете в Остине. Написал более 120 статей по эволюции систем, отвечающих за сложные действия, и книгу *The Origin of Speech* («Происхождение речи», 2008). **Лесли Роджерс** (Lesley J. Rogers) — почетный профессор нейронаук и поведения животных Университета Новой Англии в Австралии. Открыла латерализацию переднего мозга цыплят еще в то время, когда латерализацию считали уникальной особенностью человеческого мозга.

УПРАВЛЕНИЕ РУТИННЫМ ПОВЕДЕНИЕМ

Предпочтение правой стороны тела и левой стороны мозга при управлении поведением в обычных условиях было обнаружено практически во всех классах позвоночных животных. Типичное рутинное поведение — захват добычи. В эксперименте, изображенном внизу, искусственный кузнечик был приклеен к вращающемуся столику, и появлялся в одном либо другом зрительном поле жабы. Когда кузнечика размещали слева от жабы и вращали по часовой стрелке, жаба атаковала насекомое только после того, как оно пересекало среднюю линию и оказывалось в правом поле ее зрения. Когда добычу вращали против часовой стрелки, жаба атаковала ее не столь часто и примерно с равной вероятностью на обеих сторонах (не показано)

1 Жаба игнорирует кузнечика, появляющегося в ее левом зрительном поле...

2 ... но атакует, когда, двигаясь по часовой стрелке, жертва оказывается в правом зрительном поле жабы



▼ Среди многих других животных, которые демонстрируют предпочтение правой стороны в определенных видах поведения, присутствуют бабуины и киты. Адриен Мегердичян (Adrien Meguerditchian) и Жак Вуклер (Jacques Vauclair) из Университета Прованса, Франция, сообщили, что бабуины, по всей видимости, общаются между собой, хлопая правой рукой по земле. Филип Клэпхэм (Phillip J. Clapham), работающий в настоящее время в Аляскинском научном центре Национальной службы морского рыболовства США в Сизтле, обнаружил, что у китов следы истирания наблюдались преимущественно на правой стороне челюсти (стрелка), что говорит об их явном предпочтении использования правой стороны тела



существовавшей задолго до появления нашего вида.

Так, например, показано, что именно левое полушарие управляет пением у птиц. У морских львов, собак и обезьян оно распоряжается восприятием вокализации других представителей того же вида. Один

из авторов (Лесли Роджерс) вместе с Мишель Хук-Костиган (Michelle A. Hook-Costigan) из Техасского сельскохозяйственного и политехнического университета наблюдали, что обыкновенные мармозетки, издавая дружелюбные голосовые сигналы по отношению к другим осо-

бям, открывают рот с правой стороны шире, чем с левой. Как правило, люди во время разговора также раскрывают рот справа сильнее, что является результатом более сильной активации правой стороны лица левым полушарием.

В природе не бывает абсолютных законов, и у некоторых животных голосовые реакции в ответ на высокоэмоциональные стимулы, вопреки ожиданиям, также связаны с левой стороной мозга. Например, когда самца лягушки захватывает сзади и удерживает его соперник, то именно левое полушарие управляет голосовыми реакциями первого. Левое полушарие у мышей отвечает за восприятие тревожного писка новорожденных мышат, а у песчанок оно управляет вокализацией во время копуляции. Однако вполне возможно, что эти животные представляют собой исключение. У людей и обезьян — а также, вероятно, и у большинства других животных — высокоэмоциональной вокализацией управляет правая сторона мозга, а левая сторона тяготеет к рутине.

Неголосовая коммуникация у людей также имеет свои эволюционные истоки. Шимпанзе не только проявляют праворукость при манипулировании предметами, но и отдают предпочтение правой руке в общении с помощью жестов. Гориллы имеют тенденцию использовать правую руку при сложной коммуникации, в которой также задействованы голова и рот. Адриен Мегердичян (Adrien Meguerditchian) и Жак Вуклер (Jacques Vauclair) из Университета Прованса, Франция, даже наблюдали предпочтение правой руки при жестовой коммуникации (похлопывании рукой по земле) у бабуинов.

Эволюционное значение всего сказанного выше становится очевидным сразу, стоит только заметить, что люди также производят жесты с помощью правой руки. Такое латерализованное поведение, роднящее нас с бабуинами, указывает на то, что коммуникация с помощью правой руки возникла еще

ANDREW SWIFT, SOURCES: "COARSE ELEMENTARY RIGHT AND LEFT HEMISPHERE USE FOR PREDATORY AND ACOUSTIC BEHAVIOR" BY G. VALLBO ABET AL., IN NEUROREPORT, VOL. 9, NO. 14, 1998; AND "LATERALIZED PREY-CATCHING RESPONSES IN THE CANETOAD BUFO MARINUS: ANALYSIS OF COMPLEX VISUAL STIMULI" BY A. ROBINS AND J. ROGERS, IN ANIMAL BEHAVIOUR, VOL. 68, NO. 2, 2004; ADRIEN MEGUERDITCHIAN AND JACQUES VAUCLAIR COMMUNICATE WITH THEIR RIGHT HAND" BY A. MEGUERDITCHIAN AND J. VAUCLAIR, IN BEHAVIOURAL BRAIN RESEARCH, VOL. 171, NO. 1, 2008; PROVINCETOWN CENTER FOR COASTAL STUDIES (www.ccs.edu)

на уровне некоего общего предка людей и бабуинов. Это существо, видимо, появилось около 40 млн лет назад — т.е. задолго до того, как началась эволюция человекообразных обезьян.

### Эволюция речи

Возникает вопрос, имеющий фундаментальное значение: как мог любой из видов поведения, управлявшийся левой стороной мозга (питание, вокализация, коммуникация с помощью правой руки), модифицироваться до такой степени, что превратился в речь? Это событие — появление речи — можно считать одним из наиболее значительных этапов истории жизни на Земле.

Один из авторов (Питер Макнейлидж) предположил, что вначале должна была произойти эволюция слога — базовой единицы, лежащей в основе организации потока речи во времени. Типичный слог представляет собой ритмическое чередование согласных и гласных. (Согласные — это звуки, возникающие в момент полного или частичного перекрытия голосового тракта; гласные — наоборот, звуки, рождающиеся благодаря резонансным явлениям при относительно свободном токе воздуха через открытый рот). Слог мог возникнуть как побочное явление при чередовании поднятий (согласные) и опусканий (гласные) нижней челюсти: именно такие движения наблюдаются при жевании, сосании и лизании. Видимо, серия циклически повторяющихся движений, сопровождающихся шлепками губ, могла стать коммуникационными сигналами у предков человека — как это наблюдается в настоящее время у многих других приматов.

Несколько позже к коммуникативным шлепкам губами мог добавиться голос, рождаемый гортанью, и тогда образовались слоги. Видимо, вначале они использовались для обозначения конкретных понятий, образуя слова. Вероятно, в дальнейшем возникла способность строить предложения (т.е. речь) — это произошло тогда, когда предки человека соединили друг с другом два

рода слов: обозначающие объекты (существительные) и обозначающие действия (глаголы).

### Правое полушарие

А как насчет второй части нашей гипотезы? Есть ли достаточные доказательства того, что на ранних этапах развития позвоночных правое полушарие специализировалось на детекции неожиданных стимулов и реагировании на них? Как возникла такая специализация и как она трансформировалась дальше?

Факты, подтверждающие нашу теорию, получены в исследованиях реакций разных животных на хищников. В конце концов, трудно придумать другое, более неожиданное и эмоционально окрашенное событие в среде обитания древних позвоночных, чем появление поблизости смертельно опасного хищника. Достоверно показано, что рыбы, амфибии, птицы и млекопитающие сильнее реагируют на хищников, появившихся в левой стороне зрительного поля, которая соответ-

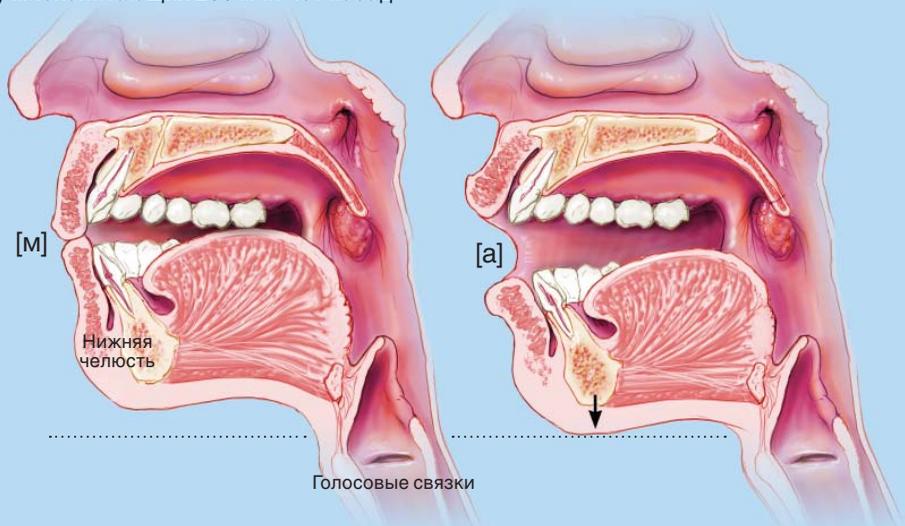
### ФОТОГЕНИЧНАЯ ЛЕВАЯ СТОРОНА

В исследовании картин Лондонской национальной портретной галереи, проведенном в 1999 г., анализировали, в каком направлении повернута голова людей, изображенных на портретах

- Как правило, модели слегка поворачивали голову вправо, демонстрируя левую сторону лица. Исследователи полагают, что модели хотели показать левую сторону лица потому, что она управляется эмоциональной правой стороной мозга
- На портретах мужчин предпочтение левой стороны проявляется слабее — возможно, из-за желания скрыть эмоции
- На портретах ученых из Королевского общества предпочтение левой стороны отсутствует

### НЕ ВОЗНИК ЛИ СЛОГ ИЗ ЖЕВАНИЯ?

Согласно мнению одного из авторов (Питера Макнейлиджа), происхождение человеческой речи можно проследить до эволюции слога, который обычно представляет собой чередование согласных и гласных звуков. Например, в слове «мама» каждый слог начинается с согласного звука [м] и заканчивается гласным звуком [а]. Как показано на схемах, звук [м] производится при подъеме нижней челюсти и перекрытии потока воздуха из легких при смыкании губ (внизу слева). Для произнесения следующего за ним звука [а] челюсть опускается, и воздух свободно течет через голосовой тракт (внизу справа). Таким образом, Макнейлидж предположил, что произнесение слогов — эволюционная модификация рутинного жевания, которое впервые появилось у млекопитающих 200 млн лет назад



## РЕАКЦИЯ НА НЕОЖИДАННОЕ НАПАДЕНИЕ

Неожиданное появление хищника или другого представителя того же вида требует немедленных адекватных действий, и правая часть мозга стала заниматься именно этим. В эксперименте искусственную голову змеи, закрепленную на конце черного пластмассового стержня, приближали к жабе с правой или с левой стороны, а затем резко убирали. Когда «змея» появлялась справа от жабы, та ее игнорировала. Однако когда имитация хищника возникала слева от животного, она вызывала реакцию правой стороны мозга жабы, и та отпрыгивала в сторону

- 1 Жаба игнорирует змею, приближающуюся справа...
- 2 ...но прыгает в сторону от змеи, возникающей слева



▼ Многие позвоночные распознают отдельных представителей своего вида. Кит Кендрик (Keith M. Kendrick) из Института Бабрахама в Кембридже в Англии показал, что овцы могут узнавать других конкретных овец по памяти преимущественно благодаря своему правому полушарию. Правое полушарие у таких птиц, как голубоногая олуша, также позволяет им узнавать друг друга



твует правой стороне мозга (*врезка сверху*).

Доказательство того, что та же самая особенность специализации правого полушария имеет отношение и к людям, получено в экспериментах с томографической визуализацией мозга. На основе своих исследований Майкл Фокс (Michael D. Fox) с коллегами из Вашингтонского университета в Сент-Луисе пришел к выводу, что люди обладают «сис-

темой внимания» в правом полушарии, которая особенно чувствительна к неожиданным и «поведенчески релевантным» стимулам, говорящим об опасности. Существование такой системы внимания помогает понять одну особенность человека, кажущуюся необъяснимой: в лабораторных условиях даже праворукие люди быстрее реагируют на неожиданные стимулы левой рукой (правое полушарие), чем правой.

Даже в безопасных ситуациях многие позвоночные постоянно следят, не появился ли хищник. Такая древняя правополушарная специализация в отношении бдительности к появлению врага распространяется у многих животных и на агрессивное поведение. Жабы, хамелеоны, куры и бабуины чаще атакуют представителей своего вида с левой от себя стороны, нежели с правой.

Древние виды поведения, связанные у животных с избеганием и бдительностью, преобразовались у людей в набор негативных эмоций. В XIX в. врачи заметили, что пациенты чаще жаловались на истерический паралич конечностей на левой стороне, чем на правой. Имеются некоторые свидетельства того, что правое полушарие у людей управляет криками, тогда как эмоционально нейтральную вокализацию контролирует левое полушарие. Вероятность возникновения депрессии значительно выше при поражении левого полушария, чем правого. А в состоянии хронической депрессии активность в правом полушарии выше, чем в левом.

### Узнавать других

Древним позвоночным нужно было реагировать не только на неожиданное появление хищника, но и на встречу с представителями своего вида. У рыб и птиц правое полушарие распознает сородичей и отслеживает их социальное поведение, которое может потребовать незамедлительного реагирования. Следовательно, роль правого полушария в восприятии лиц должна была возникнуть из способности древних позвоночных узнавать других особей своего вида. Например, лишь некоторые виды рыб — одни из самых древних представителей позвоночных — способны различать конкретных особей, однако у птиц, как правило, выявляется способность к такому распознаванию, и она связана с правым полушарием. Кит Кендрик (Keith M. Kendrick) из Института Бабрахама в Кембридже, Англия, показал, что овцы могут узнавать по памяти лица других овец



(и людей), при этом у них задействовано преимущественно правое полушарие. Чарлз Хэмилтон (Charles R. Hamilton) и Бетти Вермейр (Betty A. Vermeire) из Техасского сельскохозяйственного и политехнического университета наблюдали сходное поведение у обезьян.

Нейробиологи недавно признали, что и у людей правое полушарие специализируется на распознавании лиц. Неврологическое нарушение, характеризующееся потерей этой способности и называемое прозопагнозией, чаще возникает при поражении правого полушария, чем левого. И обезьяны, и люди более точно интерпретируют эмоциональное выражение лиц с помощью правого полушария, чем левого. Мы думаем, что такое свойство представляет собой часть эволюционно древней способности правого полушария определять идентичность или «знакомость» — а это нужно для того, чтобы, например, понять, встречался ли раньше данный стимул или нет.

### Глобальное и локальное

Мы утверждаем, что существует базовое различие в роли полушарий: левое участвует в нормальных действиях, а правое — в действиях, совершаемых при необычных условиях. Однако исследователи нашли и другие различия. У людей правое полушарие схватывает всю картину в целом, выделяя глобальные аспекты окружающей среды. Такая способность дает ему существенные преимущества в анализе пространственных отношений. Память, хранящаяся в правом полушарии, обычно организована и воспроизводится в виде целостного образа, а не набора отдельных элементов. В отличие от правого, левое полушарие имеет склонность концентрироваться на локальных аспектах.

Поразительную демонстрацию таких различий между полушариями устроил Давид Навон (David Navon) из Университета Хайфы в Израиле. Участников эксперимента с поражениями мозга просили перерисовать изображение, на

### ЛАТЕРАЛИЗОВАННЫЙ МОЗГ БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВЕН

Один из авторов (Лесли Роджерс) открыл, что если выдерживать куриные эмбрионы перед вылуплением на свету или в темноте, то можно управлять степенью латерализации двух сторон мозга цыплят в отношении зрения. Роджерс и еще один автор (Джорджо Валлортигара) вместе с Паоло Зукка (Paolo Zucca) из Университета Терамо в Италии затем сравнили цыплят с нормальным, сильно латерализованным мозгом и цыплят со слабой латерализацией в двух задачах. Одна из них состояла в том, чтобы отличать съедобные зерна от маленьких камушков (обычно этим занимается левое полушарие); вторая — в том, чтобы реагировать на имитацию хищника (плоская фигура с контурами ястреба), которую перемещали над птицами (обычно это задача для правого полушария). Цыплята со слабой латерализацией легко обучались отличать зерна от камушков в том случае, если модель ястреба отсутствовала. Однако когда над ними «летал» хищник, им не всегда удавалось заметить его, и при этом они гораздо медленнее нормальных цыплят учились выбирать зерна, отличая их от камешков. Иными словами, в отсутствие латеральной специализации мозга цыпленка не могли уделять внимание двум задачам одновременно



котором около 20 букв А небольшого размера располагались в форме большой буквы Н (врезка на стр. 61). Пациенты с поражением левого полушария нередко изображали букву Н простыми линиями, в то время как больные с поражением правого полушария рисовали множество маленьких букв А, хаотически разбросанных по всему листу.

Аналогичные различия были найдены и у кур, что говорит о значительной эволюционной древности данных механизмов. Ричард Эндрю (Richard J. Andrew) из Университета Суссекса в Англии и один из авторов (Джорджо Валлортигара) обнаружили, что домашние куры, подобно людям, воспринимают пространственные отношения в основном при помощи правого полушария. Более того, когда птицам закрывали правый глаз, в результате чего информация попадала лишь в правое полушарие, они выказывали интерес к самым разнообразным стимулам, и это говорит о том, что они обращали внимание на глобальные аспекты окружающей их среды. Наоборот, те куры, которые могли воспринимать среду с помощью только левого полушария (левый глаз закрыт), замечали лишь конкретные, локальные признаки среды.

### Зачем нужна специализация полушарий?

Почему у позвоночных возникла сегрегация определенных функций в разных половинах мозга? Чтобы произвести оценку поступившего стимула, организм должен одновременно выполнить два вида анализа — оценить общую новизну стимула и при необходимости предпринять быстрые и решительные действия (правое полушарие). Одновременно он должен определить, не вписывается ли стимул в какую-либо знакомую категорию, чтобы иметь возможность произвести в ответ на него упорочную реакцию (левое полушарие).

Чтобы выявить новизну, организм обращает внимание на характеристики объекта, означающие его уникальность. Восприятие пространства требует практически такого же «чувства новизны», поскольку почти каждому положению тела животного в пространстве соответствует новая конфигурация стимулов. Это хорошо соотносится с функциями правого полушария. Наоборот, для того, чтобы отнести воспринимаемый объект к какой-либо категории, организм должен узнать, какие характеристики уже встречались ему ранее, и при этом игнорировать

уникальные черты данного объекта. В результате возникает селективное внимание, одна из важнейших функций мозга, связанная с левым полушарием.

Видимо, исходно такая специализация сторон мозга возникла потому, что, работая параллельно, два полушария могут обрабатывать оба типа информации более эффективно, чем если бы мозг не был латерализован. Если наша идея верна, то индивиды с латерализованным мозгом должны иметь возможность одновременно использовать функции левого и правого полушарий более эффективно, чем те, у кого мозг не латерализован.

Один из авторов статьи (Лесли Роджерс) уже продемонстрировала, что, выдерживая куриный эмбрион до вылупления на свету или в темноте, можно управлять развитием полушарной специализации. Перед самым вылуплением голова куриного эмбриона в норме повернута таким образом, что левый глаз прижат к телу; в результате свет, проникающий сквозь скорлупу, может воздействовать лишь на один правый глаз. Свет запускает развитие некоторых процессов полушарной специализации в отношении зрения. Инкубируя яйца в темноте, Роджерс удавалось предотвратить развитие такой специализации. В частности, она обнаружила, что в темноте не развивается способность левого полушария отличать съедобные зерна от маленьких камешков, и одновременно правому полушарию не удается стать более специализированным в отношении бдительности к появлению хищников.

Роджерс и Валлортигара в сотрудничестве с Паоло Зукка (Paolo Zucca) из Университета Терамо в Италии исследовали поведение обеих групп цыплят: птицы должны были находить съедобные зерна, перемешанные с камешками, и одновременно следить, не появится ли над ними модель хищника. Цыплята, инкубированные на свету, хорошо справлялись с обеими задачами одновременно, а инкубированным в темноте это не удавалось.

## Социальное нарушение симметрии

Раздельная и параллельная обработка информации в двух полушариях может повышать эффективность работы мозга, однако она не объясняет, почему в рамках каждого вида обычно преобладает лишь один вариант латерализации, а не другой. Почему у большинства животных левый глаз (и правое полушарие) лучше, чем правый глаз (и левое полушарие), приспособлены для обеспечения бдительности в отношении появления хищников? Почему возникает преобладание одного типа латерализации, а не их равновероятная смесь?

Если смотреть с эволюционной точки зрения, то «нарушенная» симметрия, при которой популяции составлены преимущественно из левого или из правого типов, может оказаться невыгодной, поскольку поведение составляющих ее особей будет более предсказуемым для хищников. Хищники могут научиться приближаться к жертве с той стороны, где ее бдительность ниже, что повысит их шансы подобраться незамеченными. Однако неравенство долей индивидов правого и левого типов во многих популяциях говорит о том, что эта особенность настолько ценна, что сохраняется вопреки повышенной уязвимости по отношению к хищникам. Роджерс и Валлортигара предположили, что у социальных животных преимущество единообразия популяции может состоять в том, что оно позволяет предсказывать, чего можно ожидать от других представителей своего вида.

Совместно со Стефано Гирланда (Stefano Ghirlanda) из Стокгольмского и Болонского университетов в Швеции и Италии Валлортигара недавно показал с помощью математической модели, что популяции с преобладанием индивидов левого или правого типа действительно могут возникать спонтанно. В математической теории игр часто удается показать, что лучшая стратегия действий индивидуального игрока может зависеть от того, как решит поступить боль-

шинство других членов группы. Применяв теорию игр, Гирланда и Валлортигара показали, что лево- или правостороннее предпочтение может развиваться в популяции под давлением социального отбора в таких ситуациях, когда асимметричные особи должны действовать скоординированно друг с другом. Например, следует ожидать, что у стайных рыб должно развиваться практически единообразное предпочтение стороны поворота — это нужно для того, чтобы не нарушать построение стаи. Наоборот, у рыб, ведущих одиночный образ жизни, предпочтение стороны должно варьировать случайным образом, поскольку им не нужно плавать совместно. Так оно и оказывается на самом деле.

С пониманием того, что асимметричный мозг — не уникальная отличительная особенность людей, появляются новые вопросы о ряде высших функций у человека. Каковы относительные роли левого и правого полушарий в самоанализе сознания, эмпатии или способности к озарениям? Об этом пока мало что известно. Однако результаты многочисленных исследований говорят о том, что эти свойства — как и другие обсуждавшиеся здесь феномены, характерные для человека, — лучше всего рассматривать как модификацию некоторых исходных функций, существовавших у животных еще задолго до появления *Homo sapiens*. ■

Перевод: Б.В. Чернышев

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Comparative Vertebrate Lateralization. Edited by Lesley J. Rogers and Richard J. Andrew. Cambridge University Press, 2002.
- Advantages of Having a Lateralized Brain. Lesley J. Rogers, Paolo Zucca and Giorgio Vallortigara in Proceedings of the Royal Society B, Vol. 271, Suppl. 6, pages S420–S422; December 7, 2004.
- Survival with an Asymmetrical Brain: Advantages and Disadvantages of Cerebral Lateralization. Giorgio Vallortigara and Lesley J. Rogers in Behavioral and Brain Sciences, Vol. 28, No. 4, pages 575–633; August 2005.

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC  
AMERICAN

# В мире науки

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

- анонсы
- новости
- статьи
- архив
- подписка

теперь в сети

Дэвид Доббс

# ЛОВУШКА ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Все больше экспертов утверждают: само понятие «посттравматическое стрессовое расстройство» зыбко, что приводит к тяжелым последствиям, для многих военнослужащих

Капитан Национальной гвардии Вермонта Мэтт Стивенс (Matt Stevens) столкнулся с проблемой посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) в 2006 г., вскоре после возвращения с военной службы из Эр-Рамади, Ирак, где он оказался в самый кровавый период войны. Несмотря на то что сам Мэтт не страдал ПТСР, он начал сомневаться в самом определении заболевания.

Стивенс возглавлял медиков при бронетанковой бригаде в 800 человек. Он видел ужасные вещи. Однажды, уже вернувшись домой, он признался, что у него случаются ночи, когда просыпаешься и понимаешь, что больше не уснешь.

Мэтт не удивлялся: «Кошмаров по возвращении следовало ожидать». Но наблюдая за своим подразделением в США, он заметил, что военные, особенно в Совете ветеранов, придерживаются специфических медицинских представлений: в качестве индикаторов ПТСР они рассматривают рефлексию, негативные воспоминания, кошмары и другие признаки дистресса.

Он обеспокоен тем, что многие мужчины и женщины, которым был поставлен этот диагноз, подвергаются ненужному лечению, в процессе которого к ним относятся как к недееспособным.

Теперь Стивенс — майор запаса и работает фельдшером. Он не одинок в своих опасениях. Вот уже около

пяти лет кипят дебаты вокруг самого определения ПТСР и его распространенности. Существует разрыв между практикой психологии травмы и раздувающей проблему армейской концепцией. Критика началась с выступлений военных историков и нескольких психологов. Сегодня к ней присоединяется все больше экспертов, в том числе значимые фигуры в области психологии, психиатрии и эпидемиологии. Сомнения в отношении ПТСР разделяют Роберт Спитцер (Robert L. Spitzer) и Майкл Ферст (Michael B. First) из Колумбийского университета, которые участвовали в создании «Справочника по диагностике и статистике психических расстройств» Американской психиатрической ассоциации, Пол Макхью (Paul McHugh), бывший заведующий кафедрой психиатрии Университета Джонса Хопкинса, эпидемиолог из Государственного университета Мичигана Наоми Бресло (Naomi Breslau) и Ричард Макнелли (Richard J. McNally), психолог из Гарвардского университета, ведущий эксперт по динамике памяти и психологическим травмам и, возможно, самый авторитетный из критиков. Они утверждают, что диагностические критерии ПТСР — яркий пример ошибочно сформулированного, устаревшего конструкта. Признаки заболевания настолько расплывчатые, что за него часто принимают депрессию, тревожные расстройства и даже нормальные реакции в процессе приспособления к новой ситуации, а также симптомы, упорно не поддающиеся лечению.

Пересмотр определения ПТСР и критериев его выявления — важный вопрос в рамках психиатрической диагностики, а также эффективности огромной инфраструктуры лечения и сопровождения инвалидов, финансирования в миллиарды долларов, и что самое главное — психического здоровья и жизни сотен тысяч американских ветеранов войны и других пациентов с диагнозом ПТСР. Попытки реформирования встречают мощное сопротивление, осуждение со стороны обще-

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Понятие посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) — под ударом. Диагностические критерии синдрома оказались слишком расплывчатыми, что приводит к учащению случаев гипердиагностики.
- Часто за ПТСР принимают нормальный процесс адаптации военного к мирной жизни, превращая его в заболевание.
- Солдаты, которым был поставлен ошибочный диагноз, получают неправильный уход и рискуют увязнуть в сетях системы Советов ветеранов, которая поощряет развитие хронической беспомощности.



ственного мнения. Они посягают на фундаментальные основы психологии травмы. Тем не менее, как считает Спитцер, пришло время «спасти ПТСР от самого себя».

### Сплетая обширную сеть

Как утверждают критики ПТСР, гипердиагностика берет свое начало в обширном исследовании распространенности посттравматического стресса, проведенном в 1990 г. Национальной службой реабилитации ветеранов войны во Вьетнаме (NVVRS). В 1988 г. они обследовали более тысячи мужчин-ветеранов войны во Вьетнаме и показали, что 15,4% из них проявляли признаки ПТСР во время войны и 31% после окончания военных действий. С тех пор 31% — стандартная оценка встречаемости стрессового расстройства у ветеранов войн.

В 2006 г. Брюс Доренвенд (Bruce P. Dohrenwend), эпидемиолог из Колумбийского университета, пересмотрел материалы этих исследований в надежде развеять сомнения в их достоверности. После того как

скудно описанные диагнозы были отбракованы, он обнаружил, что в 1988 г. уровень ПТСР был соответственно 9% и 18%.

Ричард Макнелли выразил восхищение кропотливой работой Доренвенда, но вскоре после ее публикации предположил, что и эти показатели также завышены, поскольку Доренвенд относил к ПТСР случаи, в которых у ветеранов диагностировались слабые, субдиагностические симптомы, т.е. такие, когда люди «в целом чувствовали себя довольно хорошо». Если же учитывать только тех пациентов, которые демонстрировали «клинически значимое ухудшение состояния», то процент больных падает до 5,4% во время службы и до 11% после ее окончания. NVVRS, по-видимому, переоценивала частоту встречаемости ПТСР у ветеранов войны во Вьетнаме почти на 300%.

«Посттравматическое стрессовое расстройство — несомненно, реальная проблема, — замечает Макнелли. — Но критерии его диагностики настолько расплывчаты и натянуты, что оно разрослось до масшта-

ДИСТРЕСС может быть нормальным ответом на боль, потерю или душевную рану, не поддающуюся лечению. Критики диагностических признаков ПТСР, включая многих солдат, понимают, что естественные приспособительные процессы вернувшихся с войны ветеранов часто воспринимаются как патологическое состояние

бов культурного явления. Мы почти наверняка принимаем за ПТСР другие расстройства, что приводит к неправильному лечению и уходу».

Критики ПТСР утверждают, что пересмотр как диагностических процедур, так и системы работы Совета ветеранов гарантирует лучший уход за пациентами, действительно страдающими этим расстройством, и принесет пользу тем людям, диагноз которым поставлен ошибочно. Но потенциальные реформаторы сталкиваются с энергичной оппозицией. «Их аргументы, — признает Макнелли, — кого угодно выведут из себя». Ветераны шлют ему электронные письма с угрозами, коллеги обвиняют в неуважении к ветера-

## ПТСР: ПРОБЛЕМА, ОПРЕДЕЛЕННАЯ ЧЕРЕЗ ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Согласно текущему «Справочнику по диагностике и статистике психических расстройств» Американской психиатрической ассоциации, первый диагностический критерий посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) — перенесенная психическая травма.

«Индивид пережил воздействие травмирующего психику события, при этом соблюдались два нижеперечисленных условия: 1) индивид был информирован, стал свидетелем или участником психотравмирующего события, связанного с явной или возможной угрозой смерти, серьезного ущерба физической целостности в отношении самого индивида или других людей; 2) реакция индивида проявлялась в виде страха, беспомощности или ужаса».

В определении синдрома также входят три группы дополнительных симптомов, переживаемых более месяца в степени, которая может привести к «клиническому дистрессу или ухудшениям в социальной, профессиональной и других значимых сферах жизнедеятельности индивида»: повторное переживание травмирующего события, например в кошмарных сновидениях и флэшбэках, оцепенение или избегание, перевозбуждение, проявляющееся в раздражительности, бессоннице, агрессии и снижении концентрации.

Критики диагностического конструкта ПТСР утверждают, что описанные симптомы по отдельности могут присутствовать при широком спектре других психических заболеваний, а также вместе проявляться у людей, которые никогда не переживали психической травмы.

Впервые диагноз ПТСР был определен в третьем издании «Справочника по диагностике и статистике психических расстройств» (1980) при поддержке психиатров, настроенных против войны во Вьетнаме, и ветеранов, пытавшихся с его помощью подчеркнуть уникальность своих страданий

нам, преуменьшении их страданий, обесценивании последствий войн. Дин Килпатрик (Dean G. Kilpatrick), травматолог из Университета Южной Каролины и бывший президент Международного общества исследования травматического стресса (ISTSS), однажды открыто назвал Макнелли лжецом.

### Проблемный диагноз

Четвертое издание американского «Справочника по диагностике и статистике психических расстройств» в последней редакции (опубликована в 1994 г.) определяет ПТСР по присутствию следующих групп симптомов, возникающих в ответ на угрожающие жизни собы-

тия: повторные переживания травматического опыта в форме кошмаров, флэшбэков (необычайно ярких неконтролируемых воспоминаний, возвращающих пациента в травмирующую ситуацию), реакции избегания реальности в форме ступора и оцепенения, перевозбуждение, проявляющееся в раздражительности, бессоннице, агрессивности и низкой концентрации (*врезка сверху*).

Это определение вызывает сомнения. Для начала связь с травматическим событием делает ПТСР уникальным среди других психиатрических диагнозов из-за его внешних причин, поскольку на самом деле можно установить связь лишь с воспоминанием о травмирующем со-

бытии. Когда в 1980 г. ПТСР впервые включили в третье издание «Справочника по диагностике», наличие воспоминаний о травме рассматривалось как надежное свидетельство реальных событий. Но дальнейшие исследования с достоверностью показали, что память удивительно ненадежна и пластична.

В исследовании, проведенном в Вашингтонском университете специалистом в области памяти Элизабет Лофтус (Elizabeth F. Loftus), было показано, что один из четырех взрослых, которым рассказывали о том, как они в детстве потерялись в торговом центре, верил экспериментатору. Некоторые настаивали на том, что событие произошло в действительности, даже когда обман был раскрыт. Существуют и другие исследования, подтверждающие, что фальшивые воспоминания — обычное дело.

Солдаты не отличаются иммунитетом к искажениям воспоминаний. В 1990-х гг., в госпитале Совета ветеранов в Нью-Хейвене, штат Коннектикут, опросили 59 ветеранов войны в Заливе. Их просили рассказать об опыте боевых действий через месяц после возвращения и два года спустя. Исследователей интересовали определенные травматические события 19 типов, такие как, например, наблюдение смерти человека, вид изуродованных человеческих тел, потеря друзей. Два года спустя 70% опрошенных ветеранов указали как минимум одно травматическое событие, которое не вспомнили сразу по возвращении, 24% упомянули не менее трех подобных событий. Рассказы ветеранов о «новых воспоминаниях» также рассматриваются как один из симптомов ПТСР.

Макнелли утверждает, что эти данные свидетельствуют о том, что часть ветеранов, переживающих отсроченное ПТСР, привязывают симптомы депрессии, тревожности и других легких расстройств к переработанным воспоминаниям, обретающим новую значимость, или даже неосознанно выдуманному фактам.

«Это никак не связано с играми или сознательными попытками за-

### ОБ АВТОРЕ

**Дэвид Доббс** (David Dobbs) — пишущий редактор *Scientific American Mind*, редактор-основатель блога *Mind Matters* на сайте [www.SciAmMind.com](http://www.SciAmMind.com). Дэвид регулярно пишет статьи, посвященные проблемам медицины, биологии, образования и культуры, для *New York Times Magazine*, *Slate.com* и *Aubudon*. Доббсу принадлежат три книги: *Reef Madness: Charles Darwin, Alexander Agassiz and the Meaning of Coral* («Одержимые рифом: Чарлз Дарвин, Александр Агассиз и значение кораллов», 2005); *The Great Gulf: Fishermen, Scientists and the Struggle to Revive the World's Greatest Fishery* («Великий залив: рыбаки, ученые и попытки спасти лучшее в мире рыбное место», 2000); а также *The Northern Forest* («Северный лес», в соавторстве с Ричардом Обером (Richard Ober), 1995).

служить расположение, — объясняет Макнелли. — Мы все так делаем: мы рассматриваем нашу жизнь в виде историй, которые помогают нам лучше ее понять. Ветеран, переживший тяжелые жизненные обстоятельства, может помнить события, которые на самом деле могли его травмировать, а могли и не затронуть. Но факт травмы придает истории смысл».

В качестве инструментов точной диагностики ПТСР некоторые исследователи предлагают изучать состав крови, использовать методы картирования мозга и другие объективные методики, которые позволяют выделить физиологические признаки расстройства. Есть исследования содержания гормонов стресса в крови, которые показывают отличия группы пациентов с ПТСР от нормы. Но смешение группы здоровых людей и людей с ПТСР делает индивидуальные профили бесполезными в диагностике. Методы картирования мозга имеют те же ограничения. В результате патологическая активность при ПТСР пересекается с признаками депрессии и тревожных расстройств.

Если на память нельзя положиться, а биологические маркеры не поддаются выделению, то диагностика может опираться на клинические симптомы. Но исследования 2007 г. показали, что комплекс симптомов ПТСР так же зыбок, как и предполагаемые биологические показатели. Александр Бодкин (J. Alexander Bodkin), психиатр из больницы Маклина в Гарварде, исследовал 90 депрессивных пациентов отдельно на симптомы ПТСР и последствия травмы. Сначала Бодкин с коллегами провел стандартизированный скрининговый опрос, чтобы оценить симптомы ПТСР. Затем два других диагноста, которые не были знакомы с результатами скрининга, использовали другое стандартизированное интервью, чтобы выявить переживали ли пациенты травму, соответствующую критериям четвертого «Справочника».

Если ПТСР действительно возникает в результате травмы, то в ис-

**«Несомненно, ПТСР — реальная проблема. Но диагноз ПТСР настолько расплывчат и натянут, что разросся до масштабов культурного явления. Мы почти наверняка принимаем за ПТСР другие расстройства, что приводит к неправильному лечению и уходу»**

*Ричард Макнелли, Гарвардский университет*

тории болезни должно быть ее описание, а среди людей, переживших травму, должны чаще встречаться пациенты с ПТСР. Но результаты исследования показали другое: 70 из 90 пациентов получили положительный результат опросника ПТСР, последствия травмы были обнаружены только у 54 из них, т.е. пациентов с диагнозом ПТСР было больше, чем тех, кто пережил травмирующие события. Еще хуже обстоит дело, если сравнить диагнозы по каждому пациенту. 54 пациента, имеющих травматический опыт, должны были попасть в группу из 70 человек с ПТСР. Но симптомы равномерно распределились между пациентами. Уровень ПТСР-выборки оказался никак не связан с психологической травмой. «Такая ситуация неприемлема для науки», — сделал вывод Бодкин.

Макнелли рассуждает с точки зрения практикующего медика: «Чтобы оказывать эффективное лечение, необходимо правильно поставить диагноз».

Сегодня наиболее действенным способом лечения пациентов с заболеванием, вызванным травмой, признана когнитивно-поведенческая терапия (СВТ) методом экспозиции. В рамках метода при помощи контролируемого возвращения к травмирующей ситуации (экспозиции) происходит выработка нового ответа на определенные травматические воспоминания. «Он действительно работает, — утверждает Макнелли. — Человек с правильно поставленным диагнозом ПТСР имеет шансы выздороветь, если попадет к хорошему терапевту данного направления». В случае депрессии

СВТ учит распознавать нефункциональные мысли и эмоции и в результате нормально реагировать на события, происходящие в настоящем. «Если депрессивный человек с диагнозом ПТСР попадает на когнитивно-поведенческую терапию, он рискует упустить свой шанс, — говорит Макнелли. — Вы будете бесплодно бороться с памятью вместо того, чтобы предотвратить неправильное восприятие текущих событий».

Дело усложняется тем, что в последних исследованиях показано: в результате контузии (повреждения мозга взрывной волной), часто встречающейся у солдат в Ираке, развиваются симптомы, практически неотличимые от ПТСР. Это еще один запутывающий диагностику случай.

«Частичное совпадение симптомов настораживает, — говорит Джералд Розен (Gerald M. Rosen), психиатр Вашингтонского университета, работающий с ПТСР. — Каждый раз нам приходится спрашивать себя: что нам дает этот диагноз?»

### Условия инвалидизации

Розен задает свои вопросы медикам. Но какие преимущества имеют сами ветераны с диагнозом ПТСР? Некоторые, безусловно, надеются, что таким образом они получат эффективное лечение и поддержку. Часто этого не случается. У гражданских улучшения при лечении ПТСР достигают две трети пациентов. Но психолог Кристофер Фруе (Christopher Frueh), исследовавший и лечивший ПТСР в рамках деятельности Совета ветеранов с начала 1990-х до конца 2006 г., утверждает: «В двух крупнейших исследова-

## РАЗЛИЧИЯ НЕСУЩЕСТВЕННЫ

В январе Министерство обороны заявило, что ветераны с ПТСР больше не будут получать «Пурпурное сердце». Это решение основывалось на различии между физическими ранениями, которые можно оценить объективно, и психическими страданиями, которые оцениваются исключительно субъективно. Неоднозначная общественная реакция на это решение указывает на большую эмоциональную и культурную значимость этого диагноза, а также на проблемы диагностики.

С одной стороны, последние данные нейронаук показывают, что нарушения психического здоровья отражают дисфункцию работы мозга или даже серьезные его повреждения. С этой точки зрения правильно было бы относиться к психическим травмам, полученным во время войны, так же как к физическим. В то же время границы ПТСР, размыты, диагностические процедуры не позволяют отличить его от депрессивных тревожных расстройств. Кроме того, имеются данные о частых случаях гипердиагностики ПТСР. В таких условиях, пока мы не прояснили все вопросы, связанные с ПТСР, и не выделили объективные критерии его диагностики, вручение наград выглядит крайне сомнительным делом



ниях, проведенных Советом ветеранов, участники боевых действий не показали улучшений в результате лечения». Основной причиной этого Фруе считает парадокс отношения системы работы с инвалидами, принятой Советом ветеранов, к конструктору ПТСР. Все ее преимущества организованы таким образом, чтобы препятствовать выздоровлению.

Первое преимущество — медицинская помощь. ПТСР — самый легкий психиатрический диагноз, связанный с военной службой. Диагноз, поставленный во время службы, становится основанием выплат по инвалидности в размере до \$3 тыс., а также возможности получить длительную медицинскую помощь. Такое положение дел может объяснить, почему у 82% ветеранов, проходящих лечение ПТСР под руководством Совета ветеранов, симптомы усугубляются до тех пор, пока человека не признают полностью недееспособным. Кроме того, возрастает риск возникновения ПТСР по прошествии некоторого времени с момента травматического события. Между 1999 и 2004 г. количество ветеранов войны во Вьетнаме, получивших диагноз ПТСР, практически удвоилось. В результате общая сумма выплат инвалидам по ПТСР составляет более \$4 млрд в год.

Отличие от ветеранов, получивших увечье, больные ПТСР теряют все привилегии инвалидности, как только выздоравливают и возвращаются к работе. «За все годы работы в клиниках Совета ветеранов я не помню ни одного пациента с ПТСР, который бы выздоровел, — утверждает Фруе. — Система реабилитации инвалидов Совета ветеранов была разработана 60 лет назад и не учитывает данные исследований устойчивости ПТСР, силы ожиданий и эффектов поощрений и препятствий на пути к выздоровлению. Иногда мне кажется, что необходимо все разрушить и построить заново». Но как?

Австралийский медик и исследователь ПТСР Ричард Брайант (Richard A. Bryant) предлагает построить систему реабилитации инвалидов по модели Австралии и Но-

вой Зеландии. Австралийские солдаты, получившие травмы во время боев, получают пожизненные «неэкономические» выплаты по инвалидности в размере от \$300 до \$1,2 тыс. в месяц. Если последствия травмы не позволяют ветерану работать, он также получает компенсацию за «недееспособность», проходит обучение профессии и получает помощь в поиске работы. Далее, что наиболее важно, выходя на работу, он получает выплаты по недееспособности еще два года. Затем в течение пяти лет компенсация сокращается до нуля. Но неэкономические выплаты — своеобразный финансовый аналог «Пурпурного сердца» — сохраняются. Как и все австралийцы, солдат получает бесплатную пожизненную медицинскую помощь. Австралийским ветеранам есть куда стремиться. Американская же система похожа на «сетку безопасности», улавливающую любого, кто в нее падает.

## Два способа вскинуть ружье

Вернувшись домой, солдат должен попытаться вписать опыт, полученный во время военных действий, в жизнь человека, которым он был до войны, вернуться в общество и семью. Как пишет Рахиль Йегуда (Rachel Yehuda), исследователь ПТСР из госпиталя Совета ветеранов в Бронксе, он должен включиться в процесс «реконтекстуализации» — интегрировать травму в область нормального опыта. Каждый из нас проходит через это, переживая потерю работы, разрыв или смерть любимого. Постепенно мы начинаем принимать травму как часть сложного контекста нашей жизни.

Майор Мэтт Стивенс на собственном опыте понял, что этот процесс требует времени. Даже после двух лет жизни дома война по-прежнему возвращалась в его сны. Иногда, например, он видел, что делает нечто обыденное, держа в руках ружье: «Однажды мне приснилось, как мы с женой любимемся птицами. Когда я заметил одну, она посмотрела на нее через бинокль, а я поднял винтовку и любовался птицей через при-

цел. Ни единой мысли о стрельбе. Я просто наблюдал за птицами».

Сон Стивенса легко можно принять за симптом ПТСР, выражающий страх, сверхнастороженность и избегание. С другой стороны, его можно рассматривать как показатель успешной реконтекстуализации опыта: воссоединение того мужчины, который когда-то стрелял из ружья, с тем, который этого больше не делает.

Чтобы «спасти ПТСР от самого себя», необходимо, как утверждают Спитцер, Макнелли, Фруе и другие критики, совершить похожее действие — рассмотреть послевоенный дистресс не как заболевание, а как часть нормальной жизни, и если она болезненна, то лечить ее. Для начала подобный переворот требует пересмотра рубрики диагностической категории ПТСР с учетом ненадежности воспоминаний и отделения ПТСР от депрессии, тревожных расстройств и фобий. Новое определение ПТСР рассматривается для включения в пятое издание «Справочник», которое должно выйти в 2012 г. Требуется переработки также система оценки психического здоровья. И, наконец, Конгресс должен заменить существующую систему реабилитации инвалидов при Совете ветеранов на более обоснованный подход, который устранил препятствия к выздоровлению и даже больше — гарантирует всем ветеранам вне зависимости от того, получили они травму во время войны или нет, пожизненную медицинскую помощь.

Подобные изменения сложно осуществить в культуре, которая сопротивляется любым попыткам признания факта, что ПТСР не является распространенным, неизбежным последствием участия в военных действиях. Большинство людей считают его эпидемией, не принимая в расчет никаких контраргументов.

Самое масштабное лонгитюдное исследование солдат, вернувшихся из Ирака, провел Чарлз Милликен (Charles Milliken) при содействии Совета ветеранов. Его результаты опубликованы в 2007 г. Обследовав

боевые части сразу после возвращения и повторно через шесть месяцев, он выделил 20% солдат группы риска развития ПТСР. У тех, кто демонстрировали симптомы при первом обследовании, в половине случаев они усилились. Многие из тех, у кого изначально не было обнаружено признаков ПТСР или были найдены слабые симптомы, при повторном обследовании демонстрировали серьезное ухудшение. Какое количество симптомов, обнаруженных в первый раз, были лишь признаками нормальной адаптации? Какая часть возникших позже была вызвана погружением в историю психологической травмы?

Стивенс уверен, что при обследовании этих солдат признаки нормального приспособления были приняты за риск развития ПТСР. Сам он, отлично справляющийся с работой и вернувшийся в семью и общество, при обоих обследованиях получил положительный диагноз. Иными словами, он один из 20% группы риска. И, наконец, странно, что обследование упустило 75% тех, кто на самом деле искал помощи. Эти данные усиливают сомнения в точности оценки ПТСР. Результаты исследования получили широкую огласку в прессе. Они рассматривались как подтверждение того, что уровень ПТСР ранее серьезно недооценивался.

Несколько месяцев спустя другое исследование, которое впервые включило достаточно большое число солдат, прошедших Ирак и Афганистан, немного прояснило картину. Тайлер Смит (Tyler Smith), работающий на Военно-морской флот США, исследовал психическое здоровье 50 тыс. солдат, участвовавших в боевых действиях армии США в период с 2001 по 2006 г. Результаты опубликованы в *British Medical Journal*. Специалистов интересовала связь симптомов с типом участия солдат в боевых действиях. Среди 12 тыс. солдат, служивших в Ираке или Афганистане, 4,3% показали симптомы ПТСР на диагностируемом уровне. Среди них 8% непосредственно участвовали в боевых действиях, а 2% — нет.



Последствия взрыва дорожного фугаса в Эр-Рамади, Ирак

Эти цифры в четыре раза меньше полученных Милликеном. Но они ближе к тому, что мы знаем о встречаемости ПТСР у британских солдат-ветеранов войны в Ираке, а также к расчетам Макнелли, касающимся ветеранов войны во Вьетнаме. Столь значительное несоответствие результатов с данными Милликена и согласованность с данными британцев и расчетами Макнелли должны были стать сенсацией. Несмотря на это пресса, Совет ветеранов и психологическое общество практически полностью проигнорировали результаты.

Столь избирательное внимание к исследованиям говорит в пользу гипотезы Бена Шепарда (Ben Shepard), военного историка и критика ПТСР. Он предположил, что американское общество в 1970-х гг. получило некую выгоду от введения в обиход диагноза ПТСР. Осознание высокой цены войны в результате превращения военных в жертв позволило нам признать ужасы войны и освободить себя от ответственности за то, что мы отправили их туда. Таким образом, мы также стали жертвами, поддерживая войну, о которой позже сожалели. Убеждая солдат, переживающих дистресс, в том, что от воспоминаний нельзя убежать, что у них недостаточно сил, чтобы связать прошлое и будущее, мы повышали свою моральную чувствительность к непомерной цене, что они заплатили за военные действия.

Посттравматическое стрессовое расстройство реально существует. Теперь мы должны разобраться, где оно существует, и победить его. ■

Перевод: Т.Н. Лапшина



## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ В результате введения в 1989 г. запрета на торговлю слоновой костью на какое-то время браконьеры практически полностью прекратили свою деятельность. Теперь они вернулись. Сегодня слоны истребляются как никогда ранее.

■ Применяя статистические методы, исследователи составили карту распределения различных вариантов ДНК в популяциях слонов, обитающих по всей Африке.

■ Специалисты используют эту карту и данные ДНК-анализа слоновой кости, чтобы проследить нелегальный груз от места конфискации до места отстрела. Первые результаты расследования, проведенного по факту ареста трех крупных партий, показали, что разветвленная криминальная сеть прицельно истребляет определенные группы слонов.

**В** 1983 г. в небольшом лесном массиве Малундве на краю заповедника Селус в Танзании, один из нас (Сэмюел Вассер) наткнулся на два слоновых черепа, лежащих бок о бок. Один, большего размера, принадлежал самке, а второй, меньшего — слоненку, коренные зубы которого были в четыре раза меньше материнских. Оба были относительно свежими. Как пояснил егерь, чтобы получить бивни самки, браконьеры сначала застрелили малыша, благодаря чему и смогли подманить на расстояние выстрела страдающую мать. Такое использование сложной системы взаимоотношений слонов и их семейных уз повторя-

лось браконьерами Африки снова и снова, тысячи раз.

Резерват Селус — самая обширная и наиболее охраняемая заповедная территория в Африке. Тем не менее именно здесь браконьеры свирепствовали наиболее интенсивно в период массового отстрела животных, происходившего с 1979 по 1989 г. За это время в заповеднике было истреблено как минимум 700 тыс. слонов. Наконец в 1989 г. новый руководитель Министерства охраны окружающей среды Танзании запустил крупную программу по борьбе с браконьерством, названную Операция *Uhai*. Благодаря совместным усилиям егерей, офицеров полиции и военных пробле-



Сэмюел Вассер, Билл Кларк и Кэти Лори

# СПАСТИ СЛОНА!

В прошлом веке пик нелегального отстрела африканских слонов ради их бивней приходился на 80-е гг. Современные браконьеры превзошли своих предшественников, и сегодня масштабы истребления этих животных превысили показатели тех лет. Новые криминалистические методы, основанные на анализе ДНК, могут помочь в борьбе с кровавым бизнесом

**ЗОНА СМЕРТИ:** Этот слон был убит на территории национального парка Закума в Чаде в октябре прошлого года, когда браконьеры попробовали применить автоматическое оружие на пасущемся стаде. Это одна из приблизительно 38 тыс. ежегодных жертв нелегальной торговли слоновой костью

ма нелегальных убийств животных в стране была решена.

Вскоре Танзания объединилась с шестью другими странами, и все вместе они подали петицию в организацию, находящуюся под патронажем ООН и известную как СИТЕС (CITES), или Конвенция по международной торговле вымирающими видами дикой фауны и флоры, о внесении африканского слона в Приложение I. Благодаря этому была запрещена международная торговля слонами, их бивнями и изделиями из слоновой кости. Огласка, сопровождавшая это событие, настолько сильно настроила общественность против торговли изделиями из слоновой кости, что спрос

на нее по всему миру практически исчез. В результате браконьерство почти прекратилось. Западные страны помогли поддержать порядок, перечислив внушительные суммы пожертвований на нужды антибраконьерских организаций по всей Африке. Возможно, то был эффективный и наиболее значимый акт международного природоохранного законодательства в истории, и общественное мнение сыграло роль важного инструмента, приведшего к успеху всего мероприятия.

Но спокойствие длилось недолго. Некоторые африканские страны, с самого начала выступавшие против запрета, действующего на всем континенте, до сих пор не прекра-

щают попыток добиться его отмены. Сократился денежный поток, поступающий с Запада, и в результате бедные африканские государства, получив в свое распоряжение массу технических средств, необходимых для борьбы с браконьерами, не имеют возможности их обслуживать. В то же время слоновая кость стала важным символом статуса среди представителей нового среднего класса в развитых странах Дальнего Востока, например в Китае и Японии. Спрос, возникший среди населения прочих развитых стран, включая США, привел к росту оптовых цен на высококачественную слоновую кость с \$200 за 1 кг в 2004 г. до \$850 за 1 кг в 2007 г. К 2009 г.

## «ОТПЕЧАТКИ ПАЛЬЦЕВ» ДНК

Исследователи способны проследить незаконную слоновую кость до конкретной популяции слонов с помощью применения «отпечатков пальцев» ДНК — технологии анализа последовательностей ДНК, называемых микросателлитами

### ОСНОВЫ ОСНОВ

Микросателлиты — это участки ДНК, образованные повторами коротких последовательностей нуклеотидов или кодовых букв

### ПОВТОРЯЮЩИЙСЯ КОД

Микросателлитные участки ДНК относятся к той части генома, которая не выполняет видимых функций. Поэтому изменение числа повторов не сказывается на здоровье организма. В результате эта часть ДНК имеет тенденцию к быстрому накоплению мутаций, поэтому слоны из соседних популяций, как правило, имеют микросателлиты разной длины. Это позволяет отличать представителей одной популяции от слонов из другой группы

### КАК ОТСЛЕЖИВАЕТСЯ СЛОНОВАЯ КОСТЬ

В начале исследователи создали эталонную карту «отпечатков пальцев» ДНК по всей Африке, определив длину различных микросателлитов у нескольких особей, чье место обитания известно. Затем, когда в лабораторию поступает неизвестный бивень, проводится сравнение его ДНК с картой распределения уже известных «отпечатков пальцев», позволяющее идентифицировать его примерное происхождение



суммы снова увеличились вдвое. Китайские специалисты предполагают, что розничная цена конфискованных на юге Китая 790 кг слоновой кости составила бы около \$6,5 тыс. за кг.

Под давлением африканских государств, которые намерены продавать свою слоновую кость, и восточных стран, которые хотят ее импортировать, СИТЕС в конечном счете разрешила продажу двух единичных партий слоновой кости. В каждом случае бивни должны

были забираться у животных, умерших естественной смертью, или в результате законного отстрела проблемных особей. А странам, желающим получить квоты на продажу, надлежало продемонстрировать прогресс в борьбе с нелегальной торговлей ценным материалом. Также была утверждена программа мониторинга, позволяющая определить, приводят ли легальные поставки слоновой кости к росту браконьерства.

К концу 2006 г. браконьерство активно возобновилось (по сравнению

с периодом действия абсолютного запрета). В том году на пути из Африки было конфисковано от 25 тыс. до 29 тыс. кг слоновой кости. Стремясь нажечь капитал на волне роста спроса на материал, в эту торговлю вовлеклись крупные криминальные синдикаты. Слоновая кость стала, с их точки зрения, интересным бизнесом, в частности из-за того, что риск судебного преследования оставался низким, а снятие запретов международной торговли облегчало провоз больших партий контрабанды.

На основании арестов товара, произведенных в 2006 г., мы предполагаем, что ежегодно истребляется более 8% популяции африканских слонов (врезка на стр. 79). Этот уровень смертности превышает уровень их воспроизводства (в оптимальных условиях он составляет не более 6%; подобная смертность превосходит уровень 1980-х гг., составлявший 7,4% ежегодных потерь от браконьерства, что и привело к наложению запрета).

Чтобы остановить эту бойню, обеспечивающие исполнение закона органы нужда-



### ОБ АВТОРАХ

**Сэмюэл Вассер** (Samuel Wasser) — профессор биологии и директор Центра биологии охраны природы в Вашингтонском университете. Он автор идеи и координатор проекта криминалистической экспертизы ДНК слоновой кости. **Билл Кларк** (Bill Clark) — председатель Рабочей группы Интерпола по преступлениям против дикой природы и офицер правоохранительных органов в Израильском управлении природы и парков. Он возглавлял работу по внедрению этого метода в криминалистическую практику исследований. **Кэти Лори** (Cathy Laurie) — специалист в области статистической генетики, сотрудник Вашингтонского университета. Она провела статистический анализ ДНК из партий конфиската, обнаруженных на Тайване и в Гонконге. Помимо того еще два человека внесли огромный вклад в эту работу. Это Селия Майлэнд (Celia Mailand), исследователь в Центре биологии охраны природы, проделавшая все лабораторные анализы ДНК, и Мэтью Стивенс (Matthew Stephens), профессор Университета Чикаго, специалист в области генетики человека и статистической генетики, который разработал все статистические методы и компьютерные программы, использованные в этом проекте.

ются в точном определении места, где слоны были отстреляны, чтобы проводить свои операции именно на той территории. Однако до недавнего времени следователи не могли восстановить маршрут перемещений контрабандного груза. Партия, нелегально транспортированная на кораблях, могла быть добыта в одной стране, обработана в другой, а погружена на корабль в третьей. Информация о том, где именно истребляют слонов, может также помочь в оказании давления на государства с неэффективной системой борьбы с браконьерством. И, наконец, география происхождения бивней может указывать на то, как действовали браконьеры. Например, если большая часть слоновой кости в отправленной по морю партии прибыла из одного места, мы можем заключить, что злоумышленники истребляют определенную популяцию слонов. В этом случае органы, следящие за соблюдением законов, должны искать одну хорошо организованную группировку браконьеров. С другой стороны, если слоновая кость на отдельно взятом корабле была собрана со всей страны, значит, транспортировщики могли приобрести свой товар с помощью сети предприимчивых перекупщиков, а те — у отдельных мелких торговцев.

В попытке связать партию товара с ее источником мы разработали криминалистические методы, позволяющие по ДНК из слоновой кости определить, в какой части Африки сконцентрирована браконьерская охота на слонов. Наши молекулярные методы сходны с используемыми в криминалистике тестами на принадлежность человеческой крови или дру-

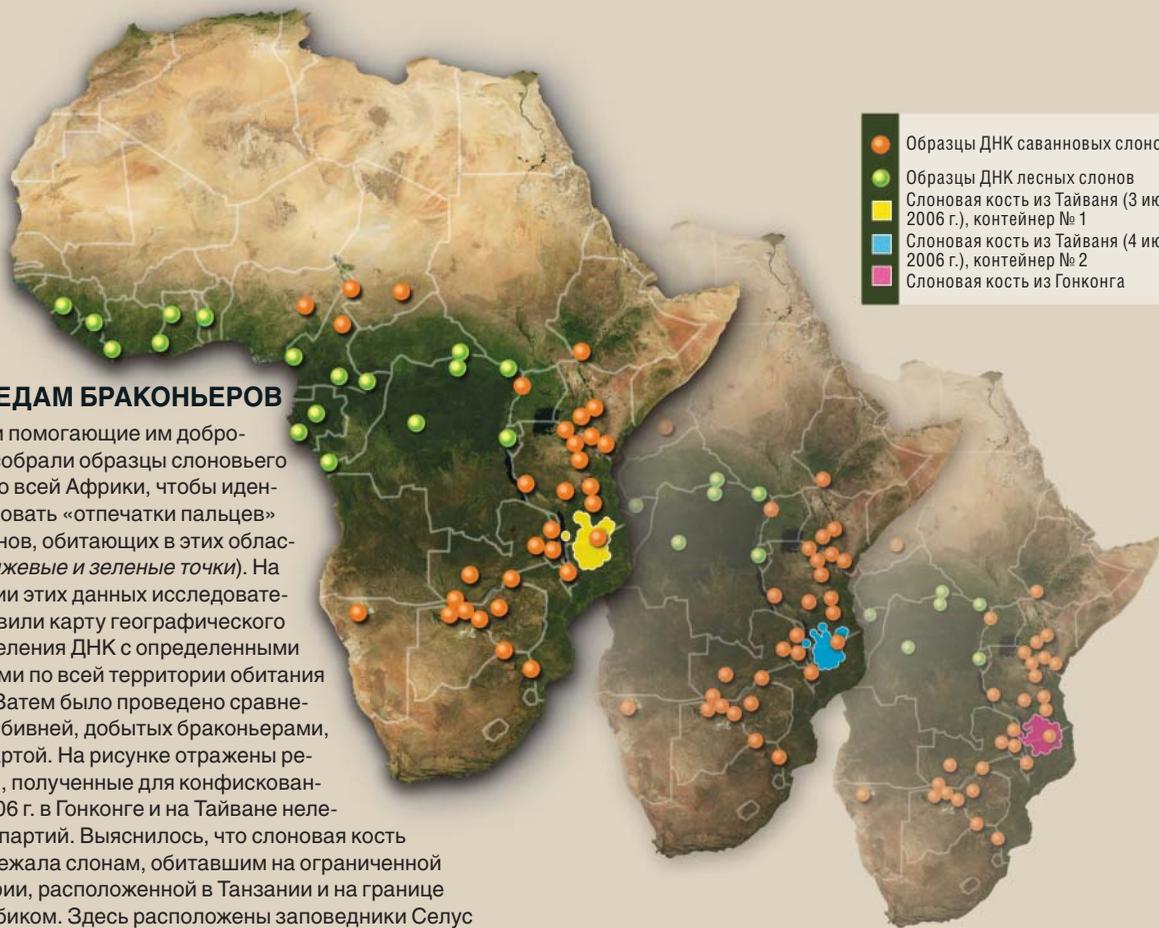
гих тканей определенному субъекту. Только в данном случае материалом криминалистической экспертизы служила слоновая кость, и определялось ее соответствие ДНК других слонов в популяциях Африки.

Ниже будут представлены первые результаты анализа трех партий нелегального груза, которые были конфискованы в течение двух месяцев, одна за другой, в 2006 г. В сумме эти арестованные партии состояли примерно из 11 т контрабандной слоновой кости, представляя собой более чем треть от побивающей все рекорды цифры в 25–29 тыс. кг слоновой кости, конфискованной по всему миру за 2006 г. Лишь несколько популяций слонов могли бы вынести такой уровень браконьерства. Если же вся эта слоновая кость была получена от слонов, обитающих в относительно ограниченной географической области, то мы получим данные о том, что за эту бойню отвечает один из крупнейших криминальных синдикатов по добыче слоновой кости в мире.

## Информация о том, где была добыта слоновая кость, поможет понять, как действуют браконьеры

**БЕЛЫЙ РЫНОК.** Открытые рынки продажи слоновой кости, такие как изображенный на фото внизу рынок в Киншасе (Демократическая Республика Конго), расширяются из-за увеличения объемов торговли слоновой костью. Но реальный рост спроса на этот товар связан с тем, что население индустриальных стран на Дальнем Востоке использует слоновую кость как материал для изготовления личных печатей ханко (слева внизу страницы)





- Образцы ДНК саванновых слонов
- Образцы ДНК лесных слонов
- Слоновая кость из Тайваня (3 июля 2006 г.), контейнер № 1
- Слоновая кость из Тайваня (4 июля 2006 г.), контейнер № 2
- Слоновая кость из Гонконга

## ПО СЛЕДАМ БРАКОНЬЕРОВ

Ученые и помогающие им добровольцы собрали образцы слоновьего навоза со всей Африки, чтобы идентифицировать «отпечатки пальцев» ДНК слонов, обитающих в этих областях (оранжевые и зеленые точки). На основании этих данных исследователи составили карту географического распределения ДНК с определенными маркерами по всей территории обитания слонов. Затем было проведено сравнение ДНК бивней, добытых браконьерами, с ДНК-картой. На рисунке отражены результаты, полученные для конфискованных в 2006 г. в Гонконге и на Тайване нелегальных партий. Выяснилось, что слоновая кость принадлежала слонам, обитавшим на ограниченной территории, расположенной в Танзании и на границе с Мозамбиком. Здесь расположены заповедники Селус и Ньяса

## Конфискат

**Понедельник, 3 июля 2006 г., порт Гаосюн, Тайвань.** Рутинный автоматический досмотр деклараций судовых грузов привлек внимание сотрудников тайваньской таможни в Гаосюне к двум подозрительным контейнерам. Оба поступили из Танзании и должны были проследовать транзитом на Филиппины, пройдя в течение этого путешествия через Гаосюн. Контейнеры, как казалось, должны были перемещаться между портами на Дальнем Востоке без четкого места назначения. Сотрудники таможни проверили печатную копию документов на груз, в которых указывалось, что в этих контейнерах содержится лубяное волокно сизаль, транспортировка которого из Африки на Филиппины была столь же бессмысленной, как перевозка снега из Швеции в Сибирь: на Филиппинах выращиваются тысячи тонн этого волокнистого растения. Инспекторы решили вскрыть один из контейнеров. Там, спрятанные под 60 тюками сизаля, лежали 744 слоновых бивней. Во вто-

ром находились еще 350 экземпляров. Суммарный вес нелегальной африканской слоновой кости составил 5,2 т, что оценивалось в \$4,6 млн по оптовой цене и в \$21 млн по цене «уличной» торговли.

**Воскресенье, 8 июля 2006 г., Гонконг.** Через пять дней после тайваньской находки местный житель сообщил о запахе гари, идущем с соседнего участка. Вскоре на место прибыли полиция и пожарные. На стук никто не отвечал, поэтому полиция была вынуждена вскрыть дверь. Там они обнаружили семь человек, разрезающих и упаковывающих то, что позже было зарегистрировано как 2,6 т слоновой кости. Власти Гонконга конфисковали 390 необработанных бивней плюс 121 нарезанный кусок. Некоторые признаки указывали на восточноафриканское происхождение груза.

**Понедельник, 28 августа 2006 г., порт Осака, Япония.** Японские таможенники обнаружили 608 кусков необработанной слоновой кости, которые после тщательного рассмотрения были идентифицированы как

260 целых бивней. 2,8 т арестованного сырья оказались самой крупной партией нелегальной слоновой кости, когда-либо конфискованной в Японии. Многие бивни были помечены надписями на суахили (илл. на стр. 83), указывавшими на прибытие из Восточной Африки. Также во ввозимых грузах было обнаружено 17 928 нарезанных цилиндров из слоновой кости, однозначно указывающих на рынок производства личных печатей, или ханко. Японцы и китайцы вырезают свои личные печати на одном из концов таких цилиндров, также называемых чопами, и используют их для маркировки своих персональных чеков, официальных документов и писем. (Это относительно новый способ использования слоновой кости; ранее ханко изготавливались из материалов вроде нефрита.) К сожалению, когда постоянно действующий комитет СИТЕС в 2006 г. принимал решение, разрешить или нет Японии быть покупателем при одновременной продаже партии слоновой кости из Южной Африки, японцы еще

не отпортовали об этой партии конфиската. Поэтому принятое решение было положительным. 7 октября 2006 г. газета *Asahi Shimbun* опубликовала статью с рассказом об этой находке японских таможенников, и вскоре после этого официальные представители признали факт существования груза.

Для проведения нашего исследования мы запросили образцы слоновой кости из этих конфискованных партий и собирались сделать анализ содержащихся в них ДНК в Центре охраны природы при Университете Вашингтона. Результаты анализа должны были получить занимающиеся расследованием организации стран-доноров, Интерпол и Рабочая группа Лусакского соглашения (организация, созданная по инициативе африканских стран, объединившихся для борьбы с преступлениями против дикой природы). Гонконг и Тайвань добровольно согласились предоставить образцы для анализа, тогда как японские власти, несмотря на многочисленные запросы, отказались прислать фрагменты контрабандной слоновой кости.

### Экскурсия в прошлое

Используя технологию пульверизации, пришедшую к нам из стоматологической криминалистики, мы извлекли ДНК из образцов. Для этого было необходимо поместить кусочек слоновой кости размером с орех арахиса внутрь поликарбонатной трубки, расположенной рядом с магнитом, а затем запечатать ее пробками из нержавеющей стали. Трубка помещалась в жидкий азот с температурой  $-240^{\circ}\text{C}$ , находящийся внутри устройства, называемого криогенной дробильной установкой. Колебания магнитного поля заставляли трубку быстро переворачиваться, кость ударялась о стальные заточки и разбивалась в мелкую пыль. Сопровождающая процесс низкая температура необходима для сохранения целостности ДНК.

Затем, используя стандартные технологии, мы выделили ДНК из костяной пудры, и получили ряд

ДНК-последовательностей, называемых микросателлитами, которые используются для идентификации ДНК (так называемые «отпечатки пальцев» ДНК) (илл. на стр. 78). Микросателлиты всегда состоят из 2–4 нуклеотидов, повторяющихся от 10 до 100 раз. В отличие от функциональных генов, микросателлиты ДНК не кодируют белок. Таким образом, число повторов в микросателлитах может варьировать, не влияя на здоровье организма или его способность к воспроизводству, поэтому происходящие мутации накапливаются, число повторов многократно и устойчиво растет. Со временем структура микросателлитов географически разделенных популяций начинает заметно различаться.

Далее идентифицированная по уникальным последовательностям микросателлитов ДНК сопоставлялась с картой, на которой были отмечены «отпечатки пальцев» ДНК, взятых у слонов различных популяций, распределенных по всей Африке.

Десять лет назад мы приложили массу усилий для создания карты всего континента, которая бы отражала графические вариации в микросателлитах ДНК. Этот проект оказался гораздо более масштабным и сложным, нежели мы предполагали, но в результате карта все же была составлена. Чтобы облегчить задачу с нашей эталонной коллекцией ДНК, мы получали ДНК от слонов различных популяций наименее инвазивным из всех возможных способом — через их кал. Каждый грамм слоньего навоза содержит миллионы отслоившихся клеток слизистой кишечника, из которых можно извлечь ДНК. Сбор достаточного количества навоза для создания эталонной карты популяций слонов всей Африки потребовал помощи многих ученых и природоохранных деятелей. Тем не менее не столь важно, как много образцов мы оказались способны собрать, гораздо важнее правильная обработка полученных результатов.

Чтобы связать воедино подборку данных, мы использовали методику статистической обработки, ко-

**Гигантские масштабы контрабанды указывают на то, что незаконная торговля слоновой костью контролируется крупными преступными группировками**

### СКОЛЬКО СЛОНОВ БЫЛО УБИТО

Браконьерский отстрел, свирепствовавший в период с 1979 по 1989 г., привел к сокращению популяции слонов в Африке с 1,3 млн до менее чем 600 тыс. особей, что составило около 7,4% погибших в год. В 2006 г. нелегальная торговля слоновой костью выросла до масштабов, которые мало кто мог предвидеть. С августа 2005 по август 2006 г. власти арестовали больше 25 т слоновой кости. Таможня обычно считает, что при успешной работе она конфискует около 10% от общего количества контрабанды, следовательно, более 250 т кости было провезено успешно. Другие усредненные данные, повсеместно используемые для подобных расчетов, гласят, что на одного слона в среднем приходится около 6,6 кг бивней. Тогда получается, что за этот год из-за своих бивней погибли 38 тыс. слонов, а это составляет 8% от численности существующей популяции

### СЛОНЫ НЕ ОДИНОКИ

**П**ротивозаконное истребление животных многих видов и торговля продуктами дикой природы процветают по всему миру, значительно превышая показатели прошлых лет. Сведения, полученные из разных источников, показывают, что оборот от подобного вида деятельности составил миллиарды долларов США в год, а ее легализация способствует увеличению рынка сбыта нелегальных продуктов дикой природы. Недавние исследования выявили огромное количество слоновой кости сомнительного происхождения, которая продавалась через Интернет. Легальная торговля исчезающими видами диких животных — более 100 млн особей редких видов продаются и покупаются ежегодно с одобрения СИТЕС — также служит идеальным прикрытием для незаконной торговли. Случай слоновой кости показывает, что за всем этим в подавляющем большинстве случаев стоят преступные группировки. Лишь за прошедшие несколько лет власти произвели серии широкомасштабных облав, в результате которых было конфисковано 55 тыс. шкур рептилий в Индии, 19 тыс. плавников большеглазой морской лисицы в Эквадоре, 23 т шкур панголинов в Азии и 2 тыс. индийских звездчатых черепах (на фото)



торую назвали сглаженной неразрывной распределительной технологией (SCAT, *smoothed continuous assignment technique*). Компьютерная программа, составляющая основу SCAT-метода, экстраполирует данные, собранные в отдельных областях, создавая неразрывную картину географического распространения ДНК с определенными маркерами (т.е. длиной микросателлитов ДНК в каждой из 16 локаций) по всей территории обитания слонов. В основе этого метода лежит тот факт, что популяции, расположенные недалеко друг от друга, как правило, имеют между собой большее гене-

тическое сходство, чем популяции, разделенные значительным расстоянием. Чтобы проверить валидность SCAT-метода, мы провели при его помощи определение происхождения кусочков бивней, место добычи которых было нам заведомо известно. Новый метод оказался результативным.

#### Анатомия грузоперевозок

Затем пришло время проверить работу метода на практике. И первый случай его применения проиллюстрировал значительность масштабов и сложную организацию современной торговли слоновой костью.

В феврале 2002 г. представители власти в Малави, сотрудничавшие со специалистами из Замбии и Рабочей группой Лусакского соглашения, произвели рейд и проникли на семейную фабрику, занимающуюся резьбой по слоновой кости, которая якобы использовала легальное сырье, закупленное правительством Малави. Однако на складах фабрики лежало гораздо большее количество слоновой кости, нежели следовало из документов, и лишь на отдельных образцах стоял правительственный штамп. Трофей включал в себя множество остаточных кусков кости с высверленными отверстиями, из которых были вырезаны небольшие цилиндры, возможно, бывшие сырьем для изготовления ханко, личных печатей, предназначенных для сбыта в Японии (японцы традиционно предпочитают цилиндрические печати, тогда как китайцы используют плоские ханко).

Подробные записи, обнаруженные в результате малавийского рейда, описывали 19 различных партий груза, прошедших через руки этих скупщиков за последние девять лет. Все партии были закуплены у одного и того же судовладельца, имели одинаковые судовые коды (соответствующие мыльному камню или пиломатериалам) и единое происхождение. Почти все затем были отправлены в определенное место назначения. Одна из этих партий включала в себя 6,5 т слоновой кости (по бумагам проходивших как мыльный камень), которые были помещены в тайник и ожидали отправки.

В июне того же года представители правопорядка внезапно узнали, что спрятанная слоновая кость была перевезена в Бейру (Мозамбик), погружена на корабль до Дурбана (Южная Африка), откуда была переправлена на другой корабль, который следовал до Сингапура. Сингапурские власти были предупреждены об истинном содержимом контейнеров всего за четыре часа до прибытия корабля, что не помешало им конфисковать товар. Груз содержал 532 бивня необычно крупных

размеров (в среднем по 12 кг каждый) и 42 тыс. ханко. Печати были цилиндрическими, и их размер соответствовал отверстиям, проделанным в бивнях, конфискованных в Малави. Несколько бивней в партии имели маркировку «Йокогама», т.е. предназначались дельцам этого портового города, расположенного рядом с Токио.

К сожалению, до сих пор неизвестно, каков был размер остальных 18 нелегальных партий слоновой кости, т.к. судовые документы, обнаруженные во время рейда в Малави, не содержали сведений об их массе. Но если предположить, что каждый груз был сопоставим с конфискованной в Сингапуре партией, то суммарно они составят около 110 т слоновой кости, т.е. около 17 тыс. убитых браконьерами слонов.

Огромное количество конфискованной контрабанды свидетельствовало о росте незаконной торговли слоновой костью. Кроме того, было выявлено, что она контролировалась крупными преступными синдикатами. Транспортировка и распространение такого громадного количества слоновой кости требовали специальных знаний в области торговли товарами широкого потребления, международного финансирования и других коммерческих дисциплин. Подобный бизнес нуждался и нуждается в существовании на Дальнем Востоке развитой инфраструктуры (способной получить и переработать тонны слоновой кости), фабрик (которые могли бы производить десятки тысяч ханко в год) и организаций, обеспечивающих как распространение, так и сбыт продукции через сеть розничной торговли. Миллионы долларов США, вырученные от продаж, должны нелегально отмываться под прикрытием законного бизнеса, а затем возвращаться обратно для оплаты следующих партий сырья. Существование контрабанды также указывало на высокий уровень взяточничества. Более того, были обнаружены документы, подтверждающие, что для удержания коррумпированных чиновников во власти

браконьеры получали необходимые оружие и экипировку, используя для бартера огромное количество сырья, добытого из дикой природы.

Поскольку прибыль всегда была высока, риск для незаконных предпринимателей невелик. Несколько крупных торговцев продуктами дикой природы постоянно находятся под судом (а сами суды постоянно откладываются, так что это не приводит ни к какому реальному наказанию), т.к. преступления против дикой природы для правоохранительных органов в целом менее приоритетны, нежели терроризм, оборот наркотиков, убийства и финансовые преступления. Фактически никто из причастных к сингапурскому конфиску не преследовался в судебном порядке, включая сотрудников таможни, которые поставили свои имена на путевом листе, провозглашающем, что слоновая кость — это мыльный камень. В некоторых странах штрафы за нелегальный ввоз товара даже ниже, чем легальные торговые пошлины.

### Неопровержимое доказательство

Хотя следователи подозревали, что слоновая кость, конфискованная в Сингапуре, попала туда с фабрики в Малави, для полной уверенности требовался анализ ДНК, который бы показал, что образцы из обеих партий конфиската имеют одно общее происхождение. Результаты теста подтвердили предположения, что вся слоновая кость прибыла из одного места. Бивни и заготовки печатей ханко из сингапурской партии, так же как и обрезки бивней с цилиндрическими отверстиями, конфискованные на фабрике в Малави, были взяты у саванновых слонов, принадлежащих одной популяции, центр ареала которой расположен в Замбии. Факт происхождения материала для ханко из той же популяции, что и бивни, объяснял отсутствие в конфискованной в Сингапуре партии бивней малого и среднего размера: более мелкие были использованы для вырезки ханко на малавийской фабрике. Эта

## Если мы срочно не возьмем под контроль незаконную торговлю слоновой костью, то большая часть африканских стран лишится своих диких слонов

стратегия преследовала цель повысить цену партии на японском рынке, поскольку японцы исторически предпочитают крупные бивни. Она отражает и то, что жертвами браконьеров становятся животные всех возрастов. Для того чтобы произвести 42 тыс. печатей, требовалось огромное количество мелких бивней, принадлежавших молодым слонам.

Самое интересное, что арест этого груза произошел как раз в то же время, когда Замбия подала в СИТЕС петицию с просьбой о включении своих запасов слоновой кости в состав партии, разрешенной к единовременной продаже на Дальний Восток. СИТЕС в итоге отклонила данное предложение, подозревая, что какая-то часть слоновой кости в сингапурской партии была добыта в Замбии. Результаты нашей работы подтвердили верность такого решения.

Но первой по значимости была другая информация. Анализ слоновой кости из сингапурской партии показал, что браконьеры склонны к интенсивной эксплуатации определенных популяций, которые истребляются быстро и почти полностью. Причем отстрел ведется преимущественно на основании специфики запросов покупателей. Эти находки противоречат широко распространенному представлению о том, что дельцы получают слоновую кость из разных источников, покупая сырье мелкими порциями у отдельных торговцев, как только кость становится доступной где-нибудь на террито-

рии Африки, и формируют большие партии товара путем постепенного накопления ее на своих складах.

Также это означает, что нашу технологию можно использовать, нацеливая правоохранительные органы на определенные горячие точ-

ки, идентифицированные благодаря анализу уже конфискованной кости.

### Обычный бизнес

Вернемся из далекого прошлого в 2006 г. Мы провели анализ конфиската с Тайваня и из Гонконга, кото-

рый показал, что сегодняшняя ситуация с истреблением слонов повторяет бойню 1980-х гг. Нелегальные операции, раскрытые в 2006 г., также требовали для своего осуществления развитой преступной сети и определенных политических интриг. Наш анализ ДНК показал, что бивни прибыли из зоны, центр которой располагается в экосистеме заповедника Селус в Танзании, переходящей в резерват Ньяса на севере Мозамбика (илл. на стр. 78). Стало ясно, что Танзания вновь оказалась центром нелегальной деятельности браконьеров. Эта страна знаменита своими природными жемчужинами: всемирно известный национальный парк Серенгети, Гомбе-Стрим (ныне Гомбе), где Джейн Гудолл (Jane Goodall) проводила свои исследования мирового значения, посвященные жизни шимпанзе в естественных условиях, гора Килиманджаро, Восточные аральные горы (наиболее известная экологическая горячая точка на границе с заповедником Селус, в которой встречается самое большое в мире число видов-эндемиков на квадратный километр) и, конечно, сам заповедник Селус. В том же 2006 г. Танзания подала петицию об участии в продаже своих запасов слоновой кости, но отозвала свою заявку под давлением международной общественности.

Однако один вопрос так и остается открытым: была ли слоновая кость, обнаруженная в Осаке, также добыта в Танзании. Пока наша лаборато-

### МОЖЕТ ЛИ БЫТЬ СЛИШКОМ МНОГО СЛОНОВ?

Со времени начала действия запрета многие люди оказались в плену заблуждения, что в Африке сейчас развелось слишком много слонов. Средства массовой информации освещают положение дел в нескольких странах на юге Африки, которые требуют разрешения на легальный выборочный отстрел слонов из-за высокой плотности популяций этих животных на охраняемых территориях, например в заповедниках. Подобные высказывания способствуют раздуванию конфликта, хотя на самом деле ситуация гораздо более запутанная, нежели кажется журналистам.

Большая часть охраняемых территорий на юге Африки, где численность слонов высока, обнесена оградой, из-за чего слоны не могут перемещаться. Гораздо большее число стран Африки, включая остальные страны южной части континента, страдают от браконьерства, быстро сокращающего поголовье слонов. Яростные дебаты на тему разрешения выборочного отстрела зачастую отвлекают внимание от картины в целом; достаточно убрать ограды вокруг парков, чтобы численность слонов в них резко упала, сократившись до минимума. Гораздо более продуктивно создать огромные по площади национальные парки, охватывающие территорию нескольких государств. Многие огороженные резерваты соседствуют со странами, где численность и слонов, и людей невысока, и они могут предоставить территорию для расселения слонов. Мегопарки решат проблему миграции слонов, что снизит плотность отдельных популяций и таким образом вернет баланс этим экосистемам.

Также существуют и другие нестыковки в описании конфликтов между человеком и слоном. Подобные конфликты чаще всего случаются, когда животные бродят вне охраняемых территорий недалеко от ферм. Обычно причиной переселения слонов становится сокращение территорий, пригодных для жизни, или разрушение социальной структуры слоньего стада, вызванное деятельностью браконьеров. В первую очередь браконьеры отстреливают пожилых самок из-за их крупных бивней; у взрослых самцов бивни еще крупнее, но они живут поодиночке, поэтому браконьерам проще выследить группу самок и убить сразу нескольких. В исследовании 1989 г. было показано, что 80% черепов, оставшихся после отстрела браконьерами, принадлежали самкам, средний возраст которых составлял примерно 32 года. Эти взрослые экземпляры, так называемые матриархи, играют главенствующую роль в поддержании социальной организации стада, определяют направление перемещений и поддерживают конкурентоспособность и сплоченность группы. Гибель лидеров и тот факт, что жить на «охраняемых территориях» теперь стало опасно, приводят к тому, что слоны уходят из привычных мест. В действительности, массовое бегство этих животных, связанное с их отстрелом — зарегистрированный факт, наблюдавшийся во время гражданских войн в Мозамбике, Анголе и во всех прочих странах. Слоны, потерявшие матриархов, уходят с охраняемых территорий, наталкиваются на богатые сельскохозяйственные угодья и вводят в заблуждение людей, защищающих слонов от браконьеров и борющихся за спасение их жизней



JOHN HRUSA Corbis



**НЕРЕШЕННАЯ ПРОБЛЕМА.** Всего через несколько недель после арестов в Гонконге и на Тайване правоохранительные органы в Осаке конфисковали 608 фрагментов бивней, суммарный вес которых составил 2,8 т (слева). Власти Японии так и не предоставили для исследования образцы этой слоновой кости, поэтому невозможно сказать точно, откуда она родом. Однако имеется косвенная улика — надписи на суахили (фото внизу), нанесенные на часть бивней, что указывает на их танзанийское происхождение (на суахили разговаривают преимущественно в Танзании и Кении)



рия работала с образцами с Тайваня и из Гонконга, японские власти признали, что потерпели поражение — это был самый крупный в истории страны незаконный ввоз слоновой кости. В 2007 г. японский суд осудил человека, попытавшегося ввезти эти 2,8 т ценного материала. Он получил условный срок и штраф в размере менее чем 1% от таможенной пошлины на кость (из расчета розничной цены). После суда японские власти сожгли слоновую кость, из-за чего анализ ДНК стал невозможен. Они сохранили коллекцию примерно из ста мелких кусочков материала, каждый весил около 0,3 грамма. В то же время за год до этого Япония получила от СИТЕС окончательное подтверждение, что ей разрешается приобрести слоновую кость в результате официальной сделки, которая намечена на 2008 г.

Подобные манипуляции всегда влекут за собой проблемы, не важно, насколько тщательно они контролируются. Существование легальных внутренних рынков слоновой кости, особенно на Дальнем Востоке, влияет на общественное мнение и узаконивает моду на этот материал. Помимо этого через законные рынки сбыта продается значительная доля контрабандного товара (а остальная часть приобретает вид легального). Как еще могут сотни тысяч резных украшений из кости поступать в розничную торговлю, если не через официальных поставщиков этих магазинов?

Развитые страны, выступающие как потребители данных изделий и имеющие рынки сбыта контрабанды, отказываются оказывать поддержку природоохранным организациям в местах обитания африканских слонов. Развивающиеся страны Африки остаются крайне уязвимыми перед мощью и деньгами преступных синдикатов, истребляющих дикую природу, мощью и властью, которая получает финансовую подпитку от индустриальных стран. Несмотря на то что благодаря анализу ДНК силы правопорядка смогут сконцентрировать свои усилия на проблемных территориях, для прекращения массового истребления животных этого недостаточно. Как было сказано выше, бойня продолжается: 9 марта 2009 г. во Вьетнаме власти конфисковали груз, содержащий 6,2 т слоновой кости, которая, по имеющимся сведениям, поступила из Танзании. Это вторая по величине партия, арестованная за время действия запрета.

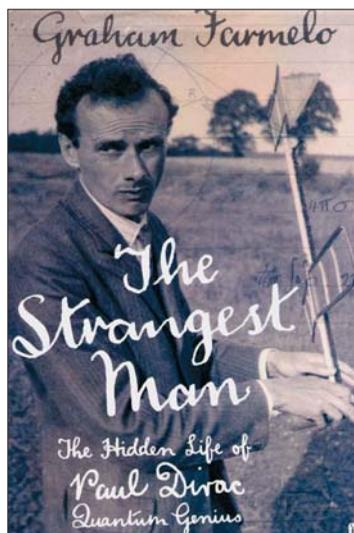
Общественное мнение сыграло решающую роль в 1989 г., когда была прекращена нелегальная торговля слоновой костью, и сейчас оно может оказать то же влияние. По нашим оценкам, только в 2006 г. более 38 тыс. африканских слонов были убиты ради их бивней. Все свидетельства указывают на то, что уровень браконьерства не снижается; наоборот, из некоторых стран поступают отчеты о его росте. Если мы срочно не возьмем под контроль не-

законную торговлю слоновой костью, то большая часть африканских стран лишится своих диких слонов, и Африка уже никогда не будет прежней. Мы заплатим слишком большую цену за безделушки, годные лишь на то, чтобы тешить наше тщеславие. ■

Перевод: Т.А. Митина

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Elephant Reflections. Photographs by Karl Ammann. Text by Dale Peterson. University of California Press, 2009.
- The Center for Conservation Biology. University of Washington. [www.conservationbiology.net](http://www.conservationbiology.net)
- Animal Investigators: How the World's First Wildlife Forensics Lab Is Solving Crimes and Saving Endangered Species. Laurel A. Neme. Scribner, 2009.
- Combating the Illegal Trade in African Elephant Ivory with DNA Forensics. Samuel K. Wasser et al. in Conservation Biology, Vol. 22, No. 4, pages 1065–1071; 2008.



**Graham Carmelo.** *The Strangest Man. The Hidden Life of Paul Dirac Quantum Genius.* London, Faber & Faber, 2009.

Поля Дирака называли вторым великим физиком Англии после Ньютона и в то же время странным гением. Друзья даже считали, что он никогда не женится: ведь он сам однажды сказал, что его жизнь связана с фактами, но вовсе не с чувствами. Когда же он стал отцом, то напротив жалел, что у него нет сына, который бы пошел по его стопам. Но своих детей, и приемных, и собственных, обожал, прощая им любые выходки.

Суть его теории не так сложна: вызванный на своеобразный спор с Оп-

## Человек, который открыл антимир

пенгеймером, он попытался соединить квантовую теорию и теорию относительности Эйнштейна, чтобы в итоге прийти к описанию поведения отдельного, изолированного электрона. Квантовые теории Гейзенберга и Шредингера различались, потому что не согласовывались в своем понимании теории относительности.

Задачей Дирака стало найти компромисс — теорию, которая могла бы все уравновесить, привести в баланс, расширив ряд положений квантовой механики, и предсказать магнитные свойства электрона. Многие его гипотезы, например предположение о существовании античастиц, вначале казались невероятными, но их блестящее подтверждение в последующие десятилетия позволило вписать имя Дирака в число выдающихся ученых XX в., оказавших влияние на развитие науки всего мира.

Книга английского историка науки, профессора Грэма Кармело показывает фигуру П. Дирака в неожиданном ракурсе — не только как ученого, но и как уникальную по цельности личность. Много места автор уделяет отношениям П. Дирака и П.Л. Капицы, причем приоткрывает некоторые малоизвестные страницы, например пишет, как

Дирак отказался от поездки по СССР, чтобы подольше пообщаться с Капицей в Москве.

Научная деятельность Дирака пришлось на сложное и противоречивое время войн, зарождения тоталитарных систем, образования новых государств. И хотя он стремился стоять в стороне от политики и всяческих интриг, но был вынужден оказаться к ним причастным. Он глубоко переживал задержание П.Л. Капицы в СССР и одним из первых начал борьбу, правда, безрезультатную, за его выезд в Англию. Позже он немало помог семье ученого.

Книгу отличают научная добросовестность и фактическая точность, основанная на глубоком изучении архивных материалов. Это не только письма и многочисленные документы, многие из которых Кармело публикует впервые, но и записи бесед с учеными, а также и с их родственниками. Столь серьезная основа позволила ярко воссоздать драматическую и поучительную историю отношений Дирака с членами своей семьи, показать, в частности, как нелегко ему далось решение о разрыве с отцом. Автор создает обаятельный образ человека, за замкнутостью которого скрывалась страстная и глубокая личность.

## Немного о радиофизике



В данном учебном пособии рассмотрены основные вопросы физики получения, транспортировки, устойчивости и применения электронных пучков, дается описание пучков на базе гидродинамических и кинетических моделей с самосогласованным полем. Описано равновесие электронных пучков, вычис-

**Александров А.Ф., Кузелев М.В.** *Радиофизика. Физика электронных пучков и основы высокочастотной электроники.* М.: КДУ, 2007.

лены предельные токи, исследованы пучковые неустойчивости в вакууме, плазме, иных средах. Изложены основы электронной оптики, физика эмиссионных явлений, теоретические основы высокочастотной электроники. Включены вопросы современной электродинамики релятивистских пучков, представленные до сих пор только в специальной научной литературе.

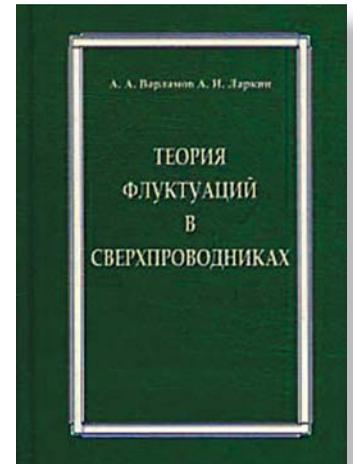
Авторы надеются, что книга окажется полезной студентам, аспирантам и научным работникам, специализирующимся в областях физики, связанных с электродинамикой плазмы, физической кинетикой, теорией волн и неустойчивостей.

## Теория флуктуаций в сверхпроводниках

Книга представляет собой монографию известных физиков-теоретиков А.А. Варламова и А.И. Ларкина. Часть издания посвящена подробному изложению феноменологических методов теории Гинзбурга-Ландау и микроскопических методов квантовой теории поля при описании флуктуаций.

Во второй половине книги авторы представляют разнообразные проявления сверхпроводящих флуктуаций, их роль в таких актуальных областях, как высокотемпературная сверхпроводимость, джозефсоновские структуры,

сверхпроводящие нанообъекты, гранулированные сверхпроводники, сильно неупорядоченные системы. При чтении большинства существующих учебников создается впечатление, что теория сверхпроводимости БКШ точна. Авторы полагают, что данная монография рассеет это заблуждение, ясно указывая на пределы применимости теории среднего поля и существование обширного круга явлений за ее пределами. Книга может служить как энциклопедией, так и учебником по теории флуктуационных явлений в сверхпроводниках.



Варламов А.А., Ларкин А.И.  
Теория флуктуаций  
в сверхпроводниках.  
М.: КДУ; Добросвет, 2007.



## Солнце — дневная звезда

Эволюция звезд оказывает весьма существенным веном развития всей природы, потому что в звездах происходит важный процесс образования отдельных атомов почти всех химических элементов. Вот почему так важно понять эволюцию звезд, выявить их основные физические особенности. Наши знания о звездах были бы далеко не полными, если

**Кононович Э.В.** Солнце — дневная звезда. Изд. 2-е, испр. и доп. Серия: Наука — всем! Шедевры научно-популярной литературы. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

бы не одна из них, расположенная необычайно близко к нам — Солнце.

В книге рассказывается о физической природе звезд на примере свойств ближайшей звезды — Солнца. Особое внимание уделяется самым различным взаимосвязям, проблеме происхождения вещества и эволюции материи.

Для широкого круга читателей, интересующихся астрономией, — от учителей, лекторов, руководителей астрономических кружков до любознательных школьников и просто любителей астрономии.

## Любознательным об астрономии

Настоящая книга знакомит читателя с отдельными вопросами астрономии, с ее научными достижениями, рассказывает в увлекательной форме о важнейших явлениях звездного неба. Автор показывает многие кажущиеся привычными и обыденными явления с совершенно новой и нежи-

данной стороны и раскрывает их действительный смысл.

Задача книги — развернуть перед читателем широкую картину мирового пространства и происходящих в нем удивительных явлений и пробудить интерес к одной из самых увлекательных наук — к науке о звездном небе.

Издание предназначено для всех, кто интересуется астрономией, в том числе учителей, лекторов, руководителей кружков, любознательных школьников.

**Перельман Я.И.** Занимательная астрономия. Изд. 10-е. Серия: Наука — всем! Шедевры научно-популярной литературы. М.: ЛКИ, 2008.

## Арифметика соленых вод

30 июля в пресс-центре «Российской газеты» состоялся круглый стол «Строительство канала между Красным и Мертвым морями. Последствия для экосистемы региона».

В мероприятии участвовали глава торгово-экономического представительства посольства Государства Израиль в РФ Эдуард Штейнбук, заместитель председателя Научного совета по проблемам экологии и чрезвычайным ситуациям РАН А.В. Яблоков и заместитель директора Института океанологии РАН П.О. Завьялов.

Уровень Мертвого моря каждый год падает в среднем на метр, отметил Штейнбук. Проект, который сейчас предлагается на рассмотрение странами этого региона — Израилем, Иорданией и Палестинской автономией, — по своему целевому назначению можно разделить на две составляющие. Главная цель — спасти Мертвое море, вторая заключается в опреснении вод Красного моря для того, чтобы облегчить ситуацию с питьевой водой в регионе. Четыре трубы должны будут переводить 1,8 млрд кубометров воды, из которых 800 млн пойдет на опреснение, а 1 млрд — в Мертвое море. По предварительным данным, стоимость проекта будет составлять около \$10–15 млрд. Однако вначале планируется построить одну трубу, перекачивающую 200 млн кубометров воды, половина из которой пойдет на опресне-

ние и нужды иорданской стороны, а остальное в Мертвое море. Стоимость пилотного проекта — около \$1,25 млрд. Министр регионального развития Израиля Сильван Шалом обсуждает вопрос финансирования с Всемирным банком, который уже начал изучение этого проекта, в том числе и его экологических составляющих. Результаты исследования будут готовы к началу 2011 г. При положительной экспертизе строительство должно быть завершено к 2020 г., а к 2035 г. воды Мертвого моря должны войти в свои прежние границы.

Как у израильских, так и у российских экологов нет единого мнения насчет благоприятных или губительных последствий реализации такого проекта. Трагедия Аральского моря показала, насколько катастрофичным может быть результат непродуманного взаимодействия человека с природой. Основные опасения связаны с возможностью уничтожения уникального состава соленого Мертвого моря при его смешении с водами Мирового океана. Проект включает в себя как минимум три риска, считает П.О. Завьялов. Первый из них — гидрофизический. Пока непонятно, смогут ли смешаться воды Красного и Мертвого морей, учитывая разницу их плотностей. Возможна ситуация, при которой воды Красного моря, растекаясь по поверхности Мертвого, блокируют его обмен с атмосферой. Вторым риском чреват химический состав вод Мертвого моря: они богаты кальцием, из катионов же почти на 100% присутствуют только ионы хлора, тогда как в океанской воде очень много

сульфат-ионов. Таким образом, при их смешении будет выпадать гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Наконец, третий, биологический риск состоит в проникновении из Красного моря различных бактериальных сообществ, которые будут гибнуть. Без поступления кислорода это грозит сероводородным заражением, что наблюдалось в случае Аральского моря.

В интервью корреспонденту «В мире науки» Эдуард Штейнбук прокомментировал отсутствие на данном этапе каких-либо альтернативных проектов.

«Первопричина высыхания Мертвого моря ясна — это антропогенное воздействие на реку Иордан. Но надо понимать, что есть определенные ограничения. В частности, река Иордан протекает через Тивериадское озеро, которое остается важным источником питьевой воды в этом регионе. Альтернативы, конечно, рассматривались, но постепенно пришли к выводу, что этот проект оптимальный. Нужно учитывать еще, что сам процесс высыхания Мертвого моря приводит к серьезным экологическим проблемам, таким как внезапный обвал почвы. В связи с этим решать проблему в любом случае придется, но это потребует определенной осторожности».

А.В. Яблоков менее оптимистичен в прогнозах реализации проекта, т.к. непроясненным остается вопрос о том, где взять энергию для опреснения такого колоссального количества морской воды и каким образом перемещение таких огромных ее объемов повлияет на климат. Технические детали также вызывают недоверие, поскольку впервые в истории человечества соленую воду предполагается пустить внутрь континента. Поэтому он предложил для экспертизы участие как минимум трех авторитетных экологических организаций, таких как *UNEP*, *IUCN* и «Зеленый крест».

Вероятно, примерно года через полтора будет понятно, можно ли будет спасти Мертвое море, не получив Новое. ■

Анна Кадырова



# В России отмечают 60-летие создания ядерного оружия

24 июля в Выставочном зале федеральных архивов открылась выставка «Атомный проект СССР. К 60-летию создания ядерного щита России», организованная госкорпорацией «Росатом», Министерством культуры РФ, Федеральным архивным агентством, Государственным архивом РФ. Первая советская атомная бомба была испытана 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне. Специальный, ранее секретный фильм «Опыт на полигоне № 2. Испытание РДС-1» повествует об этом событии в нескольких сериях, многократно повторяя процесс взрыва, подготовку и результаты, в том числе устрашающие кадры экспериментов на животных, виды разрушенных зданий, искореженной техники и прочие свидетельства испытания. Многочисленные экспонаты, документы и вещи, хра-

нящие память о подготовке ядерного эксперимента, заняли несколько залов музея. Хронологические рамки включают период с марта 1938 г. по август 1949 г. В ядерный проект СССР, который свел на нет первоначальное преимущество США в глобальной ядерной гонке, внесли свой вклад исследователи, техники, рабочие, в том числе заключенные советских лагерей и немецкие специалисты. Материалы выставки связывают политическое руководство проектом со стороны правительства СССР с работами И.В. Курчатова, П.Л. Капицы, И.К. Кикоина, Ю.Б. Харитона, Я.Б. Зельдовича, Н.Н. Семенова и многих других ученых. Рукописный двенадцатистраничный отчет руководителя атомного проекта Л.П. Берия И.В. Сталину — один из центральных экспонатов выставки. Полити-

ческий подтекст проекта усиливается благодаря соседству документов и чертежей советского атомного проекта с материалами об атомном проекте США. Библиотека президента Трумэна предоставила записку президента США о применении атомной бомбы против Японии, страницы из его дневника, донесение начальника штаба ВВС США об испытании советской атомной бомбы и другие документы. Выставка заставляет задуматься о том, насколько важно политикам и ученым помнить об ответственности за необдуманные действия перед лицом возможной катастрофы. А частица оплавленного грунта из эпицентра взрыва наглядно демонстрирует, во что может превратиться наша Земля в случае «успешного» завершения глобального ядерного опыта, снимать и смотреть фильм о котором будет уже некому. ■

## МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

### КАЛЕНДАРЬ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА СЕНТЯБРЬ - ОКТЯБРЬ 2009 г.

**23 сентября  
2009 года  
(ср)**

Первая научно-практическая конференция с международным участием «БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

**7-8 октября  
2009 года  
(ср-чт)**

VII международная научно-практическая конференция и выставка «ТЕХНОЛОГИИ И ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ»  
Конференция молодых ученых «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ»  
Работа Технического комитета по стандартизации 036 «ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ»

**28-29 октября  
2009 года  
(ср-чт)**

Первая международная научно-практическая конференция «ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ НАНОЧАСТИЦ В ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ»  
Первый научно-технический коллоквиум «ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»  
Первая научно-практическая конференция молодых ученых «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ»

Информационная поддержка:



Официальная поддержка:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
АССОЦИАЦИЯ МОСКОВСКИХ ВУЗОВ



Аналитический информационный центр «МГУПП-Медиа»

125080, Россия, г. Москва, ул. Врубеля, д. 12, В-9-7  
www.mgupp.ru

media@mgupp.ru (499) 158-70-22  
mgupp-media@mail.ru (499) 158-72-35

# МАКС настроен на высокие достижения



В подмосковном наукограде Жуковском с 18 по 23 августа 2009 г. прошел очередной Международный авиационно-космический салон МАКС-2009. Традиция выставок авиационной, космической и ракетной техники — прежде всего демонстрация российских высоких технологий и открытости внутреннего рынка России для совместных проектов с зарубежными партнерами.

Летательные аппараты на выставке 2009 г. — это гражданские самолеты (пассажирские, транспортные, бизнес-самолеты, гидросамолеты), а также спортивные, легкие и сверхлегкие, сельскохозяйственные. Были представлены также военные самолеты (истребители, штурмовики, бомбардировщики, военно-транспортные), учебные, беспилотные летательные аппараты, гражданские и военные вертолеты, дирижабли и аэростаты.

Особое внимание на авиасалоне было уделено двигателестроению, вооружению летательных ап-

паратов, различного оборудованию, включая средства спасения. Тренажеры и имитаторы соседствовали в программе с военной техникой, в том числе системами ПВО. Отдельное направление — системы коммуникации и связи. Космическая промышленность и исследования также нашли свое место на выставке. Специалисты привлекли экспозиции, связанные с работой аэропортов и аэродромов, ремонтом и техническим обслуживанием летательных аппаратов и т.д. Свое отражение получили информационные и конверсионные технологии. Авиамоделизм, летные клубы, школы, музеи также были представлены на МАКС-2009.

В порядке научной и бизнес-составляющей прошел Второй европейский конгресс по транспортной авиации. Главные темы — международный рынок воздушного транспорта и глобальный финансовый кризис, транспортная авиация сегодня и завтра, инфраструктура

и инвестиции. Кроме того, в рамках МАКС-2009 состоялся Международный форум «Тенденции и перспективы развития рынка деловой авиации и авиации общего назначения в России». Параллельно работали молодежные форумы «Вузовская наука и научно-техническое творчество молодежи», «Будущее авиации за молодой Россией», научно-практическая конференция «Современные проблемы в вопросах развития вузовской науки», семинар «Молодежь — стратегический резерв для инновационной экономики», конференция «Молодежное инновационное предпринимательство и научная деятельность в авиационно-космической сфере». Мероприятия украсили показательные выступления авиамodelистов МАИ, чемпионов мира по воздушному бою, с демонстрацией полетов радиоуправляемых моделей, творческий конкурс детей и молодежи «МАКС-2009 — летательные аппараты будущего».

Объединенный институт высоких температур РАН, Центральный аэрогидродинамический институт, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН в рамках деловой программы авиасалона провели Десятую международную конференцию по аэродинамике и управлению течениями и методам их исследования *FLUCOME 2009*. Конференция была посвящена вопросам управления и измерения в аэродинамике дои сверхзвуковых скоростей.

Международный авиационно-космический салон проводится под патронажем председателя Правительства Российской Федерации. Выставку традиционно открывает президент России, тем самым заявляя о высоком статусе мероприятия, в том числе подчеркивая важность развития научных исследований в области авиации и космонавтики для страны. Популярность авиасалона растет. МАКС настроен на высокие достижения по всем направлениям. ■

Дмитрий Мисюров

# II Международная выставка и конференция «Технологии хранения водорода»

Москва, 28 - 29 октября 2009



## Организаторы

Международное партнёрство по водородной экономике (IPHE)  
Федеральное агентство по науке и инновациям (Россия)



## При поддержке и участии

Международная ассоциация водородной энергетики (IHEA)  
Российская академия наук  
Национальная ассоциация водородной энергетики (Россия)  
Объединенный институт высоких температур РАН  
РНЦ «Курчатовский институт»



## Цели конференции

- Обеспечение информационного обмена по ключевым технологиям, которые могут привести к прорывным решениям в области хранения водорода, инфраструктуры и безопасности.
- Анализ прогресса в области водородных технологий и выявление критических областей, которые требуют активизации научных исследований во всем мире.
- Дальнейшее развитие международного сотрудничества для решения научных и технологических проблем в области систем хранения водорода и содействие созданию водородной инфраструктуры во всем мире.
- Подготовка рекомендаций Управляющему и Исполнительному комитетам Международного партнерства по водородной экономике о возможных действиях в связи с вышесказанным.

## Тематика конференции

- Международные и национальные программы создания эффективных технологий хранения водорода и развития водородной инфраструктуры.
- Современное состояние и перспективы развития водородных технологий. Инженерные проблемы создания систем хранения водорода:
  - технологии хранения водорода,
  - новые материалы и наноструктуры для систем хранения водорода,
  - проблемы системной интеграции,
  - развитие инфраструктуры хранения водорода.
- Проблемы безопасности водородных технологий. Оценка рисков. Национальные и международные стандарты и коды безопасности, проблемы их гармонизации.
- Развитие международной кооперации в рамках Международного партнерства по водородной экономике: разработка технологий хранения водорода, создание водородной инфраструктуры и обеспечение водородной безопасности.
- Проблемы подготовки кадров и образования.  
В рамках конференции будет работать молодежная секция.

## Выставка

Конференция будет проходить в рамках выставки «Водородные технологии: хранение и безопасность».

## Информационная поддержка



## Контакты



Международный  
Центр  
Информации  
Обучения и  
Консалтинга

НП «ИНКО»

117218, Москва, Нахимовский проспект, д. 26,

Тел./Факс: +7 (499) 128-87-50

e-mail: h2storage@incot.ru, [www.h2storage.net](http://www.h2storage.net)



Анатолий Гендин

# УСЫ ИЛИ КЛЕШНИ?

## ИЗ ЖИЗНИ МОРСКИХ ПРОДУКТОВ

Чем омар отличается от лобстера, а лангуст от креветки? Что такое нулевая устрица? Как правильно приготовить и употребить морских обитателей?



Лобстеры настолько хороши сами по себе, что хорошим кулинарным тоном считается просто отваривать их в подсоленной воде. При этом они меняют свой природный болотно-черный цвет на ярко-красный, совсем как наши раки; это происходит из-за структурных изменений особого белка, входящего в состав панциря. Хорошо сочетается мясо лобстера со спаржей, авокадо и другими оригинальными продуктами; в ресторанных меню это воплощается в самых неожиданных салатах и морских коктейлях. С лобстером можно встретить и ризотто, и равиоли. Жесткая панцирная оболочка, которую можно нафаршировать, тоже дает простор всяким кулинарным фантазиям; фаршируют ее не только собственным мясом лобстера, но и другими морепродуктами.

По сравнению со всякими там лобстерами-омарами более привычные нам креветки, в отварном виде столь замечательно украшающие пивное застолье, гораздо демократичнее. В креветочном мире тоже хватает разнообразия, только промысловых видов насчитывают около полусотни.

Норвежские холодноводные креветки достигают товарного веса в возрасте четырех-пяти лет. Тепловодные креветки из Бангладеш или Таиланда более мясистые, да и растут гораздо быстрее — их ловят обычно в возрасте двух лет, но за это время они не успевают накопить столько витаминов и микроэлементов, как их северные родс-

**В** широком смысле морепродукты — это вообще все съедобное, что дают нам морские глубины. Кроме понятной всем рыбы там найдется много чего еще: ракообразные, моллюски, водоросли... Как правило, мясо морских обитателей вкусное и питательное: оно сопоставимо с мясом животных и птицы, но при меньшем количестве калорий. В нем много белка — до четверти общей массы. Кстати говоря, морепродукты — это примерно одна шестая всего белка на нашей планете, как пищевой ресурс они уступают только злаковым. А еще там много витаминов, йод, фтор, цинк, фосфор, кальций, магний, железо, да устойчивая репутация эффективных афродизиаков... Остается только правильно приготовить и употребить.

Как водится в таких случаях, не обошлось без терминологической путаницы. Скажем, лобстер и омар — это всего лишь два разных названия

одних и тех же ракообразных. Получилось так отчасти из-за научной латыни (*Homarus gammarus*), отчасти из-за сильного в свое время французского влияния на русскую гастрономию (по-французски лобстер и будет *homard*). Есть еще очень похожий на них лангуст. Сильно упрощая, можно сказать, что лобстер, он же омар — это очень большой рак, у него тоже есть клешни, а лангуст — это очень большая креветка, у него тоже есть длинные усы. И те, и другие достигают огромных размеров — до 10 кг живого веса и даже более, однако к нам на стол рекордсмены не попадают, и это правильно: в кулинарных целях лучше использовать особей до килограмма весом, у более тяжелых (и более старых) мяса становится жестким. Между прочим, самцы вкуснее самок, хотя и мельче. Наиболее ценятся североатлантические лобстеры, американские и канадские, а также уроженцы прибрежных вод французской Бретани.



твенники. Громадные тигровые креветки (до 20 см в длину, сероватые, с приятной полосатостью) относятся к мелководным. Некоторая попытка потребительской классификации в европейской кулинарной практике выглядит так: особи 6–7 см длиной и более называются *prawns*; те, что поменьше — *shrimps*.

Креветки легко и удачно сочетаются с самыми разными продуктами и кулинарными технологиями. Отварить их в подсоленной воде с лавровым листиком сможет каждый. Если охота немного повозиться, можно обжарить креветки в кляре, и тогда уж жидкое тесто для него лучше приготовить на пиве. Кре-

ветки на гриле — это оригинальное сочетание легкого дымка с тонким йодистым ароматом. Есть любители перед грилем креветки слегка отварить. Капля-другая лимонного сока или соевого соуса придают отварным креветкам вполне законченный вид, хотя французы могут подать к ним ржаной хлеб со сливочным маслом, а норвежцы — белый хлеб и майонез, обычай такой.

Самый известный во всем мире тайский суп *tom yam kung* готовят как раз с креветками, это наиболее понятный для нас ингредиент вкусного и пряного блюда. Интересна, кстати, своеобразная кулинарная переключка весьма удаленных друг от друга гастрономических традиций: тайцы заворачивают свои креветки в тонкие блинчики и обжаривают во фритюре, а испанцы подмешивают креветочную мелочь в жидкое тесто и жарят своеобразные блинчики с начинкой, называются они *tortillitas de camarones*.

Следует учитывать, что ракообразные не очень хорошо переносят заморозку — вкус меняется, так что при малейшей возможности про-

бовать их лучше поближе к местам традиционного обитания. Впрочем, при правильном обращении креветки остаются живыми до четырех-шести суток, а лобстеры вообще какое-то время могут пожить в специальном аквариуме. Любопытно, что опытные повара-иностранцы, приезжающие по контракту в отечественные рестораны, не умеют работать с замороженными морепродуктами — не привыкли, знаете ли.

А вот устрица в ресторан должна попасть живой, без всяких исключений, иначе можно и отравиться. Правда, далеко не всем с первого раза нравится вкус сырой устрицы, зато знатоки этого вопроса поглощают их дюжинами. В диком виде они водятся на морском мелководье, там, где крупные реки впадают в море — устрица любит сочетание пресной и соленой воды, которая к тому же не должна быть холодной. Как всегда в таких случаях, найдутся любители именно натуральной, дикорастущей устрицы, хотя во всем мире рестораторы гораздо больше полагаются на промышленное ее производство. Устричное

#### ОБ АВТОРЕ

**Анатолий Александрович Гендин** — кандидат исторических наук, гастрономический журналист, писатель, автор серии гастрономических путеводителей «АТЛАС ГУРМАНА», директор информационного агентства «Локатор».

фермерство развито и на Атлантическом, и на Средиземноморском побережье Франции. Прямо в море к длинным шестам, уходящим в воду, крепятся сетки, в которых три-четыре года и растет будущий деликатес.

Существует несколько основных его разновидностей. Круглая и плоская, так называемая «европейская» устрица (*Ostrea edulis*) встречается у берегов Бретани, Шаранты и Аквитании в районе Бордо, а также у Лангедока. Португальская устрица (*Crassostrea angulata*) более продолговата по форме. Тихоокеанская устрица (*Crassostrea gigas*) — самая длинная и массивная.

Различаются устрицы и по весу, это самый простой и наглядный способ их оценить в прямом и переносном смысле. В зачет идет, разумеется, только чистый вес самого моллюска, без раковины, при этом каждой категории присвоен свой номер. Отсчет обратный: самая легкая стандартная устрица, номер четыре, весит всего 40 г; номер два — уже 60 г, а нулевая — и все 90 г. Дальше начинается сплошной сюрреализм: устрица весом 100 г обозначается двумя нулями, 110 г — тремя, а последняя из возможных категорий, с пятью нулями, должна весить не менее 150 г. Страшно подумать, сколько может стоить такое весомое удовольствие.

Правило, не советующее употреблять устрицы в месяцы, во французском названии которых нет буквы *г*, известно даже тем, кто самих устриц пока еще не пробовал. В этом ограничении есть практический смысл. Дело в том, что роковая буква отсутствует в названиях летних месяцев (точнее, с мая по август). Именно в это время у деликатесных моллюсков наступает период размножения, отчего и вкус их меняется к худшему, хотя они по-прежнему съедобны.

Что и как нужно делать с устрицей, многократно описано в самых разных литературных произведениях о красивой жизни. В приличных ресторанах устриц подают уже открытыми, со снятой верхней по-

ловиной раковины, полдюжинами или дюжинами и на льду. В очень хороших местах из процедуры открывания устриц устраивают короткое, но эффектное шоу: натренированные официанты точными ловкими движениями вонзают специальный ножичек в нужную точку между створок раковины — она и открывается. Теперь содержимое нужно слегка посыпать черным молотым перцем, сбрызнуть лимонным соком и съесть. Популярная в народе версия насчет писка, который якобы издает устрица при поливании ее лимонным соком, на практике подтверждения не находит.

Почему-то все литературные источники красочно описывают именно процесс поедания живой устрицы. Между тем обширный раздел французской кулинарии состоит из блюд, предполагающих какую-то тепловую обработку этих моллюс-

ков. Самое простое, что можно с ними сделать — запечь прямо в раковинах в собственном соку, или под белым соусом в духовке, или без всякого соуса на решетке гриля. Запеченные устрицы иногда покрывают тонкими, полупрозрачными пластинками красной рыбы, получается и вкусно, и красиво. А еще их жарят (уже без раковин), готовят с крабами и трюфелями, с сыром и гусиной печенкой. Даже супы из них варят.

Классическое сопровождение к большинству морепродуктов — белые сухие вина, в первую очередь *Chardonnay* и *Sauvignon Blanc*. Примечательно, что сухое белое вино практически всегда используют и при готовке чего-нибудь вкусного с морепродуктами. Хорошо сочетается с такой едой и светлое некрепкое пиво. А к устрицам принято подавать охлажденное шампанское. ■



## Почему глаза у человека расположены на лице, а не на затылке?

На этот интересный вопрос отвечает Джей Ольшански (S. Jay Olshansky), биодемограф из Иллинойского университета в Чикаго

Конечно, глаза на затылке пригодились бы, чтобы вовремя заметить хищника, который собирается на вас напасть, или чтобы не потерять из виду плетущегося за вами ребенка. Но следует помнить, что естественный отбор никогда не действует напрямую, так чтобы формирующийся орган был пригоден для выполнения какой-то одной функции и в этом отношении был совершен.

Органы, способные реагировать на свет, звук, запах, вкус, прикосновение, не появились в одночасье, так, будто кто-то «лепил» их по заранее заданной схеме. Части тела создавались из доступных компонентов клеток и тканей существующих форм жизни путем комбинаций древних и более поздних вариантов сенсорных клеток и органов, каждый из которых по своему замечателен. Это не были безупречные системы восприятия света или звука, просто они представляли собой структуры, способные выполнять определенные функции.



Первая светочувствительная клетка скорее всего возникла в результате случайной мутации у каких-нибудь ранних многоклеточных. Способность к световосприятию давала организму селективное преимущество, поначалу малоощутимое. Свидетельство тому — многократное независимое появление этого свойства у позвоночных в ходе эволюции, в частности развитие хорошо известных нам органов зрения, основанных на применении линз

в той или иной форме.

Несмотря на то что светочувствительные клетки, вероятно, находились в разных позициях у представителей разных форм жизни, естественный отбор благоприятствовал тем из них, которые воспринимали свет, идущий спереди, а не бьющий «в затылок». Преимущественное движение в направлении «вперед», вероятно, стало причиной фиксации светочувствительных клеток в привычном для нас месте. К тому же, повернув голову на 90° и используя периферическое зрение, мы вполне можем увидеть, что происходит позади нас, не разворачиваясь на 180°. Но вот что интересно: похоже, способностью «видеть затылком» обладают родители и педагоги — по крайней мере так кажется их детям и ученикам. ■

## Вместо того чтобы в борьбе с глобальным потеплением уменьшать содержание в атмосфере диоксида углерода, не лучше ли расщеплять это соединение на безвредные углерод и водород?

Поясняет Джеймс Миллер (James E. Miller), инженер-химик из Национальной лаборатории в Сандии

В принципе расщепление диоксида углерода ( $CO_2$ ) на углерод и кислород возможно, но для этого необходима энергия. Если ее источником будет углеводородное топливо, основной «поставщик» парниковых газов, то, согласно законам термодинамики, результирующее содержание  $CO_2$  будет только расти.

Представим процесс в виде химического уравнения:  $CO_2 + \text{энергия} \rightarrow \text{углерод} + \text{кислород}$ . Он обратен процессу сжигания углерода:  $\text{углерод} + \text{кислород} \rightarrow CO_2 + \text{энергия}$ . Если источником энергии в первой

реакции будет сжигаемый уголь, то в результате количество высвобождаемого  $CO_2$  превысит количество потребляемого, поскольку ни один процесс в природе не идет со стопроцентной эффективностью.

Еще одна возможность — использование  $CO_2$  для производства полезных, богатых энергией продуктов. Мы сейчас работаем над созданием установки для получения из  $CO_2$  и воды монооксида углерода, водорода и кислорода. Источником энергии для этой реакции будет солнечный свет высокой интенсивности. Монооксид углерода и водород — основные компоненты синтетических топлив, и мы назвали свой процесс «получение нефти из солнечного света». ■



С 1 сентября 2009 г. начинается  
**ПОДПИСКА** на I полугодие 2010 г.

Оформить подписку можно по каталогам:  
«Пресса России», индексы **42272** и **82416**;  
«Роспечать», индексы **46495** и **46498**

### ЯДЕРНАЯ ТОПКА ЗЕМЛИ

Земля – природный атомный реактор? Подтвердить или опровергнуть эту гипотезу физики надеются с помощью сети нейтринных детекторов

### КАК ЧИТАЮТ ГЕНЫ

С 70-х гг. прошлого века ученые и биотехнологи активно соревнуются друг с другом в создании дешевых технологий расшифровки геномов

### НОВОЕ ВРЕМЯ

Ультрахолодные атомы щелочноземельных элементов помогут создать новый эталон одной из основных физических величин – времени

### ВИРУС ЗАПАДНОГО НИЛА: КРУГОСВЕТКА

Новый вариант вируса, переносимого комарами, вызывает у пятой части зараженных тяжелый энцефалит

### СВЕТ ПРОТИВ ЗВУКА

Мощный импульсный лазер может оказаться эффективным средством для ослабления звукового удара в современной авиации

### МНОГОГОЛОСЫЙ ШЕПОТ УЗОНА

Затерянный мир кальдеры затухающего камчатского вулкана, где снимали фильм «Земля Санникова», сегодня доступен лишь ученым и туристам-экстремалам

Приобрести журнал можно в редакции: [zakaz@infolio-press.ru](mailto:zakaz@infolio-press.ru)  
Адрес редакции: 630055, г. Новосибирск, ул. Мусы Джалиля, 15  
Тел. +7 (383) 332 15 40, 332 14 47, 332 14 48  
[www.sciencefirsthand.ru](http://www.sciencefirsthand.ru), [www.sibsciencenews.org](http://www.sibsciencenews.org)

**НОМЕР УЖЕ  
В ПРОДАЖЕ**



## Читайте в следующем выпуске журнала

### ЗАКАТ НЕАНДЕРТАЛЬЦЕВ

О неандертальцах палеоантропологам известно больше, чем о любом другом вымершем виде *Homo*. Но их исчезновение остается загадкой, которая со временем вызывает все больший интерес

### ПРИКЛЮЧЕНИЯ В ИСКРИВЛЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ

Возможность «плавания» и «планирования» в искривленном пустом пространстве показывает, что общая теория относительности Эйнштейна продолжает удивлять даже через девять десятилетий

### НОВЫЕ МИШЕНИ ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Новый класс лекарственных веществ связывается с необычными участками биологических молекул-мишеней

### КЛЮЧ К ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ?

Обнаружение сверхпроводимости соединений, известных под названием пниктидов железа, при температуре 50 К стало для физиков стимулом в поисках более совершенных высокотемпературных сверхпроводников и может дать подсказки к раскрытию двадцатилетней тайны

### НАУКА О ПУЗЫРЯХ И КРАХАХ

Самый тяжелый экономический кризис со времен Великой депрессии спровоцировал переоценку представлений о том, как работают финансовые рынки и как принимают финансовые решения люди

## КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.

2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным 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 [podpiska@sciam.ru](mailto:podpiska@sciam.ru), [info@sciam.ru](mailto:info@sciam.ru);
- по факсу: +7(495) 925-03-72, 727-35-30, 727-35-39

**Стоимость подписки на второе полугодие 2009 г. составит:**

Для физических лиц: **1110 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью\*.

Для юридических лиц: **1470 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2003–2004 гг. — **40 руб. 00 коп.**, за 2005–2006 гг. — **80 руб. 00 коп.**, за 2007 г. — **90 руб. 00 коп.**, за 2008 г. — **100 руб. 00 коп.**; за 2009 г. — **115 руб. 00 коп. (без учета доставки)**; стоимость почтовой доставки по России — **70 руб.**

Бланк подписки на журнал размещен на сайте [www.sciam.ru](http://www.sciam.ru).

**Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой на отделение почтовой связи.**

\* Если ваша заявка о подписке получена до 10 числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

### БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												
2003 г.												

\* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Индекс \_\_\_\_\_

Область \_\_\_\_\_

Город \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_

Дом \_\_\_\_\_ Корп. \_\_\_\_\_ Кв. \_\_\_\_\_

Телефон \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

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» № _____ год		
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» № _____ год		
Плательщик		

**ПОМИМО ЭТОГО ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ВОЗМОЖНО:**

■ в интернет-магазинах [www.subscribe.ru](http://www.subscribe.ru), [www.russische-presse.de](http://www.russische-presse.de).

■ в книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА», тел.: 409-93-28.

■ по каталогам: «Пресса России», подписной индекс 45724 – для физ. лиц; 39869 – для юр. лиц;

«Роспечать», подписной индекс 81736 – для физ. лиц; 19559 – для юр. лиц;

«Почта России», подписной индекс 16575 – для физ.лиц.; 11406 – для юр. лиц.

■ Подписка на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970.

■ Подписка для жителей Республики Беларусь для индивидуальных пользователей – индекс 81736, для предприятий и организаций – индекс 19559.

