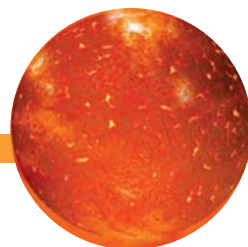


содержание

АВГУСТ 2009



ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 18 ПЛАНЕТОЛОГИЯ**
НЕВЕРОЯТНЫЕ ПЛАНЕТЫ
Майкл Вернер и Майкл Юра
Астрономы находят планеты даже там, где не предполагали
- 26 МЕДИЦИНА**
ЦЕНА МОЛЧАЩИХ МУТАЦИЙ
Лоренс Херст и Жан-Венсан Шамари
Небольшие изменения в ДНК, когда-то считавшиеся вполне безобидными, по-видимому, дают существенный вклад в возникновение различных заболеваний человека
- 34 РЕПРОДУКЦИЯ**
ЖИЗНЬ ПРОДОЛЖАЕТСЯ
Наиля Спицына
Способность к воспроизведению себе подобных — универсальное свойство, характерное для всех живых организмов. Однако только у человека этот процесс обуславливается факторами биологической и социальной природы
- 40 ЭВОЛЮЦИЯ**
ПРИРУЧЕНИЕ КОШКИ
Карлос Дрисколл, Эндрю Китченер, Джульет Клаттон-Брок и Стивен О'Брайен
Открытия в области генетики и археологии изменили наше представление о процессе domestikации кошек
- 50 УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ**
ФОСФОР: ГРЯДУЩИЙ КРИЗИС
Дэвид Ваккари
Меры по сохранению фосфора ради будущего сельского хозяйства следует принимать уже сегодня
- 58 ИСТОРИЯ**
СОКРОВИЩА МАТЕНАДАРАНА
Гаяне Элиазян
Тысячи рукописей и старопечатных книг, хранящиеся в фондах Института древних рукописей имени Месропа Маштоца (Матенадарана), несут на себе следы своей нелегкой судьбы и нередко нуждаются в помощи
- 64 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА, НА СТАРТ!
Стюарт Паркин
Возможно, вскоре на смену обычным системам хранения данных придут устройства, способные передвигать биты по «беговым дорожкам» из нанопроводников
- 72 SCIENTIFIC AMERICAN 10**
ДЕСЯТЬ ЛАУРЕАТОВ SCIENTIFIC AMERICAN
Этические и политические аспекты внедрения результатов научных исследований и новых технологий не менее важны, чем сами достижения

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. Мисюров**Над номером работали:**А.Н. Божко, А.В. Ващенко, А.Н. Воинов,
А.А. Гендин, Т.Н. Лапина, Т.А. Митина, А.И. Прокопенко,
О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, Н.Х. Спицына, В.Г. Сурдин,
Д.С. Хованский, Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская,
Г.А. Элизян, Ф.С. Янчилина**Научные консультанты:**кандидат экономических наук, член-корреспондент
Международной Академии организационных наук,
директор ГУ «Центр исследований и статистики науки»
(ЦИСН) Минобрнауки РФ Д.А. Рубвальтер**Арт-директор:** Л.П. Рочева**Корректур:** 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**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.ruИллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*
В верстке использованы шрифты *Helios* и *BookmanC***Отпечатано:**ООО ИД «Медиа-Пресса», 127147, Москва, ул. Правды, д. 24.
Заказ № 91423**© 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.

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

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie**Editors:** Mark Alpert, Steven Ashley, Peter Brown,
Graham P. Collins, Mark Fichetti, Steve Mirsky,
George Musser, Christine Soares**Chief news Editor:** Phillip 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 СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ:
ПРОВЕРКА РЕАЛЬНОСТИ****4 50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД****6 СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

■ Спектральное восприятие

■ Жуки, прочь!

■ Чип против рака

■ Врожденные программы

■ Антиоксиданты не влияют на продолжительность жизни?

■ Чудесные бусины

МНЕНИЕ**16 НЕОБХОДИМОСТЬ ГРАМОТНОГО
УПРАВЛЕНИЯ***Как совершить рывок в научно-инновационном
развитии, рассказывает директор ГУ «Центр
исследований и статистики науки» (ЦИСН)
Минобрнауки РФ Дмитрий Рубвальтер***ИНТЕРВЬЮ****80 КТО БУДЕТ ЖИТЬ ДОЛГО***Известные биogerонтологи Леонид и Наталья
Гаврилова, живущие и работающие в Чикаго, —
об отношении к изучению процессов старения
в России и США***ЛАБОРАТОРИЯ ВКУСА****90 РОЗОВЫЕ ГРЕЗЫ. ВИНО ЛЕТА И СОБЛАЗНА****Анатолий Гендин***Одно из наиболее распространенных гастрономических
заблуждений касается розового вина: многие
потребители простодушно уверены, что оно
получается путем смешивания белого и красного***ОБЗОРЫ:****84 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ****86 ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ****94 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**

СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ: проверка реальности

Благодатные дни для сообщества исследователей стволовых клеток эмбрионов (СКЭ) возвращаются или, по крайней мере, должны вернуться. На другой день после инаугурации президента США Барака Обамы в январе этого года Управление США по пищевым продуктам и лекарствам (FDA) удовлетворило заявку *Geron Corporation* на продолжение первой фазы клинических испытаний СКЭ-терапии (в данном случае применительно к повреждениям спинного мозга).

Президент Обама, который поддерживает исследования СКЭ, не мог уделить этому вопросу первоочередное внимание, так что совпадение по времени в большой мере случайно. Но он уже выполнил свое обещание снять раздражающие ограничения на федеральное финансирование исследований СКЭ, наложенные его предшественником в 2001 г. Лаборатории, финансируемые из федерального бюджета, снова получили возможность вести работу со стволовыми клетками по своему выбору (с некоторыми важными ограничениями).

Таким образом, ученые по крайней мере получили большую часть того, что просили. А общество сегодня должно быть готовым к разочарованию. Возможно, «разочарование» — слишком сильное слово, но реалистическая переоценка ожиданий, несомненно, предстоит. Проблема превращения научной темы в политический футбол состоит в том, что из-за грубой борьбы на поле сама наука может оказаться в ауте. Когда противники исследований СКЭ уподобляют их геноциду и экспериментам в нацистских концлагерях, сторонники возражают им, напоминая, сколь незаменимыми были СКЭ и возможность каких чудесных исцелений могут открыть их исследования. Независимо от того, скатывались ли эти заявления в чрезмерную риторику, по крайней мере некоторые ложные надежды и ошибочные представления остались, похоже, позади.

Первый и наиболее очевидный вывод таков: практического использования СКЭ для лечения придется ждать еще годы. Предстоящие испытания лечения паралича по методике *Geron* имеют своей целью лишь решение вопроса, насколько безопасным оно будет для пациентов; оценка его эффективности станет следующим этапом. Лечебные клетки помогли мышам частично восстанавливаться после повреждения спинного мозга, но в случае человека они могут не дать такого результата или, хуже того, вызывать опухоли. Чтобы выяснить это,

потребуется время. Для выхода на рынок после первой фазы испытаний новым лекарствам часто требуется от пяти до девяти лет.

Более того, вполне возможно, что во многих из будущих методов лечения, разработанных на основе исследований СКЭ, сами СКЭ использоваться не будут. Ведь пациенты не смогут непосредственно поставлять эти клетки из собственного тела. Лечебные СКЭ придется либо получать из иммунологически соответствующих запасов (эквивалентных банкам крови), либо клонировать индивидуально для каждого пациента. Оба этих решения связаны с техническими и правовыми трудностями. Возможно, что гораздо проще будет использовать стволовые или иные перепрограммированные на универсальность клетки взрослых людей. (Стволовые клетки взрослых людей уже применяются сегодня для лечения некоторых заболеваний крови и нарушений опорно-двигательного аппарата.)

Противники исследования СКЭ эмбрионов могут кричать, что эти факты лишь подтверждают их давнюю позицию, что лучше просто сосредоточиться на исследованиях лечения с использованием стволовых клеток взрослых людей. Однако жесткая борьба против ограничения исследований СКЭ была вполне оправданной: СКЭ наверняка окажутся важными для разработки сложных методов лечения с использованием стволовых клеток, потому что они дают наиболее верные подсказки о путях естественного роста, восстановления и регенерации исключительно сложных тканей.

Тем, кто думает, что публичные споры вокруг СКЭ близятся к завершению, предстоит жесткое пробуждение. В марте этого года 10 из 18 членов Совета по биоэтике при бывшем президенте Буше выпустили пресс-релиз с критикой политики администрации Обамы как неэтичной. Через несколько дней после издания распоряжения Обамы сенат штата Джорджия одобрил Закон об этике обращения с эмбрионами человека, который запрещает преднамеренное создание эмбрионов для получения СКЭ. Можно ожидать и дальнейших подобных действий.

Исследования стволовых клеток остаются заложниками большой политической игры, направленной против абортотворения и независимости женщин в области репродукции, а также противоречий между правами личности и догмами общественной морали. И это неизбежное обстоятельство может стать наибольшим разочарованием. ■

■ КАК ГНАТЬ ВОЛНУ ■ КАК ВЛЕТЕТЬ В ИСТОРИЮ ■ КАК КРАСТЬ ЗОЛОТО ■

АВГУСТ 1959

ЭТИ БОЛЬШИЕ ВОЛНЫ. Нам, безусловно, хотелось бы изучать повадки волн, просто наблюдая их, но это невозможно, потому что от такого зрелища клонит в сон. Попробуйте когда-нибудь насчитать хотя бы сто волн — убедитесь сами. Тем не менее эту проблему можно решить при помощи опытов в больших бассейнах с волнопродукторами. Новые знания сделали возможными измерение силы и предсказание поведения волн в целях благополучия людей, работающих в море и живущих на его берегах. Искусственные нерегулярные волны, продуцируемые в огромном бассейне Технологического института им. Стивенса в Хобокене (штат Нью-Джерси), приближаются по своему характеру к степени изменчивости настоящих волн в глубинах океана. На фотографии — самодвижущаяся модель корабля; ее перемещения регистрируются аппаратурой, находящейся над ней.



МОДЕЛЬ КОРАБЛЯ полутораметровой длины проходит испытания в волновом бассейне, 1959 г.

АВГУСТ 1909

НЕБЕСНЫЙ ГОСТЬ. Приближение к Земле кометы Галлея — самое значительное астрономическое событие 1909–1910 гг. Каждые 75 или 76 лет она полностью проходит свою сильно вытянутую эллиптическую орбиту вокруг Солнца. В последний раз комету видели в мае 1836 г., но хотя она исчезла с глаз людей, ее дальнейший путь был известен примерно с такой же точностью, с какой мореплаватели знают курс корабля в пространстве, где не остается следов. И между обсерваториями, оснащенными большими телескопами, не наблюдалось никакого соперничества в отношении того, какой из них выпадет честь первой обнаружить возвращающегося от далеких берегов странника.

ПРАТЕЛЕВИДЕНИЕ. Эрнст Румер (Ernst Ruhmer) из Берлина, хорошо известный своими изобретениями в области беспроводной телефонии и телеграфа, преуспел в создании, пожалуй, первого аппарата, который можно считать решением проблемы трансляции изображения на расстояние, т.е. телевидения. Мы имели возможность наблюдать это любопытное устройство непосредственно перед его отправкой в Брюссель для демонстрации устройителям следующей Всемирной выставки. По сути дела, уже окончательно готовый

телевизионный аппарат, стоящий всего-то \$1,25 млн, как предполагается, станет гвоздем мероприятия. (Профессор Петербургского технологического университета Б.Л. Розинг подал заявку на изобретение «Способ электрической передачи изображений на расстоянии» 25 июля 1907 г.; первый патент на это изобретение в США его ученик В.К. Зворыкин получил только в 1928 г. — Ред.)

ТРИУМФ БЛЕРИО. Захватывающий перелет Луи Блерио через Ла-Манш — новая веха в прогрессе человечества, которую оно не должно забывать никогда. Думается, что никто не будет столь несправедлив, чтобы преуменьшать важность этого события, ссылаясь на осуществленные ранее более длительные полеты над сушей. В связи с крайней рискованностью начинания этим памятным ранним утром в море вышел эсминец, чтобы оказать помощь в случае вынужденной посадки. Однако перелет был совершен удачно. То обстоятельство, что первый аэроплан, пересекший по воздуху Ла-Манш, был монопланом, весьма повысило престиж этого типа летательных аппаратов.

АВГУСТ 1859

ЗОЛОТЫЕ МОГИЛЫ. У индейцев, живших в Центральной Америке к тому моменту, когда эти земли были открыты белыми людьми, существовал обычай хоронить своих умерших вместе с большим количеством золотых изделий. Подобные погребения были обнаружены в Давиде (провинция Чирики, Панама). Толпы народа хлынули на эти новые «золотые прииски», и сообщения оттуда гласят, что находки изобилуют. Однако мы склонны думать, что после того как эта страна была так тщательно разграблена в XVI в., там не могло остаться столь много драгоценного металла, как пытаются убедить нас слухи. Обнаруживаемые же изделия весьма изысканны, в их исполнении очевидно большое мастерство. Люди, создававшие подобные вещи, должны были обладать достаточно высокой степенью цивилизованности. Открытие этих замечательных предметов, несомненно, серьезно поспособствует изучению американских древностей, и мы считаем, что изделия должны быть сохранены, а не отданы на переплавку подобно бесформенным самородкам или золотому песку. ■

НОУ ВПО МОСКОВСКАЯ АКАДЕМИЯ ЭКОНОМИКИ И ПРАВА

Свидетельство
о государственной
аккредитации
Регистрационный №1192
Серия АА № 001222



Лицензия
Регистрационный №9967
Серия А № 282048

Юридический институт

Направление: Юриспруденция
Специальность: *Юриспруденция*

Институт экономики

Направления: Экономика, Менеджмент
Специальности: *Мировая экономика; Финансы и кредит;
Менеджмент организации; Бухгалтерский учет, анализ и аудит*

- Бакалавриат
- Магистратура
- Аспирантура
- Диссертационные советы
- Факультет повышения квалификации профессиональной переподготовки специалистов
- Факультет дополнительного образования
- Финансово-юридический колледж
- Подготовительные курсы

Формы обучения: очная, очно-заочная и заочная
Второе высшее образование

Реализуются сокращенные программы по всем формам обучения

**Выдается диплом государственного образца
Отсрочка от службы в армии**

Наш адрес: 117105 г. Москва, Варшавское шоссе, д. 23
Приемная комиссия: (495) 954-10-91, 633-09-13, 633-08-00
e-mail: info@mael.ru web-сайт: www.mael.ru

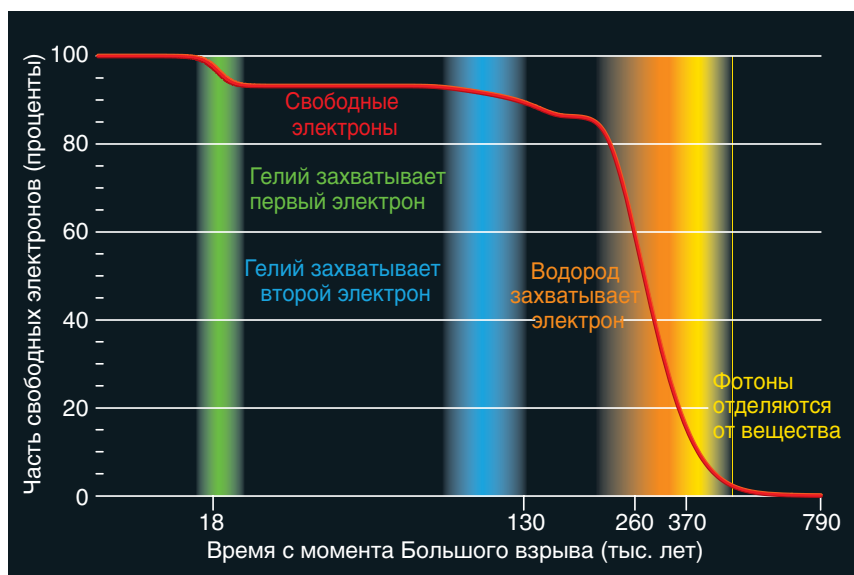
спектральное восприятие

Найден новый путь извлечения информации из космического микроволнового фонового излучения

Космическое микроволновое фоновое излучение (реликтовое излучение) представляет собой как бы моментальную фотографию юной Вселенной, сделанную, когда ей было всего 400 тыс. лет от роду. Космологи отдают исследованию реликтового излучения так много времени и усилий, что может показаться, что о нем уже почти все известно. Европейское космическое агентство (ЕКА) в своей новой космической миссии «Планк» по наблюдению и анализу реликтового излучения планирует выявить «максимально возможное количество информации». Однако космологи, оценивая перспективы работы аппарата «Планк», говорят, что реликтовое излучение обладает некоторыми малоизученными свой-

ствами. Так, располагая приборами достаточно высокой точности, эти свойства можно будет наблюдать, что позволит прояснить новые детали строения ранней Вселенной — ее спектр.

Изучая состав излучения Солнца и других звезд, астрономы традиционно используют спектральное разложение по цветам радуги. На собрании Американского астрономического сообщества в январе этого года известный астрофизик Рашид Сюняев из Института астрофизики им. Макса Планка в Гархинге (Германия) говорил, что миссия следующего поколения после программы «Планк» обнаружила бы все те же особенности реликтового излучения, спектр которого в настоящее время очень хорошо известен.



АТОМЫ формируются на стадиях, когда Вселенная остывает достаточно для того, чтобы ядра «разобрали» себе электроны. В этих процессах атомы излучают фотоны, которые будущие наблюдатели могут обнаружить, таким образом выявляя свойства Вселенной, которые сейчас не видны

Согласно общепринятой точке зрения, реликтовое излучение состоит из фотонов. Оно образовалось на ранних этапах развития Вселенной. Фотоны реликтового излучения, как в гигантском космологическом бильярде, были свободно рассыпаны среди протонов и электронов. По мере остывания Вселенной протоны связывали электроны, образуя атомы водорода — процесс, известный как эпоха рекомбинации. Будучи электрически нейтральными, атомы стали менее восприимчивы к процессам рассеяния фотонов. Таким образом, фотоны получили возможность свободно распространяться в пространстве, не взаимодействуя с веществом. Начиная с этого момента космологи могут судить только о полной плотности вещества.

Однако такое описание скрывает два важных нюанса.

Во-первых, протонам необходимо некоторое время для того, чтобы установить прочную связь с электронами. В процессе формирования атом должен был терять энергию, излучая фотоны в строго определенное время. К тому же, все больше запутывая дело, фотон от одного атома имел склонность «толкнуть» электрон другого атома. Как драчливые крабы в ведречке, атомы разрушали друг друга. Когда их «взаимная вражда» была преодолена космологическим расширением, уменьшающим энергию фотонов, баланс постепенно сместился в пользу формирования устойчивых атомов. Общепринятый интервал времени в 400 тыс. лет — условная временная веха описанного процесса: в действительности до своего завершения рекомбинация длится несколько миллионов лет.

Во-вторых, несмотря на то что Вселенная преимущественно состоит из водорода, в ней также присутствует довольно много гелия. Обладая двойным зарядом протона, атомы гелия сформировались раньше, уловив свой первый электрон по истечении 15 тыс.

лет от рождения Вселенной, а второй — спустя 100 тыс. лет. Более того, атомы гелия избежали судьбы упомянутых «крабов в ведерке»: небольшая группа атомов водорода, сформировавшихся первыми, действовали как своего рода «стражи», вылавливая излученные одним атомом гелия фотоны до того, как они разрушат другой атом. Таким образом, атомы гелия формировались быстрее.

Фотоны, испущенные водородом и гелием, вносят свой собственный дополнительный вклад в реликтовое излучение. Измерения количества фотонов, испущенных гелием, могли бы точно показать, сколько именно гелия синтезировалось во Вселенной, что можно сравнить с его количеством в звездах. «Это абсолютно прямой путь к обнаружению первичного недостатка гелия», — сказал Рашид Сюняев. Кроме того, фотоны от гелия — немного более «ранние», чем фотоны реликтового излучения, и поэтому они могли бы служить источником информации о процессах, в настоящее время от нас скрытых, таких, например, как распад экзотических частиц.

Проблема в том, что по своему количеству реликтовые фотоны сильно превосходят фотоны гелия: на один фотон гелия приходится миллиард фотонов реликтового излучения. К счастью, поскольку атомы гелия формируются достаточно быстро, то испущенные ими фото-

РАЗМЫТИЕ МОМЕНТАЛЬНОГО СНИМКА ВСЕЛЕННОЙ

Исследователи космического микроволнового фонового излучения (реликтового излучения) не приняли во внимание нюансы процесса образования водорода и гелия, поскольку наблюдения были слишком грубы, чтобы зарегистрировать такие тонкие эффекты. Улучшение инструментальной базы стимулирует и развитие теории. Одна из обнаруженных проблем — некоторое «размытие» реликтового излучения. Поскольку рекомбинация водорода — длительный процесс, то в тот период фотоны продолжали рассеиваться на заряженных частицах и теряли отпечатки тонкой структуры сгустков вещества. Если бы космологи не принимали во внимание это обстоятельство, то они могли бы ошибочно заключить, что ранняя Вселенная испытывала недостаток в таких неоднородностях, и подгонять свои теоретические модели, чтобы устранить их, меняя, таким образом, оценки основных параметров Вселенной, например ее плотность. «Печально, когда вы ставите очень тонкий эксперимент, но обладаете ошибочной теоретической моделью», — отмечает космолог Эрик Свитцер (Eric Switzer) из Чикагского университета

ны концентрируются на выборочных частотах, известных как спектральные линии. Сюняев и Дженс Члуба (Jens Chluba) из Канадского института теоретической астрофизики пропагандируют создание новой космической миссии для того, чтобы выявить, на каких частотах есть всплески числа фотонов (подобно тому как веда пальцем по какой-либо на первый взгляд гладкой поверхности, ощущают ее неровности), недоступные измерительным приборам. «Для наблюдения таких линий нужно зафиксировать некоторое пространственное положение прибора и осуществлять сканирование по частотам», — сказал Хосе Альберто Рубиньо-Мартин (Jose Alberto Rubino-Martin) из Ин-

ститута астрофизики Канарских островов. В противоположность такому подходу существующие миссии, включая «Планк», наблюдают фиксированные частоты и сканируют по пространству.

В некотором отношении история космологии повторяет саму себя. Десятилетиями пространственные измерения реликтового излучения показывали однородную картину, пока космологи не увидели пространственные флуктуации. Сейчас спектральные измерения кажутся совершенно однородными. Обнаружив спектральные флуктуации, космологи могут ожидать изоляции новой информации о ранней Вселенной.

Джордж Массер

жуки, прочь!

Способность использовать лекарственные растения, как считалось раньше, доступна только существам с высоко развитым мозгом. Например, шимпанзе, страдающие кишечными глистами, глотают жесткие листья, чтобы очистить кишечник от паразитов. Но недавно исследователи из Уэслейского университета выяснили, что гусеницы

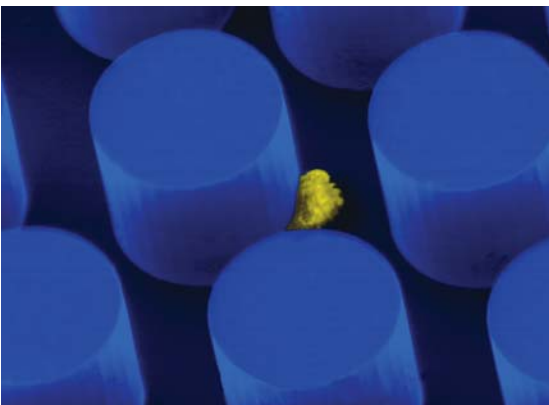
североамериканской бабочки-медведицы *Grammia incorrupta* также используют лекарственные растения, когда больны. В гусеницах, зараженных личинками паразитической мухи, обнаружено примерно в два раза большее количество алкалоидов (в частности, пирролизидина), нежели в незараженных. Эти токсины содержатся в сангинарии

канадской (*Sanguinaria canadensis*) и других растениях, которыми питаются умные насекомые. В результате до взрослого состояния доживает примерно на 20% больше инвазированных гусениц (по сравнению с больными гусеницами, которые не жевали лекарство). Этот случай, представляющий собой первый зарегистрированный факт использования лекарственных растений беспозвоночными, был описан 10 марта в научном интернет-журнале *PLoS ONE*.

Чарлз Чой

ЧИП ПРОТИВ рака

Разработан новый способ обнаружения микроколичеств раковых клеток в пробах крови



ПОПАЛАСЬ! Раковая клетка легких «прилипла» к микроколонке СТС-чипа, которая покрыта антителами к одному из поверхностных белков клетки. Размеры каждой колонки — 100 x 100 мкм

Успех противораковой терапии часто бывает делом случая. Несмотря на прогресс в исследовании генетики рака, у врачей недостает информации для принятия решения о том, как лечить каждого конкретного больного. Никто не может заранее сказать, что принесет химиотерапия — пользу или вред.

Исследователи из Массачусетской больницы предлагают свой способ диагностики рака и повышения результативности лечения онкологических больных. Сейчас они работают над усовершенствованием и проверкой так называемой лаборатории на чипе, которая может анализировать микроколичества циркулирующих в организме раковых клеток. Достаточно, чтобы их было столько, сколько

ко содержится в чайной ложке крови, что позволит не прибегать для диагностики к биопсии, далеко не всегда безобидной процедуре. «Чип дает возможность обоснованно выбрать оптимальную схему лечения каждого пациента», — говорит Махмет Тонер (Mahmet Toner), руководитель группы, из *BioMicroElectroMechanical Systems Resource Center* в Бостоне, сконструировавший данное устройство. Оно уже используется для определения концентрации в крови частиц вируса СПИДа и Т-клеток у ВИЧ-инфицированных. Подобным же образом его можно применять и для обследования раковых больных.

Клетки большинства карцином попадают в кровоток и рассеиваются по всему организму, иногда давая начало новым опухолям. Эти циркулирующие в крови раковые клетки (СТС, *circulating tumor cells*) составляют крошечную долю общего пула клеток крови — часто их концентрация не превышает 10^{-6} даже у пациентов с метастазами, а на ранних стадиях процесса данная величина еще меньше. Между тем определение концентрации СТС-клеток позволило бы следить за динамикой патологического процесса в режиме онлайн.

Для того чтобы «выудить» эти крайне редкие клетки, Махмет Тонер и его сотрудники прибегли к технологии анализа микроколичеств жидкостей, используемой последние 25 лет для тестирования крошечных объемов жидких и газообразных веществ. Аналогично другим устройствам такого рода СТС-чип, как его назвали авторы, состоит из кремниевого чипа с присоединенными к нему колонками, камеры, куда помещают чип

и реагенты, и пневматического насоса. Колонки играют роль миниатюрных пробирок, в которых смешиваются клетки и химические вещества.

СТС-чип содержит 78 тыс. микроколонок, «выхватывающих» раковые клетки из смеси нормальных компонентов крови по мере того, как они проходят через систему под действием тщательно контролируемого давления. Колонки покрыты антителами к адгезивным молекулам эпителиальных клеток (*EpCAM*, *epithelial cell adhesion molecule*). Почти все клетки карцином несут на поверхности *EpCAM*; они определяют, как клетки связываются друг с другом, передают сигналы, мигрируют. Обычные клетки крови никаких *EpCAM* не содержат, и микроколонок их не замечают.

В первом испытании чипа, описанном в журнале *Nature* от 20 декабря 2007 г., разработчики использовали пробы крови 116 больных, страдающих раком легких, предстательной, поджелудочной, молочной железы или прямой кишки, и во всех случаях, кроме одного, выделили СТС. СТС-чип обнаруживает одну раковую клетку крови даже среди миллиарда нормальных, в 100 раз превосходя по чувствительности наиболее распространенные методы идентификации аномальных клеток, требующие инкубации больших объемов крови с покрытыми антителами шариками. Кроме того, в новом методе условия для анализа отобранных клеток лучше, чем в традиционных.

В другом случае чип использовали для определения генетических особенностей раковых клеток 27 больных, страдающих раком легких. В статье, опубликованной в журнале *New England Journal of Medicine* от 24 июля 2008 г., авторы сообщают об идентификации генетических аномалий в СТС в большинстве из 27 случаев, а также о наличии у некоторых больных мутаций, обуславливающих устойчивость к ингибиторам тирозинкиназы, которые используются при химиоте-

рапии. Раньше для выявления подобных генетических изменений приходилось проводить многократную биопсию.

Рой Хербст (Roy Herbst), ведущий специалист из Онкологического центра М.Д. Андерсона при Техасском университете, оценивает эти инновации как выдающееся достижение. Он сам не участвовал в разработках, но прекрасно понимает, какие они дают возможности для мониторинга. «Получив столь чувствительные неинвазивные методы определения количества раковых клеток и изучения их особенностей, мы сделаем еще один шаг к персонализированной медицине», — говорит ученый.

В США ежегодно диагностируются 215 тыс. случаев заболевания раком легких, и для всех этих людей эффективная диагностика — вопрос жизни и смерти. Взятие даже небольшого биоптата грозит потерей крови, инфекцией, а в редких случаях — спадением пораженного легкого.

Однако Хербст предупреждает, что новый метод необходимо апро-

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ РАКОВЫХ БОЛЬНЫХ

Противораковая химиотерапия часто не дает результатов вследствие генетических особенностей новообразования. При индивидуальном подходе к выбору схемы лечения врач руководствуется характеристиками конкретной опухоли конкретного пациента. Больным, страдающим раком прямой кишки, часто назначают препараты антител к рецептору определенного фактора роста. Курс такой терапии стоит \$10 тыс. в месяц и действительно продлевает на какое-то время жизнь больного и облегчает его состояние. Однако данный метод работает, только если геном пациента содержит нормальную версию гена *K-ras*, который кодирует сигнальный белок, необходимый для роста опухоли. Если врач до назначения препарата проверит раковые клетки на наличие мутаций в *K-ras*-гене, то он выяснит, целесообразно ли начинать дорогостоящее лечение, избегнет бесполезного расходования средств и избавит больного от побочных эффектов химиотерапии

бировать в нескольких клиниках и медицинских центрах.

Клиницисты Массачусеттской больницы сейчас проверяют пригодность чипа для оценки скорости роста опухоли и реакции на лечение больных, страдающих раком молочной железы, яичников и предстательной железы.

Поскольку *СТС*-чип способен исследовать раковые клетки, присутствующие в крови, он может

стать незаменимым инструментом выявления новых мишеней для химиотерапии и определения места и времени образования метастазов.

Тонер полагает, что в будущем данный метод станет одним из основных при выявлении раковых клеток на самых ранних этапах развития патологии.

Элейн Шаттнер

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ **диалог**

Одноклеточные организмы могут общаться при помощи электромагнитного излучения. Ученый из Швейцарского института исследования тропиков в Базеле Дэниел Фелз (Daniel Fels) наблюдал за поведением инфузорий туфельки — *Paramecium caudatum*. Он выращивал простейших в полной темноте в стерильных пробирках, которые не позволяли инфузориям обмениваться друг с другом химическими посланиями. Фелз показал, что микроорганизмы могут влиять на пищевое поведение и темпы роста соседей из других пробирок, на основании чего

предположил, что для этого они используют электромагнитное излучение. По-видимому, микробы применяют для общения излу-



ГОВОРЯЩИЕ СВЕТОМ: инфузории в общении между собой используют две частоты светового излучения

чение как минимум двух частот, в том числе в ультрафиолетовом (*UV*) диапазоне.

Например, небольшие популяции инфузорий значительно быстрее растут, когда от соседей большей численности их отделяет стекло, не пропускающее ультрафиолетовое излучение. Если их разделяет кварцевое стекло, пропускающее *UV*-лучи, то темпы роста замедляются. Пока неясно, какие клеточные структуры отвечают за излучение, однако Фелз в своей статье в апрельском выпуске *PloS ONE* предположил, что подобные сигналы могут стать основанием для разработки новых неинвазивных методов медицины.

Чарлз Чой

ВРОЖДЕННЫЕ ПРОГРАММЫ

Рак как состояние беременности на клеточном уровне

Одна из причин, почему рак рассматривается не как одно, а как совокупность нескольких заболеваний, состоит в том, что каждая раковая клетка «больна по-своему». Стимулом к раковой трансформации служат случайные мутации, и их накопление тоже делает свой вклад в увеличение разнообразия опухолей, даже когда локализация последних у разных больных одинакова. Но в последнее время появляется все больше свидетельств того, что рак, возможно, вообще имеет другую природу. Проанализировав опухоли десятков типов, Исаак Кохане (Isaak S. Kohane) из Отделения научной медицины и технологии при Массачусетском технологическом институте и Медицинской школе Гарвардского университета обнаружил удивительное сходство профилей генной активности во всех раковых клетках — генетические инструкции по активации генов у них были такими же, как у развивающихся эмбрионов. Целая группа генов, отвечающих за ранние стадии развития эмбриона и последующее образование конечностей и других структур, после рождения и всю дальнейшую жизнь остаются в молчащем состоянии, но во многих опухолевых клетках активируются.

ОСТАНОВИТЬ РАЗВИТИЕ РАКА

Все большее количество данных свидетельствует о том, что раковые клетки могут расти и распространяться в соответствии с генетическими программами, действующими только в период развития эмбриона и плода. Если это так, то раковый процесс можно остановить, выключив соответствующие гены. Исаак Кохане разделил все онкологические заболевания на три категории, соотносящиеся со стадиями развития эмбриона. Он пришел к выводу, что по крайней мере в исследованных им случаях лекарственные препараты, эффективные в отношении какого-то одного вида рака из данной группы, будут столь же эффективны при раковых заболеваниях с таким же генетическим профилем

Как обнаружил Кохане, распределение опухолей в соответствии со временем активации упомянутых генов, приуроченным к их активации у эмбрионов, дает ценную информацию о дальнейшем развитии самих опухолей. Так, степень раковой трансформации клеток и даже время смерти у целой группы больных, страдающих раком легких, напрямую связаны с тем, какой стадии развития эмбриона соответствует их генный профиль.

В своих более поздних и масштабных исследованиях Кохане показал, что такая же закономерность характерна и для других видов онкологических заболеваний. Распределив генную активность в клетках более 30 видов опухолей и клетках, находящихся в предраковом состоянии, в соответствии с периодами развития эмбриона, он отнес разные на первый взгляд заболевания к трем категориям. Среди опухолей с генным профилем, соответствующим самым ранним стадиям развития, были аденокарцинома легких, аденома прямой кишки, T-клеточные лимфомы и некоторые виды рака щитовидной железы. Опухолевые ткани наиболее агрессивных форм рака в этой группе были наименее дифференцированными и похожи-



ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ, управляющие развитием этого эмбриона, могут отдавать команду к началу процесса опухолевого роста

ми на эмбриональные. Опухоли с генным профилем, характерным для третьего триместра беременности, были не столь агрессивными. Эту группу составляли злокачественные опухоли предстательной железы и яичников, аденома надпочечников и дисплазия печени. Третья категория опухолей представляла собой смешанную группу, перекрывающуюся с первыми двумя.

«Сходство между эмбрионами и опухолями заслуживает самого пристального рассмотрения, — говорит один из пионеров научной онкологии Ллойд Олд (Lloyd J. Old), заведующий кафедрой Людвиговского института изучения рака в Нью-Йорке. — Это очень интересно, ведь идея, что раковый процесс и процесс эмбрионального развития похожи, очень стара». Патологоанатом XIX в. Джон Берд (John Beard), например, указывал на сходство между опухолями и трофобластом, который в дальнейшем участвует в формировании плаценты. «Если трофобласт проникает в матку, он разрастается и создает кровеносные сосуды, кроме того, подавляет иммунную систему матери, — говорит Олд. — И всеми этими свойствами обладают опухоли».

Как показал сам Олд, и в опухолевых клетках, и в гаметах работают одни и те же генетические программы. Одним из объектов его иммунологических исследований были так называемые *СТ-антигены* (*cancer/testis antigen*), группа белков, синтезируемых почти исключительно опухолью и клетками зародышевой линии, вырабатываемыми спермией и яйцеклеткой. Благодаря своей специфичности *СТ-антигены* являются идеальной мишенью для противораковых вакцин и лекарственных препаратов на основе антител, а активация *СТ-генов* в раковых клетках о многом говорит. Все эти наблюдения привели Олда к мысли, что рак — это своего рода «беременность» соматических клеток.

Тот факт, что в раковых клетках включаются обычно молчащие генные программы, предполагает, что наиболее важные характеристики опухоли не случайны. По мнению Олда, клетка, в которой возникает мутация, воспринимает ее как путь к процветанию, а признаки, характерные для раковых клеток, — скорее запрограммированные, а не дарвиновские.

Эти два взгляда на природу малигнизации не обязательно взаимоисключающие. «Накопление случайных мутаций — вовсе не альтернатива запрограммированности», — говорит Роберт Уайнберг (Robert A. Weinberg) из Массачусетского технологического института: активация программ, опреде-

ляющих ранние стадии развития организма, может быть следствием мутаций.

В прошлом году он показал, что гены, участвующие в обеспечении идентичности эмбриональных стволовых клеток, находятся в «рабочем состоянии» в большинстве недифференцированных и агрессивных опухолей. Действительно ли все эти данные доказывают, что ход патологического процесса следует тем же программам, что и развитие эмбриона, — пока до конца не ясно. «Сама идея очень интересна, но на данном этапе она может быть лишь предметом обсуждения. Все дело в деталях, которые еще предстоит выяснить».

Кристина Соарес



IX МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИННОВАЦИЙ И ИНВЕСТИЦИЙ

26-29 августа, 2009 года, Москва, ВВЦ, Международный выставочный комплекс, выставочная зона 2



«НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ РОССИИ: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ»

Организаторы:

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по науке и инновациям
Правительство Москвы

Московский международный салон инноваций и инвестиций является крупнейшим в России выставочным мероприятием в научно-технической и инновационных сферах, объединяющим изобретателей, разработчиков и производителей высокотехнологичной продукции.

Тематические разделы Салона:

- Нанотехнологии и наноматериалы
- Живые системы
- Информационно-телекоммуникационные системы
- Рациональное природопользование
- Энергетика и энергосбережение
- Межгосударственное сотрудничество в инновационной сфере
- Услуги в области инновационной деятельности

КОНТАКТНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НАУКЕ И ИННОВАЦИЯМ

Тел./факс: (495) 629-24-84, 629-03-88
E-mail: tgor@fasi.gov.ru, sobol@fasi.gov.ru

ОАО «ГАО ВВЦ»

Тел./факс: (495) 981-92-52, 544-34-47 доб. 2849
E-mail: nataly@vcentre.ru, l_elena@vcentre.ru

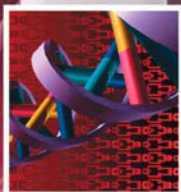
ФГУ НИИ РИНКЦЭ

Тел.: (499) 256-05-63, 259-86-46
E-mail: gagarin@extech.ru, yulkhin@yandex.ru

www.innovex.ru

www.fasi.gov.ru

www.extech.ru



СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ И старение

Антиоксиданты, возможно, никак не влияют на продолжительность жизни



АНТИОКСИДАНТЫ, которыми так богаты плоды граната, предотвращают повреждения клеток и их компонентов, но, по-видимому, не влияют на продолжительность жизни

Куда только сегодня не добавляют антиоксиданты! И в кремы для лица, и в пищевые продукты, и даже в обычную воду, которая есть на любой кухне. И все это — в надежде защитить клетки от вредных воздействий, предотвратить онкологические заболевания и даже победить смерть. Действительно, антиоксиданты предупреждают повреждение клеток высокореакционноспособными молекулами кислорода с неспаренным электроном, нормальными побочными продуктами метаболизма. Но, согласно последним данным, в том, что касается увеличения продолжительности жизни, они, по-видимому, бессильны.

Свободнорадикальная теория старения предполагает, что с возрастом в организме накапливаются высокоактивные молекулы кислорода. Они разрушают клетки, белковые молекулы и ДНК. Природа предусмотрела защиту от агрессора, создав фермент супероксид-дисмутазу, которая нейтрализует его

и тем самым предотвращает разрушительное действие на организм. Теория была предложена в 1956 г. Денхамом Харманом (Denham Harman), ныне почетным профессором медицины Небраскского университета, и предполагает, что у пожилых людей активность супероксид-дисмутазы понижена. В течение последних 50 лет гипотеза подвергалась многократным проверкам: так, при выключении гена фермента у мышей развивался рак, а у мух и дрожжей сокращалась продолжительность жизни.

Однако в феврале этого года генетики Зигфрид Хекими (Siegfried Heikimi) и Джереми ван Рамсдонк (Jeremy M. Van Raamsdonk) из Университета Макгилла сообщили, что устранение гена супероксид-дисмутазы (*sod*) из генома крошечного червя *Caenorhabditis elegans* приводит к обратному результату — увеличению продолжительности жизни. У *C. elegans* пять *sod*-генов, расположенных в митохондриальной ДНК. Их инактивировали в разных комбинациях, а когда выключили всего один ген, *sod-2*, нематоды прожили на 30% дольше. Хекими полагает, что это открытие дает основание по-другому взглянуть на свободнорадикальную теорию старения и заявляет, что повреждение клеток — это следствие, а не причина процесса.

Нельзя сказать, что данное мнение имеет много сторонников. «Одна работа, в которой проделаны манипуляции с одним геном одного организма, не может служить основанием к кардинальным переменам во взглядах», — замечает Джон Филипс (John Phillips), канадский генетик, занимающийся исследованием *sod*-генов у *Drosophila melanogaster*. Он напоминает, что

у *C. elegans* пять таких генов, а у человека — два. «Необходимо установить, где именно — в каких тканях и каких клеточных компартментах — проявляется действие “избыточных” генов у *C. elegans*, чтобы понять, как происходит метаболизм кислорода у этого организма», — поясняет Филипс.

Хекими тем временем предлагает альтернативную концепцию старения: замедление метаболизма или понижение температуры затормаживает работу организма и удлиняет жизнь. В частности, у *sod*-дефицитных червей митохондрии под воздействием свободных радикалов работают менее эффективно, т.е. генерируют меньше энергии, и поэтому все процессы в организме замедляются.

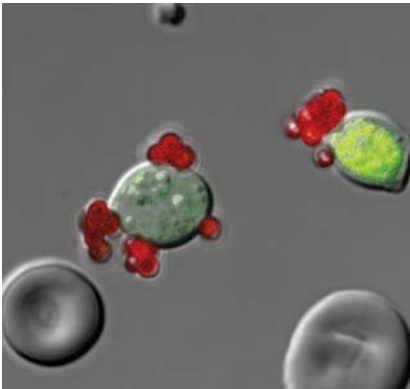
Идея Хекими находится в противоречии с выводами, к которым пришел Барт Брекман (Bart Braeckman) из Гентского университета, чьи опыты с *C. elegans*, поставленные в 2007 г., привели его к отрицанию метаболической теории старения. Но Брекман не считает, что свободнорадикальная теория — единственно возможная. Он указывает на другие работы, тоже бросающие на нее тень. «Все подобные исследования свидетельствуют об одном: у свободнорадикальной теории старения есть проблемы», — говорит Брекман.

Что же можно сказать об антиоксидантах, которые стали предметом всеобщего внимания? Синтетические антиоксиданты никак не сказываются на продолжительности жизни человека, и об этом подозревал сам Харман уже тогда, когда предлагал свою теорию. Они определенно предотвращают повреждение, но вопрос влияния на старение остается открытым. «Я очень рад, что моя теория столкнулась с трудностями, — говорит Харман. — Преодолевать их — и есть наша работа».

Кейт Уилкоккс

ЧУДЕСНЫЕ бусины

Магнитные бусины захватывают бактериальные частицы и выводят их из организма



Использование магнитного поля для «выуживания» болезнетворных бактерий из кровотока — не правда ли, похоже на фантастику? Однако именно этим занимается целая группа специалистов, пытаясь спасти больных, страдающих заражением крови (сепсисом), смертельно опасным инфекционным заболеванием, при котором выходят из строя многие органы.

Биолог Доналд Ингбер (Donald E. Ingber) из Гарвардской медицинской школы и его бывший аспирант Чун Вин Юн (Chong Wing Yung) вместе с коллегами разработали метод фильтрации патогенов из крови больных с тяжелым сепсисом, который основан на использовании магнитных бусинок размером несколько микрон. Бусинки покрывают слоем антител, которые связываются с болезнетворными бактериями или грибами, находящимися в крови больного. Поток крови пациента, содержащей бусинки с антителами, пропускают через магнитное поле. Бусинки концентрируются в солевом растворе, текущем параллельно току крови, и очищенную кровь вновь вводят боль-

ному. Из проб крови объемом от 10 до 20 мл таким методом удаляли до 80% патогенов.

Успех метода во многом определяется размером бусин: их диаметр составляет примерно одну восьмую диаметра эритроцитов. Они достаточно малы, чтобы не вносить в поток крови никаких возмущений. Турбулентность привела бы к перемешиванию солевого раствора с кровью, и разделение бусинок с микробами и кровью было бы затруднено.

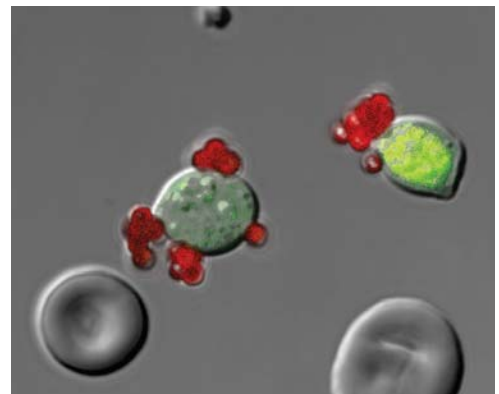
Ингбер ожидает, что усовершенствованная версия его системы, описанная в майском номере журнала *Lab on a Chip* за 2009 г., решит проблему, которая отравляет жизнь врачам, работающим в блоке интенсивной терапии. Часто им приходится срочно выяснять, чем вызван сепсис — бактериями или грибами. Многие противогрибковые препараты токсичны, и прежде чем их назначать, необходимо поставить точный диагноз, а на это нужно время, которого просто нет. Ингбер собирается включить в бусинки разного рода адгезивные белки, с тем чтобы одновременно абсорбировать несколько видов микроорганизмов и ускорить диагностику.

Он также полагает, что не обязательно таким методом удалять из организма все до единого патогены. Согласно его теории, простое уменьшение концентрации патогенов повышает эффективность многих антибиотиков и противогрибковых препаратов.

«Это очень элегантная, совершенно новая теория, — комментирует Тонсе Раджу (Tonse Raju), эксперт в области неонатологии из Национального института детского здоровья и развития человека, основанного Юнис Кеннеди-Шрайдер. — Снимаю шляпу перед отважными новаторами». Однако у теории есть одна серьезная проблема: пока никто не доказал, что при меньшем титре патогенов противомикробные препараты работают лучше. Кроме того, наибольший ущерб организму при сепсисе наносит воспалительная реакция, а не сами патогены. Далее, некоторые бактерии и грибки могут укрываться в малодоступных «закоулках» тела человека или в местах с низким кровоснабжением (например, в брюшной полости), и тогда извлечь их с помощью нового метода не удастся.

И тем не менее Ингбер не теряет оптимизма. Он начал проводить предварительные опыты на кроликах, поскольку по размерам они близки к новорожденным младенцам, у которых сепсис протекает молниеносно. Ученый прекрасно осознает, какие трудности ему предстоит преодолеть, но надеется, что очень скоро его метод перестанут считать плодом фантазии.

Кейт Уилкоккс



В ЛОВУШКЕ: КРОШЕЧНЫЕ МАГНИТНЫЕ БУСИНКИ (красные), покрытые антителами, связываются с клетками грибов (зеленые); для сравнения в нижней части фотографии показаны эритроциты

Меньше слов, больше дела

Бактерия, не участвующая в коммуникации, а тратящая все свои силы на развитие и размножение, поможет в борьбе с устойчивыми к антибиотикам микробами

Вопреки постоянному появлению новых опасных микроорганизмов (примерно 19 тыс. видов в год), большее количество американцев умирает от устойчивого к антибиотикам золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus*), а не от ВИЧ/СПИДа. Эти бактерии заслуживают внимания из-за своей поразительной приспособляемости. Резистентные штаммы получили распространение 60 лет назад, и с того момента специалисты начали вести работу над синтезом антибиотиков второго поколения, которые действовали бы не на бактерию саму по себе (что, в итоге, приводит к появлению устойчивых штаммов), а на комму-

никацию между бактериальными клетками.

Прогресс медленно, но идет, и по мере накопления данных выясняется, что микробы — не полностью автономные и независимые друг от друга организмы, как предполагалось ранее. Недавние открытия в области эволюционной биологии могут помочь «перехитрить» бактерии, вводя в их популяцию новых членов, обладающих определенными, нужными человеку свойствами.

40 лет назад ученые открыли, что некоторые микроорганизмы способны обмениваться химическими сигналами с окружающими их собратьями, другими бактериальными клетками. Этот вид коммуникации, названный «чувством кворума», предоставляет микроорганизмам информацию об их численности. От плотности популяции бактерий зависит их дальнейшее поведение. Когда численность достигает величины, достаточной для «кворума», микроорганизмы начинают производить белки, известные как факторы вирулентности. Эти протеины вызывают разрушение тканей организма хозяина и стимулируют образование агрегатов, называемых биопленками (которые повышают устойчивость микробов к антибиотикам более чем в тысячу раз).

«Чувство кворума», как выяснилось, широко распространено в мире бактерий, и многие исследователи надеются найти способ прервать эту коммуникацию, что упростит лечение. Ким Янда (Kim Janda), биохимик из Исследовательского института им. Скриппса в Ла-Хое, Калифорния, называет эту стра-

тегию лечения «способом ловкача». Обычные лекарства — антибиотики — действуют прямо: убивают микробные клетки или, в случае их устойчивости к антибиотикам, предотвращают рост, делая их неспособными к размножению. Те же препараты, которые нарушат «чувство кворума», не будут повреждать клетки бактерий, а просто не дадут им отравлять организм и воспрепятствуют формированию биопленок.

Идея хороша, но с ее реализацией есть проблема. Она заключается в том, что хорошие ингибиторы «чувства кворума» сложно найти. Молекулы, которые бактерии используют для коммуникации, часто видоспецифичны, так что разработка универсального препарата затруднена. Более того, найденные ингибиторы, хорошо работающие на животных, оказались токсичными для человека. Помимо этого некоторые исследователи считают, что эти лекарства будут эффективны только на ранних стадиях развития заболевания, до того как «кворум» будет достигнут. В результате лишь несколько фармацевтических компаний вложили средства в исследования коммуникации бактерий и разработку связанных с ней стратегий лечения. «Люди слишком осторожничают с этим», — говорит химик Хелен Блэкуэлл (Helen Blackwell) из Висконсинского университета в Мадисоне.

Тем не менее в январе этого года эволюционный биолог Стюарт Уэст (Stuart West) с коллегами из Эдинбургского университета объявил о разработке совершенно нового метода лечения, основанного на известном факте: не все бактерии в популяции коммуницируют одинаково хорошо. Существуют отклонения: клетки, также называемые слепыми к сигналам мутантами, которые производят слабые сигналы, но не реагируют на них, а так-



же бессигнальные мутанты, реагирующие на химические сигналы, но неспособные производить сигнальные молекулы в ответ.

Последний тип аномальных бактерий пользуется всеми преимуществами «кворума» (благодаря деятельности соседних, нормальных клеток), при этом аккумулируя большое количество энергии, растрчиваемой немутантными собратьями на коммуникацию. В результате эти мутанты растут и размножаются быстрее обычных клеток, из-за чего в каждом последующем поколении количество аномальных бактерий становится все больше и больше. Когда численность таких мутантов становится слишком серьезной по сравнению с количеством нормальных микробов, сигнал становится слишком мало, чтобы составить «кворум», и общая вирулентность популяции снижается.

Недавно Уэст и его коллеги инфицировали одну группу мышей нормальной синегнойной палочкой *Pseudomonas aeruginosa* (бактерией, обычно причисляемой к госпитальным инфекциям), а другие две группы заразили смесью нормальной синегнойной палочки с одним из мутантных штаммов (в первом случае слепых к сигналам, во втором — бессигнальных). Семь дней

спустя мыши, зараженные смесью, выглядели гораздо более здоровыми, чем особи контрольной группы, зараженные нормальной *P. Aeruginosa*. Как бы безумно это ни звучало, говорит Уэст, но если человек подхватил инфекцию, то врачи, чтобы вылечить больного, должны будут ввести мутантов в эту популяцию бактерий. Такая терапия — вопрос отдаленного будущего, как считает исследователь. И дело даже не в сложности изучения регуляторных факторов. Проблема в том, что людям будет трудно принять идею о лечении болезни с помощью увеличения числа микробов. Тем не менее коллектив Уэста запатентовал свою разработку, а также подал в суд на другую исследовательскую группу с аналогичной идеей «тройного коня», в которой ученые предложили использовать мутантов для введения в популяцию специфических генов. «Предположим, у вас инфекция, и она устойчива к антибиотикам, — объясняет Уэст. — Вы получаете мутантную культуру, которая чувствительна к антибиотику, и даете ей размножиться. Вскоре мутанты вытесняют нормальных микробов, и почти вся популяция становится чувствительной к существующим антибиотикам, что, в итоге, позволяет вас вылечить».

Однако даже если этот экзотический метод не приведет к победе, исследователи уверены в успехе в этой области. Рано или поздно будут найдены более традиционные ингибиторы «чувства кворума». Например, Янда разрабатывает бактериальные «вакцины», которые помогут иммунной системе больного распознать и уничтожить молекулы, синтезированные в результате работы «кворума». Совместно с другими учеными, включая биолога Бонни Басслер (Bonnie Bassler) из Принстонского университета, он занимается изучением молекул, называемых AI-2, которые, как он считает, используются многими типами бактерий в качестве сигнального вещества. Подобным образом он надеется подобрать универсальный ингибитор, тормозящий образование «кворума» у микробов разных видов.

Кроме того, Блэкуэлл обнаружила сотни небольших молекул, которые близки по своей структуре к различным сигнальным веществам, но при этом не способны выполнять их функцию. Если такие соединения добавить в культуру бактерий, то коммуникация будет нарушена. «Проект выглядит многообещающим, и мы надеемся на прорыв в этой области», — говорит она.

Мелинда Уэннер

НЕ С ТОЙ РУКИ

При трансплантации протезов обеих рук ведущая рука пациента может измениться. Двоим мужчинам, потерявшим руки в результате производственных травм, через 3–4 года после инцидента трансплантировали протезы. Обычно за столь продолжительный период времени мозг перераспределяет связи, отведенные под управление потерянной конечностью, для контроля других мышц. Тем не менее ученые Французского центра когнитивных наук в Лионе обнаружили, что нервная система их пациентов успешно устанавливает свя-

зи с новыми руками, в результате чего человек может выполнять ими сложные задачи (так, один из пациентов скручивал электропровода). Несмотря на то что до операции оба мужчины были правшами, их мозг образовал связи с левой рукой на год раньше, чем это случилось с правой. Как следствие, оба они стали левшами. Факт смены ведущей руки в результате трансплантации описан в апрельском номере «Заметок Национальной академии наук США». Причины этого явления по-прежнему неясны. Возможно, исходное доми-

нирование правой руки привело к тому, что соответствующие ей отделы мозга стали менее пластичными, и это затруднило повторное образование связей. Также можно предположить, что смена ведущей руки была вызвана особенностями процедуры хирургической операции.

Чарлз Чой



НЕОБХОДИМОСТЬ грамотного управления



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 оказаться на обочине. Например, американцы планируют к 2020 г. сократить потребности в нефти на 25%, одновременно на \$18 млрд увеличивается финансирование фундаментальной науки, Израиль занимается актуальной для многих стран проблемой опреснения морской воды.

О том, как решаются подобные проблемы в России, директор ГУ «Центр исследований и статистики науки» (ЦИСН) Минобрнауки РФ **Дмитрий Александрович Рубвальтер** сообщил в своем докладе весной текущего года на ежемесячном общегородском семинаре по науковедению в Центре научно-информационных исследований по науке, образованию и технологиям ИНИОН РАН.

Отсутствие централизации

Д.А. Рубвальтер вводит понятие «научно-инновационный комплекс» (НИК), включающее организационно-управленческий аспект взаимодействий между элементами научно-инновационной системы. В компетенции государства — организовывать взаимодействие между областями исследований, инноваций, реальным сектором экономики с целью продвижения инноваций.

Все научные системы делятся на централизованные и децентрализованные. В централизованной головное министерство распределяет финансовые ресурсы, регулирует деятельность научно-технической сферы, однако подобная систематизация оказывается не всегда корректной.

В России научная система, хоть и считается централизованной, но таковой по сути не является. С 2005 г., после перехода на систему ОКВВЭД (Общероссийский классификатор видов экономической деятельности) и упразднения шестого раздела федерального бюджета «Фундаментальные исследования и содействие научно-техническому прогрессу», данная система характеризуется наличием множества участников при практическом отсутствии координирующего органа.

Минобрнауки России непосредственно формирует лишь бюджет фундаментальных исследований (совместно с РАН и другими государственными академиями наук). А в планировании государственных ассигнований по прикладным исследованиям оно участвует наравне с другими министерствами. Программную часть финансирования по науке формирует Минэкономразвития России, непрограммную — Минфин России.

Необходимые коррективы

При формально централизованной системе управления наукой, наличии профильного министерства и существенной доле государственных ассигнований в валовых внут-

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ НАУКИ

В современной истории науки можно выделить три этапа развития. Первый длился с 1992 по 1996 г. В эти годы необходимо было в первую очередь сберечь научный потенциал. Тогда был принят закон о науке и научно-технической политике, который с некоторыми изменениями действует до сих пор. Благодаря этому закону удалось сохранить Российскую академию наук.

Второй этап начался в 1997 г. Была подготовлена концепция реформирования российской науки: фундаментальные науки, приоритетные направления, критические технологии следовало финансировать за государственный счет, а прикладные науки вынуждены были кормить себя сами. Однако концепция не была реализована из-за кризиса 1998 г.

Третий этап длится с 2000 г. Указом президента приняты основы политики РФ в области развития науки и технологий, разработана стратегия до 2015 г. Создаются новые структуры, в частности «центр превосходства» в Курчатовском институте, исследовательские университеты на базе МИФИ и МИСИС. Минобрнауки разработало проект закона о создании на базе научно-образовательных учреждений малых предприятий, позволяющий коммерциализировать научные разработки. Закон должен вступить в силу этим летом

ренних затратах (более 60%) российская система управления НИК является, по существу, децентрализованной. В системе управления наукой действуют также два консультативных органа: Совет при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию и недавно созданная Правительственная комиссия по высоким технологиям и инновациям во главе с заместителем председателя правительства.

Систему управления исследованиями и инновациями из-за особой важности для государства должен возглавлять президент страны или премьер-министр, отметил директор ЦИСН. Такого руководства пока нет. Жесткая налоговая система не стимулирует научные достижения. Из 4 тыс. научных организаций 70% принадлежат государству, а деловым структурам наука пока невыгодна. Ситуацию могли бы изменить налоговые кредиты, используемые в развитых странах и стимулирующие бизнес вкладывать деньги в науку. Кроме того, необходимо расширить функции Минобрнауки как головного министерства, т.к. за ним, как и раньше, остается функция разработки сводных планов по раз-

витию научно-технической и инновационной сфер. Необходимо также внедрять Федеральную контрактную систему, которая используется во всех ведущих странах. В таком случае можно ожидать желаемых результатов. ■

Фирюза Янчилина
Фото автора

АМЕРИКАНСКАЯ НАУЧНАЯ СИСТЕМА

В США есть четыре ведущих ведомства: министерство обороны, NASA, министерство здравоохранения, министерство экономики. Существуют также Совет по науке и технологиям, возглавляемый лично президентом, и Управление научно-технологической политики, входящее в администрацию Президента США. Таким образом, американская научная система, несмотря на отсутствие головного министерства, — одна из самых централизованных в мире



Майкл Вернер и Майкл Юра

НЕВЕРОЯТНЫЕ ПЛАНЕТЫ

Астрономы находят планеты даже там, где не предполагали

Белые карлики — очень странные небесные тела: имея массу примерно как у Солнца, они одни из самых тусклых звезд и постепенно становятся все тусклее, не подчиняясь обычному соотношению между массой звезды и ее блеском. Астрономы полагают, что белые карлики — это не звезды, а их трупы. Каждый белый карлик был когда-то похож на Солнце и светил так же ярко. Но когда топливо кончилось, звезда вступила в стадию агонии: ее ядро сжалось в 100 раз, до размера Земли, яркость возросла в 10 тыс. раз, и она сбросила внешние слои, а затем медленно остывала, и блеск ее ослабевал.

Но эта история могла быть еще печальнее. Мы с коллегами обнаружили в нашей Галактике более дюжины белых карликов, вокруг которых обращаются астероиды, кометы и, возможно, даже планеты — целое кладбище миров. Пока звезды были еще живы, они ежедневно восходили на небе каждой планеты, согревали ее почву и вызывали ветерок. Живые организмы могли впитывать их лучи. Но когда звезды умирают, они испаряют или проглатывают и сжигают свои внутренние планеты, оставляя только тела на далекой холодной периферии системы. Со временем карлики теряют и эти выжившие объекты. Распад подобных систем демонстрирует нам жесто-

кую картину будущего нашей Солнечной системы, когда через 5 млрд лет наше Солнце умрет.

Астрономы всегда полагали, что не только вокруг Солнца, но и вокруг других звезд могут обращаться планеты. Мы ожидали найти системы, подобные нашей Солнечной, где в центре находится звезда, похожая на Солнце. Но сейчас, открыв за 15 лет множество планетных систем, мы видим, что внесолнечные системы могут сильно отличаться от нашей. Первой была система 51 Пегаса, состоящая из звезды, похожей на Солнце, и планеты более массивной, чем Юпитер, обращающейся вокруг звезды на расстоянии меньшем, чем Меркурий удален от Солнца. С повышением чувствительности приборов были открыты еще более странные объекты. Похожая на Солнце звезда *HD 40307* имеет три планеты с массами от четырех до десяти масс Земли, орбиты которых меньше половины орбиты Меркурия. Солнцеподобная звезда 55 Рака А имеет не менее пяти пла-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Почти никто из астрономов не ожидал такого разнообразия планетных систем. Самые удивительные из них — те, в которых планеты обращаются вокруг нейтронных звезд, белых карликов и коричневых карликов.
- Нейтронные звезды рождаются при взрывах сверхновых, а планеты вокруг них, вероятно, образуются из остатков взрыва. Тела, обращающиеся вокруг белых карликов, достались им по наследству от родительской звезды. А коричневые карлики сами не намного массивнее планет, но планеты, судя по всему, могут формироваться и около них.



нет с массами от 10 до 1000 земных масс. Размеры их орбит — от одной десятой орбиты Меркурия до размера орбиты Юпитера. Такое не смогли придумать даже фантасты.

Системы с белыми карликами доказывают, что вовсе не обязательно, чтобы звезда была похожа на Солнце. Планеты и астероиды могут обращаться вокруг объектов, которые по размеру не больше самих планет. Разнообразие подобных систем не меньше, чем у обычных звезд. Астрономы не ожидали такой распространенности планетных систем, их устойчивости и универсальности процессов их формирования. Так что Солнечная система вовсе не типичная планетная система и прибежище жизни во Вселенной.

Феникс, восставший из пепла

Сегодня порой забывают, что первые планеты вне Солнечной системы были открыты у звезды, совершенно не похожей на Солнце. Этот объект — нейтронная звезда PSR 1257+12 — удивляет даже боль-

ше, чем белый карлик. Ее масса больше чем у Солнца, а размер — как у скромного астероида, около 20 км. Этот монстр родился при взрыве сверхновой звезды в 20 раз массивнее Солнца; и взрыв был гораздо мощнее, чем агония солнцеподобных звезд. Трудно представить, как при этом смогли выжить планеты. Более того, взорвавшаяся звезда могла иметь радиус более 1 а.е. (астрономическая единица — расстояние от Земли до Солнца). А это больше размера орбит планет, которые мы видим сегодня. Оба факта указывают, что планеты родились из пепла взрыва.

Несмотря на то что обычно сверхновые выбрасывают свой газ в межзвездное пространство, небольшая часть вещества за счет притяжения падает обратно и образует диск вокруг остатка звезды. В таких дисках и рождаются планеты. Астрономы считают, что Солнечная система обрела свою форму, когда аморфное межзвездное облако из газа и пыли сжалось под собственным весом. Со-

КОРИЧНЕВЫЙ КАРЛИК — это настолько маленькая звезда (порою чуть массивнее крупной планеты), что она почти не светит. Астрономы не рассчитывали найти планеты рядом с такими карликами. Но сейчас они видят намеки на существование миниатюрных планетных систем, формирующихся вокруг коричневых карликов и других удивительных объектов

хранение углового момента не позволило некоторому количеству вещества упасть на новорожденное Солнце, а сформировало из него диск, внутри которого газ и пыль сгустились в планеты (см.: *Лин Д. Происхождение планет // ВМН, № 8, 2008*). Подобное могло произойти и в диске, возникшем после взрыва сверхновой.

Астрономы открыли планетную систему вокруг объекта PSR 1257+12, обнаружив периодические сбои в моментах прихода его радиоимпульсов. Эти сбои возникают из-за того, что обращающиеся вокруг звезды планеты притягивают звезду и периодически ее сдвигают, изменяя

расстояние, которое проходят импульсы. Несмотря на интенсивные исследования сигналов от других звезд, больше не найдено ни одной похожей системы. Другой пульсар, *PSR B1620-26*, имеет по крайней мере одну планету, но она обращается так далеко от него, что, по мнению астрономов, не могла образоваться в диске из вещества сверхновой, а была захвачена у другой звезды.

В 2006 г. космический телескоп «Спитцер» (NASA) обнаружил инфракрасное излучение от нейтронной звезды *4U 0142+61*. Оно может возникнуть в магнитосфере звезды или в околозвездном диске. Сама звезда родилась во время вспышки сверхновой примерно 100 тыс. лет тому назад, и обычно требуется примерно миллион лет для формирования планет. Поэтому, если инфракрасное излучение говорит о наличии диска, то эта система со временем может стать такой же, как *PSR 1257+12*.

Многие белые карлики также имеют диски, но несколько иного типа: они скорее указывают на наличие обращающихся тел, а не на возможность их формирования. Как и в случае *4U 0142+61*, основным их признаком служит неожиданное инфракрасное излучение. Первые данные были получены в 1987 г. наземным инфракрасным телескопом на вершине Мауна-Кеа (Гавайи). В спектре белого карлика *G 29-38*

СИЯЮЩИЕ ВО ТЬМЕ

Астрономы обнаруживают планеты, как правило, по косвенным признакам: по их влиянию на скорость, положение или блеск родительской звезды. В большинстве случаев, рассмотренных в этой статье, астрономы сосредоточили внимание на одном косвенном признаке — на присутствии вокруг звезды пылевого диска. Протопланетные диски возникают вокруг новорожденных звезд; считается, что в них формируются планеты. А обломочные диски возникают вокруг зрелых звезд; считается, что они образуются из-за взаимных соударений и испарения комет и астероидов, указывая на возможное наличие планет в настоящем или в прошлом.

Оба типа дисков наблюдатели выявляют по тому, как они поглощают свет звезды и переизлучают поглощенную энергию в инфракрасном диапазоне (рис. справа). Телескоп «Спитцер» (NASA), запущенный в 2003 г., показал себя настоящей машиной для обнаружения дисков. Его инфракрасная камера широкого поля захватывает сотни звезд и выявляет из них для дальнейшего изучения те, у которых есть признаки диска.

«Спитцер» был создан на основе успешной работы предыдущих инфракрасных телескопов, таких как Инфракрасный астрономический спутник (*Infrared Astronomical Satellite, IRAS*), работавший в 1980-х гг., и Инфракрасная космическая обсерватория Европейского космического агентства (*Infrared Space Observatory, ISO*), летавшая в середине 1990-х гг. В отличие от *IRAS*, который сделал обзор всего неба, «Спитцер» наблюдает отдельные небесные объекты и проводит их тщательное исследование; а более чем пятилетний срок работы его хладагента из жидкого гелия намного превзошел время работы предыдущих аппаратов. Этот телескоп изучает все — от внесолнечных планет до галактик в молодой Вселенной.

Хладагент скоро закончится, и телескоп нагреется от почти абсолютного нуля до 30 К. Но даже при этом он сможет наблюдать в коротковолновой части инфракрасного диапазона, по крайней мере, до середины 2011 г. А его функции возьмут на себя недавно запущенная космическая обсерватория «Гершель» и космический телескоп «Уэбб», запуск которого запланирован на 2013 г.

был обнаружен избыток инфракрасного излучения, соответствующий спектру тела с температурой 1200 К, что гораздо меньше температуры поверхности звезды в 12 тыс. К.

Вначале астрономы подумали, что рядом с этим белым карликом обращается вторая, более холодная звезда; но в 1990 г. обнаружили, что инфракрасное излучение меняет-

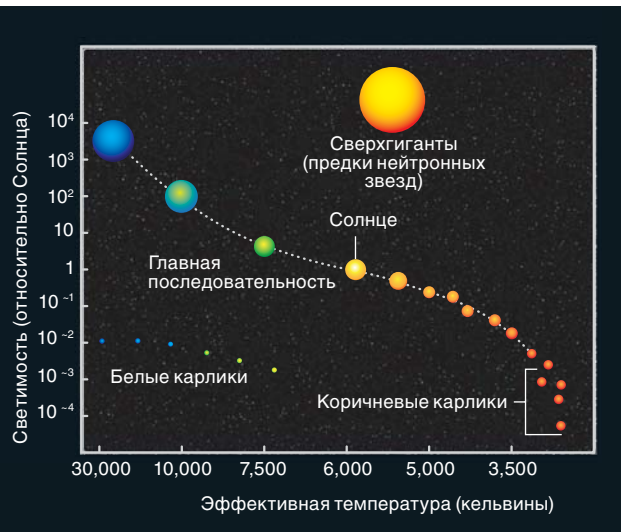
ся в унисон с собственным блеском звезды. Это свидетельствует о том, что инфракрасный избыток возникает при переизлучении звездного света. Скорее всего, его источником служит околозвездный диск, нагреваемый звездой.

У этой звезды есть еще одна особенность. Ее внешний слой содержит тяжелые элементы, такие как кальций и железо, что довольно странно, поскольку гравитационное поле у поверхности белого карлика такое сильное, что эти элементы должны были утонуть. В 2003 г. один из нас (Юра) предложил простое объяснение как инфракрасного избытка, так и наличия тяжелых элементов: рядом с белым карликом недавно разрушился астероид, захваченный его мощным гравитационным полем. Каскад столкновений превратил обломки астероида в орбитальный пылевой диск, который стягивается к звезде.

Астероиды на десерт

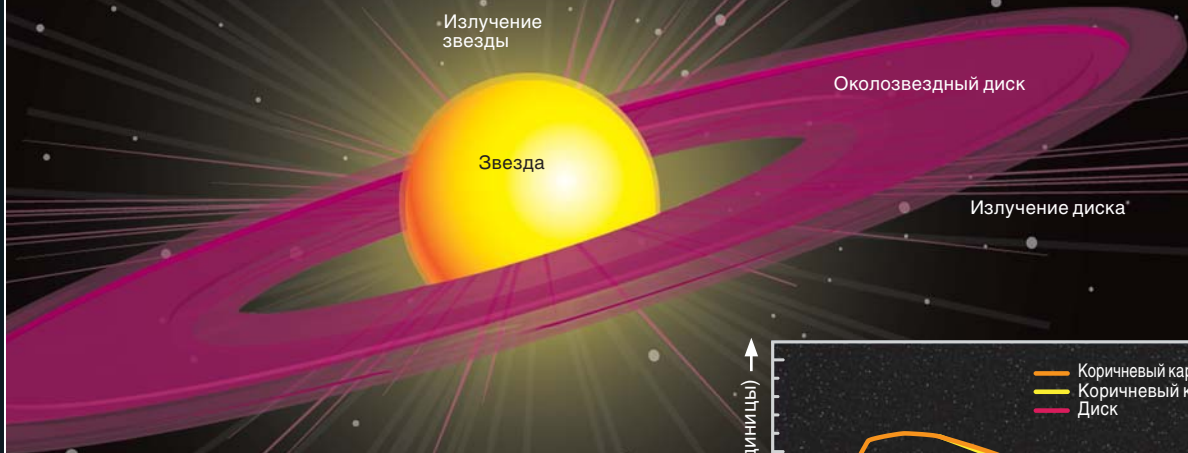
Данную идею подтвердили новейшие наблюдения. Астрономы

Самым естественным местом для поиска планетных систем астрономы считали нормальные звезды, расположенные на так называемой главной последовательности, связывающей температуру и светимость звезды. Но оказалось, что планетные системы есть и у объектов, лежащих вне главной последовательности — у белых и коричневых карликов

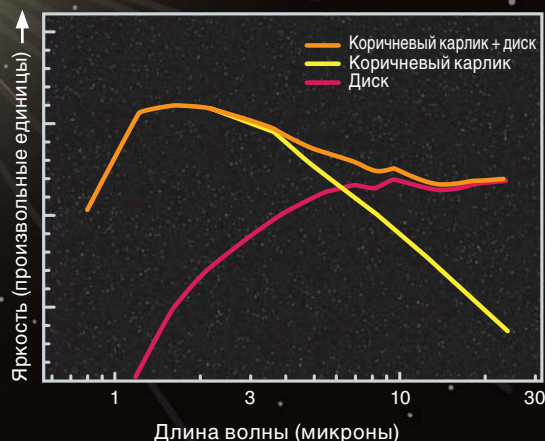


ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ ВЫЯВЛЯЮТ ДИСК, А ЗНАЧИТ — ПЛАНЕТЫ ИЛИ ИХ ЗАГОТОВКИ

Околосветный диск из газа и пыли, похожий на тот, из которого сформировались планеты нашей Солнечной системы, поглощает свет звезды и испускает инфракрасные лучи. Мы наблюдаем смесь излучения звезды и диска



Для примера — коричневый карлик *OTS 44*. Его спектр (оранжевая линия) сначала опускается в инфракрасной области, а затем выравнивается, указывая, что карлик, чей спектр должен иметь максимум на коротких волнах (желтая), окружен более холодным веществом, максимум в спектре которого смещен к более длинным волнам (красная)



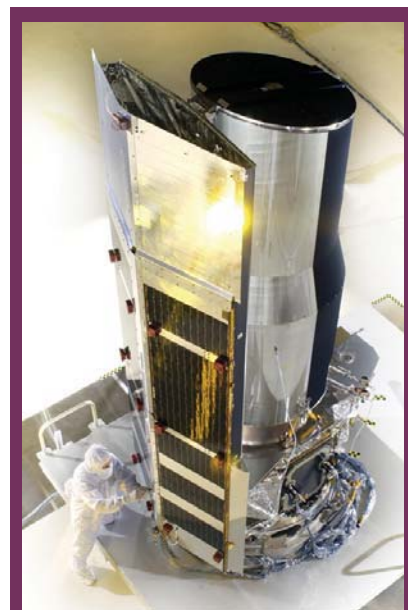
Даже если система настолько далеко от телескопов, что ее детали не удастся рассмотреть, спектр демонстрирует смесь излучений

использовали наземные телескопы и космический телескоп «Спитцер». Было выявлено 15 белых карликов с похожим инфракрасным избытком и аномалией химического состава. Для *G 29-38* и семи других звезд «Спитцер» пошел дальше и зарегистрировал инфракрасное излучение в диске силикатных частиц, которые похожи на межпланетные пылинки Солнечной системы и заметно отличаются от частиц межзвездной пыли (график на стр. 23). Более того, внешние слои этих звезд содержат тяжелые элементы в совершенно уникальной пропорции: там сравнительно мало углерода и натрия, характерных для летучих веществ, но много кремния, железа и магния, обычно содержащихся в твердых веществах. Такой химический состав характерен для астероидов и твердых планет Солнечной системы. Все это свидетельствует в пользу предположения, что диск состоит из обломков астероидов.

Диски вокруг белых карликов гораздо меньше протопланетных дисков вокруг новорожден-

ных солнцеподобных звезд. Судя по их инфракрасному излучению, они простираются всего на 0,01 а.е. и по массе не превосходят астероида диаметром 30 км, что подтверждает предположение об их происхождении из такого объекта. Они не могут быть местом формирования новых планет, а скорее показывают, что некоторое количество планетного вещества осталось после гибели звезды. Согласно расчетам, астероиды и планеты земного типа могут избежать разрушения, если они движутся по орбите радиусом более 1 а.е. Когда Солнце умрет, Марс уцелеет, а вот судьба Земли пока под вопросом.

Чтобы выяснить, может ли сохраниться часть планетной системы, «Спитцер» два года назад наблюдал белый карлик *WD 2226-210*. Он так молод, что внешние слои исходной звезды солнечного типа еще видны вокруг него как туманность «Улитка», одна из самых известных планетарных туманностей (см.: *Балик Б., Франк А. Необычная смерть обычных звезд // ВМН, № 9, 2004*). Следо-



КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП «СПИТЦЕР» — инфракрасный коллега космического телескопа «Хаббл» — во время сборки

вательно, WD 2226-210 служит недостающим звеном между звездами солнечного типа и старыми белыми карликами, такими как G 29-38. Вокруг WD 2226-210 имеется пылевой диск радиусом 100 а.е., что сравнимо с размером Солнечной системы. Диски других белых карликов не простираются так далеко. На таком расстоянии гравитация карлика не может разрушать астероиды. Так что этот диск должен состоять из пыли, образовавшейся при столкновениях комет и астероидов. Похожие обломочные диски есть вокруг Солнца и подобных ему звезд (см.: Ардила Д. *Невидимки планетных систем* // ВМН, № 7, 2004).

Данное открытие подтверждает: когда солнцеподобная звезда умирает, далекие астероиды и кометы

могут уцелеть. А если могут сохраниться астероиды и кометы, то гораздо более прочные планеты — тем более. По мере остывания WD 2226-210 будет все слабее освещать пыль, и далекий пояс из астероидов и комет станет невидимым. Но иногда объекты из этого пояса могут подлетать близко к белому карлику и разрушаться.

Звездочки

Третий тип отличных от Солнца звезд, которые могут иметь планеты, — это коричневые карлики, которые совсем не похожи на белые, несмотря на схожесть их названий. Коричневые карлики — это не трупы звезд, а карликовые звезды. Они формируются точно так же, как обычные, но их рост останавливает-

ся при массе менее 8% массы Солнца — минимальная величина, необходимая, чтобы ядро звезды стало достаточно горячим и плотным для поддержания ядерных реакций. Самое большое, на что они способны, это слабое инфракрасное излучение за счет тепла, накопленного при формировании объекта (и, возможно, короткого раннего периода ядерных реакций). За последние 15 лет обнаружены сотни коричневых карликов, причем самые легкие из них лишь чуть массивнее гигантских планет.

Астрономы выяснили, что эти тела, даже самые маленькие, могут иметь диски, а следовательно, и планеты (см.: Моханти С., Джайявардхана Р. *Происхождение коричневых карликов* // ВМН, № 4, 2006).

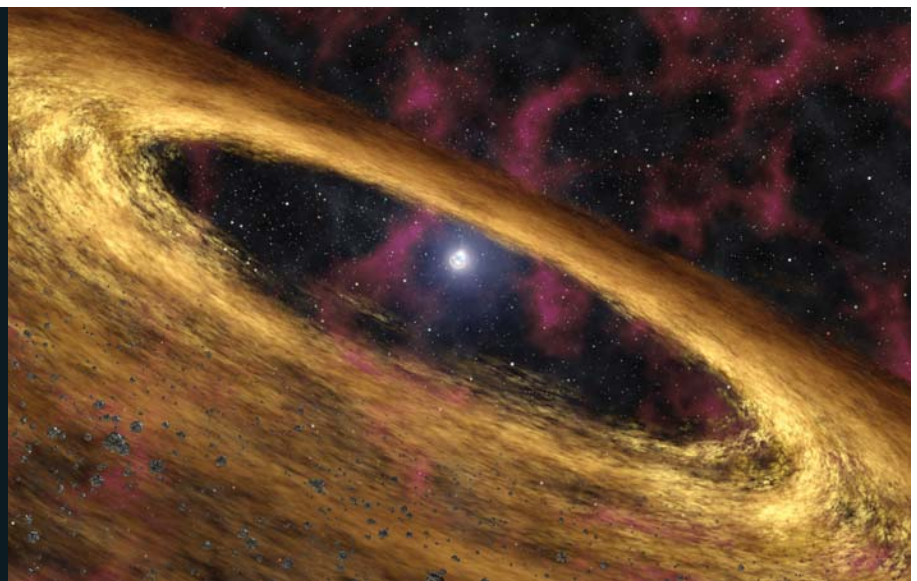
СИСТЕМЫ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

Нейтронные звезды — самые странные и неожиданные обладатели планетных систем. Нейтронная звезда 4U 0142+61, родившаяся при взрыве сверхновой 100 тыс. лет назад, окружена диском из остатков взорвавшейся звезды (справа, рисунок художника). Это вещество может собираться в зародыши будущих планет (серые куски)

НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА + ДИСК

Название системы: 4U 0142+61
Возраст системы: 100 тыс. лет
Радиус звезды: 10 км

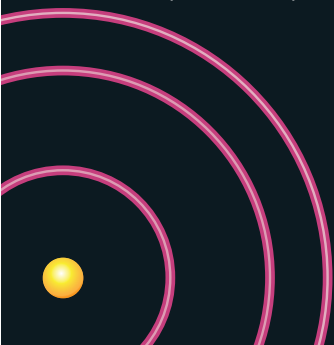
Радиус диска: 1 астрономическая единица (а.е.)



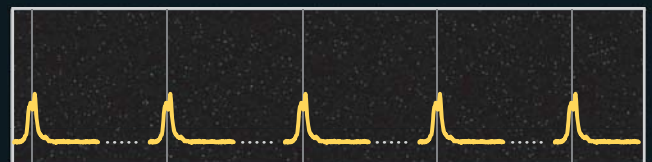
Другая нейтронная звезда PSR 1257+12 имеет настоящие планеты. Моменты прихода ее радиоимпульсов немного колеблются (справа), указывая, что вокруг звезды обращаются три тела (внизу)

НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА + ПЛАНЕТЫ

Название системы: PSR 1257+12
Возраст системы: 800 млн лет
Радиус звезды: 10 км
Радиусы орбит планет: 0,19; 0,36; 0,46 а.е.
Массы планет: 0,02; 4,3; 3,9 масс Земли



Равномерный приход импульсов (нет планет)



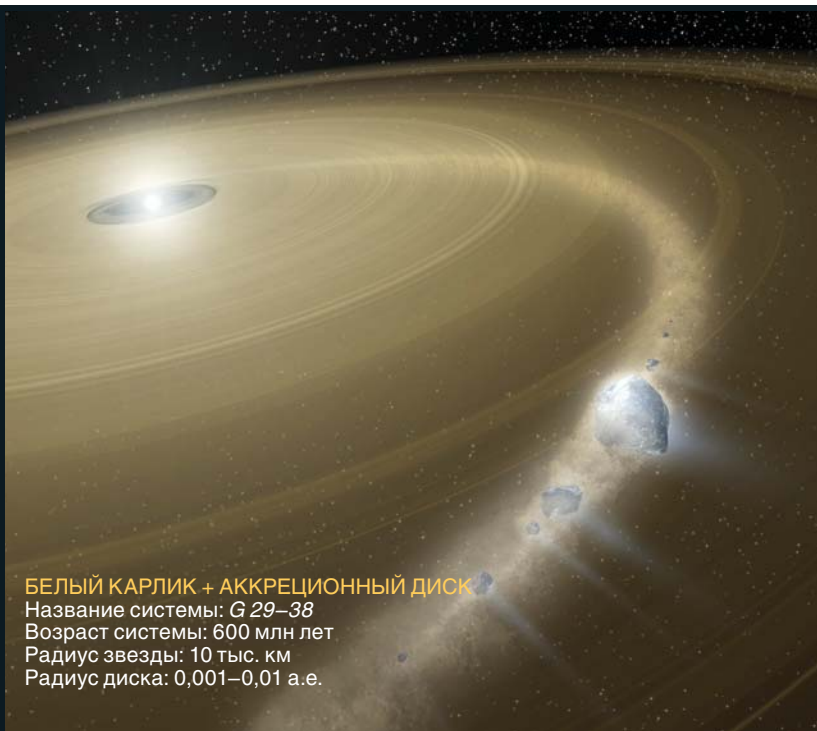
Неравномерный приход импульсов (есть планеты)



Эпоха (годы)

СИСТЕМЫ БЕЛЫХ КАРЛИКОВ

Многие белые карлики окружены маленькими дисками, вероятно, из вещества разрушенных астероидов (справа, рисунок художника). У некоторых из этих дисков астрономы видят спектральные признаки силикатов. Спектр показывает, что это планетные силикаты (зеленая кривая на графике), а не межзвездные (красная кривая). Все признаки свидетельствуют о том, что мелкие тела, а возможно, и планеты, пережили бурное рождение карлика и до сих пор движутся во внешних, невидимых областях системы



БЕЛЫЙ КАРЛИК + АККРЕЦИОННЫЙ ДИСК

Название системы: G 29-38
 Возраст системы: 600 млн лет
 Радиус звезды: 10 тыс. км
 Радиус диска: 0,001–0,01 а.е.



Второй тип обломочного диска вокруг белого карлика виден как красная точка в центре этого инфракрасного снимка туманности «Улитка». Вероятно, данный диск подобен кометному поясу Койпера в Солнечной системе. Такие же диски могут быть и у других белых карликов, но их труднее заметить, поскольку те белые карлики намного старше и поэтому слабее освещают свой диск

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ + ДИСК ИЗ ОБЛОМКОВ

Название системы: WD 2226-210 (туманность «Улитка»)
 Возраст системы: 10 тыс. лет
 Радиус звезды: 10 тыс. км
 Радиус диска: 100 а.е.

Возможность существования планет подкрепляется наблюдениями, показавшими, что диски коричневых карликов претерпевают изменения, включая снижение максимума в инфракрасном излучении силикатов, свидетельствующее о слипании частиц пыли. Подобные изменения наблюдаются и в дисках вокруг более крупных звезд, указывая на рост зародышей планет. Диски коричневых карликов слишком скудны для образования планет размером с Юпитер, но в них достаточно вещества для формирования объектов, подобных Ура-

ну или Нептуну. Некоторые астрономы заявляют, что обнаружили планеты у коричневых карликов, но ни одно из этих открытий пока не подтверждено.

Таким образом, астрономы нашли планеты по крайней мере у одной нейтронной звезды, астероиды и кометы вокруг более чем дюжины белых карликов и признаки ранних

ОБ АВТОРАХ

Майкл Вернер (Michael W. Werner) — ведущий ученый космического телескопа «Спитцер» и научный руководитель по астрономии и физике Лаборатории реактивного движения NASA. Уже 35 лет активно работает в области инфракрасной астрономии, изучая межзвездную среду и формирование звезд в центральной области Галактики. Вторая страсть Вернера — рисование. **Майкл Юра** (Michael A. Jura) — профессор астрономии Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Он занимается астрофизикой холодных разреженных сред и внесолнечных планетных систем. Его интерес к экзопланетам зародился еще в детстве при чтении научной фантастики.

NASA/JPL-CALTECH/R. HURT Spitzer Science Center (opposite page); NASA/JPL-CALTECH/T. PYLE Spitzer Science Center (top); NASA/JPL-CALTECH/K. SU University of Arizona (bottom); MELISSA THOMAS (graphs)

СИСТЕМЫ КОРИЧНЕВЫХ КАРЛИКОВ

У многих коричневых карликов есть диски, в которых могут формироваться планеты. В одном из них, вокруг *OTS 44*, достаточно вещества для рождения планеты размером с Уран или Нептун. Этому карлику около 2 млн лет. Когда Солнце было в таком же возрасте, вокруг него начали формироваться пла-

неты Солнечной системы. Признаки рождения планет в таких малообещающих местах, как окрестности коричневых карликов, белых карликов и нейтронных звезд, говорят о том, что формирование планет распространено намного шире, чем привыкли думать астрономы

КОРИЧНЕВЫЙ КАРЛИК + ДИСК
 Название системы: *OTS 44*
 Возраст системы: 2 млн лет
 Радиус звезды: 100 тыс. км
 Радиус диска: 0,01–0,1 а.е.

стадий их формирования вблизи коричневых карликов. В конечном счете, исследования этих и других внесолнечных систем преследуют две цели. Первая — узнать как можно больше о нашей Солнечной системе, в частности, о ее эволюции и крупномасштабной структуре. Эти характеристики трудно понять за короткое время, да еще находясь внутри системы. Мы надеемся определить статус Солнечной системы: типичная ли она или особенная? При всем разнообразии планетных систем формируются ли они одинаковым путем? Подобие химического состава астероидов Солнечной системы и вещества, падающего на белые карлики, намекает на положительный ответ на данный вопрос. Вторая цель — понять, насколько широко распространена жизнь во Вселенной. Среди наших галактических соседей коричневых карликов примерно столько же, сколько и звезд. Может ли ближайший к Солнцу объект оказаться еще не открытым коричневым карликом?

Могут ли ближайшие к Солнечной системе планеты принадлежать коричневому карлику? Спутник для широкопольных инфракрасных обзоров (*Wide-field Infrared Survey Explorer, WISE*), который NASA планирует запустить в конце года, может открыть несколько коричневых карликов, расположенных ближе известных ближайших звезд. Формирование планет земного типа вблизи коричневых карликов могло бы не только расширить область потенциальных мест нашего обитания, но и открыть захватывающую возможность того, что ближайшая к нам внеземная жизнь просыпается по утрам в лучах коричневого карлика.

Наконец, наличие астероидов и комет вокруг белых карликов повышает вероятность не только сохранения планет после гибели солнцеподобных звезд, но и возможность продолжения на них жизни при условии, что биосфера сможет приспособиться к изменившимся условиям вблизи мерт-

вой звезды. В конце концов, быть может, окрестности белого карлика — не такое уж мрачное место. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- First Fruits of the Spitzer Space Telescope: Galactic and Solar System Studies. M. Werner, G. Fazio, G. Rieke, T.L. Roellig and D.M. Watson in *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 44, pages 269–321; 2006. Доступно по адресу <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0606563>
- Externally-Polluted White Dwarfs with Dust Disks. M. Jura, J. Farihi and B. Zuckerman in *Astrophysical Journal*, Vol. 663, No. 2, pages 1285–1290; July 10, 2007. Доступно по адресу <http://arxiv.org/abs/0704.1170>
- The Chemical Composition of an Extrasolar Minor Planet. B. Zuckerman, D. Koester, C. Melis, B. Hansen and M. Jura in *Astrophysical Journal*, Vol. 671, No. 1, pages 872–877; December 10, 2007. Доступно по адресу <http://arxiv.org/abs/0708.0198>

ПЛАНЕТНАЯ ДРАЗНИЛКА

ДОНАЛД ГОЛДСМИТ

Астрономы уже на пороге открытия планет, подобных Земле, но узнать, обитаемы ли они, будет нелегко

Космический телескоп «Кеплер» (NASA) 6 марта 2009 г. начал выполнять свою четырехлетнюю программу по обнаружению планет земного типа в Галактике. Как и его предшественник — французский *COROT*, запущенный в декабре 2006 г., «Кеплер» будет наблюдать избранные звезды, пытаясь заметить ослабление их блеска. Однократное ослабление может означать все, что угодно: возможно, это сбой в энерговыделении звезды. Второе — тоже мало о чем говорит. Третье ослабление блеска, возникшее через такой же интервал времени, как между первым и вторым, уже должно нас насторожить, четвертое через такой же отрезок времени почти наверняка будет означать, что на орбите вокруг звезды движется планета, регулярно проходящая между нами и звездой. Каждый раз, скользя перед звездой, планета закрывает от нас часть излучения звезды. Тело размером с Землю закрывает около одной десятичной доли излучения своей звезды.

В начале 2009 г. *COROT* обнаружил планету диаметром примерно вдвое больше Земли, которая движется так близко к звезде, что один оборот занимает всего 20 часов. «Кеплер», зеркало которого в три с половиной раза больше, чем у *COROT*'а, может обнаружить десятки и даже сотни планет земного типа, обращающихся вокруг своих звезд на более комфортабельных орбитах. В большинстве проводящихся сейчас проектов по поиску слабого гравитационного влияния планет на их звезды невозможно обнаружить столь малые тела. Недостаток метода в том, что орбита планеты должна располагаться примерно в той же плоскости, что и наш луч зрения, а по теории вероятности это возможно лишь в одном случае из ста. Тем не менее «Кеплер» может обнаружить статистически достоверную выборку галактических собратьев Земли.

Но даже если «Кеплер» сделает это, астрономы не получат той информации, которую они мечтали бы иметь. Каковы условия на этих планетах? Насколько они пригодны для жизни? Если перед звездой проходит газовая планета-гигант, то астрономы могут изучать ее атмосферу, определяя степень ослабления света звезды в разных диапазонах спектра; но планеты типа Земли слишком малы для этого. Стратегия поиска в проектах *COROT* и «Кеплер» выявляет планеты земного типа, но сказать что-то об их природе она не может. Эти телескопы не способны заметить такие признаки жизни на планетах, как характерный цвет хлорофилла или его инопланетного эквивалента (см.: Цзян Н. *Цвет растений на других планетах* // *ВМН*, № 7, 2008). И даже космический интерферометр (*Space Interferometry Mission, SIM*), запланированный к запуску в 2015 г., не сможет нам рассказать много о планетах типа Земли, которые он откроет.

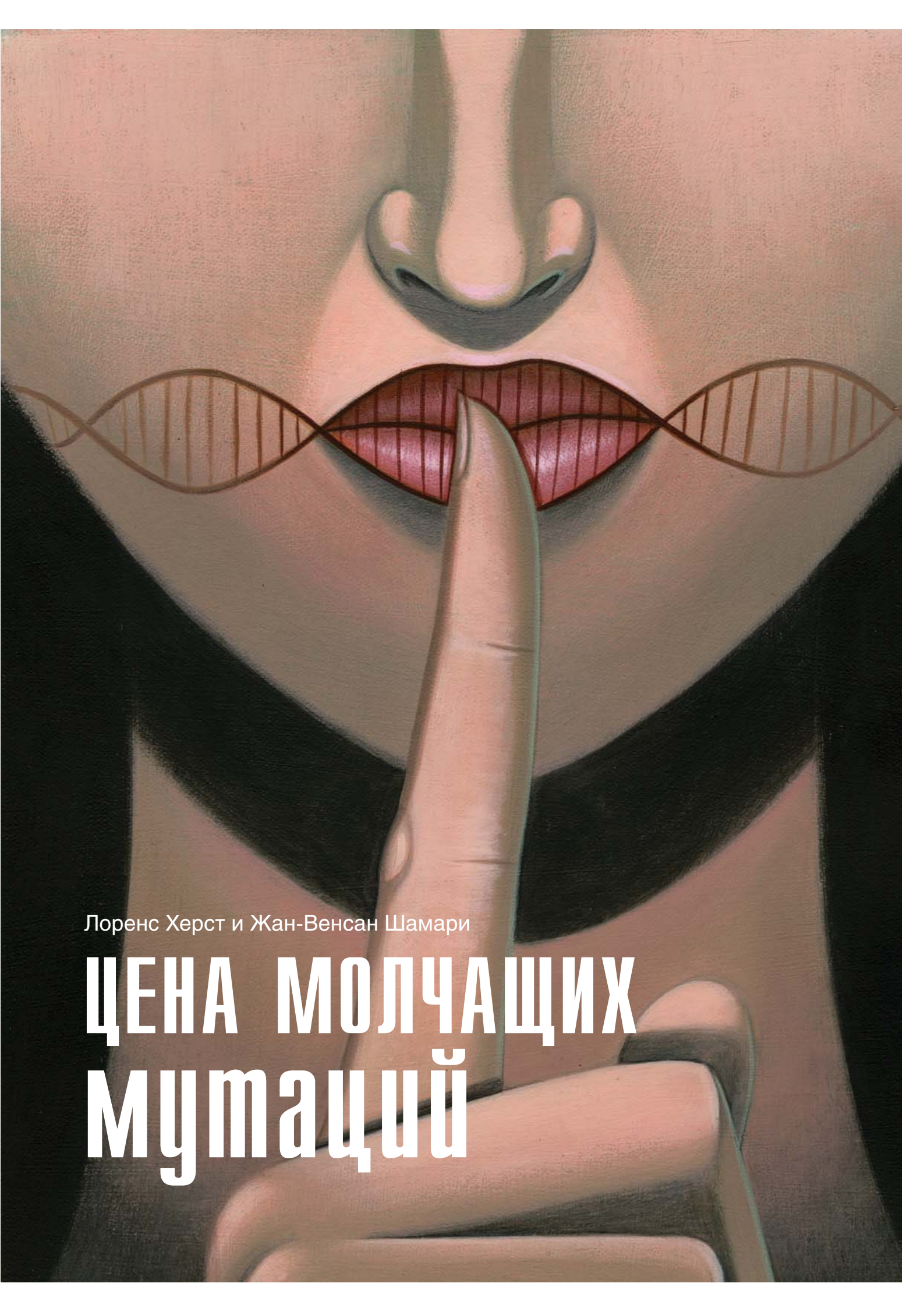
Приборы, способные оценить возможность жизни на планете, появятся еще не скоро, в основном из-за их дороговизны. Искатель планет земного типа (*Terrestrial Planet Finder, TPF*) NASA и миссия «Дарвин» (*ESA*) смогут проводить спек-

троскопические исследования поверхности и атмосферы планет, но ни один из них еще не продвинулся дальше этапа проектирования. Даже если оба агентства объединят свои ресурсы, проект будет стоить около \$2 млрд, а для его воплощения потребуются десять лет. Сейчас вся надежда на получение новой информации о планетах — на космический телескоп «Уэбб» (*James Webb Space Telescope, JWST*), чей запуск запланирован в 2013 г., и на наземные телескопы (см.: Гилмоци Р. *Телескопы будущего* // *ВМН*, № 8, 2006). Хотя эти инструменты не созданы специально для изучения планет, их можно снабдить аппаратурой, способной отсекал свет звезды, что позволит увидеть малые тела, тонущие в звездном блеске. Они могут получить изображения молодых планет-гигантов, если те обнаружатся у ближайших звезд. Кроме того, они способны собрать спектральные данные о планетах, движущихся очень близко от звезды.



В итоге следующие несколько лет работы телескопов *COROT* и «Кеплер» будут очень интересными, а затем наступит период сетований на то, что чего-то еще не удалось открыть. Обычно так и бывает: наука движется шаг за шагом. Сделанные открытия стимулируют создание новых космических обсерваторий. Поиск планет в экстремальных условиях (вблизи нейтронных звезд, белых карликов и коричневых карликов) покажет, насколько вообще распространено рождение планет. Но мы должны быть готовы к тому, что нам еще долго придется выяснять, насколько уникальна наша Земля среди других космических тел.

Доналд Голдсмит (Donald Goldsmith) — автор книги *400 Years of the Telescope* («Телескопы 400 лет», 2009), был научным редактором и соавтором телевизионного сериала *The Astronomers* («Астрономы», PBS) и соавтором фильма *Is Anybody Out There?* («Есть ли там кто-нибудь?», NOVA).



Лоренс Херст и Жан-Венсан Шамари

ЦЕНА МОЛЧАЩИХ МУТАЦИЙ

Небольшие изменения в ДНК, когда-то считавшиеся вполне безобидными, по-видимому, вносят существенный вклад в возникновение различных заболеваний человека и его эволюцию. Кроме того, они могут использоваться в биотехнологии

Долгое время считалось, что механизм развития заболеваний, связанных с мутациями, хорошо известен. Но результаты исследований последних нескольких лет выявили совершенно новые, иногда противоречащие всякой интуиции способы, которыми изменения в ДНК приводят к патологиям. Согласно бытовавшему ранее мнению, понятие «молчащие мутации» подразумевало отсутствие всякого их влияния на организм, поскольку при этом никак не изменялся состав соответствующих белков. Белки участвуют практически во всех клеточных процессах — от ферментативных биохимических реакций до распознавания чужеродных агентов. И если с ними ничего существенного не происходит, то с организмом, соответственно, тоже.

Однако в ходе одного кропотливого судебно-медицинского расследования случайно обнаружилось, что некое заболевание связано с молчащей мутацией, хотя с точки зрения генетиков это казалось невозможным. Еще более таинственное наблюдение было сделано во время исследований эволюции генома: обнаружилось, что многие молчащие мутации сохраняются в ходе эволюции, а значит, они зачем-то нужны организму. У многих видов — но не у человека — такие изменения, казалось, способствуют синтезу белков.

Сегодня становится все более очевидно, что многие молчащие мутации небезразличны для организма. И эти новые сведения об устройстве и функционировании генов могут оказаться бесценными с точки зрения терапии и генной инженерии.

Синонимичные, но не одинаковые

Для того чтобы стало понятно, почему некоторые мутации ничем себя не проявляют, нужно объяснить, как осуществляется синтез белков в клетке. На первый взгляд, ничего особенно сложного в данном процессе нет. Сначала происходит транскрипция — на одной из цепей ДНК синтезируются молекулы матричной РНК (мРНК), почти идентичные оригиналу, а затем осуществляется транскрипция — образование на мРНК аминокислотных цепочек, которые после надлежащей пространственной упаковки превращаются в функциональные белки. Генетический текст записывается в молекуле ДНК с помощью всего четырех «букв» — азотистых оснований аденина (А), тимина (Т), гуанина (G) и цитозина (С); у РНК место тимина занимает урацил (U).

В процессе трансляции этот текст переписывается с языка оснований на язык аминокислот — происходит так называемая экспрессия гена. Чтобы это могло осуществиться, цепи ДНК (а их две) еще на уровне транскрипции локально расходятся, и на них шаг за шагом синтезируется молекула РНК. Как правило, этот первичный транскрипт расщепляется на более короткие фрагменты, и на них с помощью транс-

ляционного аппарата клетки — рибосом — и при участии коротких молекул транспортной РНК (тРНК) синтезируются белки. Каждая тРНК доставляет к месту синтеза свою аминокислоту, при этом большинство из них распознает одну трехнуклеотидную последовательность (кодон) в цепи мРНК. Когда определенная тРНК связывается со своим кодоном, рибосома присоединяет доставленную аминокислоту к растущей полипептидной цепи (*врезка на стр. 29*).

Код, используемый клеткой для перевода информации с языка нуклеотидов на язык аминокислот, — это просто набор правил, согласно которым каждая тРНК выбирает определенную аминокислоту и доставляет ее к рибосоме. Все гены и все соответствующие им мРНК состоят из троек нуклеотидов — кодонов. Из четырехбуквенного ДНК-алфавита могут быть составлены 64 трехбуквенных кодона — это и есть белковый алфавит. Из них три кодона представляют собой стоп-сигналы, прерывающие трансляцию, а остальные 61 соответствуют 20 аминокислотам, так что почти каждая из них задается более чем одним кодоном. Например, все кодоны, начинающиеся с GG (GGA, GGC, GGG, GGU), транслируются в аминокислоту глицин, и в этом смысле синонимичны.

Замена всего одной «буквы» в молекуле ДНК — точечная мутация — может изменить смысл какого-нибудь кодона, так что он будет кодировать другую, «неправильную» аминокислоту (так называемая миссенс-мутация) или стоп-сигнал (нонсенс-мутация). Аналогичным образом однонуклеотидная замена в стоп-кодоне чревата превращением его в кодон аминокислоты. Результатом будет появление более длинно-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Долгое время мутации, которые никак не сказываются на синтезе белка, кодируемого геном, где они возникли, считались «молчащими».
- Исключения из правила навели на мысль, что такие мутации влияют на организм какими-то другими, чем обычно, способами.
- Выяснение тончайших деталей функционирования и эволюции генов поможет пролить свет на природу заболеваний и найти новые способы их лечения.

ПРЕРВАННОЕ МОЛЧАНИЕ

Показано, что примерно 50 заболеваний человека частично или полностью опосредуются молчащими мутациями. Внизу перечислены некоторые из них; они обусловлены ошибками при редактировании первичного транскрипта, что сказывается на синтезе белков

- Синдром нечувствительности к андрогенам
- Атаксия-телеангиэктазия
- Болезнь запасаания эфиров холестерина
- Хронический гранулематоз
- Семейный аденоматозный полипоз
- Наследственный неполипозный рак прямой кишки
- Болезнь Гиршпрунга
- Синдром Марфана
- Болезнь Мак-Арда
- Фенилкетонурия
- Синдром Секела
- X-сцепленная гидроцефалия



Синдром Марфана, основные признаки которого — необычайно высокий рост, непропорционально длинные и тонкие пальцы, деформация грудины, связан с двумя молчащими мутациями, которые приводят к нарушению сплайсинга РНК

го, чем в норме, белка. И, наконец, может произойти такая точковая мутация, в результате которой образуется синонимичный кодон. Подобные мутации и назвали когда-то молчащими.

Молчащие, но не немые

Связь мутаций первых трех типов с различными заболеваниями человека многократно подтверждена. Так, три разные точковые мутации в генах, кодирующих белки — компоненты гемоглобина, ответственны за три серьезных заболевания.

Когда в результате миссенс-мутации происходит замена гидрофильной аминокислоты на гидрофобную, молекулы гемоглобина, стремясь избежать контакта с водой, слипаются, в результате эритроциты (клетки, содержащие гемоглобин) приобретают характерную изогнутую форму. Связанное с этим заболевание называется серповидноклеточной анемией. Другая патология, полицитемия, обуславливается нонсенс-мутацией, которая выводит из строя один из белков — компонентов гемоглобина. И, наконец, телассемия возникает в результате замены стоп-кодона ТАА на кодон САА, кодирующий аминокислоту глутамин, что приводит к синтезу гораздо более длинного, чем в норме, нефункционального белка.

Только в 1980-х гг. биологи осознали, что молчащие мутации тоже могут вызывать различные аномалии, по крайней мере у бактерий и дрожжей. Как раз в это время было сделано одно важное открытие: выяснилось, что упомянутые организмы используют синонимичные кодоны с разной частотой. Например, для кодирования аспарагина *Escherichia coli* гораздо чаще прибегает к кодону ААС, чем к ААТ. Вскоре была установлена причина такого поведения: клетки выбирают один синонимичный кодон из всех возможных потому, что при этом повышается скорость синтеза соответствующего белка или его точность.

Обнаружилось также, что тРНК, соответствующие синонимичным кодонам, обычно присутствуют в клетках в неодинаковом количестве. Следовательно, ген, который содержит больше кодонов, отвечающих относительно избыточным тРНК, должен транслироваться быстрее других, чтобы обеспечивать эту избыточность. Известны и другие случаи: одна из разновидностей тРНК, соответствующая нескольким синонимичным кодонам, может охотнее связываться с одним из них — тем, который обеспечивает максимальную точность трансляции. Следовательно, у клетки есть достаточно оснований для того, чтобы

использовать синонимичные кодоны с разной частотой. Как и следовало ожидать, у дрожжевых и бактериальных генов, кодирующих белки, которые присутствуют в клетке в особенно большом количестве, «неравновесность» синонимичных кодонов особенно велика.

Аналогичное явление позже было обнаружено у других организмов, в том числе у растений, мух и червей. При таком разнообразии живых форм, которым присуще данное свойство, разумно предположить, что им обладают и млекопитающие. И в самом деле, исследование генов живых существ этого класса выявило у них такую же тенденцию. Данное сходство, однако, обманчиво. По непонятным причинам геном млекопитающих состоит из крупных блоков, и у каждого из них — свой нуклеотидный состав: одни обогащены АТ-парами, другие — GC. В результате гены, расположенные в GC-богатых участках генома, содержат эти основания в относительно большом количестве. Наши гены, таким образом, действительно чаще используют определенные кодоны, но, в отличие от простых организмов, такие предпочтения, по-видимому, не связаны с оптимизацией белкового синтеза.

Долгое время считалось, что молчащие мутации вряд ли оказывают заметное влияние на функционирование организма человека. Однако в начале 2000-х гг., когда появилась возможность сравнивать одинаковые гены разных живых существ, стало ясно, что это не так. Сегодня не составляет труда определить скорость дивергенции нуклеотидных последовательностей данного гена у разных организмов. Вообще говоря, любая мутация, не приводящая ни к каким видимым последствиям, безразлична для естественного отбора, который реагирует только на полезные или вредные признаки. Считалось, что молчащие мутации должны находиться в тех участках ДНК, которые не подвержены естественному отбору, — в интронах или 98% генома, не кодирующих никаких белков. Но как только генетики занялись сравнительным анализом скорости эволю-

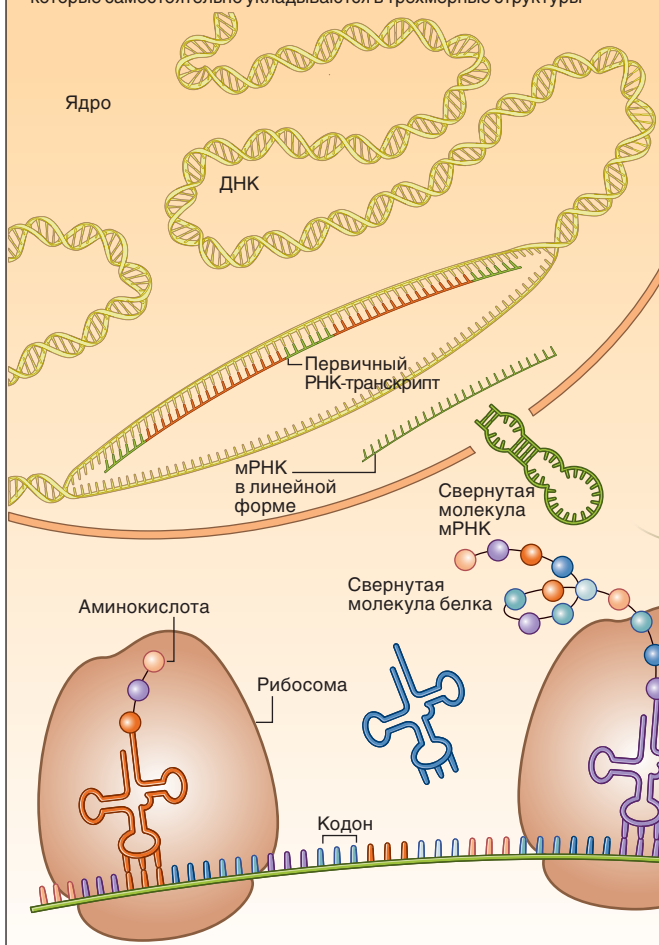
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

Одна из особенностей генетического кода, в соответствии с которой информация, заключенная в ДНК, материализуется при посредничестве мРНК в функциональные белки, — его избыточность. Поясним, что это такое. Алфавит, с помощью которого записаны ДНК- и РНК-инструкции, состоит всего из четырех букв. Они организованы в трехбуквенные слова — кодоны, каж-

дый из которых соответствует одной из 20 аминокислот. Таких кодонов 64, а аминокислот 20; это означает, что некоторым из аминокислот отвечает не один кодон, а несколько. Мутации в ДНК, заменяющие кодон на синонимичный, не приводят к изменению аминокислотной последовательности соответствующего белка и потому называются молчащими

▼ ТРАНСКРИПЦИЯ И РЕДАКТИРОВАНИЕ

В клеточном ядре ДНК находится в форме компактного клубка, и при копировании генов ее цепи должны локально расходиться. Образующиеся первичные РНК-транскрипты подвергаются редактированию — из них вырезаются сегменты, не кодирующие никаких аминокислот; в результате получаются более короткие полинуклеотидные цепи — молекулы мРНК, которые самостоятельно укладываются в трехмерные структуры



▼ СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ КОДОНАМИ И АМИНОКИСЛОТАМИ

Из четырех азотистых оснований молекулы РНК (А, С, G, U) можно образовать 64 триплетные комбинации, а потому некоторым аминокислотам соответствует не один кодон, а несколько. Такие кодоны называют синонимичными. Чаще всего они различаются только по третьим позициям

		Второй нуклеотид триплета						
		U	C	A	G			
U	UUU	Фенилаланин	UCU	Серин	UAU	Тирозин	UGU	Цистеин
	UUC	Фенилаланин	UCC	Серин	UAC	Тирозин	UGC	Цистеин
	UUA	Лейцин	UCA	Серин	UAA	СТОП	UGA	СТОП
	UUG	Лейцин	UCG	Серин	UAG	СТОП	UGG	Триптофан
C	CUU	Лейцин	CCU	Пролин	CAU	Гистидин	CGU	Аргинин
	CUC	Лейцин	CCC	Пролин	CAC	Гистидин	CGC	Аргинин
	CUA	Лейцин	CCA	Пролин	CAA	Глутамин	CGA	Аргинин
	CUG	Лейцин	CCG	Пролин	CAG	Глутамин	CGG	Аргинин
A	AUU	Изолейцин	ACU	Треонин	AAU	Аспарагин	AGU	Серин
	AUC	Изолейцин	ACC	Треонин	AAC	Аспарагин	AGC	Серин
	AUA	Изолейцин	ACA	Треонин	AAA	Лизин	AGA	Аргинин
	AUG	Метионин	ACG	Треонин	AAG	Лизин	AGG	Аргинин
G	GUU	Валин	GCU	Аланин	GAU	Аспартат	GGU	Глицин
	GUC	Валин	GCC	Аланин	GAC	Аспартат	GGC	Глицин
	GUA	Валин	GCA	Аланин	GAA	Глутамат	GGA	Глицин
	GUG	Валин	GCG	Аланин	GAG	Глутамат	GGG	Глицин

◀ ТРАНСЛЯЦИЯ

Рибосомы, находящиеся в цитоплазме, разворачивают молекулу мРНК, «прочитывают» ее триплет за триплетом при участии транспортных РНК, нагруженных каждой своей аминокислотой, и выстраивают вдоль полинуклеотидной цепочки цепочку из аминокислот. Каждая тРНК доставляет к рибосоме одну аминокислоту и связывается с соответствующим кодоном мРНК с помощью комплементарного ему антикодона. Так осуществляется соединение аминокислот в правильной последовательности. Растущая полипептидная цепь покидает рибосому и образует специфическую конфигурацию еще до завершения синтеза

ции молчащих сайтов в генах и некодирующих областях, сразу обнаружилось, что скорости эти разные — свидетельство того, что молчащие мутации все-таки могут иметь физиологические последствия.

Прерванное молчание

Вначале у биологов не было никаких идей относительно механизма влияния таких мутаций на синтез бел-

ка у млекопитающих. Они стали появляться только с накоплением данных о том, что многие заболевания человека суть следствие совокупного действия множества факторов. Молчащие мутации, приводящие к тем или иным заболеваниям, влияют на несколько стадий процессов, имеющих отношение к образованию белков, — от транскрипции ДНК до трансляции.

Одна из таких стадий — редактирование первичного транскрипта, которое начинается сразу после его образования и состоит в удалении из РНК некодирующих участков — интронов. Данный процесс, называемый сплайсингом, аналогичен монтированию отснятого киноа материала, при котором из пленки вырезаются лишние кадры. Клеточная «машина» сплайсинга отыски-

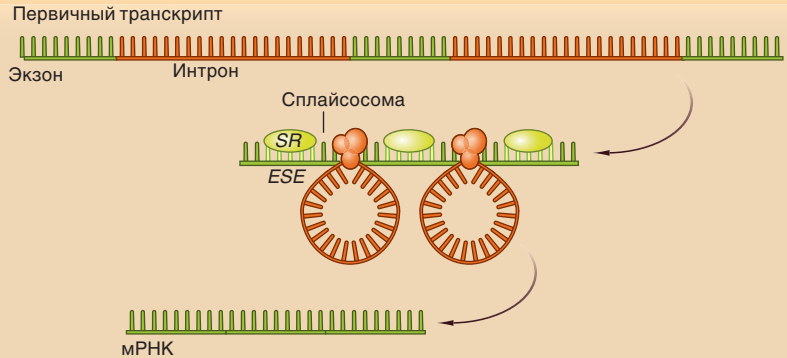
ИЗМЕНЕНИЕ В САЙТЕ СПЛАЙСИНГА

Мутация, в результате которой происходит замена одного синонимичного кодона на другой, может привести к изменению инструкции, закодированной в гене, если эта мутация влияет на редактирование мРНК. Ошибки при редактирова-

нии приводят к различным патологиям, в частности к такому серьезному заболеванию, как муковисцидоз. Схемы, приведенные внизу, наглядно иллюстрируют, как это происходит

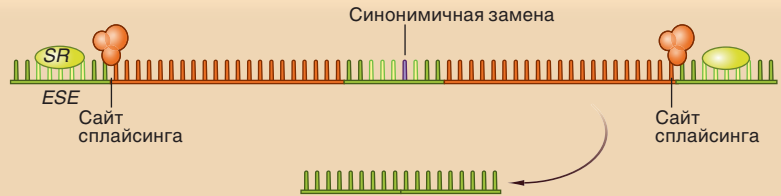
НОРМАЛЬНЫЙ СПЛАЙСИНГ

Первичный транскрипт гена содержит экзоны — сегменты, кодирующие аминокислоты, а также протяженные некодирующие последовательности — интроны. При редактировании транскрипта последние должны быть удалены, только в этом случае образуется функциональная мРНК. Вблизи границ каждого экзона находятся короткие сегменты — так называемые энхансеры сплайсинга (SE). Они указывают машине редактирования места вырезания интронов. Связывание регуляторных белков сплайсинга (SR) с энхансерами служит сигналом для сплайсосом к присоединению к концам интронов. Сплайсосомы вырезают последние из транскрипта, а затем ковалентно сшивают концы оставшихся его сегментов



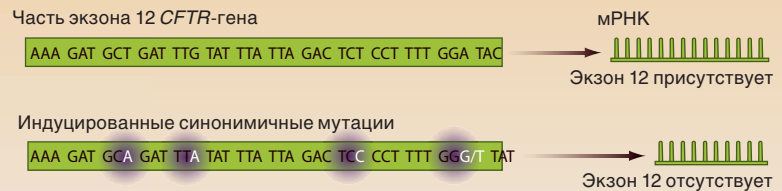
ВЫРЕЗАНИЕ ЭКЗОНА

Однонуклеотидная синонимичная замена в экзоне может привести к тому, что SE при сплайсинге останется незамеченным, и тогда из мРНК окажется исключенным целый экзон



ИЗМЕНЕНИЕ БЕЛКА

Мутации в гене трансмембранного белка *CFTR*, который образует канал для ионов хлора, приводят к тяжелому заболеванию у новорожденных — муковисцидозу. Генетики предприняли попытку проверить, могут ли молчание мутации влиять на *CFTR*-белок. Для этого они последовательно вносили точковые мутации, с тем чтобы получить синонимичные кодоны в 12-м экзоне гена *CFTR* и посмотреть, как это повлияет на его белковые продукты. На схеме представлены пять синонимичных мутаций (четвертая часть из внесенных), каждая из которых приводила к укорочению транскрипта при его редактировании. В результате получалась укороченная мРНК и соответственно — укороченный *CFTR*-белок



вает концы экзонов, разрезает по ним первичный транскрипт и ковалентно сшивает экзоны друг с другом. Конечный продукт сплайсинга — функциональная мРНК. Гены человека особенно богаты интронами: каждый ген содержит в среднем восемь протяженных последовательностей такого типа, и машина сплайсинга должна безошибочно определять их границы.

Исследования последних нескольких лет показали, что экзоны не только кодируют цепочки специфических аминокислот, но и содержат короткие сигнальные последовательности — ориентиры для машины сплайсинга. Основной из них — энхансер сплай-

синга (SE, *splicing enhancer*), сегмент длиной от трех до восьми нуклеотидов, располагающийся по концам экзонов. Наличие таких элементов фактически объясняет, почему в геноме человека одни синонимичные кодоны используются чаще других. Рассмотрим один пример. Триплеты GGA и GGG кодируют аминокислоту глицин и могут входить в состав энхансера. Но первый триплет выступает как более мощный энхансер и обеспечивает более эффективный сплайсинг. По этой причине GGA чаще располагается у концов экзонов.

Подтверждением точки зрения, что специфические кодоны в сигнальной последовательности играют опреде-

ленную роль, стали результаты исследований, проведенных нами совместно с Джоанной Пармли (Joanna L. Parmley). Обнаружилось, что сегмент экзона, по-видимому, действующий как энхансер сплайсинга, эволюционирует медленнее, чем соседние последовательности, тоже участвующие в сплайсинге. Это значит, что он важен для всего происходящего и сохраняется неизменным в ходе естественного отбора. Таким образом, изменения в кодонах энхансеров, влияющие на их смысл, могут иметь драматические последствия для синтезируемого белка просто потому, что они вносят искажения в процесс вырезания интронов.

Когда Уильям Фэйрбразер (William Fairbrother) из Университета Брауна совместно с сотрудниками лаборатории Кристофера Берджа (Christopher Burge) из Массачусетского технологического института сравнили концевые последовательности экзонов у разных людей, они обнаружили их сходство. В имеющихся отношении к сплайсингу последовательностях недоставало многих мутаций, даже относящихся к категории молчащих. Дело не в том, что мутации на концах экзонов не возникают. Просто их появление имеет столь серьезные последствия для образования белков, что они со временем элиминируются из популяции.

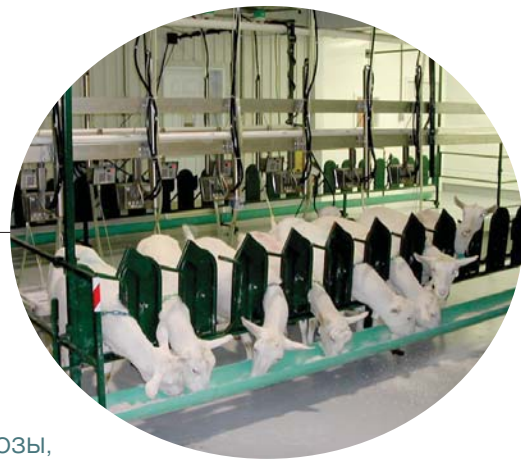
Сегодня известно примерно 50 заболеваний, связанных с молчащими мутациями: при этом многие из них, по-видимому, обуславливаются ошибками при удалении интронов. Энкхансеры сплайсинга могут перекрываться с белок-кодирующими последовательностями, что налагает существенные ограничения на расположение участков, молчащие мутации в которых были бы относительно приемлемы. Недавно Франческо Баралле (Francisco Baralle) из Международного центра геной инженерии и биотехнологии в Триесте (Италия) получил убедительные доказательства причастности одной мутации в энхансере сплайсинга к серьезной патологии. Им было показано, что 25% молчащих мутаций, индуцированных в гене, кодирующем белок *CFTR*, нарушают нормальный ход сплайсинга и скорее всего вносят вклад в развитие муковисцидоза и сходных патологий.

Было бы ошибкой думать, что отрицательное влияние молчащих мутаций на организм исчерпывается нарушениями сплайсинга. Даже если удаление интронов происходит безошибочно, мРНК может принять неправильную пространственную конфигурацию. Она вовсе не является линейной молекулой, как ее для простоты изображают во многих учебниках. Комплементарные участки мРНК спариваются, в результате чего образуется пространственная структура, известная под

названием «петля на стебле». Правильность укладки обеспечивает безошибочность трансляции и последующей деградации молекулы.

Одна молчащая мутация в гене, кодирующем рецептор *D2* нейромедиатора дофамина, приводит к аномальному ускорению деградации мРНК. В результате успевает синтезироваться меньше белка, чем нужно, и возникают когнитивные расстройства. Далее, молчащая мутация в гене катехол-О-трансферазы (*COMT*) повышает плотность упаковки молекулы мРНК, что затрудняет ее локальное развертывание перед трансляцией и замедляет последнюю. Показано, что данная мутация изменяет болевую чувствительность. Может быть, именно по этой причине открытие было сделано в зубоочередной клинике.

Еще один пример «прямого действия» молчащих мутаций — последствия их возникновения в так называемом гене мультирезистентности. Этот ген кодирует белок клеточного ионного насоса, который помогает раковым клеткам выводить химиотерапевтические вещества и обеспечивает их невосприимчивость к лечению. В результате мутации белок приобретает неправильную конфигурацию, и сопротивляемость клеток уменьшается. Поскольку процессы трансляции и пространственной укладки белко-



КОЗЫ, в геном которых включен ген человеческого белка бутилхолин-эстеразы. На основе этого белка, экстрагированного из молока, изготавливают антитоксичный препарат. При конструировании трансгена следует учитывать, какие синонимичные однонуклеотидные замены действительно являются молчащими, а какие могут повлиять на целевой белок или его выработку

вых молекул протекают одновременно, было высказано предположение, что появление редко используемых синонимичных кодонов в мРНК в результате молчащей мутации приводит к возникновению паузы в транскрипции, так что у белка возникает дополнительное время для стабилизации неправильной конформации. Если все это так, то мы имеем дело с еще одной загадкой, относящейся к механизму функционирования генов и белков.

Эффективно работающие гены — эффективная медицина

Последние открытия, касающиеся роли молчащих мутаций, еще раз напоминают, что мы должны прояв-

ВИДОИЗМЕНЕННАЯ ВАКЦИНА

Манипуляции с сайтами синонимичных мутаций позволяют конструировать гены как с более высокой, так и с более низкой производительностью. Штеффен Мюллер (Steffen Mueller) и его коллеги из Университета в Стони-Бруке использовали данный подход для создания безопасной вакцины против полиомиелита. Наиболее мощную иммунную реакцию вызывают вакцины, полученные на основе живых вирусов. Однако есть опасность, что вирус начнет реплицироваться или мутирует и вызовет инфекционное заболевание. Основываясь на том, что микроорганизмы используют некоторые кодоны с разной частотой, Мюллер попытался оптимизировать выработку целевого белка. Для этого он создал полиовирус, в котором заменил относительно редко используемый кодон в сегменте, кодирующем белок оболочки. В результате скорость репликации вируса замедлилась, и он стал менее опасен. Приготовленная на его основе вакцина была протестирована на мышах и проявила высокую эффективность. Этот метод можно использовать для создания вакцин на основе других живых ослабленных патогенов



ПОЛИОВИРУСНЫЕ ЧАСТИЦЫ

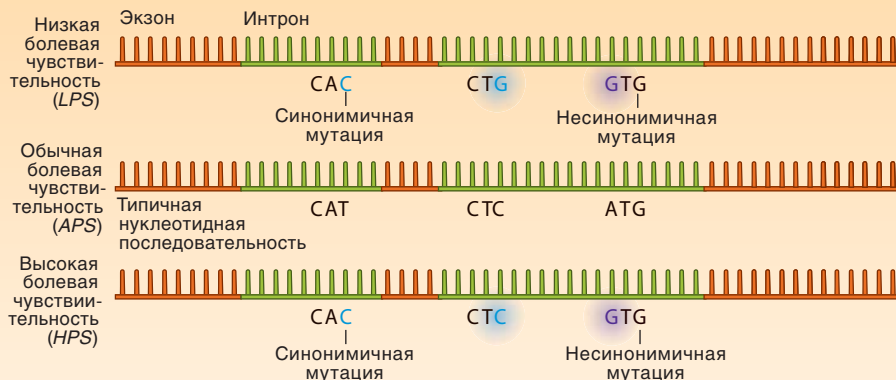
НЕОДНОЗНАЧНОЕ ПОСЛАНИЕ

Синонимичные мутации влияют на болевую чувствительность, изменяя содержание одного из важных клеточных ферментов. Это изменение обусловливается тем, что молекула мРНК, кодирующая указанный фермент, принимает другую конформацию. В зависимости от того, какую именно, облег-

чается или затрудняется ее разворачивание при трансляции. Пространственная укладка мРНК определяется спариванием ее взаимно комплементарных сегментов. Синонимичные мутации приводят к тому, что комплементарными становятся другие сегменты

ВАРИАНТЫ *COMT*-ГЕНА

Существуют три наиболее распространенные версии гена, кодирующего катехол-О-метилтрансферазу. Первая из них ассоциирована с понижением болевой чувствительности, третья — с повышением, а вторая по своему действию занимает промежуточное положение. Самая часто встречающаяся форма (*APS*) и другие две различаются по трем сайтам в экзонах гена, однако только в одном случае из этих трех (фиолетовая окраска) изменяется соответствующая аминокислота. Когда-то полагали, что именно эта замена и отвечает за различия в болевой чувствительности, но у *LPS*- и *HPS*-индивидов соответствующие кодоны оказались одинаковыми (*GTG*), так что упомянутая замена не может быть единственной причиной. И в самом деле, обнаружилось, что одна из синонимичных мутаций (синяя окраска) отвечает за 7% случаев изменения болевой чувствительности



лять осторожность в своих суждениях. Уверенность в полном «молчании» синонимичных мутаций проистекала из незнания природы их связи с изменением выработки белка. В свете новых данных, о которых мы рассказали выше, такая уверенность уже не кажется непоколебимой.

Информация о том, какие нуклеотиды в гене должны оставаться неизменными, а какие могут быть заменены без катастрофических последствий, немедленно нашла применение в биотехнологии. И генная терапия, и промышленное производство белковых терапевтических средств основываются на конструировании нужных генов и встраивании их в клеточный геном. Получение функционального трансгена — трудная задача. Прежде всего необходимо, чтобы клеточный аппарат активировал его, так чтобы синтезировалось необхо-

димое количество кодируемого им белка. Именно здесь на первое место выходит чувствительность к синонимичным, но не молчащим мутациям.

Большинство интронов в геноме человека представляются необязательными элементами (исключение составляет один, обычно первый интрон в гене, необходимый для последующего синтеза белка). Это значит, что трансгены можно компактизировать, удалив из них интроны. Отсюда следует также, что некоторые сайты локализации молчащих мутаций можно немного изменить без всяких нежелательных последствий.

Недавно генетики из Международного института молекулярной и клеточной биологии в Варшаве наглядно показали, какие преимущества для организма человека можно получить, манипулируя с сайтами молчащих мутаций. Гжегож Кудла

(Grzegorz Kudla) и его коллеги взяли три гена и изменили относительное содержание определенных пар нуклеотидов в сайтах молчащих мутаций. Затем они ввели измененные гены в клетки млекопитающих и обнаружили, что при более высоком GC-содержании активность генов и уровень синтеза белков в 100 раз выше, чем при низком.

Ожидается, что все эти инновации окажутся полезными при поиске первопричин различных заболеваний. Очень важно для «охотников за болезнетворными генами» составление каталога генных вариантов для человека. Идентифицировав все точковые мутации у индивидов с данным заболеванием, можно сосредоточиться на исследовании тех областей генома, которые содержат генные варианты, возможно, причастные к этому заболеванию.

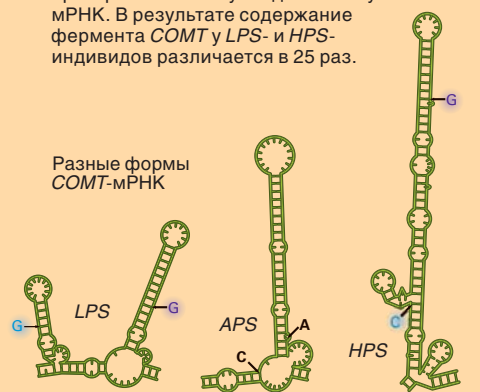
До недавнего времени предполагалось, что если несколько мутаций в каком-то гене коррелируют с наличием заболевания, значит, те из них, которые приводят к изменению аминокислотной последовательности белка — продукта данного гена, — и становятся первопричиной патологии. Так, известно, что *COMT*, ассоциированный с болевой переносимостью, несет мутацию,

ОБ АВТОРАХ

Лоренс Херст (Laurence D. Hurst) и **Жан-Венсан Шамари** (Jean-Vincent Chamari) занимались исследованием эволюции геномов в тот период, когда Шамари был аспирантом в лаборатории Херста в Университете Бата (Англия). Сейчас Шамари пишет научно-технические статьи для *BBC Focus*. Херст, получивший Вулфсоновскую премию Королевского общества за научные достижения, — профессор эволюционной генетики Университета Бата. Занимается выяснением механизмов изменений генов и геномов.

РАЗНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ МРНК — РАЗНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФЕРМЕНТА *COMT*

Несинонимичная нуклеотидная замена в сочетании с синонимичной приводят к серьезному изменению пространственной укладки молекулы мРНК. В результате содержание фермента *COMT* у *LPS*- и *HPS*-индивидов различается в 25 раз.



которая проявляется заменой одной аминокислоты на другую. Такой генный вариант и считали единственным виновником патологии. Однако обнаружилось, что у индивидов как с высоким, так и с низким порогом болевой чувствительности в сайте, содержащем мутацию, находятся одинаковые нуклеотиды. Следовательно, есть какая-то другая причина различия в чувствительности к боли. Ею были признаны молчащие мутации в *COMT*-гене, как только удалось раскрыть механизм их действия.

Представляется, что виновники некоторых заболеваний — вовсе не те мутации, в результате которых синтезируются аномальные белки, а те, что приводят к замене одного синонимичного кодона на другой. Такую альтернативу всегда следует иметь в виду, пытаясь найти целевую точковую мутацию — занятие, аналогичное поиску иголки в стоге сена. И кто знает, какие еще неожиданные открытия будут сделаны во время таких поисков!

Можно подумать, что молчащие мутации, интересные как с научной, так и с прикладной точек зрения, не так уж часто становятся причиной патологии. Однако результаты исследования эволюции

генома свидетельствуют об ошибочности такой позиции. Несколько лет назад один из нас (Херст) показал, что в одном из сегментов гена *BRCA1*, ассоциированного с развитием рака молочной железы у человека и грызунов в молодом возрасте, сайты молчащих мутаций эволюционируют очень медленно в отличие от других сегментов этого же гена. Отсюда не следует, что мутации в медленно изменяющихся сайтах редки. Скорее всего, их носители умирают, и они остаются незамеченными. Позже было показано, что в этом же сегменте располагается энхансер сплайсинга. Иными словами, мы имеем еще один пример того, что молчащие мутации могут быть смертельно опасны.

Насколько распространены генные сегменты, в отношении которых давление естественного отбора проявляется в сохранении сайтов молчащих мутаций? Чтобы ответить на этот вопрос, Херст и Пармли сканировали гены в поисках участков, в которых скорость изменения сайтов молчащих мутаций существенно отличается от таковой в сайтах, где мутации приводят к изменению белков. К нашему удивлению обнаружилось, что сегментов ДНК, содержащих аномально медленно изменяющиеся сайты молчащих мутаций, довольно много. Такие сегменты с высококонсервативными сайтами встречаются в среднем через каждые 10–15 тыс. нуклеотидов.

По нашим оценкам, от 5 до 10% генов человека содержат по крайней мере один сегмент, в котором молчащая мутация может оказаться вредной. Аналогичные результаты получил Марк Дикханс (Mark Diekhans) из Калифорнийского университета в Санта-Крузе. Согласно его данным, в 12 тыс. исследованных им генов присутствовало 1,6 тыс. упомянутых сегментов. Отметим, что эти оценки скорее всего занижены и истинные величины гораздо выше. Если консервативные сайты действительно совпадают с возможным положением молчащих мутаций, способных вызывать заболева-

ние, то ими ни в коем случае нельзя пренебрегать.

Тот факт, что естественный отбор не проходит мимо молчащих мутаций, был признан как раз тогда, когда стала очевидна невообразимая ранее сложность процесса белкового синтеза. Эволюция генов и их функционирование тоже оказались связанными друг с другом гораздо теснее, чем это представлялось лет десять назад. Исследователям еще предстоит раскрыть детали хитроумного механизма функционирования генома. Известно, что ДНК — не простая линейная макромолекула, а плотно свернутый клубок, который должен быть «размотан», чтобы стала возможна транскрипция. Сказывается ли этот процесс на молчащих мутациях? Далее, распространенность необычных кодонов больше, чем, казалось бы, должна быть, и тогда возникает вопрос: для чего они нужны?

Ответы на эти и многие другие вопросы не только помогут глубже проникнуть в тайны белкового синтеза, но и будут способствовать применению новых биотехнологических достижений в медицине. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Hearing Silence: Non-Neutral Evolution at Silent Sites in Mammals. J.V. Chamary, Joanna L. Parmley and Laurence D. Hurst in *Nature Reviews Genetics*, Vol. 7, No. 2, pages 98–108; February 2006.

■ Human Catechol-O-Methyltransferase Haplotypes Modulate Protein Expression by Altering mRNA Secondary Structure. Andrea G. Nackley et al. in *Science*, Vol. 314, pages 1930–1933; December 2006.

■ Silent Polymorphisms Speak: How They Affect Pharmacogenomics and the Treatment of Cancer. Zuben E. Sauna, Chava Kimchi-Sarfaty, Suresh V. Ambudkar and Michael M. Gottesman in *Cancer Research*, Vol. 67, No. 20, pages 9609–9612; October 15, 2007.



Наиля Спицына

ЖИЗНЬ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Способность к воспроизведению себе подобных — универсальное свойство, характерное для всех живых организмов. Однако только у человека этот процесс обуславливается факторами биологической природы (репродуктивный возраст, здоровье, наследственность) и социальной (репродуктивная мотивация, установки и поведение, принятые в обществе)

Интересно, что при этом наблюдаются значительные различия между людьми — от случаев гибели до достижения репродуктивного возраста, безбрачия, бездетности и до многодетности в браках. На уровне популяций процессы репродукции также имеют свои характерные особенности проявления. Они во многом зависят от влияния социальных, экономических, этнических, географических условий, экологии окружающей среды, а также целого комплекса биологических факторов.

Поскольку демографические и генетические изменения неразрывно связаны между собой и протекают одновременно, то любые колебания в динамике численности, соотношениях полов, а также типах браков,

кругах брачных связей, структуре родства неизбежно сопровождаются соответствующими изменениями в генофонде популяции.

Структура браков и состояние здоровья родителей стали основными критериями, которые могут значительно влиять на физическое и психическое здоровье будущего поколения детей. В рамках данной статьи автор хотел бы ограничиться кругом вопросов, непосредственно касающихся лиц репродуктивного возраста, а точнее, их репродуктивного здоровья.

Схематически можно представить пирамиду, в основании которой находятся все генетические особенности потенциальных женихов и невест. Над основанием — широкий спектр гипотетически возможных

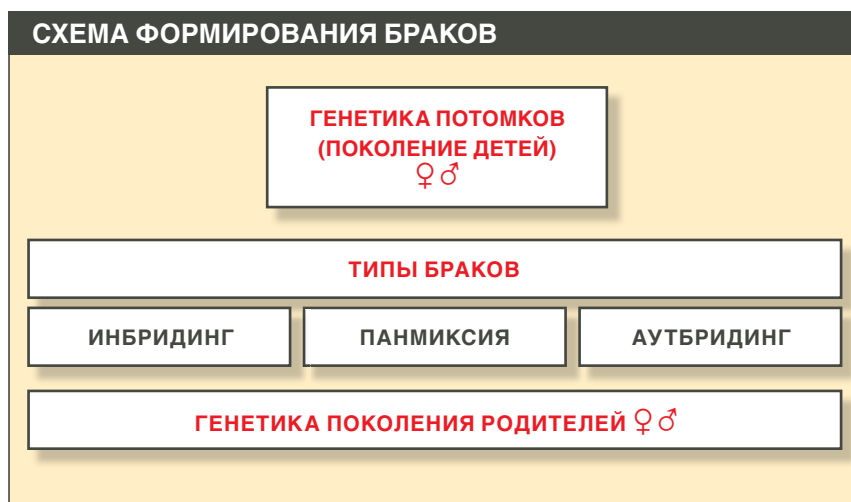
комбинаций браков, а на вершине — реализованные генетические комплексы у потомков (*врезка на стр. 36*).

В популяциях наиболее часто встречаются браки типа панмиксии, при формировании их подразумевается соблюдение принципа равновероятности образования пар. Однако применение термина для человека в значительной степени условно. Само существование различных границ (государственных, географических, этноконфессиональных и других) зачастую служит значительным препятствием. Например, в Москве структура браков отличается большим разнообразием. Тем не менее расчеты показали, что уровень панмиксии не достигнут и, по мнению кандидата биологических наук, ведущего научного сотрудника Института общей генетики РАН О.Л. Курбатовой, отчетливо выявляется выраженный эффект изоляции расстоянием, как следствие проживания большого количества людей на обширной территории.

Структура браков

Структура брачных связей в популяциях зачастую очень сложна, однако при этом в зависимости от степени географической удаленности мест рождения лиц, образующих брачную пару, меняется и генетическая эффективность панмиксии. Так, дети супругов из соседних русских селений при сравнении с детьми русских с севера европейской части России и из Южной Сибири по генетическим признакам отличаются порой настолько сильно, что последних можно сравнить с потомками смешанных браков.

Автором статьи совместно с ее коллегами было выявлено, что абхазы и азербайджанцы контрастны по характеру формирования браков и сохраняют этнические традиции и устои. В сельских популяциях абхазов существует особый тип структурированной экзогамии (браков с выходцами из других населенных мест) со сложной системой запретов и ограничений, целью которых в конечном счете становится предуп-



реждение кровнородственных браков. У азербайджанцев, напротив, выявлена структурированная эндогамия (браки внутри популяции) с предпочтением большей близости расселения.

Историко-генетический анализ сельских популяций, например башкир, показал, что браки между современными членами этой нации соответствуют панмиксии, однако при учете существовавшей в прошлом родоплеменной организации оказалось, что браки между потомками представителей разных родов в реальности приводят к росту эндогамности внутри племени.

Эти и многочисленные другие примеры свидетельствуют об устойчивости кругов брачных связей, сложившихся в поколениях, даже когда они относятся к кочевому в прошлом народу, исторические этапы которого включают длительный миграционный путь.

Генетические аспекты

Известно, что наибольший вклад в повышение генетического разнообразия популяций вносят мигранты, особенно представители из географически отдаленных этнических групп. В генетическом смысле происходят миграция и приток новых генов — процесс, аналогичный возникновению новых мутаций.

Исторический обзор показывает, что начиная с XX в. в России, как и во всем мире, усиливается тен-

денция неуклонного роста межнациональных браков, а также увеличения расстояния между местами рождений супругов.

Дети из межнациональных семей отличаются повышенной степенью индивидуальной гетерозиготности, которая способствует возрастанию показателей общей гетерозиготности популяций. В этом плане интересны результаты работ профессора Е.У. Куандыкова с соавторами, исследовавших показатели репродуктивной функции женщин Алматы. Они проанализировали исходы беременностей в браках казахов, русских, уйгуров, немцев, корейцев,

Структура браков и состояние здоровья родителей стали основными критериями, которые могут значительно влиять на физическое и психическое здоровье будущего поколения детей

татар, украинцев, а также в межэтнических и межрасовых браках. Наименьшая частота ранних спонтанных абортс наблюдалась в однонациональных браках (4,19%), выше была в межнациональных (6,25%) и самая высокая — в межрасовых (7,22%). Такая же тенденция отмечается и в частоте поздних спонтанных абортс. Результаты свидетельствуют о том, что повышение их частоты в межэтнических браках стало

следствием увеличения генетического полиморфизма и изменения генетического гомеостаза.

Работы академика Ю.П. Алтухова позволили по-новому взглянуть на проблему продолжительности жизни организмов. Высокая индивидуальная гетерозиготность определяет высокие темпы развития полового созревания, ранний возраст первой репродукции, замедляет пострепродуктивный рост, сокращает продолжительность жизни. Как отмечает исследователь, «с этой точки зрения должен оцениваться генетический процесс, протекающий в современном урбанизированном человечестве. От состояния подразделения оно уже давно перешло в фазу широкой панмиксии, когда резко возросла внутривидовая гетерозиготность и почти стерлись межпопуляционные различия. Сопутствовавшие этому процессу акселерация и раннее половое созревание не оставляют места благоприятным геронтологическим прогнозам».

По данным члена-корреспондента РАН Н.М. Римашевской, абсолютное число родившихся детей в России за последние 15 лет сократилось с 2,5 млн в 1987 г. до 1,4 млн в 2002 г. Численность умерших лиц в 1,7 раза превышает число родившихся за

тот же период времени. Неуклонно растет общий коэффициент смертности (число умерших на 1 тыс. человек населения) в отличие от стареющих европейских стран. Естественная убыль населения страны в период времени между двумя переписями в 2002 г. была равна 7,4 млн человек.

По данным Росстата, в 2007 г. средняя продолжительность жизни мужчин составила 59 лет, женщин —

73 года. Это среднестатистические потомки поколения 1930–1940-х гг., наиболее драматических в истории страны. В России, пережившей революции и войны, резко изменилась жизнь общества, относительно размеренная в течение предыдущих веков. Многонациональная страна перешла в XX в. от подразделенности популяционной системы вследствие существования этнических, религиозных различий и огромной территориальной протяженности, к панмиксии. Осуществление гигантских проектов по освоению Сибири и Дальнего Востока, целины, масштабные стройки и т.д. сопровождалась перемещением больших масс трудоспособных, молодых, активных людей. Возникали новые населенные пункты, поселки, города, создавались молодые семьи, среди которых было много межнациональных пар.

Влияние социальных и экономических факторов на снижение средней продолжительности жизни россиян в последние десятилетия обсуждается в работах многих исследователей. Однако зачастую остается в тени роль генетического компонента такого сложного социобиологического процесса. С этих позиций возможен совершенно новый взгляд на главную демографическую проблему нашего времени, основу которой составляют снижение продолжительности жизни и убыль населения России.

Несмотря на то что в настоящее время еще не существует единой методики определения подобных корреляций у человека, можно, опираясь на данные динамики генетических и демографических процессов, с известной долей вероятности говорить о сопряженности таких явлений. Предположим, что если бы не произошел распад СССР, и социально-экономические показатели сохранялись неизменными с конца XX в., то рост средней продолжительности жизни граждан сначала бы приостановился, а затем неизбежно началось его снижение, возможно только, не до таких критически низких величин, которые наблюдаются в настоящее время. Проявление

феномена «сверхсмертности» российских мужчин в большей степени обусловлено воздействием социальных факторов. Об этом свидетельствует разница в 14 лет между продолжительностью жизни российских мужчин и женщин в сравнении с аналогичными показателями развитых стран, в которых она не превышает 2–3 лет. Анализ причин смертности, проведенный М.И. Давыдовым с коллегами (НИИ канцерогенеза РАМН) показал, что если бы смертность в России оставалась на уровне 1991 г., то между 1992 и 2004 гг. мы бы потеряли меньше на 2,8 млн мужчин и 800 тыс. женщин в возрасте 15–69 лет. Динамика смертности совпадает с периодами неблагоприятной экономической и социальной обстановки в нашей стране — 1991–1993 и 1998–2000 гг. На значимость социально-экономических факторов указывает также рост смертности, самоубийств и убийств в те годы.

Репродуктивное здоровье

В последние десятилетия наблюдается ухудшение репродуктивного здоровья молодежи. По экспертным оценкам, 15–17% супружеских пар бесплодны и, соответственно, не могут влиять на формирование генофонда следующего поколения. Различные нарушения сперматогенеза приводят к формированию мужского бесплодия, частота которого может достигать 50% всех случаев бесплодия. При этом нужно учитывать, что, по данным профессора Н.П. Кулешова, более половины всех зачатий элиминируется на самых ранних этапах развития. Далее основную пропорцию потерь составляют спонтанные аборт (15%), мертворождения (2%), детская смертность (2–3%).

Успехи современной медицины позволяют определенному числу семей успешно преодолевать патологию с помощью методов вспомогательных репродуктивных технологий: программы ЭКО (экстракорпоральное оплодотворение), ПЭ (перенос эмбрионов), ИКСИ (внут-



ПАНМИКСИЯ — свободное, основанное на случайном, равновероятном сочетании всех типов гамет, скрещивание разнополых особей и перекрестно оплодотворяющихся организмов в пределах популяции или другой внутривидовой группы организмов. Полная панмиксия возможна лишь в идеальных, бесконечно больших популяциях

ОБ АВТОРЕ

Наиля Хаджиевна Спицына — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела антропологии Института этнологии и антропологии им. Миклухо-Маклая РАН.

рицитоплазматическая инъекция сперматозоида). Однако в практической деятельности исследователи почти сразу же столкнулись с совершенно новой проблемой — получения здорового потомства. Увеличение риска рождения больного ребенка связано с проблемами здоровья самих родителей, приведшими к бесплодию. Также существует определенная вероятность возникновения аберраций кариотипа

ем численности нового поколения. Как известно, размеры популяций человека всегда были величинами переменчивыми и подверженными значительным изменениям под воздействием различных социальных и биологических факторов. В истории известны многочисленные примеры восстановления численности после опустошительных войн, эпидемий, пандемий, а также разрушительных природных катаклизмов, кото-

Следующим заслуживающим внимания явлением в течение процессов воспроизводства стала ситуация с динамикой младенческой смертности в популяциях России. Так, в 1994 г. в Казани впервые зафиксировано снижение младенческой смертности на 10,5% (с 20,9 умерших детей до года на 1 тыс. родившихся до 18,7). Оставаясь достаточно высокой в сравнительном аспекте, она, тем не менее, отражает характерную для разных регионов страны тенденцию последних лет. Так, коэффициенты младенческой смертности в России в 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001–2005 гг. составили: 18,1, 17,2, 16,5, 16,9, 15,3, 14,6, 12,6.

Однако самыми серьезными и требующими осмысления стали данные о снижении младенческой смертности в указанные годы, поскольку оно приходится на самые сложные годы социально-экономических преобразований в стране.

Положительная динамика показателей младенческой смертности обычно происходит в странах с высоким уровнем жизни и качеством медицинского обслуживания населения, поскольку она требует больших капиталовложений. На фоне реформ и социальных перемен, которые произошли в России начиная с 1990 г., система здравоохранения переживала далеко не лучшие времена. И в этих условиях наблюдающееся снижение младенческой смертности оказывается явлением, происходящим не благодаря, а вопреки положению в системе охраны материнства

Дети супругов из соседних русских селений при сравнении с детьми русских с севера европейской части России и из Южной Сибири по генетическим признакам отличаются порой настолько сильно, что последних можно сравнить с потомками смешанных браков

(хромосомные перестройки) в ходе применения вспомогательных репродуктивных технологий.

В то же время в репродуктивно здоровой части населения наблюдается снижение числа детей в семьях, особенно выраженное в городах, напрямую связанное с усилением искусственного контроля рождаемости. Так, по данным автора статьи, в Казани среднее число беременностей, приходящееся на одну женщину пострепродуктивного возраста, достаточно велико и составляет 5,3, аборт — 3,5, а родами завершается только 1,7 беременности. Аналогичны показатели репродуктивной функции женщин пострепродуктивной возрастной когорты популяции Ставрополя — они составляют 5,9, 3,9 и 1,8 соответственно. Несколько лучше результаты в Чебоксарах, Саранске и Сыктывкаре.

Репродуктивная компенсация

Переход популяции от расширенного типа (трое и более детей в семье) к простому воспроизводству (2,13 ребенка) или суженному (меньше двоих детей) сопровождается уменьшени-

ем во многом объясняют возникновение так называемых популяционных волн. Подобные явления репродуктивной компенсации происходят и в наши дни. Например, через год после разрушения Всемирного торгового центра в Нью-Йорке был отмечен всплеск рождений детей в семьях сотрудников и родственников пострадавших от теракта. Журналисты даже назвали это явление «объятиями после стресса». После распада СССР Армения, так же как и другие республики, пережила экономические трудности, связанные с высоким уровнем безработицы и энергетическим кризисом. И сообщение о том, что разрушен-

По данным Росстата, в 2007 г. средняя продолжительность жизни мужчин составила 59 лет, женщин — 73 года

ный город Спитак через десять лет после произошедшего сильнейшего землетрясения 1988 г. восстановил численность, свидетельствует о существовании скрытых популяционных резервов репродуктивной компенсации.

и детства. Популяция ведет себя не просто как некая абстрактная совокупность жителей города или страны — она предстает как единый высокоорганизованный живой организм, отвечающий на изменившиеся условия, связанные

с критической ситуацией с рождаемостью и смертностью.

Демографический переход

В работе профессора С.П. Капицы «Глобальная демографическая революция и будущее человечества» показано, что «существенным и общим результатом демографической революции станет удлинение продолжительности жизни и сокращение рождаемости, в результате чего возрастет число пожилых граждан и уменьшится численность молодежи».

Реалии современной жизни вносят свои коррективы в стройную систему теоретических представлений о будущем направлении эволюции популяций. Широкая панмиксия и аутбредные браки (явление, противоположное инбридингу и представляющее собой крайние варианты панмиксии) способствуют изменению генетического равновесия в популяциях вследствие разрушения стабилизированных в поколениях старых генных комплексов и роста разнообразия генотипов. В популяциях повышается уровень гетерозиготности индивидов и формируются новые разнообразные генные комбинации.

Не последнее место занимают в этом процессе изменения, связанные с демографическим переходом от традиционного типа воспроизводства народонаселения к малодетности в семьях. Простой и особенно суженный типы воспроизводства меняют все параметры демографической структуры популяций, в том числе нарушают существовавшие в обществе социальные и родственные связи.

Коренным образом меняется структура родства. Переход к одноплодности в семьях означает значительное обеднение родственных связей, отсутствуют дяди и тети, нет племянников и племянниц, внучатых племянников и племянниц и т.д. Если раньше преемственность и связь поколений поддерживалась с помощью сети многочисленных родственников (родных, двоюродных, троюродных братьев и сестер и т.д.), то теперь каждую конкретную семью с предками соединя-



А.С. ПУШКИН, возможно, не случайно погиб в 37 лет — это второй критический возраст в жизни человека. Кроме того, мы не знаем, сколько бы он прожил в других обстоятельствах. Скорее всего с генетической точки зрения он далеко не долгожитель: потомок от аутбредного брака, «ускоренные» биологические часы, сверхпродуктивность в творчестве, высокая сексуальная активность, репродуктивный план тоже завершен с перевыполнением

ет только тонкая нить, связанная с судьбой единственного ребенка. Данное биологическое явление математически можно сравнить с судьбой единичного события, которое подвержено случайным колебаниям

Однако не менее важна и другая сторона демографических изменений, и связана она в случаях малодетности и одноплодности в семьях с уменьшением собственно генетического выбора из возрастающего разнообразия возможных генетических комбинаций. По всей видимости, переход к новым репродуктивным установкам и стереотипам может выступать в качестве сдержи-

вающего механизма роста гетерозиготности генофондов популяций.

В народонаселении России как части мировой популяционной системы происходят изменения в процессах воспроизводства. Однако у нашей страны свой путь эволюционного развития со значительным преимуществом в виде больших запасов природных ресурсов. В этом смысле огромная территория и минимальная плотность населения не могут служить фактором, сдерживающим рост численности.

Жизнь продолжается. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 09-06-00114 а)

Карлос Дрисколл, Эндрю Китченер,
Джульет Клаттон-Брок и Стивен О'Брайен

ПРИРУЧЕНИЕ КОШКИ



Открытия в области генетики и археологии изменили наше представление о процессе доместикации кошек. Дикая кошка стала домашней несколько раньше, нежели до сих пор считалось, и произошло это на другой территории

Независимые и отстраненные, иногда они умеют быть нежными и любящими; привязанные к своим хозяевам, кошки остаются дикими животными, грациозными и свободными. Они внушают любовь, но иногда бывают раздражающе несносными. Несмотря на переменчивый нрав и острые когти, они — самые популярные домашние питомцы. В Америке в каждом третьем доме живет кошка, которую хозяева считают членом своей семьи. Однако, несмотря на близость к человеку, эти создания по-прежнему таят в себе загадку. До сих пор до

конца не раскрыта тайна их происхождения. Почему они оказались рядом с человеком? В то время как все прочие дикие животные были одомашнены ради молока, мяса и шерсти, или же для того, чтобы принести пользу людям, кошки не давали и не дают фактически ничего из вышеперечисленного. Тем не менее они стали привычной составляющей нашего окружения.

Долгое время ученые считали, что древние египтяне были первыми, кто начал держать кошек в качестве домашних животных (это было около 3,6 тыс. лет назад). Но сделанные за последние пять лет открытия в области генетики и археологии заставляют пересмотреть такой сценарий. Сейчас появилась новая гипотеза относительно того, кто был предком домашней кошки, и как этот предок оказался рядом с человеком.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Исследователей до сих пор удивляет, как и почему кошки стали спутниками человека.
- Традиционно считалось, что египтяне были первыми, кто приручил кошек, и произошло это около 3,6 тыс. лет назад.
- Недавние генетические и археологические исследования показывают, что это не так. Доместикация кошек началась примерно 10 тыс. лет назад на Ближнем Востоке, в районе Плодородного (Благодатного) полумесяца, где к тому моменту начало развиваться земледелие.
- Недавние открытия приводят нас к мысли, что кошки стали жить среди людей ради мышей и объедков, которыми изобиловали поселения человека.

Историческая родина

Существует целый ряд причин, по которым вопрос о происхождении домашней кошки возникает снова и снова. Во-первых, до сих пор не было бесспорно доказано, что все многообразие современных кошек произошло лишь от одного вида кошачьих — *Felis silvestris*, или лесной кошки. Кроме того, сложно представить, что домашние кошки всего мира произошли от небольшой популяции, затерянной в далеком уголке земного шара. Современные дикие кошки представлены популяциями, обитающими по всему Старому Свету — от Шотландии до Южной Африки и от Испании до Монголии, поэтому до недавнего времени специалисты не имели возможности точно определить, какая из них дала начало домашним кошкам. В качестве альтернативы гипотезе о египетском происхождении домашних питомцев некоторые исследователи предлагали теорию, в соответствии



“Пока она в доме, она ловит мышей и ласкова с детьми, если только дети не слишком больно таскают ее за хвост. Но чуть улучит минуту, чуть настанет ночь и взойдет луна, сейчас же она говорит: «Я, Кошка, жожу, где вздумается, и гуляю сама по себе» — и бежит в чащу Дикого Леса, или влезает на мокрые Дикие Деревья, или взбирается на мокрые Дикие Крыши и дико машет своим диким хвостом”
 — Редьярд Киплинг.
Кошка, гулявшая сама по себе

с которой domestикация происходила сразу в нескольких местах. Во-вторых, диких представителей этого семейства сложно различать между собой и еще сложнее — отличать от фeralьных домашних кошек дикого, тигрового окраса (так называемый тигровый табби), что порождает дополнительную путаницу. Все эти животные имеют один и тот же паттерн изогнутых полос в окраске шерсти, и все они свободно скрещиваются между собой, еще больше размывая границы между популяциями.

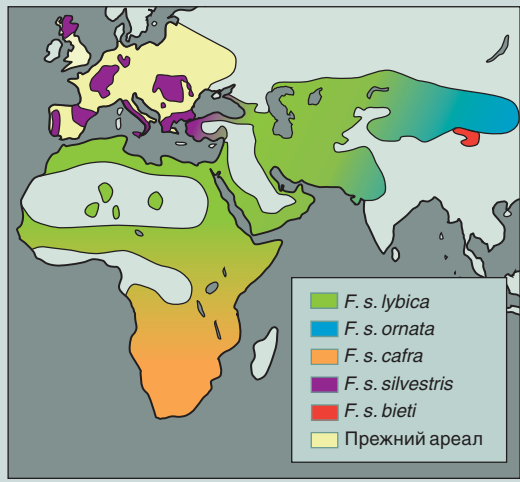
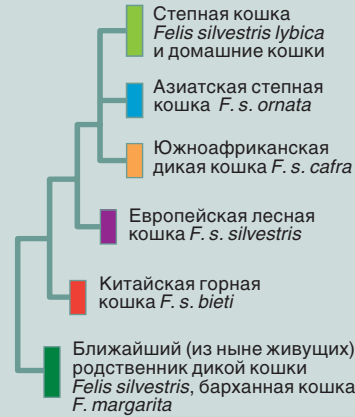
В 2000 г. один из нас (Дрисколл) решил прояснить ситуацию, для чего организовал сбор образцов ДНК у представителей мелких кошачьих: 979 проб, взятых у диких и домашних кошек в Южной Афри-

ке, на Ближнем Востоке, в Азербайджане, Казахстане и Монголии. Дикие кошки — одиночки, жестко привязанные к своей индивидуальной территории и защищающие ее от посягательств других представителей своего вида. Дрисколл ожидал, что генетическая структура интесующих его популяций кошачьих будет сильно варьировать в зависимости от географии, но при этом сохранять стабильность во времени. Если локальные аборигенные группы этих животных будут заметно различаться между собой по строению ДНК, и если ДНК домашних кошек будут иметь явное сходство с представителями лишь одной из природных популяций, то такое сходство будет четко указывать, где началась domestикация, и какой дикий подвид послужил исходным материалом.

В 2007 г. были опубликованы результаты исследования, в котором группа ученых проводила генетический анализ собранных ранее образцов ДНК (в работе принимали участие Дрисколл и О’Брайен). Исследователи сфокусировали свое внимание на двух типах ДНК, которые молекулярные биологи обычно проверяют, чтобы дифференцировать подгруппы видов млекопитающих. Речь идет о митохондриальных ДНК, которые наследуются исключительно по материнской ли-

ПРЕДОК ДОМАШНЕЙ КОШКИ

Исследователи проанализировали ДНК, принадлежащие примерно 1 тыс. диких и домашних кошек со всего Старого Света, чтобы определить, который из подвидов дикой кошки *Felis silvestris* стал предком наших домашних любимцев. Было обнаружено, что все исследованные ДНК (по сходству в нуклеотидных последовательностях) можно разделить на пять групп, причем в каждой группе все ДНК принадлежали диким кошкам из одного и того же региона (карта). Однако домашние кошки (независимо от места обитания) попадали только в одну группу — вместе с ближневосточной степной кошкой *F. silvestris lybica* обитающей на Ближнем Востоке (фото). Эти данные указывают на происхождение всех пород домашних кошек от одного предка — *F. s. lybica* (схема справа)



JANE BURTON Getty Images (preceding pages); TOM BRAKEFILED Getty Images (this page); JEN CHRISTIANSEN (illustration)

нии, и о коротких, повторяющихся последовательностях ядерных ДНК, известных как микросателлиты. Используя специальную компьютерную программу, ученые на основании характерных черт в строении ДНК определяли родственные связи каждой из 979 особей, выбранных в качестве образцов. В частности, они сравнивали, насколько сходна каждая из изучаемых ДНК с таковой у остальных 979 попавших под обследование кошек. Затем генетики сгруппировали животных по данному признаку и проверили, действительно ли большая часть животных из этих групп обитают в одном регионе.

В результате генетического анализа были выявлены пять генетических групп (или кластеров) диких кошачьих. Четыре группы соответствовали четырем известным подвидам диких кошек, обитающих на разных территориях: европейская лесная кошка (*F. silvestris silvestris*) в Европе, китайская горная кошка (*F. s. bieti*) в Китае, азиатская степная кошка (*F. s. ornata*) в Центральной Азии и южноафриканская дикая кошка (*F. s. cafra*) в Южной Африке. Пятая группа включала в себя не только пятый существующий подвид диких кошек — ближневосточную степную кошку (*F. s. lybica*), обитающую на Ближнем Востоке, но также и всех домашних представителей, ДНК которых были взяты в качестве образцов. К ним относились чистокровные и беспородные кошки из таких отдаленных регионов, как США, Великобритания и Япония. Фактически представители подвида *F. s. lybica*, которые были пойманы в пустынях Израиля, Объединенных Арабских Эмиратов и Саудовской Аравии, генетически почти не отличались от домашних кошек. То, что последние оказались в одной группе с единственным подвидом диких кошачьих, степной кошкой, означает, что они ведут свое происхождение от представителей именно этой популяции, и одомашнивание происходило только на территории Ближнего Востока, а не в каком-либо другом месте, где также обитают дикие кошки.



Поскольку ответ на вопрос, откуда произошли наши любимцы, был получен, перед нами встала следующая задача — установить, когда это случилось. Изучая количество случайных генетических мутаций, накапливающихся в геноме популяций с постоянной скоростью, специалисты могут вычислить, когда произошло то или иное эволюционное изменение. Однако 10 тыс. лет (примерный период одомашнивания кошек) — слишком небольшой отрезок времени, внутри которого сложно точно определить дату с помощью данной методики, также называемой методом молекулярных часов. Поэтому, чтобы выяснить, когда начался процесс одомашнивания, мы обратились к данным из области археологии. Одна из недавних находок оказалась для нас особенно информативной.

В 2004 г. Жан-Дени Винь (Jean-Denis Vigne) из Французского государственного музея естественной истории в Париже и его коллеги обнаружили самое раннее свидетельство, указывающее на то, что люди содержали кошек в качестве домашних животных. Раскопки производились на Кипре, где 9,5 тыс. лет назад в неглубокой могиле был захоро-

РАННЯЯ ДОМЕСТИКАЦИЯ. Традиционно одомашнивание кошки приписывали древним египтянам, державшим этих животных примерно 3,6 тыс. лет назад. Однако в 2004 г. археологи, работавшие на Кипре, обнаружили захоронение, сделанное 9,5 тыс. лет назад, где рядом с взрослым человеком покоилась кошка (ее скелет обведен желтым). Кошки никогда не были естественными обитателями острова, поэтому люди должны были доставить их туда на лодках, вероятно, с ближайшего к Кипру Левантийского побережья. Это открытие указывает на то, что люди на Ближнем Востоке стали держать кошек в качестве домашних животных задолго до египтян



нен взрослый человек неизвестного пола. Ассортимент предметов, окружавших тело, включал в себя каменные орудия труда, кусок железной руды, горсть морских раковин и т.п. А в 40 см от основной могилы находилась маленькая, в которой лежали останки девятимесячного котенка. Мы знаем, что кошки не являются естественными обитателями большинства средиземноморских островов, следовательно, их привезли туда люди. Вероятно, кошек завезли на лодках с расположенного по соседству Левантийского побережья. Транспортировка кошек на остров и захоронение их вместе с человеком указывают на особое к ним отношение, существовавшее около 10 тыс. лет назад на Ближнем Востоке. Эти данные хорошо согласуются с результатами нашего генетического анализа. Таким образом, получается, что когда человек создавал

ОТ ДИКОСТИ К МЯГКОСТИ

Основываясь на археологических и исторических данных, ученые считают, что превращение ближневосточной степной кошки в повсюду сопровождающего человека домашнего любимца растянулось на тысячи лет



◀ 10,5–9,5 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
Домовые мыши заселили зернохранилища человека в Палестине (совр. Израиле); появление земледелия и постоянных поселений человека создали возможности для кошек, которые пожелали приблизиться к человеку, чтобы охотиться на грызунов



9,5 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
Двойное захоронение человека и кошки на Кипре; самое раннее свидетельство особого отношения человека к кошкам



◀ 33,7 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
Статуэтка кошки из слоновой кости, найденная в Израиле; находка предполагает, что к тому моменту кошки были обычными обитателями поселений человека в районе Плодородного полумесяца

3,6 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
Художественные изображения египетских кошек в Фивах

◀ 2,9 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
В Египте кошки стали «официальным божеством» в виде богини Бастет (Баст); огромное количество кошек было мумифицировано в ее священном городе Бубастисе, что свидетельствует о целенаправленном разведении египтянами домашних кошек

2,3 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
Расцвет поклонения кошкам в Египте; в период царствования династии Птолемеев (305–30 гг. до н.э.) был наложен строжайший запрет на вывоз кошек из страны

2 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД
Найдены останки кошки в немецком местечке Тофтинг в Шлезвиге; растет количество упоминаний об этих животных в литературе и живописи, что указывает на распространение домашних кошек по всей Европе



◀ 1350–1767 ГГ.
«Книга стихов о кошках» («Тамара Мау»), составленная буддистскими монахами Таиланда, описывает аборигенные (или естественные) породы, например сиамов, которые возникли во многом благодаря дрейфу генов, а не вмешательству человека

1800-Е ГГ.
Согласно записям Харрисона Вейра, английского специалиста в области естественной истории, большая часть современных пород кошек возникла в этот период времени в Великобритании



◀ 1871 Г.
В Хрустальном дворце в Лондоне прошла первая выставка кошек, на которой экспонировались представители пород, созданных человеком

2006 Г.
Компания Allerca создает первую «гипоаллергенную» кошку

свои первые поселения в этой части Ближнего Востока, известной как Плодородный (Благодатный) полумесяц, кошки уже были им приручены.

Игра в кошки-мышки

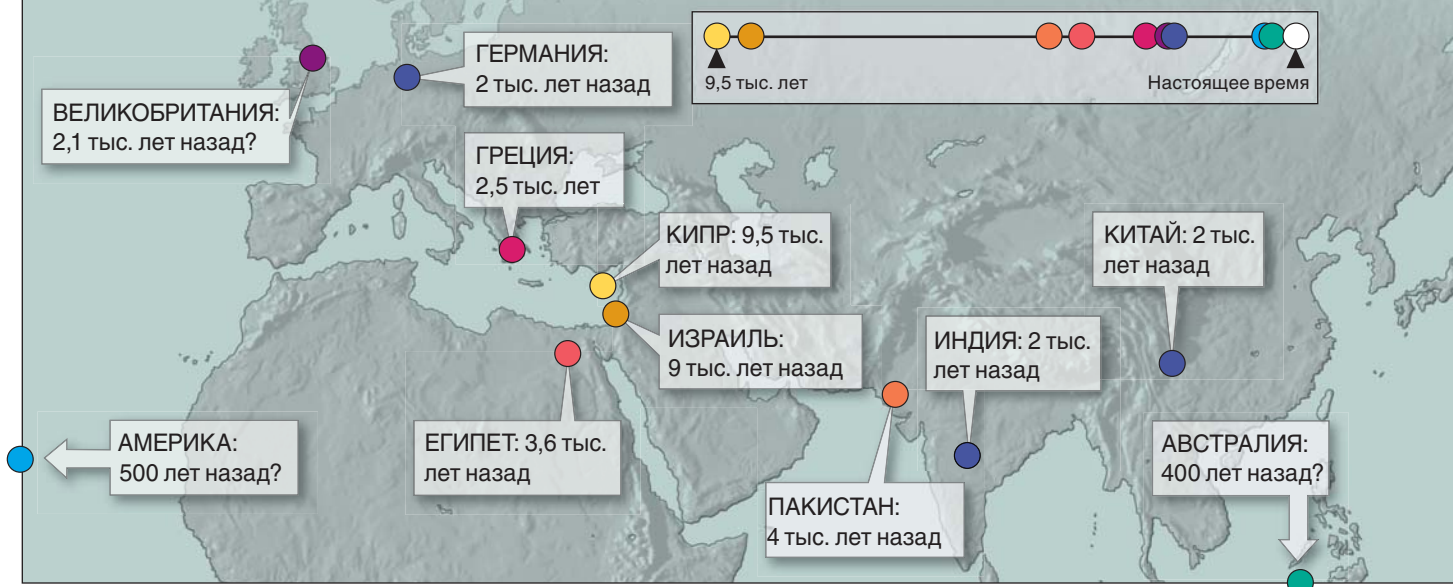
Определившись с географией и примерной датой начала domestikации, мы вновь столкнулись со старым вопросом, почему кошки и люди оказались вместе, почему между ними возникли специфические взаимоотношения. В целом кошки не производят впечатления удачных кандидатов на приручение. Предки большинства домашних животных жили в группах с четкой иерархией. Люди невольно воспользовались этой структурой, заняв место альфа-индивида, что позволило контролировать поведение всей сплоченной группы. Эти социальные животные уже были приспособлены к жизни в тесном соседстве друг с другом, поэтому при обеспечении должным количеством пищи и надежным убежищем они легко адаптировались к ограничению свободы.

Кошки, напротив, выступают как одиночные охотники, яростно защищающие свою территорию от других особей того же пола. Лишь живущие в прайдах львы представляют собой исключение из правила. (Современные исследования социального поведения кошачьих показывают, что это не совсем так; например, у гепардов, ранее считавшихся одиночными, были обнаружены сложные семьи, в которых несколько самок совместно выращивают пометы; то же верно и для домашней кошки, именно поэтому она способна вступать в тесные персонифицированные взаимоотношения с человеком. — Прим. пер.) Более того, если большинство домашних животных питаются легко доступными растительными кормами, то кошки — строгие хищники (они даже утратили способность чувствовать вкус сахаров) и имеют ограниченную способность усваивать что-либо кроме мяса. Также важно отметить, что кошки не воспринимают приказов. Такие характерные черты их натуры приводят

STEPHEN DALTON Photo Researchers, Inc. (mouse); THE ISRAELI MUSEUM, JERUSALEM (statuette); THE BRITISH MUSEUM (mummy); DAVE KING/Getty Images (Siamese); HELMI FLICK (British Shorthair)

КОШАЧЬЕ ПУТЕШЕСТВИЕ

По мере того как сельское хозяйство и постоянные поселения человека распространялись с территории Плодородного полумесяца по всему миру, следуя за земледельцами, расселились по свету и кошки. Ниже приведена карта, отражающая наиболее ранние свидетельства присутствия домашних кошек в жизни человека в разных уголках планеты



к мысли, что если прочих домашних животных люди специально отбирали из дикой природы и разводили с определенной целью, то кошки, наоборот, сами пришли к людям, поскольку это давало им некие преимущества.

Ранние поселения на территории Благоприятного полумесяца, существовавшие во время неолита, от 9 до 10 тыс. лет назад, практически полностью изменили жизнь некоторых диких животных, которые обитали в этой местности и были достаточно гибкими и любопытными (или пугливыми и голодными), чтобы использовать жилища человека себе во благо. Одним из таких созданий оказалась домовая мышь (*Mus musculus domesticus*). Останки этих грызунов (изначально обитавших в Индии) археологи обнаружили среди первых зернохранилищ, созданных человеком для диких зерновых в Палестине примерно 10 тыс. лет назад. Вне зернохранилищ домовая мышь не могла успешно соперничать с местными дикими грызунами, но переместившись в дома и хозяйственные постройки людей, она оказалась в выигрыше.

Скорее всего, одни домовые мыши не могли привлечь внимание кошек. Расположенные на окраинах городов свалки были, вероятно, также весьма привлекательными. Эти два источника пищи в сумме должны были привлечь кошек, вынудив их адаптироваться к жизни среди людей; в терминах эволюционной биологии, селективное преимущество получали те животные, которые были способны сосуществовать с людьми и благодаря этому иметь доступ к помойкам и мышам.

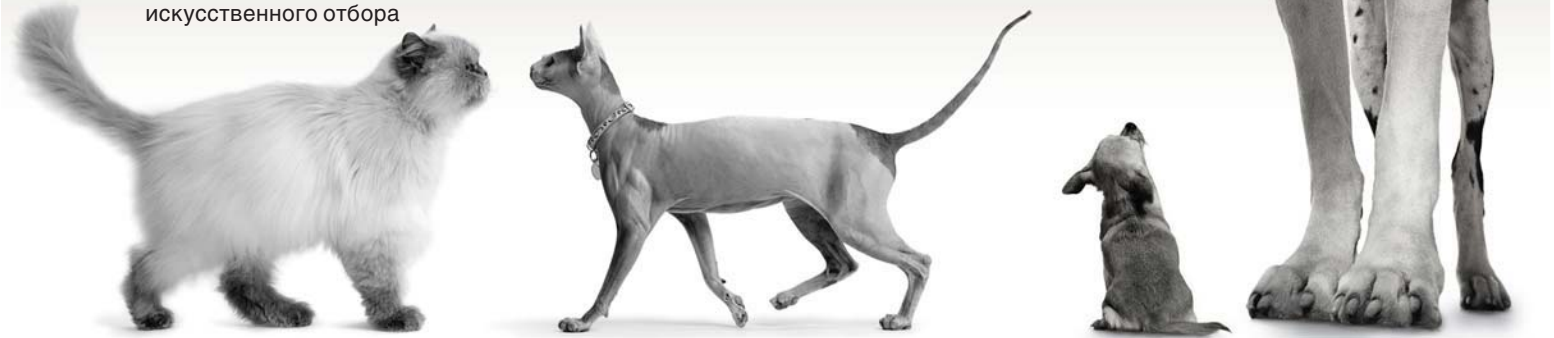
Со временем те дикие кошки, которым было более комфортно жить в окружении человека, начали проникать в деревни по всей территории Плодородного полумесяца. Отбор на выживание в новой для мелких хищников экологической нише должен был стать принципиальным для одомашнивания, а уже имеющаяся пластичность поведения поддерживалась и продолжала эволюционировать благодаря конкуренции между особями. Поскольку протодоместцированные кошки были предоставлены сами себе, их навыки охоты и «собирательства» на свалках по-прежнему совершенствовались.

Небольшие по размерам, кошки не могли причинять заметный вред хозяйству, поэтому люди ничего не имели против их компании. Напротив, им нравилось их присутствие, и они даже поощряли маленьких хищников, видя, как те охотятся на мышей или подбирают объедки. Кошки могли привлекать человека и другим. Существует гипотеза из разряда научных спекуляций, в соответствии с которой дикие кошки совершенно случайно оказались преадаптированы к контакту с человеком благодаря определенным внешним признакам. Речь идет о так называемых «инфантильных» чертах: большие глаза, курносый нос и высокий, округлый лоб, как известно, провоцируют у человека проявление родительского поведения. И тогда вполне вероятно, что некоторые люди брали таких котят в дом просто потому, что считали их очаровательными. В результате они их приручили.

Остается вопрос, почему именно степная кошка оказалась единственным подвидом диких кошачьих, который был одомашнен. Ответ на него неизвестен, однако существует свидетельство того, что некоторые

ПРАВДА О КОШКАХ И СОБАКАХ

В отличие от собак, демонстрирующих широчайшее разнообразие размеров, форм тела и характеров, домашние кошки относительно однообразны и различаются в основном по типу шерстного покрова. Причина небольшой вариабельности кошек проста: люди долго разводили собак для выполнения определенных задач (таких как охота или буксировка нарт), а кошки, которые не имеют склонности к выполнению почти никаких полезных человеку действий, не попали под столь сильный пресс искусственного отбора



другие подвиды, такие как европейская или китайская горная кошки, менее терпимы к людям. Если они действительно не столь толерантны к человеку, то этот признак сам по себе мог препятствовать их принятию в дома. Более дружелюбные южноафриканская и центральноазиатская дикие кошки, с другой стороны, вполне могли стать домашними благодаря более подходящему характеру. Но места обитания степной кошки расположены рядом с самыми первыми поселениями человека, поэтому этот подвид (по сравнению с остальными) имел фору во времени. По мере распространения сельского хозяйства за пределы территории Плодородного полумесяца, одомашненная линия *F. s. lybica* сопровождала человека и занимала эту нишу в каждом регионе, в который проникла, эффективно закрывая дверь перед носом популяций местных кошачьих. Если бы домашние кошки с Ближнего Востока не были завезены в Африку или Азию, то, возможно, аборигенные виды диких кошек в этих регионах по мере развития урбанистической цивилизации стали бы проникать в дома и деревни.

Восход богини

Мы не знаем, как долго происходила трансформация дикой кошки Ближ-

него Востока в любящего домашнего питомца. Под влиянием определенных условий животные могли стать домашними достаточно быстро. В одном знаменитом эксперименте, начавшемся в 1959 г., советские ученые проводили отбор разводившихся в клетках серебристо-черных лисиц на лояльность к человеку, и всего через 40 лет такая селекция привела к появлению ручных животных. Однако крестьяне неолита не занимались целенаправленным разведением (хотя бы потому, что им было бы очень трудно контролировать скрещивание свободно гуляющих по улице кошек). Вероятно, влияние человека на доместикацию было не столь значительным, а возможная гибридизация уже прирученных кошек с дикими еще больше тормозила одомашнивание, растянув процесс на тысячи лет.

Несмотря на то что точное время превращения дикой кошки в домашнюю пока неизвестно, существуют археологические данные, позволяющие сделать определенные выводы. В первую очередь, стоит вспомнить о захоронении на Кипре, сделанном около 9,5 тыс. лет назад. Найденные в Израиле кошачьи коренные зубы, примерный возраст которых — около 9 тыс. лет, также указывают на существование связи между человеком и кошкой.

Доказательства полной доместикации относятся к гораздо более позднему периоду. Например, в Израиле была обнаружена выполненная из слоновой кости статуэтка кошки, возрастом около 3,7 тыс. лет. Видимо, для поселений Ближнего Востока в то время было характерно присутствие кошек. Чуть позже они попали и в Египет. Исследователей не оставляет ощущение, что и все прочие домашние животные кроме осла (а также культурные растения) попали в долину Нила с территории Ближнего Востока. Но именно рисунки египтян (датированные периодом Нового царства, называемым также «золотой эрой» Египта, начавшимся около 3,6 тыс. лет назад) служат древнейшим бесспорным свидетельством полной доместикации. На этих рисунках изображены кошки, лежащие в разных позах в креслах, иногда в ошейниках или на привязи, и часто пьющие из миски или поедающие обрешки мяса. Изобилие подобных иллюстраций означает, что в этот период времени кошки уже стали привычными обитателями египетских домов. То, что ученые традиционно воспринимали древний Египет как место одомашнивания кошек, — в значительной степени результат влияния этих запоминающихся рисунков. Однако даже

самые древние египетские изображения диких кошек (возраст которых насчитывает от 5 до 6 тыс. лет) моложе захоронения на Кипре.

Цивилизация Древнего Египта однозначно сыграла важнейшую роль в последующем процессе окончательной domestikации и распространения кошек по всему миру. Фактически египтяне подняли любовь к кошкам на новый уровень.

Около 2,9 тыс. лет назад в Египте домашние кошки стали официальным божеством, воплощением богини Бастет (или Баст). Их стали мумифицировать и хоронить в священном городе этой богини, который назывался Бубастис. Количество обнаруженных там кошачьих мумий измеряется в тоннах и указывает, что египтяне не просто «собирали урожай» с феральных или диких популяций, но впервые в истории активно разводили домашних кошек для этих целей. В течение многих веков Египет официально запрещал вывоз своих священных кошек из страны. Тем не менее примерно 2,5 тыс. лет назад эти животные попали в Грецию. Позже суда с зерном начали совершать рейсы из Александрии в Рим и другие города Римской державы, и кошки определенно были на борту, помогая бороться с крысами. Расселенные таким образом, животные могли образовать колонии в портовых городах, а затем распространиться оттуда по окрестным землям. Начиная с I в. н.э. римляне стали быстро расширять свою империю, и домашние кошки путешествовали вместе с ними по миру, распространившись по всей Европе. Свидетельством их расселения может послужить, например, находка в немецком местечке Тофтинг в Шлезвиге, датированная 4–10 вв. н.э., так же как и увеличивающееся количество упоминаний о кошках в живописи и литературе того периода. (Странно, но получается, что кошки достигли Британских островов незадолго до появления там римлян; исследователи до сих пор не могут объяснить этот факт.)

Тем временем в противоположной части земного шара, вероятно, в этот же период (почти 2 тыс. лет назад), домашние кошки распространились на Восток. По хорошо развитым торговым путям между Грецией, Римом и Дальним Востоком, они через Месопотамию и Центральную Азию попали в Китай, оказались в Индии, проникнув туда и по суше, и по морю. А затем произошло интересное событие. Поскольку на Дальнем Востоке обитали аборигенные дикие кошки, с которыми вновь прибывшие могли свободно скрещиваться, восточные домашние представители рода вскоре начали развиваться по своей собственной траектории. В небольших изолированных группах домашних кошек Востока постепенно накапливались мутации, и благодаря процессу, называемому дрейфом генов (при котором признаки, не являющиеся ни благоприятными, ни вредоносными, закрепляются в популяции), у них появлялись необычные окрасы шерстного покрова и другие специфические черты. В результате появились сиамские, бирманские, корат и все прочие кошки так называемых естественных (или аборигенных) пород, которые были описаны тайскими буддистскими монахами в «Книге стихов о кошках», датированной примерно 1350 г. Предполагаемая древность этих пород была подтверждена генетическими исследованиями, результаты которых были объявлены в прошлом году. Мерлин Менотти-Рэймонд (Marilyn Menotti-Raymond) из Национального института рака

и Лесли Лионс (Leslie Lyons) из Калифорнийского университета в Дэвисе обнаружили различия в ДНК современных европейских и восточных пород домашних кошек, указывающие на независимое разведение этих пород в течение более чем 700 лет.

О том, когда домашние кошки попали в Америку, известно немного. Христофор Колумб и другие мореплаватели того времени, по упоминаниям в записях современников, в трансатлантических путешествиях брали этих животных на борт. Пилигримы, прибывшие на корабле «Мэйфлауэр» и обитатели Джеймстауна, как сказано, привезли кошек с собой, чтобы те контролировали численность грызунов и приносили удачу. О том, как домашние кошки попали в Австралию, известно еще меньше, хотя исследователи считают доказанным, что животные прибыли с европейскими мореплавателями в 1600-х гг. Наша группа из Национального института здоровья США сейчас занята решением этой проблемы, используя анализ ДНК.

Выведенные для красоты

Несмотря на то что люди отчасти влияли на развитие естественных пород Востока, целенаправленные усилия по выведению новых пород были предприняты относительно недавно. Даже египтяне, которые, как мы знаем, активно разводили кошек, не вели селекцию по каким-то внешним признакам, возможно, из-за того, что в тот период еще не появились различные вариации кошачьей внешности: на рисунках того времени и дикие, и домашние кошки

ОБ АВТОРАХ

Карлос Дрисколл (Carlos A. Driscoll) — сотрудник Природоохранного исследовательского центра Оксфордского университета и Лаборатории генетического разнообразия в Национальном институте рака; в 2007 г. он опубликовал первое составленное на основе анализа ДНК генеалогическое древо вида дикая кошка (*Felis silvestris*), от которого ведет свое происхождение домашняя кошка. **Эндрю Китченер** (Andrew C. Kitchener) — глава отдела млекопитающих и птиц Национальных музеев Шотландии; занимается географической вариабельностью и гибридизацией у млекопитающих и птиц. **Джульет Клаттон-Брок** (Juliet Clutton-Brock), основатель Международного совета по археозоологии — пионер в исследованиях domestikации и раннего земледелия. **Стивен О'Брайен** (Stephen J. O'Brien) — руководитель Лаборатории генетического разнообразия в Национальном институте рака; проводил генетические исследования на гепардах, львах, орангутанах, пандах, горбатых китах.



СКРЕЩИВАНИЕ ДОМАШНИХ КОШЕК С ЭКЗОТИЧЕСКИМИ ВИДАМИ кошачьих привело к революции в их генетике. На фото изображена саванна — результат скрещивания домашней кошки с сервалом

изображены одинаковыми, с окрасом тигровый табби. Эксперты, ссылаясь на книгу «Английская естественная история» Харрисона Вейра (Harrison Weir), считают, что большая часть современных пород была создана на Британских островах в XIX в. В 1871 г. первые настоящие декоративные породы кошек (т.е. разводимые человеком специально для придания животным определенной привлекательности) были продемонстрированы на кошачьей выставке, состоявшейся в Хрустальном дворце в Лондоне. Сиамы произвели сенсацию, но победителем стала кошка персидской породы.

Сегодня Ассоциацией любителей кошек и Международной ассоциацией любителей кошек признано около 60 пород домашних кошек. При этом за все разнообразие окраски шерстного покрова, длины и фактуры шерсти, так же как и за другие, менее явные характеристики, как, например, затушеванность, отвечает всего дюжина генов.

Благодаря проведенному в 2007 г. полному секвенированию генома

абиссинской кошки генетики быстро идентифицируют мутации, отвечающие за появление таких признаков, как табби-паттерн, черный, белый или рыжий цвета шерсти, ее длина и пр. Однако кроме различий в генах, связанных со структурой шерстного покрова, разница между породами домашних кошек с точки зрения генетики незначительна и сравнима с таковой между соседними популяциями человека, например между французами и итальянцами.

Широкий спектр размеров, форм тела и особенностей характера, присущий собакам разных пород (от чихуахуа до немецкого дога), у кошек отсутствует. Последние демонстрируют гораздо меньшее разнообразие, скорее всего потому, что, в отличие от собак, которые (начиная с доисторических времен) разводились для охраны, охоты и пастьбы, дикие кошки не подвергались действию столь строгого отбора. Чтобы проникнуть в наши дома, кошкам было достаточно всего лишь выработать доброжелательное отношение к человеку.

Так можно ли сказать, что современные кошки — домашние? Безусловно, да. Но лишь отчасти. Несмотря на то что они удовлетворяют критерию терпимости к людям, по большей части эти животные не зависят от человека ни при добыче пищи, ни при поиске пары. И тогда как все прочие домашние животные (например, собаки) заметно отличаются от своего дикого предка, средняя домашняя кошка в целом соответствует по строению тела своему прародителю. Существуют лишь несколько морфологических отличий (а именно, более короткие лапы, меньший по размеру мозг и, как отмечал еще Чарлз Дарвин, более длинный кишечник), которые вполне могут быть приспособлением к питанию кухонными объедками.

Современная домашняя кошка не остановилась в своем развитии, напротив, она далека от этого. Заводчики, вооруженные искусственным осеменением и технологией оплодотворения в пробирке, кардинально меняют геном этого животного, выходя на неизведанную территорию: они гибридизуют домашнюю кошку с дикими видами кошачьих ради создания новых экзотических пород. Бенгал и каракот, например, были получены путем скрещивания с азиатской леопардовой кошкой и каракалом соответственно. Благодаря этому домашняя кошка может стать примером беспрецедентной и радикальной эволюции в гибрид из нескольких видов, о чем будущем мы можем лишь фантазировать. ■

Перевод: Т.А. Митина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Cats: Ancient and Modern. Juliet Clutton-Brock. Harvard University Press, 1993.
- The Natural History of the Wild Cats. Andrew Kitchener. Cornell University Press, Comstock Publishing Associates, 1997.
- A Natural History of Domesticated Mammals. Second edition. Juliet Clutton-Brock. Cambridge University Press, Natural History Museum, 1999.

МАКС

2009

**МОСКВА
ЖУКОВСКИЙ
18-23 АВГУСТА**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
АВИАЦИОННО-
КОСМИЧЕСКИЙ
САЛОН**

**НЕБО
НАЧИНАЕТСЯ
ЗДЕСЬ**

МАКС — это место консолидации авиационной промышленности, демонстрации достижений и обсуждения проблем с высшими структурами государственной власти

МАКС — это место, где промышленность встречается с рынком.

МАКС — это место, где с минимальными затратами устанавливаются кооперационные и международные связи.

МАКС — это место, где ученые демонстрируют последние достижения в области авиации, космонавтики и новых технологий.

МАКС — это место, где эксплуатанты встречаются с разработчиками.

WWW.AVIASALON.COM

+ 7 (495) 787 66 51



Дэвид Ваккари

фосфор: ГРЯДУЩИЙ КРИЗИС

Запасов этого важного элемента — ключевой составляющей удобрений — хватит на десятилетия. Но меры по его сохранению ради будущего сельского хозяйства следует принимать уже сегодня

При всей сложности химических жизненных процессов условия для активного развития растений зачастую сводятся к трем основным цифровым показателям: например 19, 12 и 5. Речь идет о процентах содержания в почве азота, фосфора и калия; такие показатели непременно указываются на каждой упаковке с удобрениями. Именно эти три питательных элемента обеспечили в XX в. рост сельскохозяйственного производства и более чем шестикратное увеличение численности населения Земли.

Каков их источник? Азот мы получаем из атмосферного воздуха, тогда как фосфор и калий нам приходится добывать на месторождениях. Если мировых запасов калия нам вполне хватит на несколько сотен лет, то совсем иначе обстоят дела с фосфором. Легкодоступные месторождения этого элемента могут начать истощаться уже к концу нынешнего столетия, когда численность населения Земли достигнет своего пика и, по мнению некоторых экспертов, окажется большей, чем способна прокормить наша планета.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Добыча фосфора для производства удобрений опережает восполнение этого элемента с помощью геологических циклов. Если в США доступные внутренние месторождения фосфоритов могут быть истощены через несколько десятилетий, то в ряде других стран — примерно через 100 лет.
- Избыточное количество фосфора в океанах, морях и водоемах способствует массовому развитию водорослей, гниение которых лишает рыбу кислорода, создавая «мертвые зоны».
- Уменьшение почвенной эрозии и извлечение фосфора из отходов сельского хозяйства и жизнедеятельности человека помогли бы обеспечить устойчивое производство продуктов питания и предотвратить развитие водорослей.

Более того, не исключено, что трудности возникнут значительно раньше. Как показывают прошлые резкие колебания цен на нефть, ужесточение рыночных условий может происходить задолго до фактического истощения данного вида природных ресурсов. К тому же запасы фосфора распределены по поверхности планеты еще менее равномерно, чем нефть, что лишь увеличивает беспокойство по поводу его поставок. На долю США (второго после Китая крупнейшего мирового производителя фосфора) приходится 19% его мировой добычи, и 65% этого количества поступают из шахт возле города Тампа в штате Флорида, которые через несколько десятилетий могут быть полностью выработаны. Между тем примерно 40% мировых запасов фосфора находятся в распоряжении одной-единственной страны — Марокко, которую иногда называют «Фосфорной Саудовской Аравией». Хотя в настоящее время Королевство Марокко является стабильным и дружественным США государством, подобная диспропорция превращает фосфор в геостратегическую бомбу с работающим часовым механизмом.

Следует добавить, что фосфорные удобрения наносят немалый ущерб окружающей среде. При использовании современных сельскохозяйственных технологий втрое возрастает естественная норма потери почвы фосфора, а чрезмерный поверхностный сток с сельхозугодий в реки и водоемы способствует неконтролируемому массовому развитию водорослей и нарушению равновесия водных экосистем. Фосфор, которому никогда не уделялось столь пристального внимания, как углероду или азоту, стал в наше время одной из важнейших проблем экологической устойчивости.

Соображения натуралиста

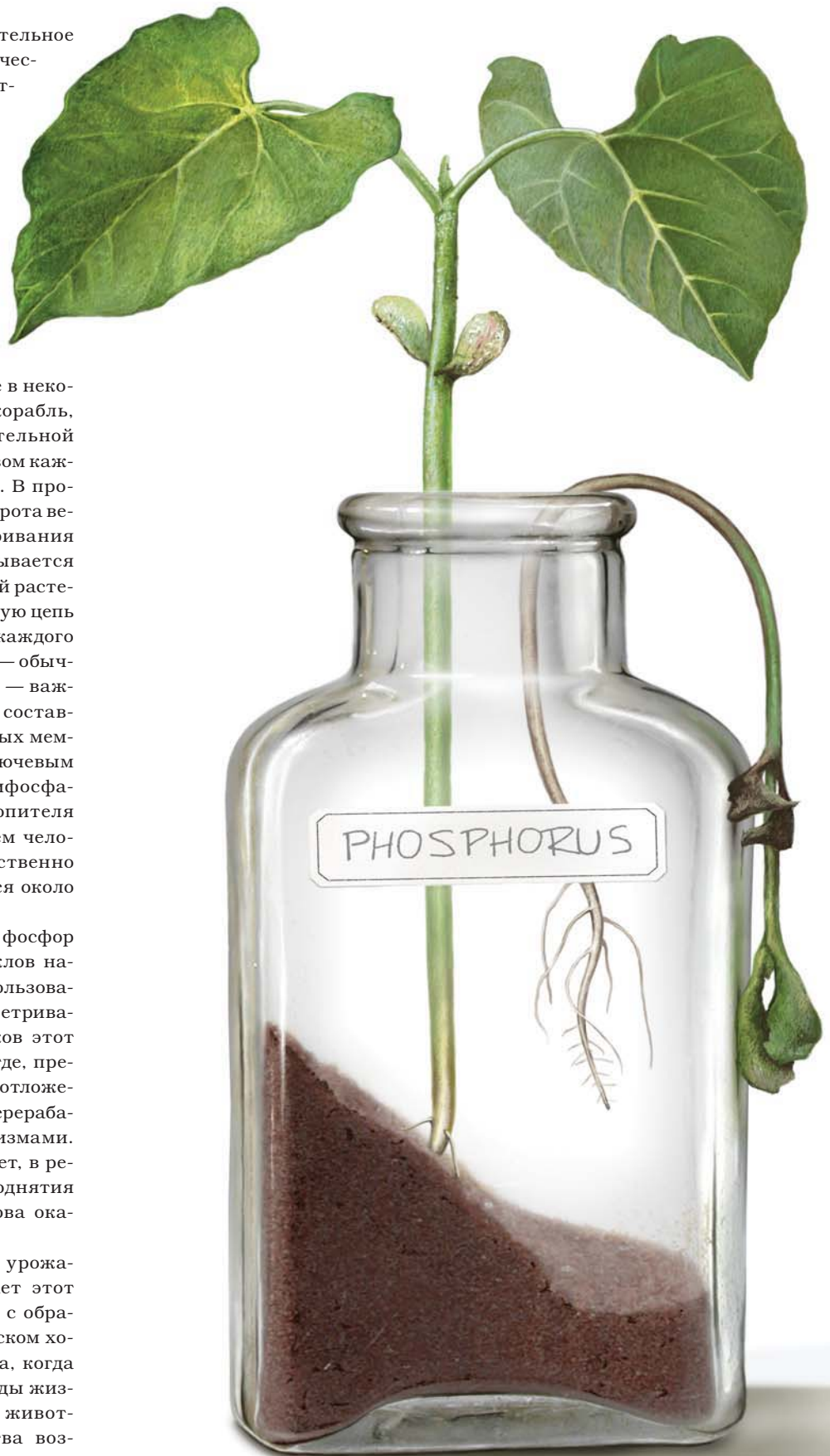
Интерес к фосфору появился у меня в середине 1990-х гг., когда я стал участником программы NASA по изучению возможности выращивания пищевых культур в условиях космоса. Создание такой сис-

темы предполагает внимательное изучение циклов всех химических элементов, которые потребляют выращиваемые культуры и которые затем придется многократно повторно использовать в замкнутом пространстве космического корабля. Подобная технология может понадобиться нам для будущего полета на Марс продолжительностью почти три года.

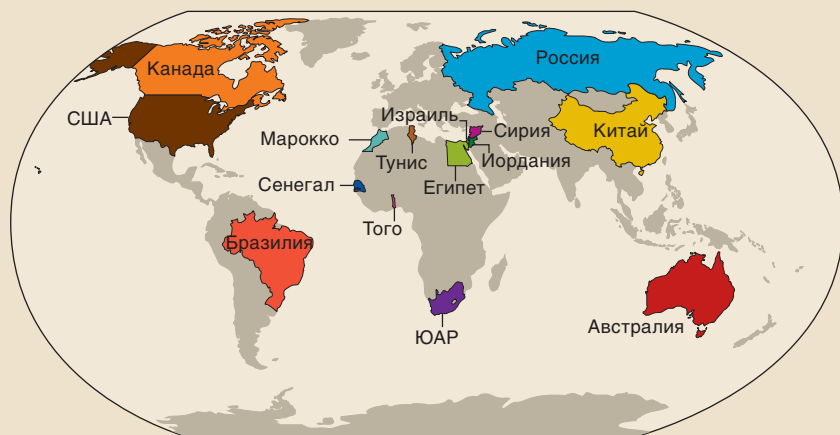
Наша планета — это тоже в некотором роде космический корабль, располагающий в значительной мере постоянным количеством каждого химического элемента. В процессе естественного круговорота веществ в результате выветривания горных пород фосфор оказывается в почве. Затем, поглощаемый растениями, он попадает в пищевую цепь и проходит через организм каждого из живых существ. Фосфор — обычно в виде фосфат-иона PO_4^{3-} — важнейший элемент жизни. Он составляет основу ДНК и клеточных мембран, а также является ключевым компонентом аденозинтрифосфата (АТФ) — главного накопителя энергии в клетке. В среднем человеческом теле, преимущественно в наших костях, содержится около 650 г фосфора.

В наземных экосистемах фосфор проходит примерно 46 циклов начального и повторного использования. После этого путем выветривания и поверхностных стоков этот элемент попадает в океан, где, прежде чем перейти в донные отложения, он еще около 800 раз перерабатывается морскими организмами. Через десятки миллионов лет, в результате тектонического поднятия этот же фосфор может снова оказаться на суше.

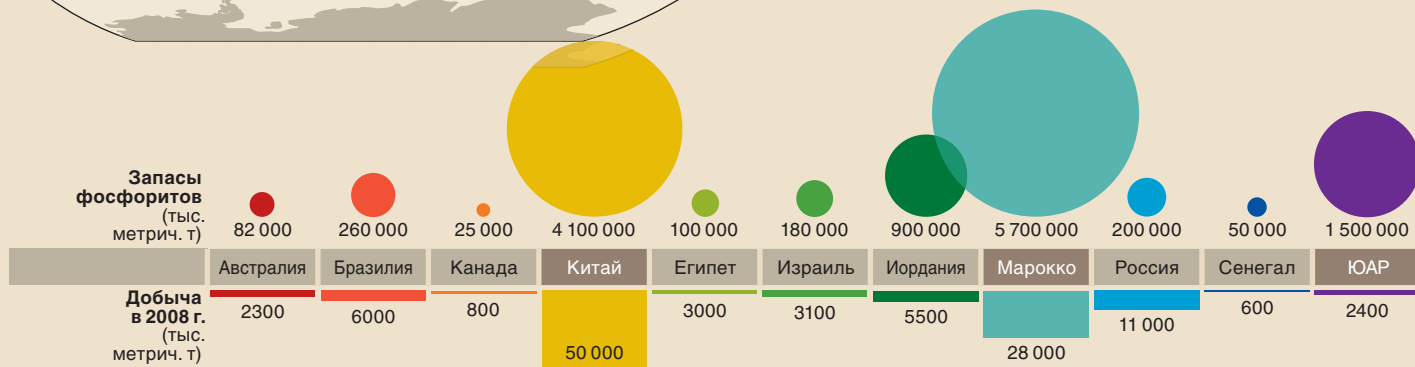
В настоящее время сбор урожая сельхозкультур нарушает этот круговорот, удаляя фосфор с обрабатываемых земель. В сельском хозяйстве донаучного периода, когда удобрениями служили отходы жизнедеятельности людей и животных, питательные вещества воз-



КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ



Как азот и калий, фосфор — ключевая составляющая сельскохозяйственных удобрений. Он извлекается в виде фосфатов из богатых фосфором пород. На долю Марокко, Китая, ЮАР и США приходится 83% мировых, легких для разработки месторождений фосфоритов и 2/3 объема их ежегодной добычи (кружки внизу). По расчетам, при нынешних темпах разработки (полоски внизу) разведанных в США запасов этих горных пород хватит на 40 лет, тогда как мировых запасов фосфора — примерно на 90 лет. Возможно, с началом истощения данного вида природных ресурсов придется взяться за менее экономически выгодные для разработки запасы сырья, что может привести к росту цен и подрыву рынка. Побуждение к повышению цен наблюдается уже сегодня, когда происходит сокращение добычи фосфоритов (график справа); прошлогодний резкий взлет цены объяснялся ухудшением поставок фосфоритов и увеличением спроса на них



вращались в почву примерно в той же пропорции, в какой извлекались из нее. В современной жизни отделение друг от друга производства и потребления продуктов питания ограничивает нашу возможность полноценно решать эту проблему. Сегодня все почвенные питательные вещества используются нами всего лишь один раз, после чего мы попросту избавляемся от них.

Кроме того, современное сельское хозяйство ускоряет развитие почвенной эрозии. Перепахивание и культивация разрушают структу-

ру почвы и лишают ее внешней защиты, что увеличивает выведение с полей фосфора вместе с поверхностными стоками. Нарушению естественного фосфорного цикла способствует и борьба с наводнениями. Обычно посредством речных паводков в природе осуществляется перераспределение богатых фосфором отложений в низины, где они вновь становятся доступными для экосистем. Вместо этого сооружаемые человеком плотины попросту улавливают такие отложения, либо береговые валы прочно удерживают их

в пределах речного русла, из-за чего происходит вынос этих отложений непосредственно в море.

Таким образом, чересчур большое количество фосфора из эродированной почвы, а также из отходов жизнедеятельности людей и животных оказывается в океанах, морях и водоемах, где он становится причиной бесконтрольного массового развития обычных водорослей и цианобактерий (сине-зеленых водорослей). После отмирания эти водоросли опускаются на дно, и их гниение создает там «мертвые зоны», лишая другие водные организмы кислорода (врезка напротив) и способствуя уменьшению количества рыбы.

ОБ АВТОРЕ

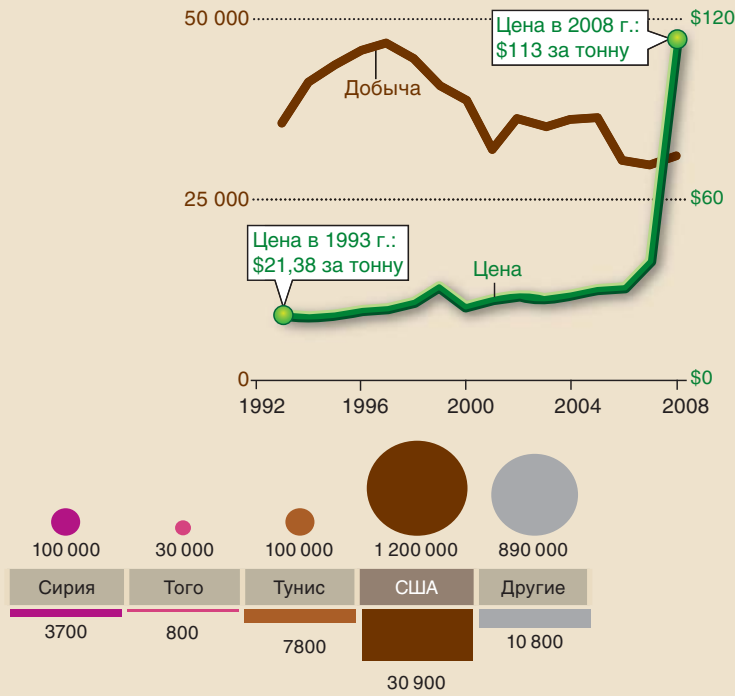
Дэвид Ваккари (David A. Vaccari) — адъюнкт-профессор и руководитель кафедры гражданского строительства, охраны окружающей среды, инженерных средств и методов океанографических исследований в Стивенсовском технологическом институте, специалист по биологической очистке сточных вод и моделированию последствий загрязнения рек и ручьев. Написал в соавторстве учебник «Биология окружающей среды для ученых и инженеров», участвовал в разработке технологии повторного использования отходов во время пилотируемых полетов на Марс для NASA.

Пока хватает запасов

Ежегодные поступления фосфора составляют сегодня приблизительно 37 млн метрических тонн. Из этого объема около 22 млн метрических тонн обеспечиваются за счет разработки месторождений фосфо-

COURTESY OF JAN NAZALEWICZ (Vaccari); JEN CHRISTIANSEN (map and graphs); SOURCE: U.S. GEOLOGICAL SURVEY, MINERAL COMMODITY SUMMARIES, JANUARY 2009

СОКРАЩЕНИЕ ДОБЫЧИ В США ФОСФОРИТОВ С РОСТОМ ЦЕН
Объем добычи (млн метрич. т)



ритов. Несмотря на то что в мире существует множество месторождений богатых фосфором минералов, которые считаются экономически выгодными для разработки, большая их часть не относится к категории легкодоступных. По расчетам Международной программы геологической корреляции (МПКГ) 1987 г., во всем мире может быть примерно 163 млрд метрических тонн фосфоритов, что соответствует более чем 13 млрд метрических тонн фосфора, и этого количества человечеству, по-видимому, хватило бы почти на тысячу лет. Впрочем, в эти оценки были включены такие породы, как высокоуглеродистые минералы, которые нет смысла рассматривать в качестве источника фосфора, поскольку не существует экономически целесообразной технологии извлечения из них этого элемента. Сюда же отнесли месторождения, недоступные из-за их глубокого залегания или морского расположения, а также находящиеся в недостаточно освоенной или экологически уязвимой местности

ВРЕДНЫЕ СВОЙСТВА

Смывание с полей удобрений и сброс сточных вод способствуют эвтрофикации — неконтролируемому массовому развитию цианобактерий в океанах, морях и водоемах, которое часто приобретает такие размеры, что его можно видеть с орбиты. Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) потребляют азот и фосфор из удобрений. Отмирая, они разлагаются, обедняя воду кислородом и медленно удушая водные флору и фауну, в результате чего образуются «мертвые зоны». Самая большая в водах США «мертвая зона», площадь которой в июле 2008 г. превышала 20 тыс. кв. км, находится вблизи дельты Миссисипи. Справа на сделанном в 2001 г. спутниковом снимке видны отложения, которые эта река выносит в Мексиканский залив. Во всем мире сегодня существует более 400 подобных «мертвых зон», имеющих суммарную площадь более 245 тыс. кв. км. Исследователи расходятся в том, какой именно элемент — фосфор или азот — должен стать главным объектом мероприятий по обработке воды для предупреждения эвтрофикации. Живущие в пресной воде цианобактерии могут извлекать из воздуха азот, поэтому важно ограничивать поступление с поверхностным стоком фосфора — это подтвердили в 2008 г. результаты 37-летнего исследования, во время которого ученые намеренно добавляли питательные элементы в одно из озер в Канаде. «Еще никто и ни в одном случае не доказал, что можно уменьшить эвтрофикацию, контролируя один лишь азот», — замечает главный инициатор исследования Дэвид Шиндлер (David Schindler) из Университета провинции Альберта в городе Эдмонтон. Как указывают другие исследователи, в морской воде цианобактерии, похоже, не способны поглощать азот из атмосферы, однако они вполне обеспечены фосфором из отложений. Азот, впрочем, также требует контроля



IMAGE COURTESY OF LIAM GUMBLEY Space Science and Engineering Center, UNIVERSITY OF WISCONSIN—MADISON AND THE MODIS SCIENCE TEAM

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ В КРУГОВОРОТЕ ФОСФОРА

В природе фосфор проходит циклы выветривания, биологического потребления, осаждения и — спустя десятки миллионов лет — цикл геологического поднятия (*зеленая стрелка*). Из-за ненасытной потребности современного сельского хозяйства в удобрениях размеры потребления на Земле фосфора увеличились втрое (*оранжевые стрелки*), однако путем сочетания ряда мер можно было бы сгладить остроту этой проблемы

УДАЛЕНИЕ СВИНЦА

Старая водопроводная сеть выделяет в воду свинец и другие токсичные металлы, что делает опасным использование в качестве удобрений твердых и жидких городских отходов. Постепенно удаляя эти металлы, можно было бы начать переработку отходов и извлечение из них фосфора

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Фосфор из нашего пищевого рациона проходит через очистные станции и обычно оказывается на свалках или в реках. Правильно перерабатывая городские отходы, можно было бы возвращать фосфор (и азот, еще один важный компонент удобрений) в землю

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ

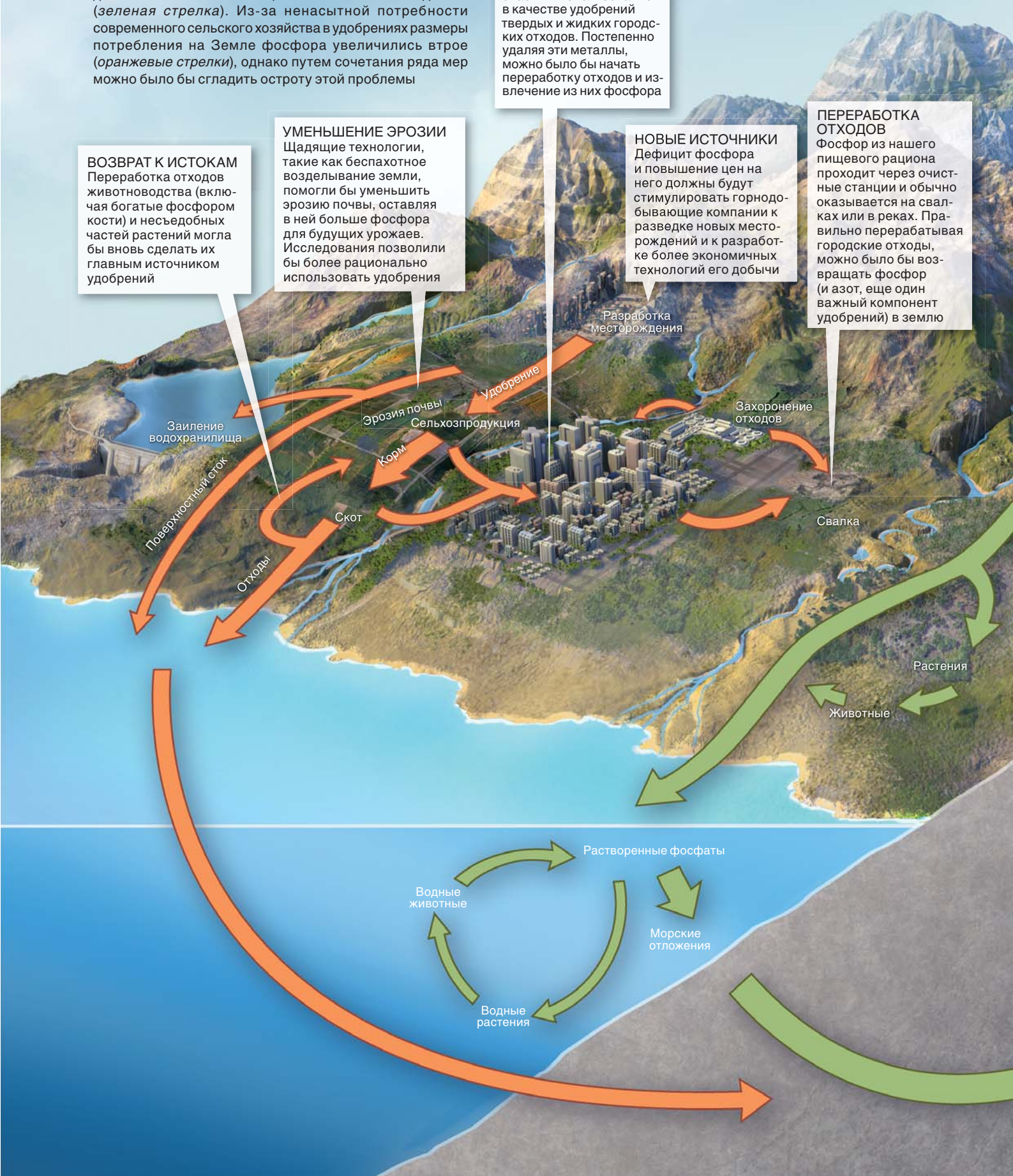
Дефицит фосфора и повышение цен на него должны будут стимулировать горнодобывающие компании к разведке новых месторождений и к разработке более экономичных технологий его добычи

УМЕНЬШЕНИЕ ЭРОЗИИ

Щадящие технологии, такие как беспашотное возделывание земли, помогли бы уменьшить эрозию почвы, оставляя в ней больше фосфора для будущих урожаев. Исследования позволили бы более рационально использовать удобрения

ВОЗВРАТ К ИСТОКАМ

Переработка отходов животноводства (включая богатые фосфором кости) и несъедобных частей растений могла бы вновь сделать их главным источником удобрений



и содержащие высокие уровни токсичных или радиоактивных загрязняющих веществ, таких как кадмий, хром, мышьяк, свинец, уран.

Расчетный объем месторождений, которые экономически выгодно разрабатывать с помощью современной

Впрочем, уже сегодня американские добывающие предприятия не обеспечивают достаточного количества сырья для производства фосфорных удобрений, значительная часть которых экспортируется. В результате США вынуждены ввозить фосфориты. Китай, хотя и рас-

Сбор урожая сельхозкультур нарушает природный круговорот, удаляя фосфор с обрабатываемых земель

технологии — то, что именуется минеральными запасами, — составляет сегодня порядка 15 млрд метрических тонн. Этого количества при нынешних масштабах использования фосфора нам должно хватить примерно на 90 лет. Впрочем, существует вероятность того, что с ростом численности населения планеты и стремления жителей развивающихся стран к более высокому уровню жизни уровень потребления будет возрастать. В частности, можно ожидать, что повышенный спрос на мясо увеличит нагрузку на сельхозугодья, поскольку животные съедают гораздо больше кормов, чем дают пищевых продуктов в виде мяса.

К тому же запасы фосфора сконцентрированы по географическому принципу. Так, на долю четырех стран (США, Китай, ЮАР, Марокко) и территории Западной Сахары приходится 83% мировых запасов фосфоритов и 2/3 объема их ежегодной добычи (врезка на стр. 52–53). В США большая часть фосфоритов поступает из шахт Боун-Велли штата Флорида — это ископаемые отложения, образовавшиеся в Атлантическом океане 12 млн лет назад. По данным Службы геологии, геодезии и картографии США, объем национальных запасов фосфоритов составляет 1200 млн метрических тонн. При ежегодной добыче около 30 млн метрических тонн и сохранении нынешних темпов производства этого объема фосфоритов стране должно хватить на 40 лет.

полагает высококачественными запасами этого сырья, отказывается от его экспорта, и поэтому большая часть фосфоритов поступает в Соединенные штаты из Марокко. Таким образом, США и многие другие государства — причем в еще большей степени, чем с нефтью — могут оказаться в зависимости от одной страны, поставляющей этот важный вид природных ресурсов.

Некоторые геологи сомневаются в возможности фосфорного кризиса, указывая на то, что оценки размеров данного вида ресурсов и продолжительности его эксплуатации то и дело меняются. Непостоянны и сами определения — с ростом цен на продукцию месторождения, считавшиеся ранее чересчур дорогими для разработки, вновь начинают классифицироваться как вполне реальные минеральные запасы. Нехватка данной продукции или колебания цен на нее могут стимулировать усилия по сохранению природных ресурсов или по совершенствованию технологий для их разработки.

Стимул к геологической разведке появляется у горнодобывающей компании лишь в том случае, если принадлежащее ей месторождение сможет эксплуатироваться менее определенного числа десятилетий. Истощение старых месторождений побуждает к расширению масштабов разведочных работ, что увеличивает объем известных природных ресурсов. В частности, как указывал 20 лет назад американский геолог Р.П. Шелдон (R.P. Sheldon), новые



CHUCK CARTER

ТОЛЬКО ФАКТЫ

■ Среднему взрослому требуется около одного грамма фосфора в день. Ради сбалансированной диеты одного человека необходимо добывать 22,5 кг фосфорита в год для нужд сельского хозяйства

■ От эрозии почвы теряется по меньшей мере столько же фосфора, сколько попадает в пищу. Например, в США в бассейне реки Иллинойс каждый килограмм выращенной кукурузы обходится примерно в 1,2 кг эродированной почвы

■ Бурный рост растительности, произошедший 40 млн лет назад под действием фосфора, забрал из атмосферы такое количество углекислого газа, что наступил период глобального похолодания. Это дополнительное количество фосфора стало результатом поднятия Гималайско-Тибетского плато

месторождения открывались постоянно на протяжении всего XX в. Кроме того, Шелдон высказал предположение, что тропические регионы с их глубоким почвенным слоем были недостаточно хорошо разведаны: несмотря на то что на их долю приходится 22% площади земной поверхности, здесь находятся лишь 2% известных сегодня запасов фосфора.

Так или иначе, большая часть разведанных месторождений фосфоритов сконцентрирована в двух конкретных районах мира: Марокко/Западная Сахара и американский штат Северная Каролина. Однако доступ к значительной доле естественных ресурсов Северной Каролины, лежащих под легко уязвимой природной средой, ограничен. Таким образом, обнаруженные на текущий момент запасы фосфора не снимают озабоченности по поводу

его будущих поставок. Вот почему общество должно осознать реальность грядущего фосфорного кризиса и начать принимать серьезные меры по сохранению этого важного химического элемента.

Твердая позиция

К фосфору применимы те же традиционные подходы, что действуют при рациональном природопользовании: понижение потребления, переработка и повторное использование. Мы можем сокращать использование удобрений с помощью таких более совершенных сельскохозяйственных технологий, способствующих уменьшению почвенной эрозии, как террасирование (разбивка участков террасами или уступами) и беспашотное возделывание земли. Оставшаяся после сбора урожая несъедобная биомасса в виде стеблей и корней, содержащая фосфор, должна возвращаться в почву, и то же самое должно происходить с отходами животноводства (в том числе с костями животных) при производстве мяса и молока; в настоящее время в качестве удобрения используется менее половины того и другого.

Нам также потребуется очищать сточные воды, извлекая фосфор из твердых отходов. Сделать это будет непросто, поскольку попадающие в отходы плотные вещества биологического происхождения имеют большое количество загрязняющих примесей — в особенности в виде таких тяжелых металлов, как свинец и кадмий, которые вымываются из старых труб. Создание устойчивого и долговременного сельского хозяйства начнется с возобновления усилий по удалению токсичных металлов из водопроводной сети.

Половина выделяемого нашим организмом фосфора содержится в моче, из которой его будет относительно просто извлекать. Разделение твердых и жидких отходов жизнедеятельности человека, которое можно производить на очистных станциях или с помощью специально оборудованных туалетов, принесло бы двойную пользу. Поскольку

в моче присутствует также большое количество азота, ее переработка могла бы компенсировать ту часть азота, которая с огромными затратами энергии забирается в настоящее время из атмосферы.

Между тем открытием новых месторождений можно, пожалуй, не столько предупредить, сколько замедлить процесс истощения минеральных запасов. В полной мере устойчивое сельское хозяйство могло бы сделать этот процесс бесконечно долгим. Чтобы это стало возможным, население Земли должно научиться потреблять естественные и большей частью еще не тронутые запасы минерального сырья с низким содержанием фосфора. Что касается прочих природных ресурсов, то все в конечном итоге сведется к вопросу о том, какое количество людей реально сможет содержать наша планета.

Сейчас мы истощаем сравнительно доступные и разрабатываемые с малыми затратами месторождения фосфора. Возможно, правы окажутся оптимисты, которые уверены в том, что нам будет относительно несложно отыскать новые источники этого химического элемента и избежать его нехватки. Однако, учитывая размер ставки, мы не можем позволить себе, чтобы наше будущее зависело от случайности. ■

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Phosphorus in the Environment: Natural Flows and Human Interferences. Vaclav Smil in Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 25, pages 53–88; November 2000.

■ Eutrophication of Lakes Cannot Be Controlled by Reducing Nitrogen Input: Results of a 37-Year Whole-Ecosystem Experiment. David W. Schindler et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 105, No. 32, pages 11254–11258; August 12, 2008.

■ Phosphate Rock Statistics and Information. U.S. Geological Survey.

№1
в России

XIII

Международная
ВЫСТАВКА

INTERPOLITEX

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА



09

27 – 30 октября, 2009

Москва,
Всероссийский
выставочный центр,
Павильон «Россия»

www.interpolitex.ru

Организаторы:



Министерство
внутренних дел
Российской Федерации



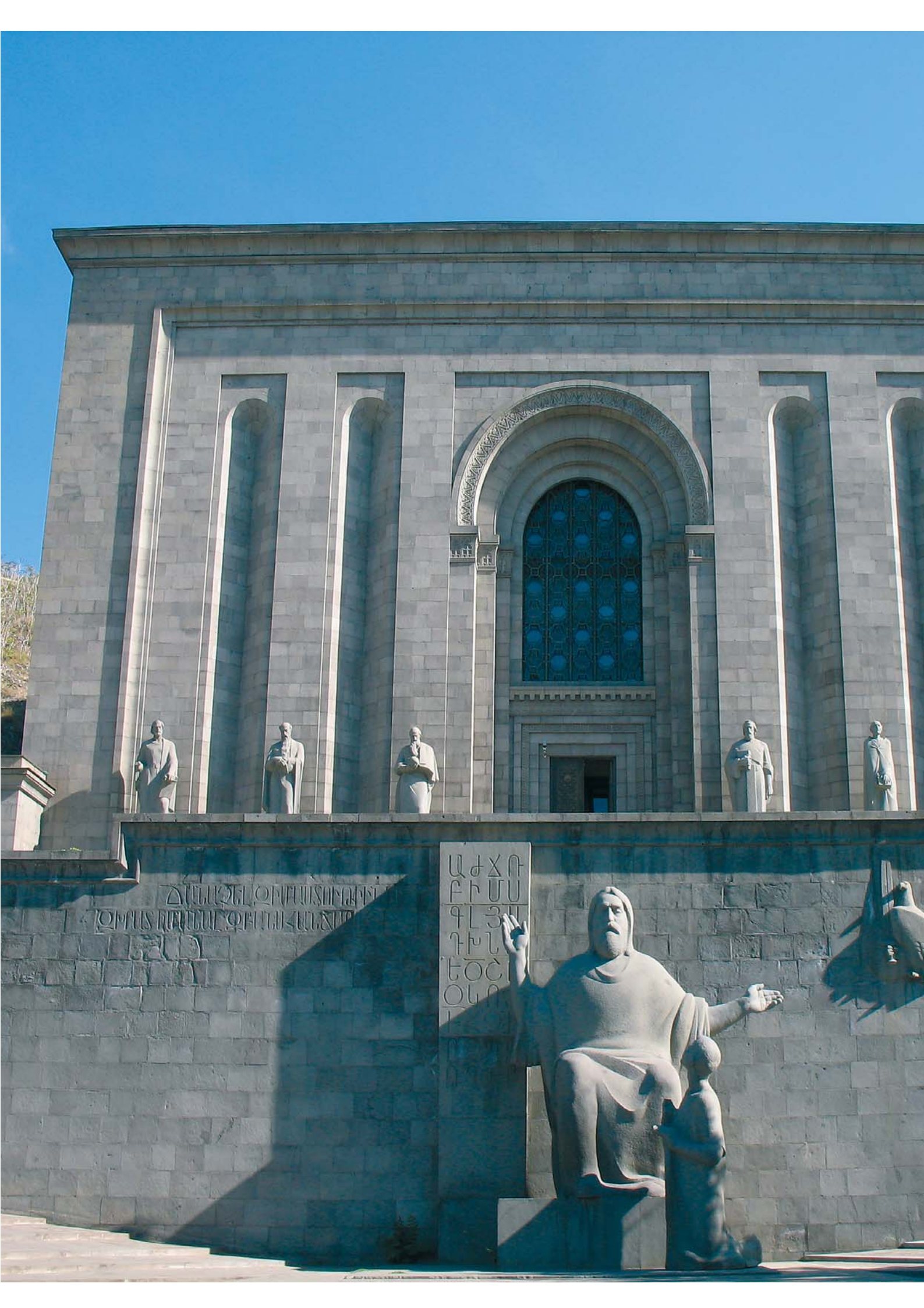
Федеральная служба
по военно-техническому
сотрудничеству (ФСВТС России)



Генеральный
информационный партнер:



Федеральный
электронный
справочник



DILIGERE QUI FUERUNT IN ANI-
MOPUS REVERERE QUI FUERUNT IN /
MORA

ԱԺՃՌ
ԲԻՄՍ
ԳԼՅՈՒ
ԴԻԼ
ԵՕՇ
ՕԼՈՐ

Гаяне Элиазян

СОКРОВИЩА МАТЕНАДАРАНА

Армения — страна с древнейшей христианской культурой. В центре армянской средневековой культуры всегда стояла рукописная книга. Рукопись берегли как собственное дитя, передавали по наследству как семейную реликвию, уносили с собой, спасаясь от врагов, иногда замуровывали в стены церквей и монастырей, зарывали в землю, если же книга «попадала в плен», то ее выкупали, не считаясь с затратами, как если бы она была живым человеком

Начиная с V в., после изобретения Месропом Маштоцем армянского алфавита, благодаря труду и искусству армянских писцов и художников было создано огромное количество рукописей. Они содержат ценнейшие памятники армянской литературы, труды по истории, философии, медицине и другим областям знаний, а также переводы с многих языков, некоторые — поистине уникальные, поскольку они представляют тексты, оригиналы которых были утрачены еще в древности.

Книги собирались и хранились при царских дворах, при патриар-

ших резиденциях, богатыми библиотеками располагали крупные монастыри. Библиотека, собрание рукописных книг по-армянски — «матенадаран». Сегодня так называется Институт древних рукописей имени М. Маштоца, основанный в 1939 г. в Ереване. В фондах Матенадарана хранится 13,5 тыс. армянских и 4 тыс. иноязычных рукописей, 300 тыс. архивных документов и 2,3 тыс. старопечатных книг. Рукописи, пережившие вместе с людьми все перипетии армянской истории, несут на себе все следы своей нелегкой судьбы и нередко нуждаются в помощи.



Особым достижением последних десяти лет работы отдела можно считать проведение работ по реставрации серебряных окладов ценнейших рукописей Матенадарана. Эти работы проделаны немецкими специалистами — профессором искусствоведения Робертом Штэле с участием реставратора Маргрет Яшке. В настоящее время ими отреставрировано более 120 рукописей, работы по восстановлению успешно продолжаются

Проблемы консервации

50 лет назад в Матенадаране был создан отдел реставрации и консервации, который специализируется на восстановлении и сохранении всех видов рукописей, архивных документов, миниатюр и картин, выполненных на бумаге и пергамене, подвергшихся разрушительному воздействию влаги, огня, высоких температур, грибков, бактерий, грызунов и насекомых.

Отдел оснащен современной техникой, действует исследовательская лаборатория. Как и во всех странах, в Армении работы по сохранению рукописных фондов ведутся на основе традиционных классических методов консервации с обязатель-

ным вовлечением новейших технологий и соблюдением новых правил этики реставрационных работ.

Направления деятельности разнообразны: производится мониторинг физического состояния рукописей, архивных документов и старопечатных книг для выявления спор грибков, повреждений, вызванных насекомыми и грызунами, высокой кислотностью чернил и красителей, принимаются превентивные меры по консервации фонда (дезинфекция, обеспыливание и механическая очистка, полистная обработка, нейтрализация, закрепление осыпающихся красок миниатюр и чернил и т.д.), на основе проведенного осмотра рукописей отбираются

наиболее поврежденные объекты и реставрируются (смягчение и выпрямление пергамена, закрепление ветхих листов, восстановление утрат, разрывов, разъединение склеенных, окаменелых листов, восстановление всех видов повреждений переплетов с сохранением средневекового стиля и их консервация).

Особым достижением последних десяти лет работы отдела можно считать проведение работ по реставрации серебряных окладов ценнейших рукописей Матенадарана. Эти работы проделаны немецкими специалистами — профессором искусствоведения Робертом Штэле с участием реставратора Маргрет Яшке. В настоящее время ими отреставрировано более 120 рукописей, работы по восстановлению успешно продолжаются.

Научно-исследовательская деятельность

Одна из задач отдела реставрации — выявление рецептов изготовления чернил в древних рукописях Матенадарана с целью изыскания химически действенных и неагрессивных веществ для нейтрализации кислотных чернил, вызывающих коррозию древней бумаги и пергамена.

Поскольку проблема кислотной коррозии чернил сегодня стала весьма актуальной для большинства рукописных фондов, то исследование средневековых армянских рукописей привело к накоплению довольно значимого в научно-практическом плане материала по выявлению различных рецептов изготовления чернил. Все стадии усовершенствования в изготовлении чернил легко можно проследить по старинным армянским рецептам. Интересно также, что один и тот же рецепт иногда встречается в нескольких рукописях, написанных в разных веках и разных областях древней Армении. (Например, рецепт приготовления чернил повторяется в некоторых рукописях XVI, XVII, XIX вв.) Это значит, что данный состав дошел до нас из глубины веков. Перенимая все ценное от приграничных стран в области химии, Армения

при наличии своей собственной высокой культуры и богатых природных ресурсов добилась больших успехов, особенно в области химии красителей. Блестящим примером этого могут служить сохранившиеся до наших дней в армянских рукописях художественно исполненные миниатюры, написанные красками

РЕЦЕПТ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРНИЛ

Взять одну часть чернильных орешков, размельчить и замочить на три дня в четырех частях воды, потом кипятить до тех пор, пока контуры букв, написанных на ногте, после высыхания не начнут блестеть. Убрать раствор с огня, процедить и добавлять железный купорос до тех пор, пока жидкость почернеет. Взять прутик и перемешивать, пока раствор не начнет пениться. Процедить и выставить на солнце

«Матенадаран производит неизгладимое впечатление: стоишь лицом к лицу с историческим народом, который от времени классической древности вплоть до настоящего времени числится в первых рядах культурных наций» — Е. Тарле

природного происхождения. К сожалению, тайна искусства армянских мастеров, в том числе и искусства приготовления чернил, полностью еще не разгадана.

Изучение рукописей и содержащихся в них рецептов представляет в этом отношении довольно интересный материал, и если культурный мир еще недостаточно знаком с этими работами, то это объясняется также тем, что армянские рукописи писались на древнеармянском языке с подключением весовых единиц той страны, где они создавались. Известны случаи, когда рецепты устно передавались из поколения в поколение в искаженном виде, а также держались в тайне.

Однако в рукописях, дошедших до нас, сохранился довольно обширный и интересный материал, изучение которого представляет большое историческое, теоретическое и практическое значение: рецепты красок, сплавов, лекарств, чернил, лаков, способов изготовления пергамента и т.д.

Множество современных фитотерапевтов пользуются составами лекарственных растений, собранных на Армянском нагорье. Рецепты изготовления красок успешно применяются и при оформлении макетов с копиями средневековых миниатюр. Ремесленники Армении, занятые изготовлением пергамента,



также руководствуются указаниями, почерпнутыми из средневековых армянских рукописей.

При расшифровке рецептов с упоминанием веществ природного происхождения возникает много разночтений и неточностей. Например, большое затруднение представляет расшифровка названий различных растений, минералов и соединений, т.к. они коверкались переписчиками, не обладавшими достаточным

уровнем грамотности. Иногда приходилось догадываться о значении слов по общему смыслу фразы. Есть названия растений, которые до сих пор не переведены. Например, часто встречающееся в армянских рецептах название «талх» пока не удалось интерпретировать. Великий армянский мыслитель XV в. Амирдовлат Амасиаци в своих трудах пишет, что это либо дерево, либо святящийся камень. В арабских источниках более ранних времен есть упоминание о талхе трех видов, однако не указана их природа.

Проблема кислотной коррозии чернил в каждом регионе имеет свои особенности, т.к. она проявляется по-разному в зависимости от методов изготовления чернил и бумаги, а также при нарушении условий хранения той или иной рукописи. В связи с тем, что рукописный фонд Матенадарана собран со всех уголков мира, решение проблемы предотвращения кислотной коррозии в каждом конкретном случае требует более детального изучения как состава чернил, так и бумаги.

В рамках творческого содружества Матенадарана с Университетом прикладного искусства Хильдесхайма (Германия) проводятся исследования по изучению старения чернил, полученных по средневековым армянским рецептам. В 2006 г. при финансовой поддержке Фонда Гетти группа ведущих реставраторов

ОБ АВТОРЕ

Гаяне Элиазян — заведующая отделом консервации и реставрации Института древних рукописей (Матенадаран, Ереван, Армения), кандидат химических наук.

ВИДЫ ГРИБКОВ, РОСТ КОТОРЫХ ИНГИБИРУЮТ РАСТИТЕЛЬНЫЕ ЭКСТРАКТЫ

Испытанию подверглись как широко распространенные, так и обнаруженные в единичных случаях виды разрушителей бумаги:

- *Aspergillus* — *A. niger* v. *Tiegh.*, *A. flavus* Lk., *A. nidulans* (Eidam) Wint., *A. ochraceus* Wilhelm;
- *Acremonium* — *A. strictum* W. Gams;
- *Alternaria* — *A. alternata* (Fr.) Keissl.;
- *Cladosporium* — *C. brevicompactum* Pidopl.: Deniak;
- *Mortierella* — *M. polycephala* Coem.;
- *Penicillium* — *P. canescens* Sopp, *P. terrestre* Jens., *P. chrysogenum* Thom, *P. claviforme* Bainier, *P. brevicompactum* Dierckx, *P. granulatum* Bainier, *P. jensenii* Zaleski, *P. lanosum* Westling, *P. psittacinum* Thom, *P. verrucosum* var. *cyclopium* (Westling) Samsom, Stolk: Hadlok;
- *Scopulariopsis* — *S. brevicaulis* (Sacc) Bainier;
- *Stemphylium* — *S. botryosum* Wallr.;
- *Trichoderma* — *T. viride* Pers.: Gray;
- *Ulocladium* — *U. chartarum* (Preuss) Simmons;
- *Verticillium* — *V. lateritium* (Ehr.) Rab.

из разных стран — Патриция Энгел из Университета прикладного искусства Хильдесхайма, Вольфганг Шваан из Музея Кобурга, Маргрет Яшке, реставратор из Дайсендорфа (Германия), Манфред Майер из Университета Граца (Австрия), Егис Кегеян из римского университета *La Sapienza* и Элизабет Тондо, реставратор из Бари (Италия), совместно с сотрудниками отдела реставрации Матенадарана (Г. Элиазян, С. Барсегян, С. Киракосян, Э. Саркисова и другие) провела мониторинг состояния фонда с целью выявления типов кислотной коррозии рукописей.

На основании начатых исследований делается попытка нахождения наиболее действенных препаратов для предотвращения разрушения и угасания текстов. Сегодня идет интенсивная работа по изготовлению образцов чернил по армянским средневековым рецептам и спект-

роскопическому исследованию пирилиза как самих чернил до и после старения, так и компонентов отдельно, например гуммиарабика (от лат. *gummi* — «камень» и *arabicus* — «аравийский», твердая прозрачная масса, выделяемая различными видами акаций; зарегистрирован в качестве пищевой добавки E414).

Еще одна, не менее важная задача отдела — новые разработки в области изыскания биоцидных препаратов природного происхождения.

Глобальные тенденции, а также экономические трудности, пережитые Арменией в первые годы после объявления независимости, побудили армянских специалистов разработать более экономичные и экологичные способы защиты рукописного наследия — оригинальную методику использования природных биоцидов.

Как свидетельствуют данные, почерпнутые из армянских рукописей, имеется большое количество высших растений, обладающих антибиотическими и консервирующими свойствами. Выделение природных фунгицидов из растений, произрастающих в Армении, обеспечит возможность отказа от существующих ныне химических средств профилактики биоповреждений библиотечных и архивных материалов, таких как формалин и тимол. Последние, несомненно, обладая высокими биоцидными свойствами, имеют и ряд недостатков, наиболее опасный из которых — их токсичность, создающая угрозу как для здоровья реставраторов, так и для окружающей среды. Еще один немаловажный фактор — экономичность использования растений, сравнительная дешевизна их сбора, выделения необходимых веществ и их применения к объектам профилактики и реставрации.

Совместными усилиями сотрудников Матенадарана и биологов Ереванского государственного университета создана и запатентована композиция водных экстрактов трав, собранных на Армянском нагорье. Фунгицидная активность экстрактов *Tanacetum argyrophyllum*,

Heracleum sosnowskyi, *Inula helenium*, *Thymus kotschianus*, *Achillea tenuifolia*, *Hypericum perforatum*, *Tenerium polium* оценивалась в эксперименте по росту видов микодеструкторов, собранных с заплесневевших архивных книг из различных библиотек.

Предлагаемый набор культур оказал ингибирующее воздействие на рост таких известных разрушителей бумаги, как *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium chrysogenum*, *P. verrucosum* var. *cyclopium*, *Trichoderma viride* и др. Результаты экспериментов показали, что рекомендуемый набор экстрактов культур в основном удовлетворяет требованиям, предъявляемым к биоцидам. Полностью ингибируя рост грибов, они положительно действуют на долговечность и механическую прочность бумаги, бесцветны, хорошо растворимы в воде и, что особенно важно, не токсичны для человека.

В 1999 г. по приглашению архиепископа Берийской епархии (Сирия, Алеппо) группа специалистов Матенадарана работала над реставрацией ценнейшего рукописного фонда, обнаруженного в стене Церкви сорока младенцев в Алеппо. Даже визуальный осмотр коллекции, которая была замурована в стене в течение более 50 лет, свидетельствовал о необходимости применения действенных и скорейших мер по консервации фонда. После того как были проведены все необходимые мероприятия по борьбе с плесневыми грибами, оказалось, что пять рукописей, как об этом свидетельствовали тесты, все еще нуждаются в дополнительных мерах по предотвращению заsporения. Применение растительной композиции дало ощутимый положительный результат. Поскольку работы по реставрации фонда продолжались до 2004 г., то повторное тестирование рукописей не показало роста грибов за прошедшие годы.

Творческое сотрудничество

Важной частью работ отдела считается координация деятельности других реставрационных мастерских Армении, организация различ-



В фондах Матенадарана хранится 13,5 тыс. армянских и 4 тыс. иноязычных рукописей, 300 тыс. архивных документов и 2,3 тыс. старопечатных книг

ных мероприятий и практическая помощь в реставрации и консервации библиотечных и рукописных фондов библиотек и музеев, не имеющих соответствующих отделов.

Периодическая организация работ и практическая помощь в реставрации и консервации рукописных фондов армянских колоний стран Ближнего Востока (Сирия, Иран, Ливан) также проводится сотрудниками отдела. За последнее десятилетие осуществлены консервация и частичная реставрация рукописных фондов Берийской епархии в Алеппо (172 рукописи), музея Антилиаса в Бейруте (252 рукописи), Армянской епархии Новой Джульфы в Иране (700 рукописей).

Усилиями реставраторов отдела периодически проводятся семинары и практические занятия для армянских и иностранных специалистов. Так в 2002–2005 гг. прошли семинары по темам «Основы консервации и реставрации библиотечных фондов и архивных материалов», «Основы реставрации средневековых переплетов», а также «Современные методы переплетной техники» с участием

представителей различных библиотек и музеев. Реставраторы Матенадарана весьма успешно сотрудничают с соответствующими отделами Библиотеки Конгресса США в Вашингтоне, Национальной библиотеки Берлина, Государственной библиотеки Мюнхена, с Центром реставрации и консервации Токио, ВХНРЦ им. Грабаря, Туркменским национальным институтом рукописей.

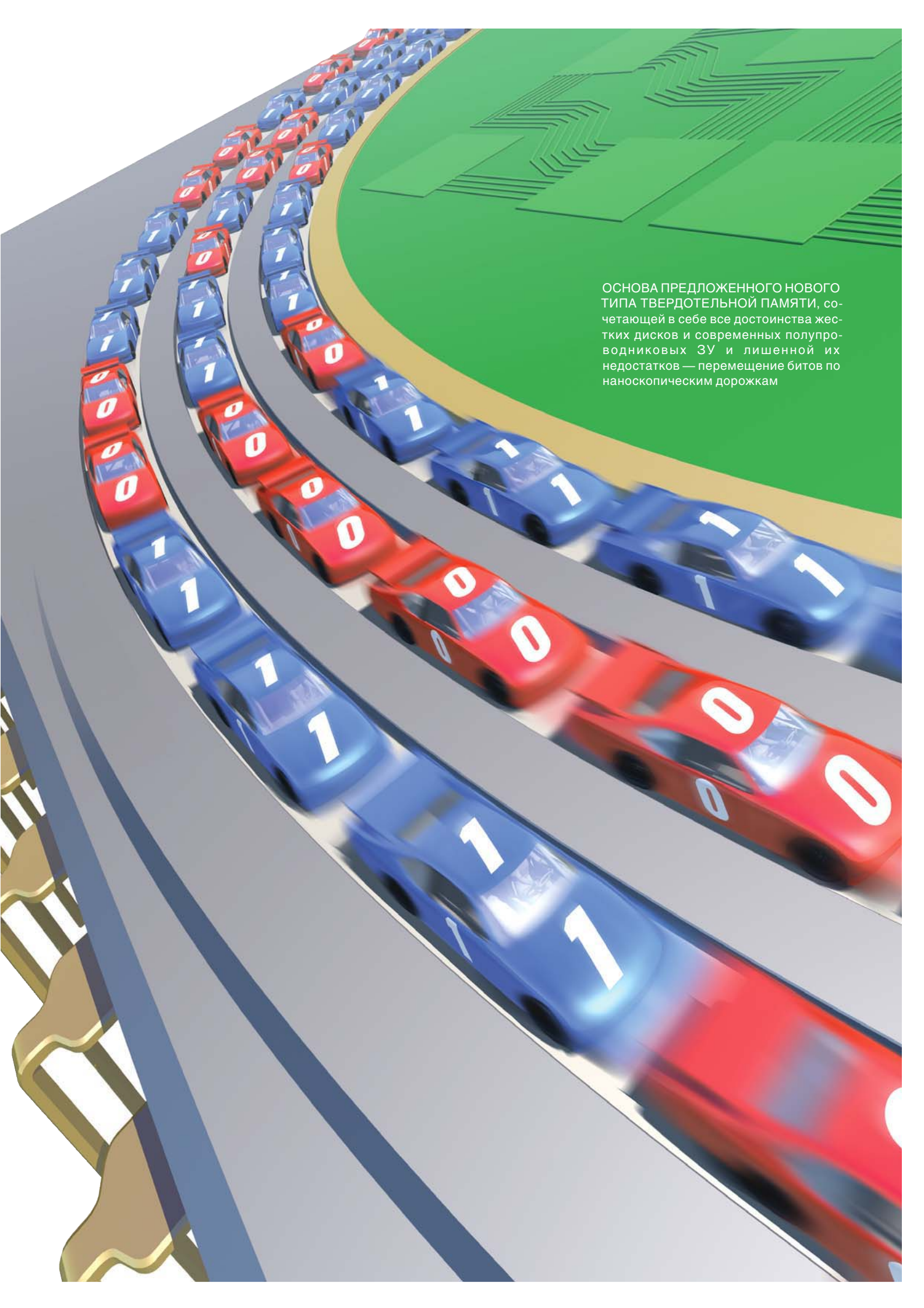
Сегодня перед реставраторами Матенадарана наряду с текущими работами, возникающими в связи с дигитализацией фонда, стоят проблемы консервации ценнейшего фонда древних фолиантов и древнееврейских свитков, для восстановления которых необходимо приобретение особых видов японской реставрационной бумаги и других материалов.

Решение многих проблем консервации и реставрации книг и рукописей Матенадарана будет существенно облегчено возведением нового корпуса Института, в котором планируется размещение современного отдела реставрации, оснащенного новейшим оборудованием и материалами. ■



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Абрамян Дж.Г., Сардарян А.Е., Мнацаканян Э.А., Шахазиян И.В. Микромицеты-деструкторы на бумаге и пергаменте. I. Микродеструкторы, выделенные с рукописей Матенадарана // Биологический журнал Армении, № 2 (48), 1995. С. 44–47.
- Абрамян Дж.Г., Сардарян А.Е., Мнацаканян Э.А. Микромицеты-деструкторы на бумаге и пергаменте. II. Микродеструкторы, адаптирующие на пергаменте // Биологический журнал Армении, № 2 (48), 1995. С. 47–49.
- Абрамян Дж.Г., Саакян А.О., Элиазян Г.А., Элоян Э.А. Фитотерапия бумаг и бумажных изделий, пораженных микромицетами-деструкторами // Ученые записки ЕРГУ, № 2, 1998. С. 118–120.
- Галфаян Х.К. История изготовления железоголлового чернил в древней Армении // Сообщения ВЦНИЛКР. М., 1975. С. 57–69.
- Саакян А.О., Элиазян Г.А. Дезинфицирующий состав для библиотечных фондов. Патент Республики Армения № 1496 А2, 2004.
- Хзмалян В. О микроорганизмах, выделенных из книжного фонда Матенадарана // Известия АН Армянской ССР, № 8, 1955. С. 65–77.
- Armenian Ink Project, Getty Grant 2006.
- Eliazyan G.A. Armenian Manuscripts and Ink Recipes: Preservation of Ink-corroded Damedged Manuscripts. Thesis. Symposia Healthy Indoor Environment. Hague, 2004.
- Fuchs R. Der Tintenfrass historischer Tinten und Tuschen. In Tintenfrass-schaeden und ihre Behandlung. Stuttgart, 1999. P. 37–75.
- Keheyan Y., Eliazyan G., Engel P., Rittmeier B. Py/GC/MS Characterization of Naturally and Artificially Aged Inks and Papers. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis (в печати).
- Nevel J.G., Reissland B. Das Tintenfrass-Projekt. Restauro, № 3, 1998.



ОСНОВА ПРЕДЛОЖЕННОГО НОВОГО ТИПА ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ПАМЯТИ, сочетающей в себе все достоинства жестких дисков и современных полупроводниковых ЗУ и лишенной их недостатков — перемещение битов по наноскопическим дорожкам

Стюарт Паркин

ЗАПОМИНАЮЩИЕ устройства, на старт!

Возможно, вскоре на смену обычным системам хранения данных придут устройства, способные передвигать биты по «беговым дорожкам» из нанопроводников

За последние десять лет наш мир изменился до неузнаваемости. Люди получили доступ к огромным объемам информации. Всего несколько лет назад привычного сегодня инструментария — социальных сетей, поисковых машин Интернета, онлайн-карт с указанием направлений от точки к точке, сетевых библиотек музыки, фильмов, книг и фотографий — просто не существовало. Вступлением в век информации мы обязаны быстрому развитию технологий высокоскоростной связи, обработки данных и, возможно, самому важному, но наименее оцененному достижению — хранению цифровых данных.

Однако ни одна из систем хранения данных не лишена недостатков, из-за чего в компьютерах для разных целей используются различные их типы. Сегодня основная

часть цифровых данных, например информация, составляющая Интернет, хранится в огромных массивах жестких магнитных дисков и на жестких дисках отдельных компьютеров. Однако эти накопители с их вращающимися дисками и движущимися головками чтения/записи ненадежны и медленны. Потери данных из-за повреждений головок

довольно часты. При существующей скорости вращения дисков ожидать начала считывания запрошенных данных приходится до 10 мс, что для компьютера — целая вечность: за это время он может совершить 20 млн операций.

Именно поэтому для выполнения операций в компьютерах используется другой тип памяти — полупроводниковая. Полупроводниковые запоминающие устройства (ЗУ) с произвольным доступом (ЗУПД, или RAM) могут считывать и записывать данные с очень большой скоростью, что позволяет выполнять работы быстро. В высокопроизводительных вариантах статических и динамических ЗУПД (соответственно SRAM и DRAM) для хранения битов данных используются состояния транзисторов и конденсаторов. Однако при выключении (или аварии) компьютера содержимое этих ЗУ теряется.

В некоторых компьютерах вместо жестких дисков используются энергонезависимые микросхемы, сохраняющие данные при отключении питания. Энергонезависимые ЗУ используются также в ставших сегодня вездесущими мобильных телефонах и других карманных устройствах, но здесь приходится выбирать между возможностями и ценой. Самые дешевые энергонезависимые ЗУ — это так называемая флэш-память, которая, среди прочего, представляет собой основу миниатюрных накопителей («флэшек»). Однако флэш-память медленнее и менее надежна, чем другие виды энергонезависимой памяти. Каждый раз, когда импульс напряжения (*flash*; от

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

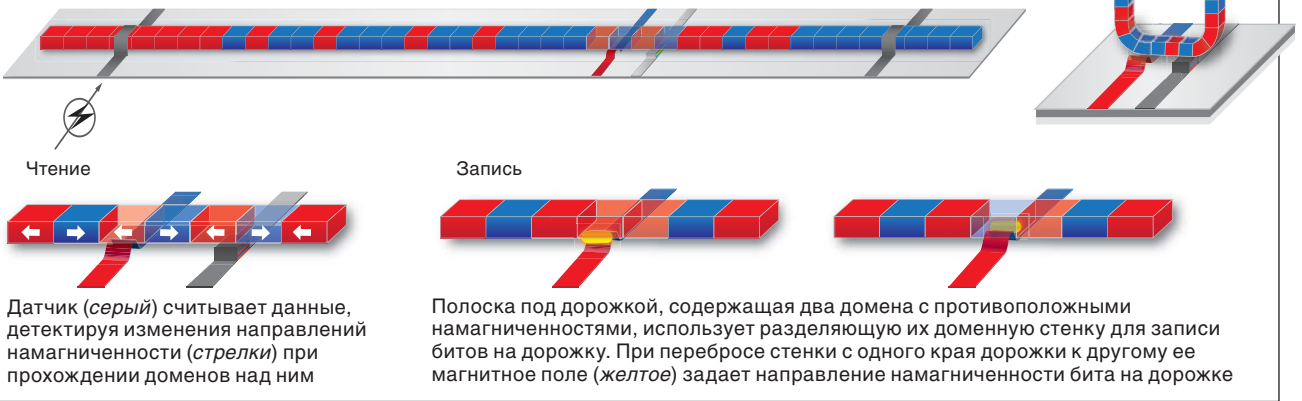
- В радикально новом типе запоминающих устройств (ЗУ), называемом трековыми ЗУ (*racetrack memory, RM*), или ТЗУ, магнитные биты перемещаются по «беговым дорожкам».
- ТЗУ будут энергонезависимыми, т.е. смогут сохранять данные при отключении питания, и при этом свободными от недостатков жестких дисков и сегодняшних энергонезависимых микросхем памяти.
- Микросхемы с горизонтально расположенными дорожками могут превзойти по характеристикам сегодняшние энергонезависимые «флэшки». А формирование на кремниевой подложке «леса» из вертикальных дорожек приведет к созданию трехмерных микросхем памяти с более высокой, чем у жестких дисков, плотностью записи.
- Однако ТЗУ придется конкурировать с несколькими другими типами ЗУ, которые разрабатываются сегодня.

БЕГОВЫЕ ДОРОЖКИ ДЛЯ ДАННЫХ

В трековых ЗУ данные хранятся в виде намагниченных участков, доменов (красные и синие) наноскопических проводников на кремниевой подложке. Они могут быть горизонтальными, т.е. лежать на подложке (внизу), или вертикальными, стоящими на ней в виде столбиков (справа). Импульсы электрического тока быстро перемещают домены вдоль дорожек мимо головок для считывания и записи данных

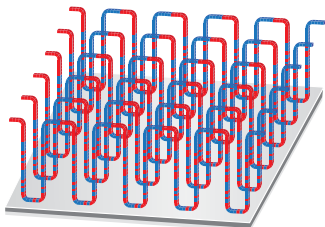
ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ▼

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ►



этого слова и пошло название данного вида устройств) осуществляет запись в ячейку памяти, он немного повреждает ее. После примерно 10 тыс. циклов записи ячейка выходит из строя. Тем не менее благодаря дешевизне флэш-память стала основным типом памяти, особенно в приложениях, где данные изменяются не слишком часто.

Итак, компьютерный мир остро нуждается в недорогих, быстрых, надежных и энергонезависимых микросхемах памяти с высокой плотностью записи. Такая память позволит сделать вычислительные устройства гораздо более простыми и компактными, более надежны-



ТРЕХМЕРНАЯ МИКРОСХЕМА памяти в виде системы вертикальных дорожек на кремниевой подложке может позволить получить плотность записи данных более высокую, чем на жестких дисках, и не требует применения движущихся частей

ми, быстрыми и энергоэкономными. Исследовательские группы во всем мире рассматривают несколько подходов к созданию систем памяти, в частности на основе новых электронных приборов, называемых мемристорами (*memristor*) (врезка на стр. 69), и другие — на основе спинтроники, где ключевую роль играет ориентация спинов (собственных магнитных моментов электронов).

Решением может стать новый тип спинтронных микросхем, называемых трековыми ЗУ (*racetrack memory, RM*), которые я предложил в 2002 г. В трековых ЗУ (ТЗУ) данные хранятся в виде участков намагниченности (доменов) нанопроводников («беговых дорожек»). Эти домены энергонезависимы и допускают перезапись так же, как на жестких дисках, но для записи и считывания битов в микросхемах ТЗУ не используются движущиеся части крупнее электронов, что делает их более быстрыми и надежными. Биты сами бегут по дорожкам, проходя мимо неподвижных элементов чтения/записи.

Более того, проводникам-дорожкам можно придать форму столбиков, образующих «лес» на кремниевой подложке. Такая структура позволит преодолеть пространственные ограничения, свойственные двумер-

ным системам хранения данных — жестким дискам и всем имеющимся сегодня на рынке микросхемам памяти, — и достичь очень высокой плотности записи. Я уверен, что трехмерная трековая память окажется подходящим средством для ускоренного развития технологии хранения данных и создания новых устройств, способных работать с большими объемами информации.

Недостатки жестких дисков

Основная структура накопителей на жестких магнитных дисках (НЖМД) не изменилась со времени их изобретения в 1950-х гг., хотя конструктивное исполнение их элементов претерпело огромные изменения, позволившие уменьшить размеры этих накопителей на много порядков. На жестких дисках данные хранятся в форме направлений намагниченности микроскопических участков (доменов) сверхтонкого слоя магнитного материала, покрывающего поверхность стеклянного диска с высокой степенью полировки. Диск вращается с большой скоростью (в современных компьютерах обычно 7,2 тыс. об./мин.) под головкой чтения/записи, укрепленной на подвижном рычаге.

В первые десятилетия своего существования накопители на жест-

ких магнитных дисках были размером с холодильник, а стоимость хранения единицы данных была очень высокой. Показатель качества технологии НЖМД — плотность записи: число битов данных, которые можно надежно хранить на единице площади магнитной поверхности. Вначале плотность записи увеличивалась всего примерно на 25% в год, но начиная с конца 1980-х гг. жесткие диски становились все более компактными и емкими.

Важным этапом такой эволюции стало создание головок чтения/записи на основе спинтроники, или, как я предпочитаю говорить, спинотехнических материалов. Исследования фундаментальных свойств материалов, состоящих из ряда магнитных нанослоев, проведенные мною в 1988–1991 гг., привели к созданию магниторезистивного датчика на основе спинового вентиля, который реагирует на микроскопические магнитные поля изменением своего сопротивления. В то время этот датчик был самым чувствительным устройством регистрации магнитных полей при комнатной температуре.

Первые спиновые вентили были применены компанией *IBM* в 1997 г. в считывающих головках магнитных дисков накопителя *Deskstar 16GP Titan*. За пять лет емкость НЖМД выросла в 1000 раз — самый впечатляющий скачок за всю их полувекую историю. Суммарная емкость всех накопителей на жестких магнитных дисках, выпускаемых за месяц, превышает 200 эксабайт (миллиардов гигабайт). Такого объема вполне достаточно, чтобы оцифровать все существующие сегодня в мире аналоговые данные, т.е. всю информацию, имеющуюся на бумаге, видео- и фотоносителях.

Датчик на основе спиновых вентиля был первым спинтронным наноустройством, и для понимания принципов работы ТЗУ нужны определенные знания в области спинтроники. Спин — фундаментальная характеристика электрона. Представьте себе электрон в виде маленького вращающегося шарика

электрического заряда, создающего магнитное поле в направлении оси вращения (спина). Ось вращения электрона во внешнем магнитном поле может быть только параллельна или антипараллельна его силовым линиям. Принято говорить, что спин направлен соответственно вверх или вниз по отношению к локальному магнитному полю.

В намагниченном металле электроны с параллельным спином движутся легче, чем электроны с антипараллельным. В результате возникает поляризованный, или спиновый ток, в котором большинство электронов имеют спины одного и того же направления. В отличие от этого, обычный ток, такой, как в медном проводе, переносится электронами с хаотично ориентированными спинами. В пермаллое, никель-железном магнитном сплаве с большой магнитной проницаемостью, степень поляризации спинов в токе может достигать 90%.

Датчик на основе спинового вентиля представляет собой наносэндвич из слоя немагнитного металла между двумя магнитными слоями. Первый магнитный слой поляризует спиновый ток в определенном направлении, а второй меняет свою намагниченность в соответствии с ориентацией каждого проходящего магнитного домена представляющего на диске 0 или 1. Когда намагниченности обоих слоев параллельны, спиновый ток проходит от одного из них к другому довольно легко. Когда же намагниченности слоев антипараллельны, поляризованные электроны встречают значительное сопротивление. Изменение сопротивления такого ус-



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ДОРОЖКА из сплава пермаллой с высокой магнитной проницаемостью имеет ширину 300 нм и толщину 40 нм. Нанопроводники под дорожкой позволяют регистрировать стенки магнитных доменов на ней. Представленная конструкция — один из сотен вариантов, составляющих экспериментальную микросхему «Акведук» (*Aqueduct*) *IBM*

тройства, получившее название гигантского магнитосопротивления (ГМС, или *GMR*), было независимо открыто в 1988 г. группами Альбера Фера (*Almbert Fert*) из университета Южный Париж и Петера Грюнберга (*Peter Grunberg*) из Юлихского исследовательского центра в Германии. ГМС позволяет считывающим головкам обнаруживать гораздо более слабые поля, что дает возможность существенно уменьшить размеры магнитных доменов на диске и разместить их намного плотнее.

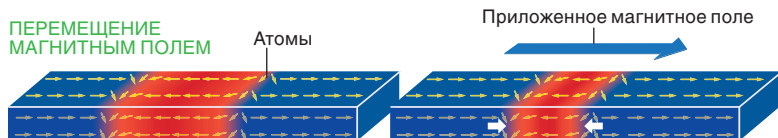
Однако эра спиновентильных датчиков продержалась не больше десяти лет. Современные НЖМД производятся с применением новой спинтронной технологии — так называемых магнитных туннельных переходов. Здесь используется эффект туннельного магнитосопротивления, обеспечивающий еще более высокую чувствительность к слабым магнитным полям, чем у спиновентильных

ОБ АВТОРЕ

Стюарт Паркин (*Stuart S.P. Parkin*) — почетный сотрудник *IBM*, руководитель магнитозлектронной группы в Альмаденском исследовательском центре в Сан-Хосе (штат Калифорния), профессор-консультант факультета прикладной физики Стэнфордского университета и директор совместного Спинтронного научно-прикладного центра *IBM* и Стэнфордского университета. Работы Паркина и его коллег из *IBM* в конце 1980-х — начале 1990-х гг. в области недавно открытого явления гигантского магнитосопротивления внесли большой вклад в создание практических технологий на его основе. Эти технологии позволили намного увеличить плотность записи на жестких магнитных дисках.

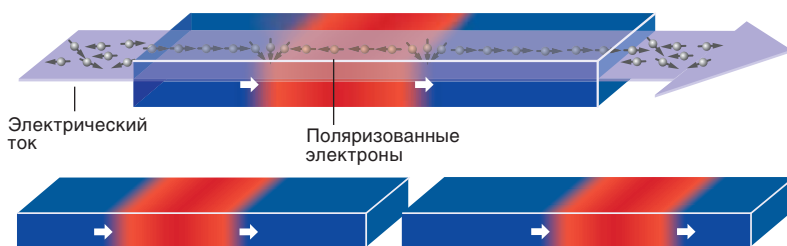
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИНОВ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БИТОВ

Возможность перемещения доменов вдоль дорожек с помощью импульсов электрического тока — очень важное условие обеспечения практической треквой памяти (внизу) Методы, основанные на использовании магнитных полей (вверху), слишком сложны



В каждом магнитном домене, представляющем 0 или 1, собственные магнитные моменты всех атомов (желтые стрелки) ориентированы в одном направлении. На границе доменов (доменной стенке) ориентация атомов меняется. Воздействие магнитного поля, направленного, например, как в домене, представляющем 1 (синяя стрелка), заставляет атомы доменной стенки переориентироваться на направление 1, что вызывает сдвиг доменных стенок (белые стрелки), но в противоположных направлениях, что уменьшает размер домена, представляющего 0. Перемещение битов вдоль проводника требует применения более сложного магнитного поля

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТОКОМ



Электроны тока (серые) в дорожке поляризуются, т.е. их спины и магнитные моменты ориентируются в направлении намагниченности материала дорожки. Когда такие поляризованные электроны переходят из домена «1» в домен «0», их ориентация меняется на противоположную. Поскольку спин электрона есть момент количества движения, который подчиняется закону сохранения, каждый электрон, переориентирующийся с 1 на 0, вызывает переориентирование атома в домене «0» с 0 на 1. В результате поляризованный ток перемещает доменную стенку 1/0 вдоль дорожки. Таким же образом поляризованный ток перемещает доменную стенку 0/1, так что в результате движется весь домен, а значит, данные перемещаются вдоль проводника

устройств (см.: Солин С. Субмикронные магнитные сенсоры // ВМН, № 11, 2004).

Спинтронные считывающие головки позволили значительно увеличить емкость жестких дисков и снизить стоимость хранения примерно до 10 центов на гигабайт. Но неизбежными следствиями механической природы вращающегося диска и подвижной считывающей головки остаются два существенных недостатка. Во-первых, при случайном касании магнитного слоя головка разрушается и повреждает магнитный слой, что может привести к потере всех хранящихся данных. Во-вторых, вращение дис-

ка со скоростью 7,2 тыс. об./мин. требует больших затрат энергии, но даже при таких показателях поворот диска к нужным данным занимает в миллионы раз больше времени, чем доступ к данным в энергозависимой памяти. В результате эффективность НЖМД оказывается очень низкой при выполнении самых обычных операций, например при записи транзакций в банковские счета: каждая из них может содержать очень малое количество данных, однако для поворота диска и перемещения головки в нужное положение требуется время, а на случай ее разрушения необходимо делать резервные копии.

Стойкость памяти

В последние годы специалисты отдают много времени и усилий разработке систем энергонезависимой памяти, которые сочетали бы достоинства жестких дисков и кремниевых микросхем, но были бы лишены их недостатков. Так, в 1995 г. я со своими коллегами из IBM предложил спинтронную память на основе магнитных туннельных переходов. Данные в ней хранятся в виде магнитных состояний этих переходов и могут считываться с использованием туннельного магнитосопротивления. Запоминающие устройства с произвольным доступом (ЗУПД), или оперативные ЗУ (ОЗУ), выпустила на рынок в 2006 г. компания Freescale Semiconductor, дочернее предприятие компании Motorola.

Запоминающие устройства на основе элементов, сопротивление которых изменяется по той или иной причине, предлагали и многие другие исследователи. Однако для доступа к каждому выбранному биту все они требуют включения транзистора последовательно с каждым резистивным элементом. А от размеров транзисторов в большой степени зависит стоимость устройства. При всех огромных преимуществах полупроводниковых ЗУ стоимость самого дешевого и них — флэш-памяти — в расчете на бит хранимых данных в 20–100 раз выше стоимости НЖМД.

Использование различных технологий для хранения цифровых данных в компьютерах обусловлено соотношением цены и характеристик различных типов полупроводниковых ЗУ. Так, данные, к которым активно обращается программа, хранятся в энергозависимой оперативной памяти (ОЗУ), а нужные для ее работы временные файлы, которые не помещаются в ОЗУ, хранятся на жестком диске. Он же нужен для долговременного хранения файлов и программ после выключения или аварии компьютера. В особых случаях используются также энергонезависимые и постоянные (допускающие только считывание) ЗУ.

Необходимость применения ряда технологий заставляет увеличи-

вать размеры компьютеров и родственных им устройств, усложняет и удорожает их. Устройство хранения, сочетающее в себе энергонезависимость и дешевизну жестких дисков с быстрой доступностью для чтения и записи обычных полупроводниковых ЗУ, коренным образом изменило бы положение дел. Таким устройством может стать предложенное мной трековое ЗУ (ТЗУ).

Каждая его дорожка представляет собой нанопроводник из магнитного материала, например пермаллоя. Биты на ней хранятся в форме последовательности магнитных доменов с намагниченностями в направлении длины дорожки. Домены, намагниченные в одну сторону, могут представлять нули, в противоположную сторону — единицы. Как и в случае жесткого диска, домены сохраняют свои намагниченности в отсутствие питания.

Однако в отличие от жесткого диска магнитный носитель здесь перемещать нет необходимости. Сами биты перемещаются вдоль дорожки в ту или иную сторону, проходя мимо наномасштабной головки чтения/записи. В результате требуется не отдельный транзистор для каждого бита, как в обычных полупроводниковых ЗУ, а всего несколько для сотен битов на каждой дорожке.

Сама идея перемещения магнитных данных по носителю не нова. Примером могут служить запоминающие устройства на цилиндрических магнитных доменах («пузырьковая память»), расцвет популярности которых пришелся на 1970-е гг. Миниатюрные цилиндрические домены перемещались с помощью сложной системы магнитных полей. Но жесткие диски и полупроводниковые ЗУ, размеры которых неуклонно уменьшались, а быстродействие росло, в итоге одержали победу.

Ключом к перемещению доменов служат доменные стенки — границы между доменами с разными направлениями намагниченности. В ТЗУ доменные стенки существуют везде, где соседствуют 1 и 0. Традиционный способ перемещения домен-

НОВЫЕ ВИДЫ ПАМЯТИ



Специалисты работают над несколькими новыми технологиями создания долговременных ЗУ более традиционных типов, чем трековая память, размещающая биты в горизонтальных структурах на кремниевой подложке. Для достижения емкости записи, сравнимой с вертикальными трековыми структурами или жесткими дисками, потребуется использование стопок таких структур

РЕЗИСТИВНОЕ ЗУПД (РЗУПД, ИЛИ RRAM) основано на использовании материалов, способных переключаться между двумя или более состояниями с различным сопротивлением. Многие компании исследуют монослои оксидов металлов, переключаемые импульсами напряжения. Ученые обычно полагают, что электрические поля этих импульсов создают проводящие нити в непроводящем оксиде. Лаборатории компании HP планируют уже в этом году создать опытные образцы микросхем памяти на основе «мемристоров» (*memristors*), в которых сопротивление изменяют мигрирующие атомы кислорода

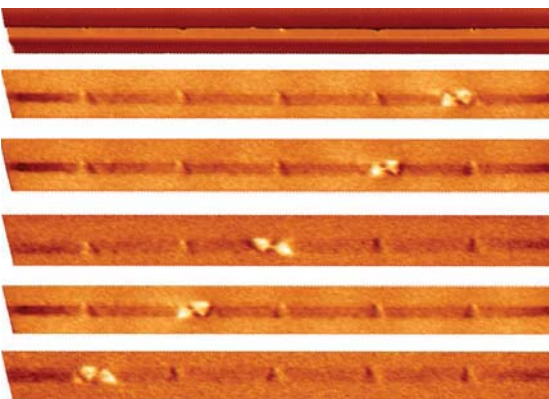
ЗУПД С ИЗМЕНЕНИЕМ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ (PRAM) имеют элементы из халькогенидного стекла — материала того же класса, что и используемые для перезаписываемых CD и DVD. Это стекло может находиться в кристаллическом состоянии с малым сопротивлением и в аморфном с большим сопротивлением. Импульс тока задает состояние путем нагрева халькогенида с последующим быстрым или медленным охлаждением. В 2006 г. компания BAE Systems создала 512-Кбайт PRAM с повышенной стойкостью к радиации для космических приложений, а в конце 2008 г. компания Numonyx, дочернее предприятие Intel и STMicroelectronics, выпустила на рынок 16-Мбайт PRAM Alverstone

ЗУПД С ПЕРЕДАЧЕЙ СПИНОВОГО МОМЕНТА (STT-RAM) — новый тип магнитных ЗУПД (МЗУПД). Данные в них хранятся в виде направлений намагниченности каждого бита. В обычных МЗУПД биты задаются с помощью наноскопических магнитных полей, а в STT-RAM — импульсами поляризованного тока, что позволяет уменьшить размер битов и потребление энергии. В число компаний, разрабатывающих эту технологию, входят Ever-Spin, Grandis, Hynix, IBM, Samsung, TDK и Toshiba

ных стенок состоит в приложении магнитного поля. Намагниченность каждого домена обусловлена тем, что магнитные моменты всех атомов в нем имеют одну и ту же ориентацию. При наложении достаточно сильного внешнего магнитного поля в направлении намагниченности одного из доменов атомы с противоположным направлением магнитного момента у доменной стенки переориентируются в направлении воздействующего поля, т.е. доменная стенка сдвигается. К сожалению, этот процесс не вызывает перемещения данных вдоль нанопроводника. Рассмотрим 0, находящийся между двумя единицами, и воздействие внешнего поля с направлением, соответствующим 1. Две доменные стенки будут двигаться так, что размеры доменов с единицей будут увеличиваться за счет домена с нулем, который в итоге исчезнет.

Спинтронный трюк, заставляющий доменные стенки синхронно двигаться вдоль дорожки в одном

направлении, очень прост: нужно только подать в нанопроводник поляризованный электрический ток (спиновый ток). Рассмотрим снова ту же систему доменов 1-0-1. Электроны, проходящие через первый домен с единицей, будут поляризованы в направлении 1. При пересечении границы 1/0 их магнитный момент будет стремиться переориентироваться в направлении 0. Но магнитный момент электрона связан с его механическим спином — моментом количества движения, который, как энергия и импульс, подчиняется закону сохранения. Чтобы электрон переориентировался с 1 на 0, что-то иное должно переориентироваться с 0 на 1. Этим другим будет атом, находящийся сразу за доменной стенкой на «нулевой» стороне. Таким образом, каждый поляризованный электрон при прохождении через доменную стенку сдвигает ее вдоль нанопроводника за этот переориентированный атом.



ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ДОМЕННОЙ СТЕНКИ (светлая «бабочка») управляемыми шагами вдоль дорожки шириной 300 нм. На изображении, полученном с помощью атомно-силового микроскопа (верхняя полоска), видны зарубки на краю дорожки, которые удерживают доменные стенки в отсутствие перемещающего тока. На ряде последующих подобных изображений (остальные полоски) представлены «карты» напряженности магнитного поля, которое наиболее сильно у доменных стенок. Исследователи продемонстрировали возможность одновременного управления шестью доменными стенками

Рассмотрим теперь, что происходит, когда один из электронов, ориентированных теперь в направлении 0, пересекает границу 0/1. По тем же причинам он переориентируется обратно на направление 1, заставляя ближайший атом за доменной стенкой переориентироваться с 1 на 0, т. е. тоже сдвигая стенку на один атом в направлении движения потока электронов. При таком синхронном движении двух доменных стенок по нанопроводнику движется и сам домен, содержащий 0, не увеличиваясь и не уменьшаясь. На текущий момент мы показали в лабораторных условиях, что импульс спинового тока длительностью 1 нс способен одновременно передвигать по нанопроводнику до шести доменных стенок. Стенки могут двигаться со скоростью 150 нм/нс, что позволяет получить наносекундное время доступа — в миллионы раз меньше, чем в случае жестких дисков, и срав-

нимое с временем доступа в энергозависимых ЗУ.

Однако доменные стенки вполне могут дрейфовать, возможно, под действием малых паразитных токов или магнитных полей, или из-за погрешностей амплитуды и длительности управляющих импульсов. Этой опасности можно избежать, создав на краях дорожек небольшие зарубки с шагом, равным размеру бита. Они будут удерживать доменные стенки, т.к. в положении на зарубке доменная стенка имеет наименьшую площадь и, следовательно, наименьшую энергию. Слабые паразитные токи не смогут сдвигать доменные стенки от зарубок, а не вполне правильные управляющие импульсы все же смогут перемещать стенки ровно на шаг зарубок.

Может образовываться несколько различных типов доменных стенок. Так называемые поперечные стенки довольно просты и очень похожи на те, которые вы можете представить себе на основе изложенного выше. В отличие от них вихревые стенки имеют сложную картину намагниченности, включающую в себя небольшое «ядро» в центре. Их можно сдвигать меньшими токами, т.к. изменение положения ядра смещает всю стенку. Если домены с единицами и нулями намагничены не вдоль дорожки, а поперек, то образуются доменные стенки только одного, сравнительно простого типа. В принципе такой вид намагничивания имеет преимущества, поскольку позволяет сделать дорожки более узкими, а это означает, что сдвигать доменные стенки можно будет меньшими токами.

Если сформировать дорожки в виде «леса» из столбиков, стоящих на поверхности кремниевой пластинки, то ЗУ будет трехмерным, что позволит намного повысить плотность записи. Жесткие диски и кремниевые микроэлектронные устройства памяти (и логические) двумерны по своей природе, и многие аналитики предсказывают, что уменьшение их размеров может достичь фундаментального предела всего лет за десять.

Наша группа создала несколько вертикальных дорожек, но мы пока не сумели интегрировать их на одной площадке с устройствами считывания и записи. Создание на кремниевых подложках надежных вертикальных дорожек с коммерчески приемлемой стоимостью может оказаться очень трудной задачей. Сейчас большинство экспериментов мы проводим с горизонтальными нанопроводниками на кремниевой подложке. Плотность записи таких трековых ЗУ будет только сравнимой с плотностью записи флэш-ЗУ, но трековые ЗУ будут иметь ряд важных преимуществ: более высокое быстродействие, меньшее потребление энергии и отсутствие износа. Сегодня мы работаем над созданием прототипа, в котором по полдюжины доменных стенок будут перемещаться вдоль каждой дорожки.

Трековая память встретит жесткую конкуренцию со стороны разрабатываемых сегодня других систем долговременной памяти на основе более традиционных подходов (врезка на стр. 69). Следите, какая технология первой пересечет финишную черту в ближайшем к вам магазине. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Magnetically Engineered Spintronic Sensors and Memory. Stuart Parkin, Xin Jiang, Christian Kaiser, Alex Panchula, Kevin Roche and Mahesh Samant in Proceedings of the IEEE, vol. 91, No. 5, pages 661–680; May 2003.
- Magnetic Domain-Wall Racetrack Memory. Stuart S.P. Parkin, Masamitsu Hayashi and Luc Thomas in Science, vol. 320, pages 190–194; April 11, 2008.
- Сайт совместного Спинтронного научно-прикладного центра IBM и Стэнфордского университета: www.almaden.ibm.com/spinaps
- D.D. Awschalom, M.E. Flatt и Nitin Samarth, Spintronics, Scientific American, June 2002



ИНСТИТУТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ

Лицензия А № 270244
Регистрационный № 023969
Международная аккредитация
МЛСУ № С8–21/007–64

Отделения общественных наук РАН

СИСТЕМА КОРПОРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ «МАСТЕР ДЕЛОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ (МВА)
В ОБЛАСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА»

С 2009 г.
действуют программы
повышения
квалификации
и личной
эффективности.
Проводится набор
в группы

Специализация «Стратегический и инновационный менеджмент»

Целевая аудитория:

- Управленцы высшего звена
- Государственные служащие
- Собственники бизнеса
- Ведущие специалисты компаний по стратегическому и инновационному менеджменту, маркетингу, кадровому развитию
- Резерв высших управленческих кадров

Отличительные особенности программы:

- Уникальный преподавательский состав отечественных и зарубежных специалистов в области стратегического, инновационного, финансового менеджмента, теории сложности
- Авторские методики, апробированные в ведущих высших учебных заведениях и бизнес-школах Великобритании, Германии, Австрии, США, Италии и России, реализованные на практике в ведущих российских и зарубежных фирмах
- Широкий пакет дополнительных сервисов, включающий в себя:
 - экспресс-диагностику стратегического потенциала компании на основе программного комплекса «Стратегическая матрица компании»
 - учет и сбалансированную систему показателей
 - персональное развитие
 - комплексную корпоративную диагностику
 - предсертификационную подготовку организации

- инновационный менеджмент
- оценку активов
- оптимизацию бизнес-процессов
- PR-услуги
- интернет-продвижение
- креативную поддержку
- антикризисные программы
- Совмещение подготовки групп специалистов с комплексным консалтингом фирмы
- Предоставление доступа к электронной базе знаний «Экономические стратегии»

Модули программы:

- Стратегический менеджмент
- Финансовый и инвестиционный менеджмент
- Инновационный менеджмент
- Международные стандарты технического регулирования
- Правовые аспекты бизнеса
- Информационные технологии и операционный менеджмент
- Маркетинг
- Личностное развитие
- Методология управления и внешняя среда бизнеса
- Эксклюзивная серия мастер-классов ведущих ученых и управленцев

Организация учебного процесса:

- Продолжительность полного курса обучения — 2 года
- Вхождение в учебный процесс — с любого модуля
- Форма обучения — по графику — с отрывом от работы
- Очная часть программы проходит в формате сессий — трехдневных; пятидневных; шестидневных; двенадцатидневных
- По завершении полного курса обучения выдаются диплом и международный сертификат
- Возможно частичное обучение по выбранным дисциплинам с получением соответствующего свидетельства
- Прием на программу конкурсный, осуществляется по результатам собеседования

Контактная информация:

Россия, 101000, Москва,
Сретенский бульвар, д. 6/1, стр. 1, офис 4
Тел./факс: +7(495) 234 4697, +7(495) 234 4693
E-mail: mba@inesnet.ru
<http://www.inesnet.ru/inesmba/>

ДЕСЯТЬ ЛАУРЕАТОВ Scientific American



Этические и политические аспекты внедрения результатов научных исследований и новых технологий не менее важны, чем сами достижения. Примеров можно привести много: предоставление медицинской помощи носителям ВИЧ и больным СПИДом в Африке; борьба за то, чтобы крупнейший в мире производитель микросхем предпринял все возможные меры для уменьшения вреда, наносимого им природе; использование собственного авторитета во всемирной кампании против курения... Собственное позиционирование и лидерство в таких областях требует активной жизненной позиции и воображения, выходящего за рамки чисто технической изобретательности. В этом году, представляя десять победителей конкурса,

Scientific American делает акцент на исключительную дальновидность и достижения избранной группы людей, успехи которых в прошлом году выделялись среди других.

Для создания программы народного здравоохранения или ведения экологически чистого бизнеса мало одной административной эффективности и общественных связей. Необходим творческий подход к преодолению институциональных и бюрократических препятствий, а также к признанию не только новых технологий, но и новаторских методов.

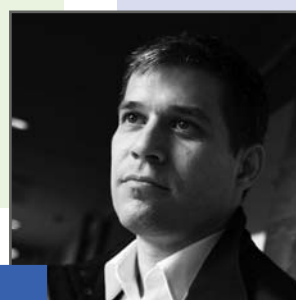
Один из лауреатов создал из автомобильных деталей инкубатор для выхаживания новорожденных, который легко ремонтировать в условиях сельской местности развивающихся стран. Другой понял,

что широкое внедрение электромобилей сдерживается отсутствием инновационной инфраструктуры подзарядки и обмена аккумуляторных батарей. Чисто техническое вдохновение было вознаграждено созданием практических средств для превращения нескольких клеток кожи, взятых, например, с руки человека, в эквивалент стволовых клеток.

Сочетание лидерских способностей и изобретательности, проявленные призерами конкурса *Scientific American* 2009 г., служит образцом того, как можно подходить к решению таких сложных проблем, как истощение природных ресурсов, нехватка медицинской помощи и острая нужда в образовании. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

10



COURTESY OF THE WHITE HOUSE (Obama)



Первое экологичное здание компании *Intel* — дизайн-центр в Хайфе (Израиль), — которое должно вступить в строй до конца 2009 г.



■ ТОДД БРЕЙДИ

МЕНЕДЖЕР ПО ЭКОЛОГИИ
Intel, Санта-Клара, штат Калифорния

Изготовитель микросхем делает упор на экологичность

У технологических компаний с многомиллиардным бюджетом, таких как *Intel*, есть много путей повышения экологичности производства. Они могут строить заводы с более высокой эффективностью использования электроэнергии, исключать токсичные вещества из своей продукции, минимизировать выбросы парниковых газов, перерабатывать отходы производства, потреблять электроэнергию ветроэлектростанций, а также других возобновляемых источников. Или, благодаря целеустремленным менеджерам по экологии вроде Тодда Брейди (Todd Brady), делать все это одновременно.

Брейди, который работает в *Intel* с 1995 г., помог своей компании завоевать репутацию мирового лидера экологичного производства. Он внес большой вклад в проектирование первого экологичного («зеленого») здания компании *Intel* — дизайн-центра в Хайфе (Израиль), — которое получило почетный сертификат лидерства в области энергоэффективности и экологичности и должно вступить в эксплуатацию до конца 2009 г. В нем, на-

пример, предусмотрена утилизация тепла, выделяемого компьютерами в центре обработки данных, и использование его для отопления. Три четверти пространства офисных помещений освещаются исключительно солнечным светом, проникающим через большие окна. Брейди был также инициатором смелого решения компании уменьшить к 2010 г. на 4% потребление энергии и на 30% выбросы парниковых газов. С 2001 г. компания *Intel* сэкономила больше 500 млн киловатт-часов электроэнергии, что равно потреблению более 50 тыс. домов.

Кроме того, она сэкономила 34 млн кубометров чистой воды, уменьшила свой «вклад» в глобальное потепление, убрав с дорог 50 тыс. автомобилей, и отказалась от использования свинца и галогенов в своих процессорах. А в 2008 г. Управление по защите окружающей среды США объявило, что *Intel* стала единственной из крупнейших корпораций США, получившей сертификат на использование возобновляемых источников энергии, — также благодаря усилиям Брейди. — Мелinda Уэннер

■ ШЕЙ АГАССИ

ОСНОВАТЕЛЬ И ГЛАВНЫЙ УПРАВЛЯЮЩИЙ
Better Place, Пало-Алто, штат Калифорния

Удивительно простая схема подзарядки может обеспечить будущее электромобилям

В нашей нетерпеливой экономике электрические автомобили просто не в состоянии выжить. Да, *Tesla Roadster* быстр и сверхсовременен, но его стоимость и время, необходимое для подзарядки (около трех часов), лишают его привлекательности. *Chevrolet Volt*, выпуск которого намечен на 2010 г., доступнее по цене, но его аккумуляторов хватает всего на 64 км пробега. Шей Агасси (Shai Agassi), бывший руководитель ПО-компании и новичок в автомобильной промышленности, считает, что будущее мира без бензина требует более широкого подхода. Он методично создает совершенно новую инфраструктуру обслуживания автомобильного транспорта: сеть станций замены аккумуляторных батарей, зарядка которых осуществляется с помощью энергии солнца и ветра. На этих станциях, расположенных в удобных местах, водители смогут покупать абонемент на километраж пробега и обменивать потом разряженные батареи на заряженные. Например, в Калифорнии такие «обменные станции», расположенные на основных автомагистралях с шагом около 50 км, смогут охватить весь штат. Для небольшой подзарядки работники станции или клиенты смогут подключить автомобиль к зарядной точке со счетчиком. Операционные системы бортовых компьютеров автомобилей позволят водителям планировать маршруты поездок, исходя из заряда батареи, возможностей подзарядки или обмена батарей.



Созданная Агасси компания *Better Place* запустила в 2008 г. пробный проект в Израиле, где налоговые стимулы должны вызвать интерес к этой системе и поддержать план массового маркетинга к 2011 г. Венчурные компании выделили на это \$200 млн. Соглашения о создании сетей подзарядки заключили Дания и Австралия, а также штаты Онтарио, Гавайи и Калифорния. Поставлять электромобили будет компания *Renault-Nissan*. Со временем, рассчитывает Агасси, пробег на литий-ионных батареях увеличится, а стандартизация их типоразмеров позволит обслуживать множество моделей автомобилей. Связывая воедино технологию, техническую политику и систему обслуживания на дорогах, система Агасси может сделать электрические автомобили реальностью. — Салли Лерман

Станции обмена и подзарядки приблизят эру электромобилей



Станции обмена и подзарядки приблизят эру электромобилей



■ ВАФАА ЭЛЬ-САДР

НАЧАЛЬНИК ИНФЕКЦИОННОГО ОТДЕЛЕНИЯ
Гарлемский больничный центр, Нью-Йорк

Врачи возглавили комплексную кампанию по борьбе с ВИЧ и СПИДом

Доля больных туберкулезом среди носителей ВИЧ и больных СПИДом растет, и именно это заболевание становится причиной смерти в 50% случаев. Вафаа Эль-Садр (Wafaa El-Sadr) приняла на себя ведущую роль в кампании, направленной на скорейшее снижение этого показателя. Эль-Садр, директор Международного центра борьбы со СПИДом при Колумбийском университете (*ICAP*), недавно инициировала его сотрудничество в деле сдерживания ВИЧ-туберкулезного кризиса примерно с 400 организациями здравоохранения в странах Африки, лежащих южнее Сахары. К декабрю 2008 г. эти африканские центры обследовали на туберкулез 106 тыс. носителей ВИЧ и разработали совокупность координированных мер по лечению туберкулеза и предотвращению его распространения.



Как врач, она сосредоточилась на всех аспектах пандемии ВИЧ, и ее работа принесла ей в 2008 г. почетное звание члена Общества Макаурта. Став в 1988 г. начальником инфекционного отделения Гарлемского больничного центра, она разработала комплексную модель борьбы с ВИЧ-инфекцией, основанную на семейных связях, применяемую сегодня во всем мире. Кроме того, она возглавила действия по минимизации риска передачи ВИЧ от матери ребенку, которые помогли тысячам женщин в восьми странах.

Эль-Садр участвовала также в исследованиях, которые позволили врачам найти наилучший курс лечения для носителей ВИЧ и больных СПИДом. С 2001 по 2006 г. она была сопредседателем крупнейшей в истории программы изучения борьбы с ВИЧ — «Стратегии антиретровирусной терапии» (*Strategies for Management of Antiretroviral Therapy, SMART*). Одним из главных результатов этой программы стал вывод, что носители ВИЧ живут дольше и лучше, если подвергаются антиретровирусной терапии постоянно. Сегодня Эль-Садр работает над обеспечением возможности такой непрерывной терапии: в 2008 г. *ICAP* поддерживал такую терапию для одной десятой всех ВИЧ/СПИД-пациентов в упомянутых выше странах. — Мелинда Уэннер

■ РОБЕРТ ЛИНХАРДТ

ПРОФЕССОР БИОКАТАЛИЗА
И МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
Политехнический институт Ренсселера

Химик-исследователь выявляет причину смерти от негодных лекарств

Когда в январе 2008 г. американцы начали умирать от воздействия загрязненного гепарина, с 1930-х гг. ставшего основой препаратов, предотвращающих свертывание крови, Управление по контролю над продуктами питания и лекарственными средствами США (FDA) обратилось к химику Роберту Линхардту из Политехнического института Ренсселера с просьбой помочь найти причину этих смертей. Линхардт не только выявил ее, но и нашел средство, которое, возможно, предотвратит подобные случаи в будущем.

Корни проблемы лежали в бурном росте потребности в противосвертывающих препаратах: для предотвращения образования сгустков крови при операциях на сердце и при гемодиализе в США ежедневно используется 300 тыс. доз гепарина. Фармацевтические компании США приобретают в основном гепарин, выделенный из кишечника свиней, выращенных на американских фермах. Но США потребляют больше гепарина, чем могут произвести, поэтому фармацевты вынуждены импортировать недостающее количество.

Когда в начале 2008 г. из-за гепарина случилось столько несчастий, FDA обвинило в них импортную продукцию, произведенную китайской компанией *Changzhou SPL Company*. FDA, совместно с американской компанией, продавшей испорченный продукт, обратились за помощью к Линхардту. Линхардт и его коллеги за несколько недель тщательно разделили компоненты гепарина и обнаружили источник бед: оверсульфатированный хондроитинсульфат (OSCS) — соединение на основе препарата для лечения остеоартрита. OSCS мог добавляться к гепарину в качестве дешевого наполнителя, но в итоге убил 81 американца, вызвав воспаление и опасные падения артериального давления.

Выявление причины летальных исходов не удовлетворило Линхардта. Он хотел найти также и решение этой проблемы. К августу он и его коллеги объявили, что они синтезировали порцию чистого гепарина, в миллион раз большую, чем удавалось получить в лабораториях до этого. Их секрет состоял в использовании бактерий

Escherichia coli в качестве микроскопических химических фабрик. И хотя синтетической форме гепарина еще далеко до клинического применения, работа Линхардта стала огромным шагом к тому будущему, когда гепарин будет спасать жизни, как он и должен это делать, и никогда не будет их отнимать. — Мелинда Уэннер



■ ЮДЖИНИ СКОТТ

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
Национальный центр научного образования,
Окленд, штат Калифорния

Защитница преподавания эволюционной теории усиливает свою пропаганду

В XIX в. биолога Томаса Генри Хаксли (Thomas Henry Huxley), активно защищавшего великие научные идеи, прозвали «бульдогом Дарвина». В XXI в. его дело продолжает Юджини Скотт (Eugenie Scott), — женщина, называющая себя «золотистым ретривером Дарвина». Будучи главой некоммерческого Национального центра научного образования (NCSE), она стала одним из наиболее выдающихся поборников сохранения эволюционной теории как неотъемлемой части учебных про-



грамм государственных школ. Пост исполнительного директора NCSE она заняла в 1986 г., за год до того, как Верховный суд США объявил незаконным преподавание теорий креационизма в государственных школах в решении по делу «Эдвардс против Агияра».

В 1980 г., когда Скотт заинтересовалась так называемыми креационистскими теориями, пытавшимися пересмотреть биологию, геологию и другие науки на основе буквального толкования Библии, она работала антропологом в Университете Кентукки. Она возглавила народное движение против преподавания креационистских теорий в государственных школах ее штата.

В 2005 г. Скотт выступала в роли общественного консультанта на процессе «Кицмиллер против Довера», на котором судья Джон Джонс (John Jones) постановил, что «разумный замысел» представляет собой форму креационизма, и поэтому преподавание его в государственных школах штата противоречит конституции.

Годом позже Скотт и NCSE приняли участие в трудной борьбе против закона штата Флорида об академической свободе, который разрешал учителям говорить о «противоречиях» в эволюционной теории. В штате Кентукки подобный законопроект был отвергнут.

В марте 2009 г. Отдел народного образования штата Техас отверг требование о рассмотрении «слабых и сильных сторон» теорий Дарвина в научных классах, рожденное в ходе кампании по «проталкиванию» креационизма под другим названием. Однако вместо устранения проблемы Отдел постановил включить формулировку, гласящую, что ученики должны «анализировать и оценивать» теории, несмотря на обращение NCSE, в котором говорилось, что, хотя слова и различны, намерение дискредитировать теории Дарвина остается неизменным. Ввиду постоянно меняющейся терминологии антиэволюционистов у «золотистого ретривера Дарвина» будет еще очень много возможностей выступить в роли правового защитника преподавания эволюции в школах. — Кейт Уилкок



■ БИЛЛ ГЕЙТС И МАЙКЛ БЛУМБЕРГ

СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ
Фонд Билла и Мелинды Гейтс

МЭР НЬЮ-ЙОРКА

Авторитет знаменитостей помогает кампании по борьбе с курением

Курение смертоноснее малярии, СПИДа и туберкулеза вместе взятых, ежегодно оно убивает большее число людей, чем любой другой фактор. И оно распространяется с тревожащей скоростью, особенно в развивающихся странах. В 2008 г. соучредитель корпорации *Microsoft* Билл Гейтс совместно с медиамагнатом и политиком Майклом Блумбергом (Michael Bloomberg) вступил в борьбу с убийцей-табаком, организовав всемирное движение против курения, которому выделил \$375 млн.

Партнерство основывается на 125-миллионной программе международных грантов, начатой Блумбергом в 2006 г. для содействия таким мерам, как создание общественных зон, свободных от курения, запрет рекламы табачных изделий, повышение налогов на табачные изделия и борьба с контрабандой. Новые вливания (\$250 млн от Блумберга и \$125 млн от фонда Билла и Мелинды Гейтс) предназначены для оплаты расходов на кампанию по распространению знаний о вреде табака среди детей и взрослых, по защите некурящих от воздействия табачного дыма и помощи курильщикам в отказе от курения. Программа предусматривает также обучение работников налоговых служб и здравоохра-

нения составлению эффективных распоряжений в области борьбы с курением. Предусматривается мониторинг мирового потребления табака и оценка стратегий его контроля. В число партнеров кампании входят Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Центры контроля и профилактики заболеваний и Всемирный легочный фонд. Хотя упор делается на Бангладеш, Китай, Индию, Индонезию и Россию, где спрос на сигареты очень велик, Гейтс надеется также уменьшить спрос на табак и в Африке.

Блумберг, в прошлом курильщик, завоевал авторитет двумя крупными кампаниями против курения в ходе двух сроков своего пребывания на посту мэра Нью-Йорка. Для Фонда Билла и Мелинды Гейтс, который прежде занимался в основном борьбой с инфекционными болезнями, борьба против курения стала новым направлением. Страны с низким и средним доходами населения тратят на кампании против курения около \$20 млн, при этом получая от налогов на сигареты около \$66 млрд. Благодаря вливаниям из фондов и хорошо продуманной программе Блумберг и Гейтс вполне могут сформировать политическую волю и политические меры, необходимые для того, чтобы мир отказался от вредной привычки.

– Салли Лерман



Карбюратор, встроенный в кухонную печь, уменьшает выбросы токсичных газов

■ БРАЙАН УИЛСОН

ПРОФЕССОР МЕХАНИКИ
Университет Колорадо

Инженер помогает развивающемуся миру использовать чистые источники энергии

Почти половина населения Земли готовит повседневную пищу на крайне неэффективных домашних плитах, потребляющих уйму топлива. Эти печи выбрасывают в воздух такие вредные вещества, как СО и бензпирен, от отравления которыми ежегодно гибнет около 1,6 млн человек. Команда Брайана Уилсона (Bryan Willson) из Лаборатории двигателей и преобразования энергии Университета штата Колорадо решила эту проблему с помощью хорошо продуманной конструкции на основе простого карбюратора и теплоизолированной камеры. Сегодня всего за \$10–40 жители Индии и Филиппин могут купить блестящую кухонную печь, производящую в пять раз меньше вредных выбросов, потребляющую меньше топлива и даже быстрее нагревающую пищу. Двухтактные двигатели десятков миллионов мототакси в Африке, Индии и на Филиппинах также загрязняют воздух смертельным «коктейлем». Студенты Уилсона создали простой набор, позволяющий превратить карбюраторные двигатели этих машин в двигатели с непосредственным впрыском топлива, уменьшив вредные выбросы каждого двигателя на величину, соответствующую выбросам 50 современных автомобилей.



Инженер-механик Уилсон расширил свою тесную лабораторию в Форт-Коллинзе, превратив ее в «питомник» для изобретений в области чистых источников энергии. Но вдохновляемые им инновации этим не ограничиваются. Помогая своим студентам и сотрудникам применять их знания в деле развития экономики и предпринимательства, Уилсон обеспечивает предоставление технических решений тем, кто в них нуждается. — Салли Лерман

■ КРИСТИАН ОЛСОН

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОГРАММЫ
Центр интеграции медицины и инновационной технологии, Бостон

Простые недорогие устройства для искусственного дыхания и инкубаторы могут спасти множество новорожденных в развивающихся странах

Несколько лет назад жена Кристиана Олсона (Kristian Olson) в трудных родах произвела на свет тройню. Олсон, 38-летний врач-педиатр и терапевт, понял, что в каком-нибудь из тех мест, где он долгое время работал, после подобного испытания младенцы бы не выжили. Это понимание побудило Олсона начать еще упорнее бороться за внедрение простых и недорогих технологий, позволяющих выживать новорожденным, для которых недоступны современные медицинские центры.

Один из коллег Кристиана сказал сотрудникам *Boston Globe*, что там, где дело касается технологий сохранения жизни в развивающихся странах, Олсон — как раз «то, что надо». В 2008 г. Олсон и Центр интеграции медицины и инновационной технологии (*CIMIT*) — некоммерческий консорциум



бостонских клиник и технических школ — выдвинули программу демонстрации эффективности устройств за \$7 для искусственного дыхания — трубок, через которые медики могут вдуть воздух в рот новорожденного. Эта программа начала осуществляться после цунами 2004 г. в Южной Азии. С тех пор пользованию устройствами были обучены около 500 акушерок в индонезийской провинции Ачех.

В рамках Всемирной инициативы защиты здоровья *CIMIT* Олсон продолжает разрабатывать инкубатор, изготавливаемый из деталей автомобилей. Эта идея, заимствованная у прежних руководителей *CIMIT*, проста: знаний и материалов для ремонта медицинской аппаратуры во многих сельских больницах может и не быть, но умельцы, необходимые для ремонта автомобилей, найдутся везде. Олсон возглавил команду, которая изготовила опытные образцы инкубаторов, доказав осуществимость одной из целей *CIMIT* — использования нетрадиционных технологий для решения проблем бедных стран. — Гэри Стикс



Когда-нибудь инкубаторы, сделанные из автомобильных деталей, смогут заменить одеяла, используемые для младенцев в этом блоке интенсивной терапии в столице Непала Катманду

■ АНДРАШ НАДЬ

СТАРШИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ
Больница Маунт-Синай, Торонто

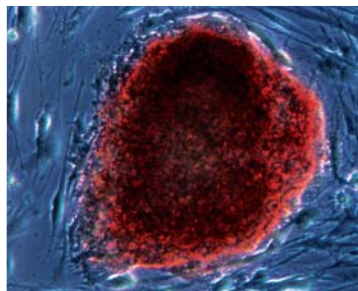
Биолог открыл практический способ превращения зрелых клеток в стволовые

Федеральному финансированию исследований в области стволовых клеток эмбрионов в США может быть вновь дан зеленый свет, но это не помешает упорной и творческой работе исследователей, которые уже восемь лет ищут другие возможности. К числу наиболее успешных из них относится биолог Андраш Надь из больницы Маунт-Синай в Торонто (Канада), который открыл новый способ превращения зрелых клеток в функциональный эквивалент стволовых клеток эмбриона. Его исследования привели к созданию, пожалуй, наиболее практичного на сегодня метода. В 2006 г. две лаборатории независимо друг от друга сумели простым путем активизации четырех генов превратить зрелые клетки кожи в стволовые клетки, обладающие полипотентностью, т.е. способностью развиваться в различные

типы клеток. Плохо то, что вирусы, используемые для введения активных генов, иногда делают эти клетки злокачественными. В 2008 г. японские ученые объявили, что сумели обойтись без применения вирусов, но их решение обладало исключительно низкой эффективностью: они были счастливы, если стволовыми становились 29 клеток из каждого миллиона.

В феврале 2009 г. Надь объявил, что нашел более эффективное решение. Он и его коллеги сумели ввести четыре нужных гена

в клетки мышей и человека с помощью линейной генетической структуры, называемой транспозоном, которая обладает способностью эффективно встраиваться в геном клетки. Дополнительное достоинство этого метода — то, что гены, введенные с помощью транспозона, можно впоследствии удалить посредством фермента, называемого транспозазой, а это значит, что они не будут со временем вызывать рак или иные нежелательные эффекты. Когда Надь добавил четыре гена, многие из зрелых клеток превратились в стволовые — через 20 дней исследователи обнаружили 48 отдельных колоний стволовых клеток. Эти клетки оставались полипотентными даже после удаления введенных генов. В сущности, Надь и его коллеги впервые создали эквивалент стволовых клеток эмбриона, безупречный в этическом отношении, безопасный и эффективный. Это важный шаг к возможности использования их в клинической практике. — Мелinda Уэннер



Исследователи из Торонто открыли практический способ превращения зрелых клеток кожи в стволовые

COURTESY OF SID TABAK Mount Sinai Hospital (Nagy); KNUIT WOLTJEN Mount Sinai Hospital (stem cell); CHIP SOMODEVILLA Getty Images (Obama)

■ БАРАК ОБАМА

ПРЕЗИДЕНТ США

Новый глава государства начал свой срок радикальным изменением политики в отношении науки

После восьми долгих лет забвения ученые вновь стали желанными гостями Белого дома. В первые месяцы своего правления президент Барак Обама достаточно быстро ввел науку в центр своей политики в отношении изменений климата, энергетики, здравоохранения и финансирования научных исследований. Он отверг пренебрегающие наукой стратегии и назначил на высокие посты выдающихся ученых, в том числе физиков Стивена Чу (Steven Chu) и Джона Холдрена (John Holdren), морского эколога Джейн Любченко (Jane Lubchenco) и специалистов-биомедиков Харолда Вармуса (Harold Varmus) и Эрика Ландера (Eric Lander).

В марте Обама снял запрет на федеральное финансирование исследований стволовых клеток эмбрионов и поручил Национальному институту здоровья разработку новых правил. Обещав прислушиваться к ученым, «особенно, когда это неудобно», он одновременно распорядился разработать новые принципы политики, которые должны защищать целостность науки и обеспечивать прозрачность выработки политических решений.

В марте же делегаты международной комиссии по изменению климата встретили аплодисментами обещание Тодда Стерна (Todd Stern), специального представителя президента Обамы в этой области, «наверстать упущенное время» и сочетать в действиях США настойчивость, научность и прагматизм. Действительно, бюджет президента требует выделения \$150 млрд на научные исследования, разработки и технологию чистой энергетики на период в 10 лет, \$43 млрд — на дополнительные исследования и инфраструктуру и \$20 млн на налоги, уже встроенные в план стимулирования экономики.

Выбирая кандидатов в лауреаты, мы рассматривали менее очевидных претендентов, чем президент, достойных более широкой известности, но достижения Барака Обамы всего за несколько недель пребывания в должности были столь необычными, что мы не могли их не признать. На фоне президентства Буша, которого критиковали за постоянное пренебрежение научными знаниями ради политических целей, эти действия выглядели поразительными. Но влияние президента Обамы вполне может выйти далеко за рамки поверхностных сравнений. Его упор на науку и технологию должен продвинуть фундаментальные исследования и инновации и повысить научную и технологическую конкурентоспособность США для грядущих поколений. — Салли Лерман



КТО БУДЕТ ЖИТЬ ДОЛГО

Леонид и Наталья Гавриловы — всемирно известные биogerонтологи, работающие в Чикаго. Все свои исследования они проводят вместе. Проблемой старения увлеклись еще будучи студентами МГУ, и в течение более 30 лет работы в науке никогда не отвлекались от этой темы. В 2009 г. Гавриловы получили крупный грант на пять лет от Национального института здоровья США (NIH) на исследования механизмов долголетия. В частности, в процессе выполнения работы предполагается выявить максимум факторов, определяющих будущую продолжительность жизни человека при его рождении — так называемых «предикторов долголетия». В интервью журналу «В мире науки» исследователи рассказывают о том, каково отношение к изучению процессов старения в России и США и как им удается заниматься этой проблемой в строгих рамках грантовой системы

— Леонид и Наталья, ваша первая статья была опубликована в «Докладах Академии наук» еще в 1978 г., и она описывала некую модель старения. Как это вообще стало возможно, ведь вы были еще студентами?

— Л.: Прежде всего, у нас было непреодолимое желание заниматься в науке именно этой темой, потому что она важнее всего другого. Когда я еще в школе размышлял над будущим выбором, то получался парадокс: если это действительно что-то интересное, то для осуществления не хватит жизни, а если хватит, то это уже не так значительно и потому не вдохновляло. И тогда я решил, что сначала надо разобраться со старением, и тогда впереди — вечность и делай что хочешь. Незрелый мальчишеский разум, оторванный от реальности жизни. Но это желание попало на удачную почву. Я ходил по университету и убеждал всех заниматься исследованиями механизмов старения. Однажды с этой целью даже пришел на прием к И.В. Березину, тогдашнему де-

кану химфака. У него было чувство юмора, и он поддержал нас с Натальей. Поддержку мы нашли у многих, например у академика Н.М. Эмануэля.

Вообще я пошел на химфак, потому что мне казалось тогда, что это чисто химическая задача, а потом, что это еще и из области химической кинетики. Эмануэлю я передал отпечатанную рукопись со своей теорией старения где-то в коридоре химфака МГУ, а тот ее представил в «Докладах». И опубликовали! В МГУ была тогда очень благоприятная для творчества атмосфера. В других местах с этой темой нас сразу же сломали бы.

— А потом изменилось отношение к этой тематике? Ведь даже сейчас слово «старение» в науке произносят и воспринимают с осторожностью.

— Н.: Уже тогда было раздвоение. Поэтому мы и говорим, что нам очень-очень повезло. Еще можно вспомнить и академика Н.П. Дубинина, которому мы на конференции просто показали уже заранее отпе-

чатанную на машинке статью «Определение видовой продолжительности жизни». В Институте общей генетики проходила всесоюзная научная конференция как раз по искусственному увеличению видовой продолжительности жизни, Дубинин эту тему поддерживал и объявил во всеулышание, что прочитал статью Гавриловых и будет рекомендовать ее к печати в «Докладах Академии наук».

Но было много людей, которые относились к этому брезгливо, и такое отношение было весьма распространено. Нас спасла университетская среда — при более жесткой структуре, подобной американской, нам не удалось бы состояться. В России же, как известно, правила и запреты в научной среде далеко не всегда исполнялись.

— Л.: Поэтому неоценимой стала помощь В.П. Скулачева, к которому я поступил в аспирантуру. Начинать как химик, а защищаться уже как генетик — по генетике продолжительности жизни. Владимир Петрович понимал, что путь, по кото-

рому я иду, рискованный: у меня не было плана исследований, а был набор гипотез без какой-либо структуризации. И Скулачев сказал мне: «Либо ты делаешь то, что я говорю, и тогда защита гарантирована. Либо ты занимаешься, чем хочешь, но я не несу за это никакой ответственности». Если просто читать его слова как стенограмму, то они могут показаться негативными. На самом деле это не было ультиматумом, Владимир Петрович отпустил меня в свободное плавание и постоянно поддерживал нас.

— **Какой работой вы были заняты в момент отъезда в США? Почему уехали?**

— **Л.:** Уехали мы 11 лет назад, и произошло это как-то неожиданно, то есть мы не планировали отъезд заранее. В 1996 г. выиграли в лотерее *Green Card* и решили поэкспериментировать. Я в тот момент работал в Институте физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского и был убежден, что до конца жизни останусь там. Что все уже определено, ничего не изменится.

Занимались тем же старением и продолжительностью жизни. Была некая стабильность — ученая степень, стабильный оклад, жилье. Но Наталья была более практичной и видела, что ситуация развивается не в очень благоприятном направлении.

— **Н.:** В начале 1990-х гг. мы получили два соросовских гранта на исследования механизмов старения, и даже встречались в МГУ с Джорджем Соросом и подарили ему нашу недавно вышедшую на английском языке книгу «Биология продолжительности жизни». Так что в начале кризиса мы были удачливы — получили еще два гранта ИНТАС и периодически выезжали работать в Бельгию, а в Америку отправились с туром лекций. Особенно удачным было выступление в Чикаго, и нам вообще там понравилось. Последовало приглашение, принять которое на самом деле было очень рискованно. Если бы мы сразу не получили там грант от Национального института старения, то нам просто не на



ОБ АВТОРАХ

Леонид Гаврилов — доктор наук, научный сотрудник Центра по проблемам старения при Чикагском университете, США, эксперт Фонда развития гражданских исследований США, консультант Национального института по проблемам старения и Национального совета по научным исследованиям при Национальной академии наук США.

Наталья Гаврилова — научный сотрудник Центра по проблемам старения при Чикагском университете, эксперт Национального института здоровья (NIH) США. Основные научные интересы связаны с изучением механизмов старения, смертности и продолжительности жизни, биодемографией, медицинской информатикой и биоинформатикой.

В 1985 г. в своей совместной работе «Новая тенденция в снижении человеческой смертности: опрямоуголивание кривой выживания» Гавриловы оспорили популярную на тот момент научную парадигму неизменности старения. В качестве примера они привели новую тенденцию снижения смертности, наметившуюся в конце 1950-х гг. в развитых странах среди людей пожилого возраста в связи с улучшением качества их жизни. Позже, в 1986 г., в монографии «Биология продолжительности жизни» исследователи выдвинули и обосновали теорию надежности старения и долговечности на основе известной в математических дисциплинах общей системной теории надежности и разрушения. Гавриловы провели колоссальную работу, собрав и проанализировав тысячи таблиц продолжительности жизни различных человеческих популяций и других биологических видов с помощью методов количественного и статистического анализа показателей старения и смертности. В одной из недавних работ Наталья и Леонид Гавриловы изучили данные, собранные по 991 долгожителю, родившемуся в США между 1875 и 1899 гг., и с помощью информации из переписи населения США и записей Управления социального страхования реконструировали семейную историю 198 из них, чтобы выяснить, есть ли между ними что-то общее. В 2009 г. Леонид и Наталья Гавриловы получили грант на пять лет от NIH на исследования механизмов долголетия. В процессе выполнения работы предполагается в частности выявить максимум факторов, определяющих продолжительность жизни человека при рождении, — так называемых предикторов долголетия.

что было бы жить — стабильной заработной платы не предлагали.

— **Можете сравнить обстановку в том, что касается свободы научного поиска? Могли ли вы продолжать заниматься тем же — продвигать теорию?**

— **Л.:** Скажу так: если бы я начал учиться и работать в США, то у меня не было бы никаких шансов на выживание в этой теме. Но для продолжения работы и совершенствования переезд сыграл положительную роль.

В США правила соблюдаются строго, там нельзя срезать углы. Это страна законов с очень жесткой системой финансирования. И я очень благодарен Наташе — я больше говорю, у меня громкий голос, но делает все в основном она. У нас распределение ролей: она делает большую часть работы, а я дальше уже про-талкиваю.

— **Н.:** Я поняла, что надо так написать грант, чтобы не было сомнений в успехе. Свобода поиска — это худшее, что можно предложить рецензенту. Надо расписать до деталей, что будет делаться, получится ли, какие будут результаты. Иначе завернут — вдруг ничего не выйдет. Кстати, теперь я сама так поступаю. Меня приглашают экспертом *NIH*, и я грешу тем, что следуя их инструкциям оценки грантов, в результате чего *NIH* отсеивает 90% грантов.

— **И как же вам удалось «обернуть» такую тематику в конкретные вещи?**

— **Н.:** Вначале брали небольшие гранты на так называемые пилотные исследования, которые как раз и существуют для пробы, но это очень ограниченные деньги — приходилось брать несколько грантов. И задачи нужно было ставить более узкие, поскольку основной акцент грантов в том, что они должны быть выполнимы в течение года и на выделенные бюджеты. Применительно к старению, например, это определение эффекта возраста родителей: влияет ли он на продолжительность жизни потомства? А у нас уже были предварительные исследования, в которых мы показали, что дочки, родившиеся от пожилого папы, живут меньше. У нас были предварительные публикации, и поэтому мы получили грант. Предварительные публикации — необходимая вещь для получения гранта, но важно не переборщить — ведь могут сказать, что раз работа уже сделана, то нечего на нее деньги давать. То есть приходится изобретаться и ходить буквально по кромке.

— **Что конкретно вы сейчас хотели бы осуществить, но не можете, в американских условиях?**

— **Л.:** Например, дальнейшее изучение того, чем определяется продолжительность жизни человека, но в свободном поиске. Мы ужасно любим творческий научный труд, без детального плана. План превращает работу в индустриальный процесс, из которого вынимается душа. Самый счастливый период — когда ты знаешь, чем хочешь заниматься, потом делаешь первые поисковые движения, и следующие шаги зависят не от плана, а от того, что получилось на первом этапе. Или даже больше — от того, что прочитал или узнал в процессе работы и что порой заставляет поменять вектор, подобно собаке-ищейке, которая обнюхивает незнакомую местность, и постепенно начинает ориентироваться. Получаешь кусочки информации, потом проводишь исследования, которые сразу меняют ландшафт на будущее.

— **Н.:** В наших нынешних условиях мы, например, не можем работать над развитием теорий старения. Голова мыслит уже не глобальными вещами, а более приземленными — как все организовать, чтобы получить положительные отзывы рецензентов. Таким образом на и без того сложную проблему накладываются дополнительные ограничения. Но с другой стороны, заниматься просто теорией как таковой совершенно бессмысленно, она формируется в контексте определенных фактов. Сначала «черновая» гипотеза, от нее оттапливаются предсказания, затем собираются данные, анализируются, получаются результаты, затем гипотеза модифицируется и становится теорией. Под этим словом я подразумеваю не формальную тематику и не отвлеченные размышления, а в значительной мере результат обработки и анализа эмпирических и экспериментальных данных. Из эмпирических наблюдений строятся модели, развиваются и модифицируются. Но особенности российской университетской школы в том, что там всегда ценились красивые, элегантные решения. А в американской — чем сложнее, тем лучше. Грант не пройдет, если ты не проде-

монстрируешь, что используешь все современные сложные методы.

— **Что сейчас для вас главное в работе в Чикаго?**

— **Н.:** Проект по выявлению предикторов долгожительства, который начался с нового года, и который рассчитан на пять лет. Мы пытаемся собрать полную базу долгожителей Америки, используя генеалогические и официальные данные. Обычные данные ничего о продолжительности жизни родителей и родственников не говорят, это очень трудоемко. Но при этом миллионы людей собирают свою генеалогию, и эти сведения можно достать, базы очень хорошего качества. Кроме того, в США все ранние переписи населения открыты и компьютеризированы.

Я приобрела вторую специальность — получила диплом по *computer science* в Чикагском университете, решив специализироваться по базам данных. В результате получила бесценные знания, которые помогли нашей работе. В частности, нам удалось составить программу, которая позволяет круглосуточно, даже пока мы спим, выкачивать из общих баз всех долгожителей Америки — по календарным годам, начиная с 1880 г. Кстати, уже на уровне простой статистики выявилась любопытная закономерность — ежегодно в США рождалось около 1,5 тыс. мужчин и 3 тыс. женщин, которые впоследствии смогли дожить до 100 лет.

— **Какие же факторы при рождении могут влиять на последующую продолжительность жизни?**

— **Л.:** Мы выяснили возраст родителей в момент рождения каждого будущего долгожителя из нашей базы и могли сравнить продолжительность жизни внутри семьи между братьями и сестрами. И оказалось, что если мама была молодой, моложе 25 лет, то у ребенка вдвое больше шансов дожить до ста лет по сравнению с братьями и сестрами, которые были рождены позже.

Помимо этого выяснилось, что если мужчина к 30 годам уже имел более трех детей, то это благоприят-

но влияет на продолжительность его жизни. Прежде думали, напротив, что этому способствует меньшее число детей, но оказалось не так.

Большую роль играют условия и место рождения. Это как заложенная память — события детства влияют на будущее. В частности, перенесенные сразу после рождения инфекции — по этому поводу у нас тоже была гипотеза. Сейчас мы собираемся проверить, действительно ли инфекции, перенесенные в раннем детстве, способствуют развитию болезней в пожилом возрасте.

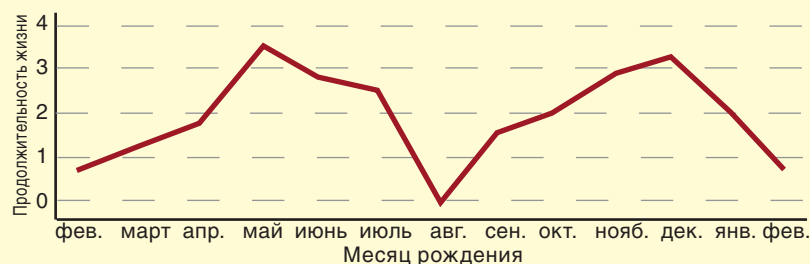
Интересный фактор — вес. В Первую мировую войну всех американских мужчин призывного возраста заставили пройти обследование, в том числе регистрировались рост и вес, поэтому мы можем определить влияние и этих факторов на последующее доживание до 100 лет. Выяснилась интересная вещь: между мужчинами со средним весом и худыми нет никакой разницы. Однако у тех, кто оказался в числе 15% самых тучных, шансов дожить до 100 лет нет почти никаких.

За пять лет мы должны определить как можно более полный комплекс предикторов долгожительства. Но это еще не все — за предикторами ведь стоят механизмы, и их тоже нужно найти. Например, эксперименты показали, что мыши, рождающиеся от более молодых мам, живут дольше. То же самое мы можем сказать и про людей, основываясь на статистических данных. Т.е. это общий механизм, свойственный по крайней мере млекопитающим. В процессе проверки гипотезы выяснилось, что, оказывается, лучшие яйцеклетки, которые прошли меньше делений и у которых длиннее теломеры, используются первыми. А те, которые образуются позже, проходят больше циклов делений, у них больше мутаций и теломеры короче. У млекопитающих яйцеклетки разного качества, более ранние — лучшего качества. И это имеет эволюционный смысл — второго шанса репродукции может и не выпсть. Мать может умереть, не дожив до следующего цикла.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ И МЕСЯЦ РОЖДЕНИЯ

Продолжительность предстоящей жизни взрослых женщин (в возрасте 30 лет) в зависимости от месяца рождения (выраженная как разность от уровня продолжительности жизни женщин, родившихся в августе).

По вертикальной оси приведена разность между продолжительностью жизни в изучаемом месяце и продолжительностью жизни родившихся в августе. Например, те, кто родились в мае, живут в среднем на 3,5 года дольше, чем те, кто родились в августе



Или другой фактор — рождение в сельской местности благоприятно влияло (по крайней мере, в начале прошлого века в Америке) на будущую продолжительность жизни. Почему? Похоже, из-за детских инфекций, которые были особенно распространены в городах. Если в детстве организм часто подвергается инфекциям, то запускается механизм хронического воспаления, уничтожаются собственные клетки. Вообще, у старения много сходных черт с процессом воспаления. Инфекции подобны медленно горящему торфянику, сжигающему клетки. И раньше, когда их груз был высок, городские дети были подвержены им больше. Они несли груз поврежденный уже с самого младенчества.

Это очень важный момент, поскольку обычно при создании любых моделей ученые молчаливо предполагают, что исходное состояние системы идеально, а в биологии получается не так — в момент рождения мы уже можем быть сильно повреждены. Если учесть эти исходные повреждения, то тогда мгновенно все красиво переписывается — вся математика теории надежности становится применимой к биологии старения. И тогда любые мелочи, обстоятельства рождения — условия среды, место, даже месяц могут иметь большое влияние на дальнейшую продолжительность жизни. И это очень важное направление наших исследований, именно поэтому

мы начали обращать большее внимание на ранние события.

— **Как изменились ваши представления о процессе старения за годы исследований?**

— **Л.:** Вначале оно было очень простым. Когда я был студентом, я считал, что всему причиной свободные радикалы и достаточно синтезировать эффективный антиоксидант, чтобы решить проблему.

Теперь я считаю, что старение — это собирательный термин для всей совокупности процессов, каждый из которых вносит свой вклад в разрушение организма с возрастом. Иными словами, любой процесс, вносящий свою лепту в возрастные разрушения, выступает как компонент процесса старения. Вообще, научное сообщество нуждается в выработке консенсуса на тему, что такое старение. Здесь мог бы быть полезен системный подход, основанный на принципах теории надежности. Если бы ученые пришли к согласию об определении старения, они могли бы лучше сотрудничать друг с другом в выработке программы борьбы со старением, такой как, например, программа «Наука против старения», предложенная недавно международным фондом «Наука за продление жизни». Сейчас очень нужны открытые дискуссии на эту тему, которые уже начались в нашем блоге *Longevity Science* (<http://longevity-science.blogspot.com/>). ■

Беседовала Елена Кокурина



Основы языка TeX

Настоящая книга посвящена набору и верстке текстов в системе TeX, широко используемой в мире для оформления математических и технических материалов. Читатель познакомится с основами языка TeX и его расширения LaTeX. На осно-

Беляков Н.С., Палош В.Е., Садовский П.А. TeX для всех: Оформление учебных и научных работ в системе LaTeX. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

ве дистрибутива *MikTeX* рассмотрены основные возможности системы *LaTeX* с учетом доступных пакетов расширений. Приведены примеры и показаны варианты использования возможностей системы. Предметный указатель и приложения позволяют использовать издание в качестве справочника.

Книга может быть полезна школьникам, студентам, аспирантам и преподавателям всех направлений, научным работникам и инженерам всех отраслей, а также всем тем, кто интересуется оформлением печатных работ и хочет максимально аккуратно готовить тексты для печати.



Теория катастроф

Настоящая книга написана на основе лекций, читаемых авторами в течение ряда лет для студентов старших курсов физического факультета МГУ. Курс лекций ставит своей целью ознакомить студентов с относительно новым разделом математической физики — теорией особенностей отображений мно-

Алексеев Ю.К., Сухоруков А.П. Введение в теорию катастроф. Изд. 2-е, доп. Серия: Синергетика: от прошлого к будущему. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

жеств, называемой также иногда теорией катастроф, и ее приложениями в физике. Теория особенностей лежит на стыке таких областей математики, как дифференциальные уравнения, математический анализ, топология, геометрия, абстрактная алгебра, и представляет собой вполне самостоятельную дисциплину, обеспечивая исследователя мощным, хорошо развитым и строго обоснованным аппаратом изучения различных физических явлений в наиболее интересных, «критических» ситуациях.

Издание предназначено для студентов, аспирантов, инженеров и научных сотрудников физических специальностей.

Тем, кто изучает язык



Профессор Стокгольмского университета Эстен Даль — один из крупнейших специалистов по лингвистической типологии. Книга «Возникновение и сохранение языковой сложности» — плод его двадцатилетнего труда, и в ней он раскрывает перед читателями много интересных и захватывающих тем.

Даль Э. Возникновение и сохранение языковой сложности. Пер. с англ. М.: Издательство ЛКИ, 2009.

В книге увлекательно, на доходчивых примерах, обсуждаются разнообразные вопросы, которые волнуют любого, кто когда-либо задумывался о языках мира. Есть ли объективно «сложные» и «простые» языки? На простом ли языке говорили в саду Эдема? А сохранились ли такие языки сейчас? Кто усложняет язык — взрослые или дети? Зачем в языке столько лишнего с точки зрения информации? Как грамматические формы ведут эволюционную борьбу за выживание? Как неспециалисту понять теорию информации на примере кодового замка?

Эконофизика

В современную экономическую теорию проникают новейшие научные понятия — нелинейная динамика (синергетика), детерминированный хаос, фракталы, генетические алгоритмы, нечеткие множества и другие, обещающая новые открытия, но в то же время самим своим появлением побуждая к пересмотру достигнутого ранее. Рождаются новые исследовательские программы, которые ставят своей целью более достоверное объяснение сложных явлений. К их числу относится совсем недавно сложившаяся дисциплина, получившая название «эконофизика».

Настоящее издание посвящено использованию концепций статистической физики для описания финансовых систем. В ней изучается проблема, которая игнорируется традиционными исследованиями

в экономике и финансах, а именно то обстоятельство, что нет никаких доказательств в пользу существования саморегуляции рынков. Демонстрируется понимание того, что рынки ведут себя не так, как они гипотетически «должны» действовать в соответствии с традиционными моделями. На основе анализа финансовых рыночных данных разрабатывается новая модель динамики рыночных цен с нетривиальной изменчивостью.

Книга написана легко и доступно, она не перегружена математическими выкладками и, по существу, представляет собой увлекательный рассказ о новейших методах математической экономики. Она будет интересна не только экономистам и финансистам, но и физикам, которые найдут перспективным применение концепций статистической физики к экономическим системам.



Мантенья Р.Н., Стенли Г.Ю.
Введение в эконофизику. Корреляции и сложность в финансах.
Пер. с англ. (Rosario N. Mantegna, H. Eugene Stanley. An Introduction to Econophysics. Correlations and Complexity in Finance.) М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

Путешествие вглубь мироздания

Брайан Грин — один из ведущих физиков современности, автор «Элегантной Вселенной» — приглашает нас в очередное удивительное путешествие вглубь мироздания, которое поможет нам взглянуть на окружающую действительность в совершенно ином ракурсе.

В книге рассматриваются фундаментальные вопросы, касающиеся классической физики, квантовой механики и космологии. Что есть пространство? Почему время имеет направление? Возможно ли путешествие в прошлое? Какую роль играют симметрия и энтропия в эволюции космоса? Б. Грин детально рассматривает картину мира Ньютона, идеи Маха, теорию относительности Эйнштейна и анализирует ее противоречия с квантовой механикой. В книге обсуждаются проблемы деко-

геренции и телепортации в квантовой механике. Анализируются многие моменты инфляционной модели Вселенной, первые доли секунды после Большого взрыва, проблема горизонта, образование галактик. Большое внимание уделено современному подходу к объяснению картины мира с помощью теории струн/М-теории.

Грин показывает, что наш мир значительно отличается от того, к чему нас приучил здравый смысл. Автор увлекает всех нас, невзирая на уровень образования и научной подготовки, в познавательное путешествие к новым пластам реальности, которые современная физика вскрывает под слоем привычного мира.



Грин Б.
Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности.
Пер. с англ. (Brian Greene. The Fabric of the Cosmos. Space, Time, and the Texture of Reality.) М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

Материалы предоставлены интернет-магазином научной книги www.URSS.ru

Фулбрайтская летняя гуманитарная школа — 2009

В Москве 15–21 июня 2009 г. работала XII Фулбрайтская летняя гуманитарная школа, собравшая молодых ученых и преподавателей, в основном из России и США. Главную тему — «Медийное воображение» — раскрывали в дискуссиях, на лекциях и семинарах, коллоквиумах. Лекцию «Постмодернизм и глобализация» и доклад о новом прочтении «Капитала» К. Маркса предложил Фредерик Джеймисон, профессор сравнительного литературоведения и романских языков (Университет Дьюка). Джеймисон и преподаватель английского языка и литературы Уэйнского университета Джонатан Флэтли также прочитали лекцию и провели семинар: «Популярные медиа и утопия: сериал “Прослушка”». Стивен Данкомб, преподаватель истории и политики медиа (Нью-Йоркский университет), поделился своим мнением о проблеме воображения в век цифровых ме-

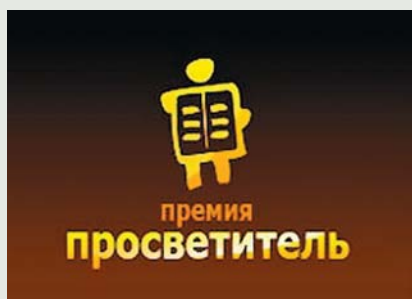
диа. С большим интересом участники школы восприняли лекцию профессора истории кино, славянских языков и литературы Йельского университета Джона Маккея «Между графосферой и видеосферой. Киновоображение» и лекцию профессора теории литературы и семиотики (РГГУ/МГУ) С.Н. Зенкина о философии и семиотике воображения, о вообразимом и образе. Были также другие выступления, обсуждения на площадках МГУ, Государственного центра современного искусства, Российского государственного гуманитарного университета, Центра современного искусства «Винзавод». Фулбрайтские летние гуманитарные школы стали хорошей научно-образовательной традицией. Ежегодно по программе Фулбрайта объявляются международные конкурсы, прежде всего для мероприятий по академическому обмену ученых и деятелей искусств. Главная

цель программ Фулбрайта в России и США — улучшить взаимопонимание между странами. Имеются возможности обучения, чтения лекций, проведения научных исследований, стажировок в университетах, библиотеках, архивах, проведения мастер-классов и т.д. Особенно поддерживается сфера гуманитарных, точных наук и технологий. Программы академических обменов между РФ и США осуществляются на двусторонней основе: не только предоставляются стипендии российским ученым для работы в Соединенных Штатах, но и в России принимаются американские исследователи. Программы рассчитаны на активную работу с регионами России. Специалисты отмечают, что грант программ Фулбрайта уже получили более тысячи российских ученых, студентов, аспирантов и преподавателей. ■

Дмитрий Мисюров

Награда просветителям

30 июня в московском клубе ArteFAQ состоялось оглашение длинного списка премии «Просветитель» в области литературы non-fiction



Учредитель премии, председатель фонда «Династия» Д.Б. Зимин и сопредседатели оргкомитета журналист А.Н. Архангельский и издатель А.Ф. Гаврилов представили список из 24 книг и рукописей, в том числе и коллективного

авторства. Имена авторов из длинного списка можно найти на сайте <http://www.premiaprosvetitel.ru>.

После оглашения длинного списка премии книги, вошедшие в него, будут переданы жюри на рассмотрение. На основе мнений членов жюри будет сформирован короткий список. Торжественное объявление лауреата состоится в ноябре этого года. Победитель получит денежное вознаграждение в размере 600 тыс. рублей. Денежным сертификатом на продвижение книги на рынке награждает и издателя книги лауреата премии.

Литературная премия «Просветитель» учреждена в 2008 г. Ее цель —

привлечение внимания читателей к просветительскому жанру литературы, поощрение авторов и создание предпосылок для расширения рынка просветительской литературы.

В состав жюри 2009 г. вошли академик РАН Ю.А. Рыжов (председатель), проректор РГГУ, филолог Д.П. Бак, депутат Мосгордумы, поэт, математик Е.А. Бунимович, создатель интернет-проектов А.Б. Носик, ведущий научный сотрудник ФИАН, доктор физико-математических наук А.М. Семихатов, лауреат премии «Просветитель» за 2008 г. М.С. Сванидзе.

Помимо выявления и награждения лауреата премия «Просветитель» совместно с некоммерческим фондом «Пушкинская библиотека» реализует большую библиотечную программу: библиотеки в различных регионах России получают по два комплекта книг финалистов, а также книги из библиотеки фонда «Династия». ■

Павел Мостинский

Студенты СПбГУ в лабораториях HR

В июне в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) открылся учебно-научный центр HR, основная задача которого — подготовка ИТ-специалистов высокого уровня и обеспечение доступа студентам и преподавателям к информации о современных технологиях.

Особенность центра технологий HR в СПбГУ, отличающая его от других центров, создаваемых в рамках программы Международного института технологий HR, — его специализация на научной работе, выполняемой студентами и аспирантами университета под руководством профессоров СПбГУ и исследователей лабораторий HR в Санкт-Петербурге. Этот союз способствует эффективному обучению студентов через конкретную научно-практическую работу, а также ведет к получению научных результатов. Такой подход будет развиваться и в других центрах программы МИТ HR.

Торжественная церемония открытия центра прошла при участии ректора СПбГУ Н.М. Кропачева, вице-президента HR и генерального директора HR в России Оуэна Кемпа, директора лабораторий HR в России В.С. Полутина и других почетных гостей.

«Россия сегодня как никогда нуждается в инновационных результатах, востребованных промышленностью и рынком, — отметил Н.М. Кропачев. — Партнерство с HR позволяет сократить путь к пониманию проблематики современных информационных технологий и способствует выводу на рынок инновационных решений. Современное оборудование и программное обеспечение центра, а также финансовая поддержка HR послужат хорошей основой для реализации поставленных задач».

Учебно-научный центр в Санкт-Петербурге ориентирован на проведение исследований и изучение новых подходов при разра-



ботке информационно-поисковых технологий. Это новая, прикладная область интернет-технологий, которая, с одной стороны, стремительно вошла в нашу повседневную реальность через многочисленные поисковые механизмы в Интернете, но, с другой стороны, столкнулась с существенными проблемами, связанными с повышением точности поиска, снижением информационного шума, доставкой информации в нужное время и в контексте деятельности ее потребителя.

«По некоторым данным, объем информации, генерируемый человечеством, удваивается каждые 18 месяцев. Этот процесс невозможно остановить, но необходимо научиться правильно работать с информацией и ее анализировать, — подчеркнул В.С. Полутин. — Предметом исследовательской составляющей центра станет систематизация подходов в построении отдельных модулей информационно-поисковых технологий, изучение их математического аппарата, исследование и разработка новых решений в партнерстве

с лабораториями HR в Санкт-Петербурге».

СПбГУ стал одним из 20 вузов России и стран Центральной и Восточной Европы, присоединившихся к программе МИТ HR. Программа была создана в 2008 г. специально для российских вузов, а первые успехи вывели ее на международный уровень. В рамках программы МИТ HR планируются лекции экспертов HR и приглашенных профессоров и возможности стажировки в лабораториях HR в Санкт-Петербурге, а также многие другие направления поддержки студентов.

Еще одним важным событием в области научной деятельности HR и СПбГУ стало оглашение лауреатов премии лабораторий HR в рамках программы открытых инноваций. СПбГУ второй год подряд вошел в число вузов, отмеченных наградой. Премия подразумевает финансирование стратегических исследовательских проектов, проводимых совместно представителями академического сообщества и лабораториями HR. ■

Прибавить жизнь к годам

Всемирный геронтологический конгресс (IAGG-2009), который состоялся в начале июля в Париже, собрал рекордное число участников — около 6 тыс. из 82 стран. Это объясняется двумя связанными друг с другом причинами. Во-первых, открытия, исследования и технологические прорывы в фундаментальной биологии последних лет делают принципиально возможным значительное продление жизни человека. И сама эта возможность требует привлечения в эту область большого числа специалистов из самых разных сфер — не только биологов в самом широком смысле этого слова и, конечно, медиков, но и психологов, философов, юристов, социологов.

Именно поэтому программа конгресса была разделена на четыре огромных раздела — «Биологические науки», «Здоровье и гериатрическая медицина», «Психология и поведенческие исследования», «Социальные, политические исследования».

«Биологический» раздел, безусловно, был самым интригующим, поскольку на его сессиях были представлены последние достижения науки в борьбе со старением. Среди участников были очень известные ученые, имена которых на слуху

последние два три-года, — например Вальтер Лонго (Университет Южной Калифорнии), которому удалось продлить жизнь дрожжевых клеток в десять раз, что стало рекордом в опытах по продлению жизни. Основная часть докладов была посвящена изучению возраст-зависимых заболеваний, которых насчитывается сегодня несколько десятков, и поиску средств их лечения, но присутствовал и общий подход к проблеме — попытка найти и обобщить механизмы старения человеческого организма и всего живого в частности.

Одна из главных в этом направлении парижских сессий была названа весьма амбициозно: «Старение больше не является неразрешимой биологической проблемой». Первый доклад на ней представил знаменитый Леонард Хейфлик (США), утверждающий, что «причины биологического старения известны» и заключаются они в постепенном накоплении повреждений в организме, приводящих к разного рода болезням и в конце концов — к смерти. Но выражение «не является неразрешимой проблемой» предполагает, что есть средства решения. Этих средств профессор

Хейфлик, к сожалению, не продемонстрировал. Зато его коллега по симпозиуму профессор Том Кирквуд, руководитель Института старения и здоровья Университета Ньюкасла (Великобритания), продолжил эту мысль таким образом: «Проблема старения решена, но это решение как раз демонстрирует всю ее сложность».

В беседе с корреспондентом «В мире науки» он объяснил свою позицию: «Понадобится еще не один год (я даже не берусь прогнозировать приблизительный срок), когда наши сегодняшние знания о процессе старения могут быть использованы для воздействия на него».

И все-таки на конгрессе были биологи, настроенные более оптимистично. Вторая «концептуальная» сессия, посвященная изучению процесса старения в целом, называлась: «Почему мы стареем. Синтез современных представлений». Выступавший на ней профессор Брюс Карнс из Университета Оклахомы заявил, что для того, чтобы кардинально повлиять на процесс старения, необходимо «изменить нынешнюю биологию, повернув ее в сторону продления жизни». И сам подход к этой проблеме должен быть также изменен: «Вместо того чтобы спрашивать себя, как прибавить годы к жизни, мы должны решать другую задачу — как прибавить жизнь к годам», — заявил Брюс Карнс. По его мнению, эта проблема должна изучаться системно, на разных уровнях устройства человеческого организма в рамках междисциплинарного проекта.

И такой подход уже реализуется: версию комплексной междисциплинарной программы «Наука против старения» представил на конгрессе российский благотворительный Фонд «Наука за продление жизни». На данный момент среди авторов программы — 25 отечественных и зарубежных ученых, но судя по тому интересу, который она вызвала на конгрессе, следующая версия будет еще более представительной.

Следует также отметить весьма успешный устный доклад эксперта фонда, доктора биологических



Биогеронтологи Калев Финч и Вальтер Лонго (Университет Южной Калифорнии, США)

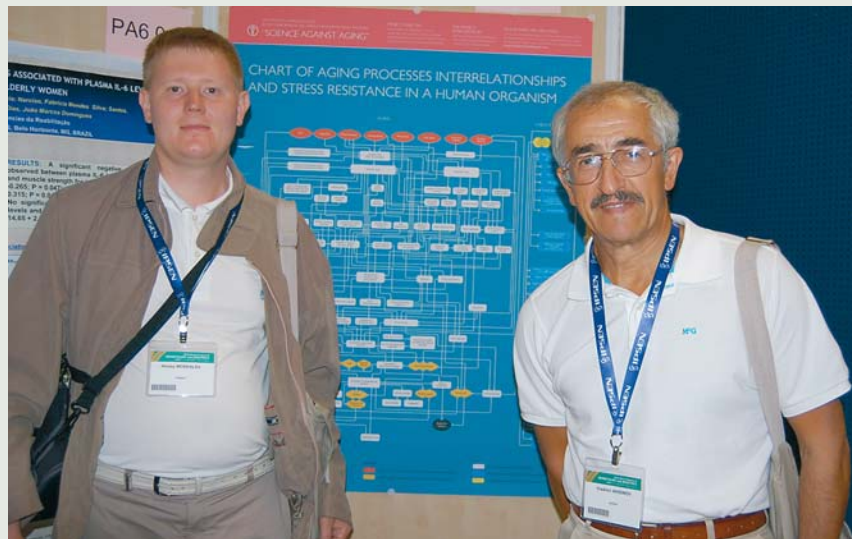
наук, специалиста по генетике старения, ведущего научного сотрудника Института биологии Коми НЦ РАН А.А. Москалева, а также сессию, организованную президентом Геронтологического общества РАН, профессором В.Н. Анисимовым, которая называлась «Мелатонин, биоритмы и старение»; сам профессор Анисимов представил доклад на тему «Мелатонин как геропротектор и канцероген».

Но примечательно, что все-таки биологический раздел на конгрессе оказался самым малочисленным (речь идет не о качестве, а именно о количестве). Об этом можно было судить хотя бы по той минимальной площади, которую занимали научные постеры, по сравнению с той, что была отдана гериатрам (врачам, которые занимаются лечением пожилых людей), социальным работникам, психологам. Такой подход мог бы быть оправданным, если бы все

эти сферы были объединены идеологически и направлены на решение единой задачи. Парижский конгресс

представил фрагменты огромного пазла без единого сюжета. ■

Елена Кокурина



Доктор биологических наук А.А. Москалев и президент Геронтологического общества РАН профессор В.Н. Анисимов представляют программу «Наука против старения»

Лучшие учителя

2 июля в поселке Московском были подведены итоги шестого всероссийского конкурса школьных учителей фонда «Династия». Экспертная комиссия назвала имена 500 лучших российских учителей физики и математики

Цель конкурса осталась неизменной — поддержка лучших представителей физико-математического образования в средней школе и расширение профессиональных контактов в среде учителей физики и математики, развитие их сотрудничества с представителями высшей школы и научным сообществом.

В этом году учительский конкурс проводился в трех номинациях: «Молодой учитель», «Учитель, воспитавший Ученика» и «Наставник будущих ученых». Второй раз за историю конкурса присуждены премии «За выдающиеся заслуги в области физико-математического образования». Лауреатами премии стали три учителя, чей авторитет в педагогическом сообществе признан, а научные достижения учеников известны далеко за пределами нашей страны.

В номинации «Молодой учитель» лауреатами названы 70 учителей физики и математики, которые недавно приступили к работе в школе, но уже продемонстрировали высокую эффективность в преподавании своего предмета и методическую грамотность в работе со школьниками.

В рамках конкурса «Учитель, воспитавший Ученика» победителями стали 30 учителей, которых назвали другие лауреаты фонда «Династия», получившие грант в этом году, — молодые ученые, аспиранты, студенты. Сами они, успешно осваивающие и развивающие теоретическую физику, прошли жесткий конкурсный отбор, а конкурс «Учитель, воспитавший Ученика» дал им возможность назвать своих первых учителей — тех, кто показал им дорогу в науку.

Самой массовой в учительском конкурсе, как обычно, стала номинация «Наставник будущих ученых» с ее 397 лауреатами. Это особый конкурс, для участия и победы в котором не нужно заполнять анкеты и подавать заявки, достаточно просто хорошо преподавать свой предмет, ведь лауреатов кон-

курса назвали их бывшие ученики, поступившие в вузы. По всей стране был проведен массовый опрос студентов начальных курсов в вузах естественнонаучного профиля. Более 50 тыс. студентов заполнили анкеты, назвав своих лучших школьных преподавателей физики и математики. Учителя, многократно названные студентами, и стали лауреатами этого конкурса. Они преподают в 70 регионах России, причем более 45% из них — в селах и малых городах.

Все победители конкурса получают гранты в размере 35 тыс. рублей, а лауреатам премии «За выдающиеся заслуги в области физико-математического образования» будет выплачено по 150 тыс. рублей.

На конференции с лекциями по актуальным проблемам современной науки выступили известные российские ученые и преподаватели, будут организованы специальные мероприятия для обмена учебно-методической информацией.

Имена всех конкурсантов и лауреатов этой премии доступны на официальном сайте фонда «Династия» — <http://www.dynastyfdn.com>. ■

Павел Мостинский



Beste
SCHILCHER
Frizzant

Анатолий Гендин

розовые зрезы.

ВИНО ЛЕТА И СОБЛАЗНА

Одно из наиболее распространенных гастрономических заблуждений касается розового вина: многие потребители простодушно уверены, что оно получается элементарным смешиванием белого и красного

На самом деле этот привлекательный цвет и восхитительный аромат — результат особой, но не такой уж сложной технологии. Как известно, сам по себе сок практически всех известных сортов винограда бесцветен, красящие вещества содержатся в ягодной кожице и косточках. То есть если сразу после прессования разделить сок и ягодные остатки, то и вино даже из самого темного винограда будет белым. Если же позволить им контактировать какое-то время — получится розовое.

Как долго оставлять свежавыжатый виноградный сок на мезге — вопрос очень творческий, каждый винодел решает его сам. От этого зависит не только интенсивность цвета будущего вина, но и его вкусовые характеристики, преобладающие ароматы, потенциал хранения. В любом случае это всего лишь несколько часов, а то и минут; замешкался — вместо розового получите красное. В некоторых хозяйствах эту проблему решают другим способом: свежий виноградный сок

вообще не настаивают на мезге, пусть даже и самое короткое время. Вместо этого виноград отжимают очень медленно, и сок получает нужное количество красящих веществ.

Последующая медленная ферментация сусла происходит, как правило, при пониженной контролируемой температуре (около 20° С), что обеспечивает максимальную сохранность первичных натуральных ароматов. Если за температурой не следить, то тепло, которое выделяется при химической реакции брожения, быстро разогреет всю емкость, отчего вкус вина потом получится плоским и невыразительным.

Многие розовые вина относятся к сортовым, т.е. их делают из одного сорта винограда. На этикетках вы увидите знакомые названия — *Cabernet Sauvignon*, *Pinot Noir*, *Merlot*. Другие называют ассамбляжными, в их составе два или даже три разных сорта, и не только темные — иногда добавляют и белые, добиваясь определенного цвета, вкуса и аромата. В этих случаях и без того творческая работа винодела при-

ближается по своей виртуозности к тончайшим экспериментам парфюмера, который сначала придумывает какой-то аромат, а затем подбирает подходящие ингредиенты.

Хорошее розовое вино — это легкие цветочные ароматы, в первую очередь, разумеется, роз, а также фиалок, пионов, ирисов. Аромат такого вина в бокале может напомнить вам свежие садовые ягоды — вишню, черешню, красную смородину, а также ягодное варенье — малиновое, клубничное или земляничное, кому что ближе. Иногда обнаруживаются тона спелого персика, сочной дыни или какого-нибудь экзотического фрукта вроде личи, что зависит опять-таки не в последнюю очередь от практического опыта ваших вкусовых рецепторов. Ненавязчивая кислинка оригинально сочетается с медовыми ассоциациями.

Любопытно, что нежный цвет и тонкий аромат некоторых розовых вин могут скрывать довольно высокое содержание алкоголя — до 13% и даже более, хотя в основном это очень легкие напитки. В них нет ярко выраженной танинной терпкости многих красных вин. Качественное розовое получается нежным и мягким, как тончайший невесомый шелк.

Будучи само по себе своеобразным технологическим изыском, розовое вино вдохновляет многих виноделов на разнообразные эксперименты, иногда довольно неожиданные. Скажем, после некоторой выдержки в новой дубовой бочке



оно превращается из воздушно-деликатного в пряное и напористое, а его ароматы приобретают явственный ванильно-карамельный оттенок. Правда, чтобы выдержать такое brutальное обращение, будущее вино должно предварительно настояться подольше на виноградных кожице и косточках, и будет оно уже не бледно-розовым, а скорее светло-красным.

Но в принципе розовые вина не принято долго выдерживать, из собранного осенью винограда к весне уже разливают готовый к употреблению продукт, который и употребляют в течение ближайшего года-двух. В отличие от выдержанного

красного старое розовое — это скорее коллекционный образец, чем вино для питья.

Вообще-то таких вин не столь много, в мировом объеме производства они составляют примерно 2%. Отличные розовые вина давно делают во Франции. Один из фаворитов — розовый *Tavel* из долины Роны. Заслуженной репутацией производителя замечательных розовых вин пользуется долина Луары. Тамашнее анжуйское знакомо даже тем, кто его никогда не пробовал, но читал о бурных приключениях славных мушкетеров. В розовых винах из Прованса иногда обнаруживают тона лаванды — возможно, под впечатлением типичных для региона плантаций. Если на этикетке розового вы увидите слово *Bandol*, то скорее всего вы совершили удачный выбор — именно в этой местности такие вина получаются очень хорошо.

В Италии выделяется своими розовыми мало известный у нас винодельческий район на самом юге страны — Пулия. В Испании славились своими розовыми винами Наварра, что на севере страны, а так-

же соседний Арагон. Классический оплот красного виноделия, испанская Риоха, тоже дает добротные розовые. В Каталонии замечателен региональный специалитет — розовая «кава» (*Cava*), так называется местное игристое. Оригинальный розовый специалитет есть и в Австрии: на юге страны, в Штирии, делают так называемый «шилхер» (*Schilcher*), его характерный розовый цвет даже удостоился особого термина — *Zwiebelfarbe*, «цвет луковой шелухи». А в США патриарх калифорнийского виноделия Роберт Мондави практиковал сочетание фирменного для тех мест сорта *Zinfandel* с рислингом (в пропорции 9:1), отчего его розовое было совершенно уникально на вкус.

У розового вина устойчивая репутация летнего напитка. И в самом деле, в летний зной оно безотказно утоляет жажду. Еще один очевидный плюс — универсальность. Качественное розовое вино можно подать как аперитив, предваряющий более серьезные вина (и белые, и красные) к обстоятельной трапезе, или даже как самостоятельное

ОБ АВТОРЕ

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

фуршетное сопровождение, одним своим видом украшающее любую светскую акцию. Оно уместно и на строгом протокольном мероприятии, и на неформальном барбекю.

А уж по части удачных гастрономических сочетаний у него, похоже, конкурентов нет. Охлажденное до 10–12° С сухое розовое вино отлично сочетается с самой разной рыбой и морепродуктами. И деликатесные омары с устрицами, и легендарный марсельский рыбный суп буйабес, и простецкие креветки — все хорошо с розовым. Даже копченая селедка, под которую, казалось бы, вообще вина не подобрать. Попробуйте при случае с таким вином запеченные виноградные улитки, вам тоже понравится. В этом же списке и самое разное мясо: домашняя птица, ягнятина, свинина и даже кое-что из дичи. Многие розовые вина хороши к десертам, особенно легким фруктово-ягодным.

Приглашая в гости даже самых продвинутых виноманов, смело предлагайте им розовое к омлету, что сильно укрепит вашу репута-

цию опытного гурмана: к блюдам с яйцами всегда сложно подобрать подходящее вино. Эта же проблема возникает и с салатами с уксусной заправкой, но и здесь розовое будет на высоте. В деликатных ресторанных ситуациях, когда за одним столом кто-то заказывает рыбу, а кто-то — мясо, именно розовое вино может выручить всех. Не случайно многие рестораны все чаще в рекламных целях проводят фестивали розовых вин, наглядно и убедительно демонстрируя их сочетаемость с самой разной едой.

В наше время тотальной глобализации не лишним будет знать, что розовые вина хорошо показали себя с пряной и даже острой африканской и азиатской пищей, к которой всегда сложно подобрать адекватное винное сопровождение. Во многих случаях они удачно оттеняют восточную еду, не подавляя ее натуральный вкус, что очень важно, например, с японскими суши. Впрочем, этого следовало ожидать: не случайно ведь розовые вина так хороши со многими блюдами сре-

диземноморской кухни, где хватает чеснока и пряных трав, помидоров и оливкового масла.

К достоинствам розовых вин относится и их цена: как правило, она невысока, если не принимать во внимание розовое шампанское, которое может быть гораздо дороже белого.

Некоторые предприимчивые маркетинологи продвигают розовое как очень романтический напиток. Не случайно резкий всплеск продаж этого летнего вина регулярно отмечается на исходе зимы, буквально накануне дня св. Валентина, покровителя всех влюбленных. И в самом деле, если красное может быть вином страсти, то розовое — это вино соблазна, красивого, пьянящего и неотвратимого. Впрочем, в последнее время статистика показывает рост потребления розового вина и в другие времена года. Возможно, отчасти благодаря глобальному потеплению, хотя многие виноделы наращивают объемы производства этого вина в расчете на его очевидный романтический потенциал. ■



Как работает солнечная энергия?

Пол Аливисатос (A. Paul Alivisatos), заместитель директора Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли, возглавляющий проект по исследованию энергии Солнца, может пролить свет на эту загадку

Солнце, освещая солнечную батарею, своей энергией освобождает электроны в солнечных элементах, что приводит к возникновению электрического тока, который можно использовать как в обычных карманных калькуляторах или в домах, так и на марсианских научно-исследовательских станциях. В обычных кристаллических кремниевых элементах атомы кристаллов кремния связаны общими электронами. Луч света, воздействуя на эти несвободные электроны, переводит их на более высокий энергетический уровень. Эти электроны способны двигаться по кристаллу более свободно, чем раньше, образуя тем самым электрический ток. Изменение состояния электрона обусловлено тем, что

при воздействии солнечных лучей, проникающих в кристаллы кремния, отдельные фотоны взаимодействуют с электронами, сообщая им энергию. Это приводит к перемещению электрона на более высокий энергетический уровень, на котором он остается до тех пор, пока эта энергия не будет использована в тех или иных целях.



Исследователи находятся как в постоянном поиске новых применений этого принципа, так и в процессе совершенствования уже созданных солнечных элементов. Эффективность таких устройств, основанных на кристаллических клетках кремния, составляет примерно 22–23%. Иными словами, именно такой процент солнечной энергии преобразуется в электричество. В то время как устройства, используемые в обычной жизни, например солнечные панели, размещаемые на крышах домов, обладают меньшей эффективностью (около 15–18%), солнечные батареи на искусственных спутниках способны трансформировать солнечную энергию с эффективностью до 50%.

Несмотря на то что скорость преобразования энергии — один из важнейших показателей эффективности системы, в разработке солнечных батарей приходится считаться как с ценой используемых материалов, так и с масштабами производства. По мнению Пола Аливисатоса, кремниевые технологии могут оказаться малоэффективными не только по причине несовершенства материалов, но и в связи с дорогостоящим производством.

Если бы исследователям удалось изобрести новый тип солнечных элементов, которые, быть может, с некоторой потерей эффективности, но оказались бы экономически более выгодными, то появилась бы возможность компенсировать низкую скорость переработки энергии достаточным количеством солнечных батарей, покрывающих большие площади. В настоящее время многие компании и университеты проводят исследования с другими материалами, например с различными видами пластмасс. Цель — добиться эффективности как в технологическом, так и в экономическом плане. ■

Почему мы не узнаем собственный голос в записи?

Отвечает Тимоти Халлар (Timothy E. Hullar), специалист по ушным болезням из Медицинского института при Университете им. Вашингтона в Сент-Луисе

Звук может воздействовать на внутреннее ухо двумя различными способами, и от этого напрямую зависят наши ощущения. Внешние звуки окружающей среды передаются через внешние слуховые каналы, барабанную перепонку и далее через среднее ухо к улитке, которая представляет собой заполненный жидкостью спирально закрученный канал, располагающийся во внутреннем ухе. В свою очередь, внутренние звуки воздействуют непосредственно на улитку, передаваясь при помощи тканей головы. Когда человек говорит, звук, распространяясь в окружающей среде, проходит путь от внешнего до внутреннего уха,

воздействуя на улитку внешним образом. Тем не менее тот же самый звук, распространяясь внутри организма, влияет на улитку непосредственно, также возбуждая слуховые рецепторы. Таким образом, голос, который мы слышим, есть результат комбинации этих двух звуков. Когда человек слушает свой голос в записи, внутренняя составляющая отсутствует, представляя тем самым «нормальное» звучание голоса, образованное только внешними факторами. Обратный эффект, то есть исключительно внутреннее звучание, можно получить, воспользовавшись затычками для ушей. У некоторых людей с аномалиями внутреннего уха наблюдается чрезмерная чувствительность к внутренним звукам, доходящая до того, что они могут слышать даже движения собственных глазных яблок. ■

ОЧЕВИДНОЕ
НЕВЕРОЯТНОЕ

...О сколько нам открытий чудных
Готовит просвещенья дух,
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг,
И случай, бог изобретатель...

А. Пушкин

ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ
НА КАНАЛЕ «РОССИЯ» ПО СУББОТАМ В 11:50 ПРОГРАММА С.П. КАПИЦЫ



Читайте в следующем выпуске журнала

САМОЕ ЗЕЛЕНое ТОПЛИВО

Биотопливо второго поколения, полученное из несъедобных частей растений, — самая экологически чистая и технически многообещающая альтернатива нефти и этанолу

ОТ ЛУНЫ ДО МАРСА

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

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЛЕВОГО И ПРАВОГО МОЗГА

Разделение труда между двумя полушариями головного мозга, которое раньше считали уникальной особенностью человека, возникло за полмиллиарда лет до первых людей

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

СПАСТИ СЛОНОВ

Нелегальное истребление африканских слонов ради слоновой кости серьезно угрожает их существованию как вида. Современные методы ДНК-анализа помогут прекратить эту кровавую торговлю

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, 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.

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									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Вид платежа</th> <th>Дата</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Плательщик</td> </tr> </tbody> </table>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год			Плательщик		
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									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Вид платежа</th> <th>Дата</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Плательщик</td> </tr> </tbody> </table>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год			Плательщик		
Вид платежа	Дата	Сумма								
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год										
Плательщик										

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

■ в интернет-магазине www.subscribe.ru, 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.

