

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

№10 2010

СЕКРЕТ НАШЕГО УСПЕХА

Что помогло
человечеству выжить

Специальный репортаж

НАЧАЛА

СЕМЬЯ
СЫР
СЕКС
ВИРУСЫ

...и т.д.

РОБОТЫ В ТАБЛЕТКАХ

Доктор у вас внутри

КАК ДУМАЮТ ДЕТИ

Маленькие ученые

КИСЛАЯ ПЕРСПЕКТИВА

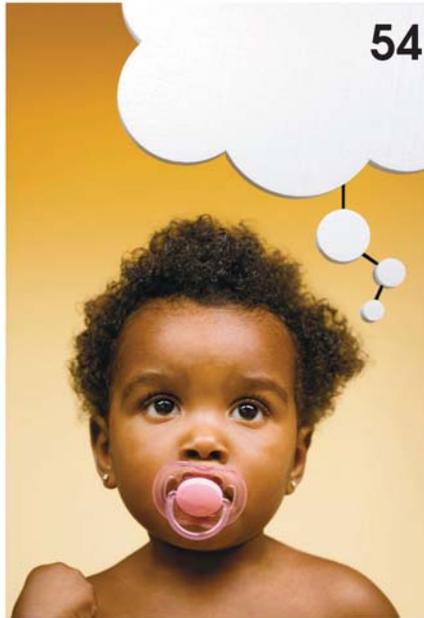
Угроза жизни в океане



Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



30



54



62



40



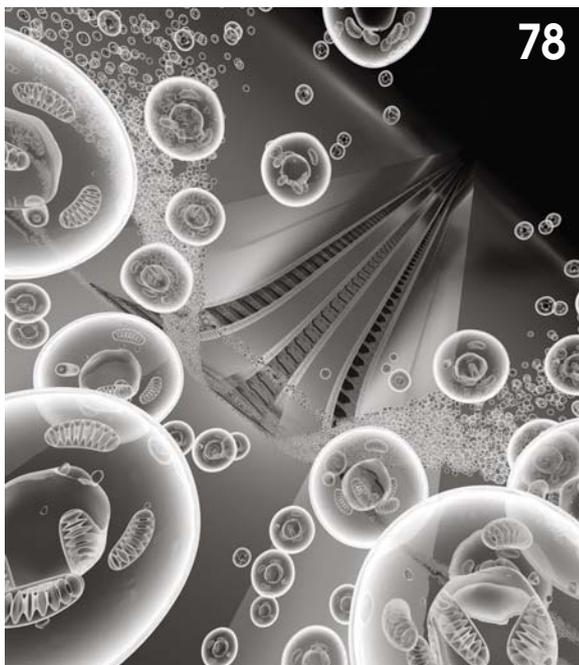
50

СОДЕРЖАНИЕ

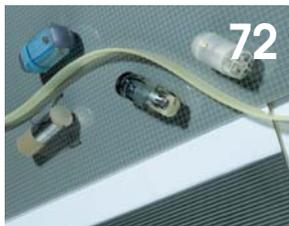
ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

- 20** **Космос**
ПЛАНЕТЫ, НА КОТОРЫХ ВОЗМОЖНА ЖИЗНЬ
Диана Валенсия и Димитар Сасселов
На ночном небе множество далеких планет, но каковы они на самом деле? Теоретические модели предсказывают, что многие из этих «экзопланет» могут быть похожими на Землю и пригодными для жизни
- 30** **СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ**
НАЧАЛА
Удивительные истории о том, как появились некоторые и необыкновенные, и вполне привычные вещи
- 40** **ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА**
КАК МОРЕ СПАСЛО ЧЕЛОВЕЧЕСТВО
Кертис Мэрин
Небольшая популяция *Homo sapiens*, от которой в дальнейшем произошли все современные люди, выжила во время резкого изменения климата благодаря освоению уникальных пищевых ресурсов на южном побережье Африки
- 50** **АРХЕОЛОГИЯ**
ДУМАЛИ ЛИ НЕАНДЕРТАЛЬЦЫ КАК МЫ?
Археолог Жоао Цзыльхао утверждает, что когнитивные способности неандертальцев, недооцененных родственников человека, были сравнимы с нашими
- 54** **ПСИХОЛОГИЯ**
КАК ДУМАЮТ ДЕТИ
Элисон Гопник
Даже самые маленькие дети знают гораздо больше, исследуют мир гораздо глубже и обучаются гораздо полнее, чем представляют себе психологи
- 62** **ЭКОЛОГИЯ**
УГРОЗА ЖИЗНИ В ОКЕАНЕ
Карл Сафина и Мара Хардт
Выбросы диоксида углерода в атмосферу увеличивают кислотность воды в Мировом океане, угрожая жизнедеятельности различных видов морских организмов – от планктона до кальмаров

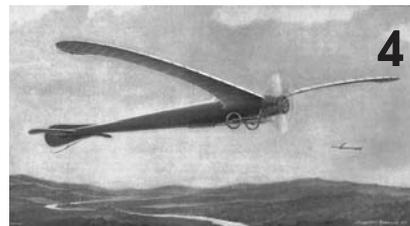




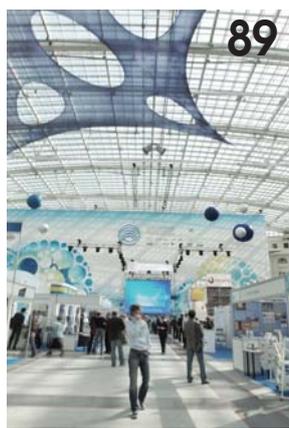
78



72



4



89



14

72

РОБОТЫ В ТАБЛЕТКАХ

Паоло Дарио и Арианна Менчасси

Путешествие по человеческому телу становится реальностью. Вскоре миниатюрные устройства будут способны помогать в диагностике, вводить лекарства и производить хирургические операции

78

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

ЧЕТЫРЕХМЕРНАЯ КИНОСЪЕМКА НЕВИДИМОГО

Ахмед Зевайль

Вообразите, что вы смотрите фильм о процессах, происходящих в живой клетке, или о работе наномашин

3

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО НА ПОРОГЕ ВЫБОРА

4

50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6

СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

- Арктика – территория диалога
- Лауреаты Нобелевской премии – 2010
- Пятый фестиваль науки – фурор МГУ
- Изучение животных Красной книги РФ
- Тест-драйв робота-аватара
- ЮНЕСКО детям
- Пробиваясь к окончательной теории всего
- Гербицид и лягушки
- Зарядка под контролем

14

АКТУАЛЬНО

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Генеральный директор

Политехнического музея, профессор Б.Г. Салтыков – о прошлом, настоящем и будущем научного музея

ОБЗОРЫ:

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

88

89

ФОРУМЫ, ПРЕМИИ, ВЫСТАВКИ

| | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 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. Юшквичуто |
| Выпускающий редактор: | М.А. Янушкевич |
| Корреспондент: | Д.А. Мисюрлов |
| Над номером работали: | |

Н.Н. Алипов, А.Н. Божко, Ф.С. Капица, Т.М. Колядич, Т.А. Митина, М.Б. Молчанов, А.Н. Прокопенко, И.П. Прошкина, В.Г. Сурдин, И.Е. Сацевич, А.А. Сорокин, М.Б. Чернышева, Н.Н. Шафрановская

| | |
|---------------|---------------|
| Арт-директор: | С.Б. Кедис |
| Корректур: | Я.Т. Лебедева |

| | |
|--|--------------|
| Генеральный директор АНО «Телекомпания "Очевидное-Невероятное"»: | С.В. Попова |
| Директор Управляющей компании: | И.Г. Семенов |

| | |
|--|----------------|
| Генеральный директор ЗАО «В мире науки»: | М.М. Стеблянок |
| Главный бухгалтер: | А.С. Зырянова |

Адрес редакции:
Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138
Тел./факс: (495) 939-42-66
e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Журнал «В мире науки» – участник НП «Международное партнерство распространения научных знаний»

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*
В верстке использованы шрифты *Helios* и *BookmanC*

Отпечатано: ЗАО «ПК "Экстра М"».
Заказ №10-08-00068

© 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: 12 500 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

Acting editor in chief: Mariette DiChristina

Editors: Davide Castelvecchi,
Graham P. Collins, Mark Fichetti, Steve Mirsky,
Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong

Chief news editor: Philip M. Yam

Senior writer: Gary Stix

Contributing editors: Mark Alpert, Steven Ashley,
Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway,
Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie,
Michael Shermer, Sarah Simpson

Art director: Edward Bell

President: Steven Inchcombe

Vice president, operations and administration: Frances Newburg

Vice president, finance and business development: Michael Florek

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.

СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ КАПИЦА — ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ», РОССИЙСКИЙ И СОВЕТСКИЙ УЧЕНЫЙ, ТЕЛЕВЕДУЩИЙ, ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, ВЕДУЩИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ИМ. П.Л. КАПИЦЫ, ПРОФЕССОР, АВТОР ШЕСТИ КНИГ, ДЕСЯТКОВ СТАТЕЙ, ЧЕТЫРНАДЦАТИ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОДНОГО ОТКРЫТИЯ

НАШИ ПАРТНЕРЫ!



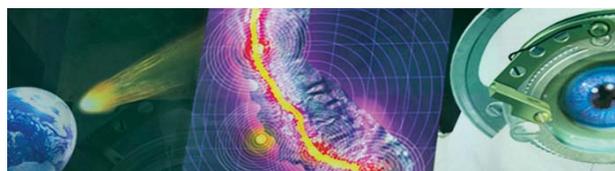
PETER



SERVICE



«ТЕЛЕКОМПАНИЯ
"ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ"»



ЧЕЛОВЕЧЕСТВО НА ПОРОГЕ ВЫБОРА

Угроза человеку идет даже не от возможного губительного действия машин и технических препаратов. Подлинная угроза уже подступила к человеку в самом его существе

Мартин Хайдеггер

Неистребимо стремление человечества к обустройству своего бытия. Оно приспособливает под себя Землю, с беспечной легкостью распоряжаясь ее недрами, постигает глубины океанов и звездные пространства, не заботясь о возможных губительных последствиях своей деятельности. Возможно, ему порой просто необходимо оглянуться назад и обратиться к историческому опыту.

Что ожидает нашу Землю? Какой она станет в ближайшем будущем? Райским кущами для свободных разумных людей или мрачным жилищем с непредсказуемыми условиями? Это зависит только от нас.

Глобальное потепление угрожает изменениями климата, которые могут нанести невосполнимый урон колыбели человечества – океану. Изменение кислотности воды, а также антропогенное загрязнение могут привести к исчезновению многих биологических видов, в том числе и таких, на которых держится благополучие целых государств. Об этом – в материале текущего номера «Угроза жизни в океане».

Известно, что когда-то предки человека стояли на грани вымирания. Оказавшись волею случая в подходящих условиях на южноафриканском побережье, они благодаря развитию когнитивных способностей сумели освоить новые пищевые ресурсы (статья «Как море спасло человечество»), что позволило им выжить.

Особенности мышления, свойственные человеку современного типа, по мнению специалистов, были не чужды и нашим родственникам, населявшим Евразию. По мнению специалистов, по крайней мере один из видов, существовавший параллельно с *Homo sapiens*, был гораздо более разумным, чем предполагалось ранее (подробнее об этом – в материале «Думали ли неандертальцы как мы»). Тайны мозга, зарождения сознания и развития мышления интересуют не только палеоантропологов, исследующих детство человечества. Психологи, физиологи, специалисты по нейронаукам, изучая мышление детей, обнаружили, что малыши умеют анализировать, сопоставлять, делать выводы, выявлять причинно-следственные связи почти так же, как и сами ученые. Читайте об этом в статье «Как думают дети».

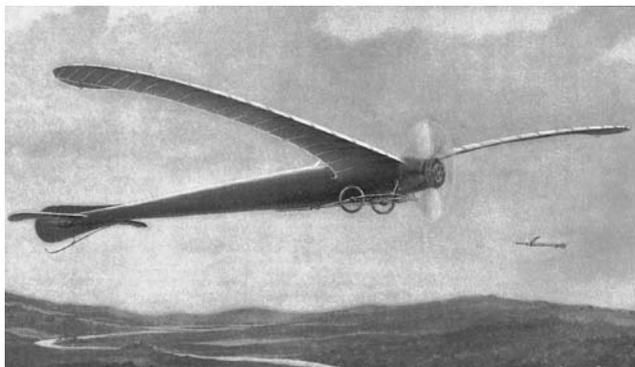
Однако человек при всех своих широких возможностях, позволивших ему подняться над миром животных, – все же часть природы, один из видов,двигающихся по лестнице эволюции. И никакие его достижения не смогут компенсировать те потери, которые может понести человечество, принимающее поспешные и непродуманные решения. ■

ИННОВАЦИИ И ОТКРЫТИЯ В ЛЕТОПИСИ **SCIENTIFIC AMERICAN****ОКТАБРЬ 1960****БОРЬБА ВОКРУГ ВАКЦИН**

Весной в США начнется ограниченное, но регулярное применение живой противополиомиелитной вакцины, созданной Альбертом Сабинем (Albert V. Sabin) из Университета Цинциннати (University of Cincinnati). Лицензии на ее производство будут выдаваться изготовителям, прошедшим аттестацию. Десятилетие горячих споров между сторонниками живых и инактивированных вакцин, наподобие созданной Джонасом Солком (Jonas Salk), закончилось одобрением первой. Ее защитники утверждали, что вакцина, содержащая живые, но ослабленные (чтобы исключить риск паралича) вирусы, обеспечивает более длительную и надежную защиту от полиомиелита, чем вакцина с убитыми вирусами, и проще в применении, т.к. может использоваться орально (вакцина Солка должна вводиться путем инъекций). **ПРИМЕЧАНИЕ:** Вакцина Сабина стала в США стандартной на следующие 40 лет, однако примерно с 2000 г. применяется только обновленный вариант вакцины Солка.

ОКТАБРЬ 1910**ГОНОЧНЫЙ САМОЛЕТ**

Основные характеристики самолета будущего, сконструированного специально для гонок, уже с определенной степенью уверенности можно предсказать сейчас. Скорость полета по прямой за последние годы выросла с 80 до 120 км/ч. Что касается того, насколько быстро будет перемещаться аппарат подобного типа... Мы полагаем, что благодаря изяществу форм, отсутствию расчалок, раскосов, стоек и других элементов, создающих лобовое сопротивление, а также гладкости поверхности стальной обшивки можно с уверенностью рассчитывать на скорость не меньше 160–200 км/ч.



Гоночный самолет будущего, каким он виделся в 1910 г.

ВОДОРΟΣЛИ, КОТОРЫЕ МЫ НЕ ИСПОЛЬЗУЕМ

Совершенно очевидно, что морские водоросли все не так бесполезны, как принято считать. Из всех стран одна Япония препятствует истощению ее водорослевых ресурсов и занимается их возделыванием для удовлетворения спроса на некоторые виды. Опытное культивирование было предпринято правительством и дало обнадеживающие результаты. На некоторых участках побережья интенсивно разводится красная водоросль (*Porphyra laciniata*), из которой вырабатываются самые разнообразные пищевые продукты. Ее выращивание – одна из самых прибыльных отраслей сельского хозяйства.

ОКТАБРЬ 1860**КОНЕЦ СВЕТА**

Период обращения кометы Энке вокруг Солнца, который составляет сегодня примерно 3,5 года, непрерывно сокращается. Это значит, что Солнце притягивает ее к себе. Данный факт стал основанием для более широкого заключения, что планеты движутся в среде, оказывающей сопротивление. И несмотря на то что ее плотность существенно ниже, чем земной атмосферы, она оказывает достаточное воздействие на движение небесных тел. Отсюда с неизбежностью следует, что наша Земля и ее сестры движутся по спиральям, приближаясь к Солнцу, и в итоге упадут на него, войдя в состав его массы. Время, потребное для этого, относится к тем невообразимо долгим периодам, с которыми приходится иметь дело в геологии и астрономии.

НЕТ ДОМАШНИМ ЗАДАНИЯМ!

Ребенок, просидев шесть часов в стенах школы, часто проводит следующие четыре часа, выполняя домашнее задание. Развить таким способом умственные способности невозможно. Законы природы неумолимы. Результатом столь длительных усилий и тяжелого труда может стать то, что ребенок, заучив как попугай множество слов, истощит свои умственные силы и будет не в состоянии усвоить и осмыслить полученные знания. В итоге такая система изнуряет мозг не меньше, чем тело. Мы не можем смотреть, как маленькая девочка тащится домой под грузом книг или хмурит брови над ними в восемь часов вечера, не удивляясь, как это наши сограждане не вооружатся все вместе кухонными ножами, кочергами, дубинками, бульжниками и любыми другими подручными средствами и не пойдут на директоров начальных школ как на диких зверей, которые мучают наших детей. ■

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

- анонсы
- новости
- статьи
- архив
- подписка

Арктика – территория диалога

В сентябре под этим девизом и с таким же названием в Москве прошел Международный Арктический форум, организованный Русским географическим обществом. В его работе приняло участие около 600 человек, на трех пленарных заседаниях прозвучало около 40 докладов. По словам организаторов форума, его цель – поиск новых аспектов международного взаимодействия и утверждение Арктики как зоны мира и сотрудничества. Среди главных тем – стратегия устойчивого развития Арктического региона и освоения природных ресурсов Арктики, влияние изменения климата на природную среду Арктики, меры по сохранению хрупкой экосистемы региона.

На форуме прозвучали доклады, касающиеся проблем коренных народов, проживающих в Арктическом регионе, а также сохранения уникальной фауны этих мест. Экологи обеспокоены тем, что популяция белого медведя, символа Арктики, оказалась под угрозой – не столько из-за глобального потепления, но прежде всего из-за действий человека. Белый медведь как вид сформировался примерно 210–250 тыс. лет

назад и успешно перенес несколько глобальных потеплений, однако теперь столкновение с человеком ставит его выживание под угрозу.

Глобальное потепление последних десятилетий неравномерно в широтном отношении. Если в районе экватора практически не наблюдается роста температуры, то в высоких широтах картина другая. В российской Арктике средняя температура за последние 100 лет повышалась почти в два раза быстрее, чем в среднем по планете. Рост температуры воздуха, повышение уровня океана, сокращение массы снега, таяние льдов и вечной мерзлоты, смещение ареалов растений и животных, увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений – уже сейчас очевидны последствия глобального изменения климата.

Современная географическая карта Арктики – та Арктика, которую мы знаем, – во многом создана кропотливым и самоотверженным трудом российских исследователей. Сегодня, в начале XXI в., когда время выдвигает новые требования, необходимы современные исследования, комплексные методы и подходы.

Советник Президента Российской Федерации по вопросам изменения климата А.И. Бедрицкий рассказал в своем выступлении о создаваемой в России космической системе «Арктика», которая увеличит точность прогнозов изменения климата. В 2015 г. эта система помимо мониторинга атмосферных процессов будет обеспечивать разведку и разработку новых месторождений углеводородов на шельфе арктических морей.

Несомненно, лейтмотивом форума стала тема сотрудничества в Арктическом регионе. Его необходимость очевидна, идет ли речь о восстановлении судоходства по Северному морскому пути, научных исследованиях, способных дать ответ на волнующие вопросы о темпах глобального потепления, или об освоении месторождений углеводородов. Состоявшийся форум подтвердил, насколько значимой в международном масштабе стала территория Арктики. Об этом свидетельствуют и разнообразие тем прозвучавших докладов, и список почетных гостей, и живой интерес прессы к мероприятию. ■

Ирина Прошкина

Лауреаты Нобелевской премии – 2010

Осенью, как обычно, объявлены лауреаты Нобелевской премии – самой престижной премии научного мира. В этом году премия по химии присуждена американцу Ричарду Хеку (Richard F. Heck) и японцам Акире Судзюки (Akira Suzuki) и Эйити Нэгиши (Eiichi Negishi) за разработку реакций создания перекрестных связей (кросс-сочетания) в ходе органического синтеза с помощью палладиевых катализаторов. Лауреатами премии по физике стали работающие ныне в Великобритании выходцы из России Ан-

дрей Гейм и Константин Новоселов – за открытие графена, сверхтонкого и сверхпрочного материала. Ученым удалось создать графеновую пленку – самый тонкий монослой проводника, двумерный углеродный кристалл, который можно использовать в технике. Свойства нового материала столь удивительны, что у него есть шансы стать основным электронным материалом XXI в.

Главной научной награды в области биологии и медицины в этом году удостоился «отец детей из пробирки» Роберт Эдвардс (Robert Edwards) – за создание и

развитие метода экстракорпорального оплодотворения. С помощью этой технологии на свет появилось уже более 4 млн человек.

Нобелевская премия 2010 г. по литературе присуждена перуанскому писателю Марио Варгасу Льюсе (Mario Vargas Llosa) – «за картографию структуры власти и яркие образы сопротивления, восстания и поражения индивида». Это один из ведущих авторов Латинской Америки, известный своими романами «Зеленый дом», «Разговор в соборе», «Война конца света» и др. ■

Ирина Прошкина

Пятый фестиваль науки – фурор МГУ

Пятый фестиваль науки по своему размаху и качеству затмил, пожалуй, все научные фестивали, которые проводились прежде

Фестиваль науки был торжественно открыт ректором МГУ им. М.В. Ломоносова академиком РАН В.А. Садовничим, министром Правительства Москвы, руководителем Департамента науки и промышленной политики Е.А. Пантелеевым и победителем школьной олимпиады по физике, ныне студентом физического факультета МГУ Николаем Сковородниковым.

С того момента, как в 2006 г. в Москве был проведен первый праздник науки, число посетителей разнообразных выставок, участников и задействованных площадок увеличилось в разы. В очередной раз фестиваль стал наглядной демонстрацией обществу роли науки в современном мире, актуальности и необходимости внедрения научного знания в современную жизнь людей.

Основным местом проведения фестиваля как всегда была фундаментальная библиотека МГУ им. М.В. Ломоносова. В течение трех дней были также активно задействованы площадки вузов, науч-



ных центров и музеев, работало около 100 стендов, разместившихся в ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне и в первом учебном корпусе МГУ на новой территории.

Достижения фундаментальной и прикладной науки были представлены в ЦВК «Экспоцентр», который стал также единственной площадкой, где можно было увидеть стенд зарубежного участника – Королевского общества Великобритании. Несмотря на то что экспозиция была сфокусирована на особенностях жизни божьих коровок Великобритании, сам факт участия этой страны был глубоко символичен, поскольку именно там в 1930 г. был проведен первый фестиваль науки.

Одним из центральных событий второго дня выставки науки стало награждение лауреатов конкур-



са научных проектов «Ученые будущего» среди школьников 9–11 классов. Конкурс был приурочен к Году учителя в России и Году науки и инноваций в странах СНГ. Победители в следующем году смогут посетить в качестве зрителей международный конкурс молодежных инноваций, который проводит компания Intel в Лос-Анджелесе.

Одним из наиболее ярких событий Фестиваля науки стали лекция выдающегося биохимика академика В.П. Скулачева о продлении жизни человека, выступление российского геохимика Э.М. Галимова, который рассказал о возникновении жизни на Земле. Лекция академика Р.И. Нигматуллина была посвящена изменению климата Земли, а академик В.А. Ткачук рассказывал о медицине будущего. Большим успехом пользовалась лекция академика В.А. Рубакова о космосе и Большом адронном коллайдере.

Стараниями ректора МГУ В.А. Садовничего университет дал начало ежегодной традиции, которая с каждым годом охватывает все больше городов России. Успех нынешнего года этот прогноз только подтверждает, поскольку Пятый фестиваль науки прошел на одном дыхании. Все выражают надежду на то, что в следующем году на Шестом фестивале науки будут представлены европейские и американские вузы, чьи достижения могли бы соревноваться с нашими инновациями, и практика взаимных обменов будет продолжена. ■

Анна Кадырова



Изучение животных Красной книги РФ

Летом текущего года состоялся первый этап комплексных полевых исследований по программе ИПЭЭ РАН «ИРБИС», начатых в юго-западной части Республики Тыва на территории заповедника «Убсунурская котловина». Главной задачей программы стало изучение пространственной структуры популяции снежного барса, его перемещений, численности на территории России, а также разработка методов учета. Кроме того, ученые исследовали репродуктивную биологию вида, характеристики среды обитания, особенности питания, а также распределение и популяционную динамику основных видов-жертв, взаимосвязь с другими хищниками-конкурентами. Одной из важнейших целей программы стала подготовка новой редакции Стратегии сохранения ирбиса в России. Отлов животных оказался делом сложным и пока не дал результатов. Причин несколько: малочисленность популяции (около 120–150

особей), скрытный образ жизни, а также труднодоступный ландшафт ареала снежных барсов. Учеными были поставлены 32 ловушки с приманкой в виде меток (валерианы), но животные не реагировали на них. Тем не менее диких ирбисов удалось сфотографировать с помощью фотоловушек. В дальнейшем зоологи намерены создать базу данных фотографий для идентификации животных по узорам пятен на шкуре, морде, в основании хвоста. Еще одним важным итогом работы экспедиции стал материал, который будет исследован в лаборатории с целью обнаружения возможных вирусных инфекций и выявления состава питания. Также будут проведены молекулярно-генетический, паразитологический и гормональный анализы. В Белом море продолжила работу комплексная экспедиция сотрудников ИПЭЭ РАН в рамках программы «Белуха – белый кит» сезона 2010 г., организованная совместно с «Морской программой»

WWF при поддержке Чупинского яхтклуба. Целью экспедиции были поиск и исследование репродуктивных скоплений белух в районе Карельского берега Кандалакшского и Онежского заливов. Ученые вели наблюдения за животными с парусной яхты «Магеллан», с моторной лодки «Бриг», а также в местах базирования и с берега в районах предполагаемых скоплений китов. На близком расстоянии белух фотографировали для последующей фотопериферической идентификации, основанной на наличии «индивидуальных» шрамов на теле животного, которые позволяют отличать их друг от друга. В результате проведенной экспедиции были обнаружены два репродуктивных скопления белух, кроме них зарегистрированы несколько единичных встреч одиночных белух, а также групп от двух до более чем 20 особей. Для животных, обитающих в акватории Белого моря (как отдельных особей, так и групп), характерна сильная привязанность к местам летнего обитания. Стада самок с детенышами из года в год занимают одни и те же участки акватории. Формирование таких летних скоплений семейных групп крайне важно для сохранения социальной структуры стада, воспитания детенышей. Причины, заставляющие белух собираться летом в одних и тех же местах акватории Белого моря, до конца не выяснены. Между тем на данный момент не все репродуктивные скопления региона описаны и детально изучены, не определены статус и состав скоплений Кандалакшского залива. Для получения этих данных помимо визуальных наблюдений участники экспедиции проводили опрос местных жителей. В результате было подтверждено расположение гридинского скопления белух, а также обнаружено местоположение скопления в районе мыса Хенной Наволок. В итоге экспедиции всего было зафиксировано от 46 до 54 особей белух. ■

Михаил Молчанов
(по материалам ИПЭЭ РАН)



Ирбис, или снежный барс (*Uncia uncia*) – наименее изученный вид крупных кошачьих в мире. Это связано как с труднодоступностью его местобитания, так и с естественной редкостью вида. Большинство имеющихся в научной литературе сведений по биологии и экологии ирбиса основаны на косвенных показателях (разного рода следовая деятельность: непосредственные следы и маркировка). Основные характеристики популяции – численность, плотность, структурно-функциональная организация – не изучены. Это определяет слабость стратегических и тактических мер по охране ирбиса

Тест-драйв робота-аватара

Ваш маленький механический двойник готов к работе

Ларри Гринмейер

Робот QB компании Anibots внешне напоминает торшер, поставленный на пылесос. Более того, он может кататься на двух колесах, как Роза из мультфильма «Джетсоны». Он предназначен для того, чтобы быть вашими глазами, ушами и голосом там, где вы не можете присутствовать лично. Роботом можно управлять дистанционно через сеть посредством Wi-Fi-соединения. Одним глазом робота служит 15-мегапиксельная видеокамера, а на месте другого размещается лазерная указка. Динамик на «макушке» обеспечивает возможность издавать звуки, сенсорный экран на «лбу» открывает доступ к настройкам и вводу данных, а резиновое защитное кольцо на «голове» делает его похожим на Оливию Ньютон-Джон (Olivia Newton-John) в клипе Physical.

Компания Anibots уверена, что ее технология заинтересует новые поколения служащих, которые хотят присутствовать везде и всегда. Что-

бы увидеть, как это может работать на практике, редакция Scientific American провела тест-драйв, управляя роботом QB, находящимся на заводе компании Anibots в Маунтин-Вью (штат Калифорния), из своего офиса в Нью-Йорке.

Когда робот «проснулся» и подключился к местной Wi-Fi-сети компании Anibots, мы стали управлять его перемещениями по залу с помощью клавиш навигации на клавиатуре компьютера. Робот QB имеет встроенный лидар (лазерный локаатор) для предотвращения столкновений с препятствиями и видеокамеру, расположенную в нижней части «подбородка» и направленную вниз, к колесам, которая позволяет оператору видеть, не приближается ли робот к какому-либо препятствию малой высоты (например, к чьей-то ступне).

Мы покатали QB, попросили дать нам другую систему команд и поиграли в «лазерные салки» с глав-



Робот QB компании Anibots может быть вашим аватаром

ным управляющим Anibots Тревором Блэкуэллом (Trevor Blackwell). Ко времени, когда мы были готовы покинуть помещение, мы управлялись с роботом достаточно уверенно, чтобы прикатить его обратно в зал компании и вывести за входную дверь. Сразу же за порогом здания Anibots мы получили ценный урок дистанционного управления: никогда не следует покидать зону покрытия используемой Wi-Fi-сети. Потеря связи означала, что и видеокамера, и органы управления роботом перестали работать. В нашем случае это было особенно некстати, поскольку мы как раз подъезжали к пандусу, ведущему к автостоянке. К счастью, рядом были работники компании Anibots, которые предотвратили катастрофу. ■

ЮНЕСКО детям

Столица России Москва стала местом проведения первой Всемирной конференции ЮНЕСКО по воспитанию и образованию детей младшего возраста. Свой выбор в пользу Москвы ЮНЕСКО обусловила тем, что Российская Федерация уделяет огромное внимание развитию дошкольного образования и воспитания как важнейшей отправной точки для всех в течение всей жизни. «Программы по дошкольному воспитанию и образованию приносят большие дивиденды, чем любой другой уровень образования», – сказала Генеральный дирек-

тор ЮНЕСКО Ирина Бокова на церемонии открытия конференции.

Участники конференции, в числе которых министры правительств 65 стран, попытались дать ответ на вопрос, насколько мир продвинулся к достижению важнейшей цели глобальной программы «Образование для всех». В наши дни 69 млн детей не посещают начальную школу. Бедность и культурные барьеры во многих частях света, включая оккупированные территории и области, находящиеся под воздействием конфликтов и природных катастроф, лишают миллионы детей доступа

к начальному образованию и воспитанию. Участники конференции приняли Московский рамочный план действий, обрисовавший нерешенные проблемы, включая отсутствие политических обязательств, неадекватное государственное финансирование, недостаточное качество предоставляемых услуг. План действий содержит призыв к странам работать совместно с ЮНЕСКО с целью увеличения финансовой поддержки и координации усилий. ■

Ирина Прошкина

Пробиваясь к окончательной теории всего

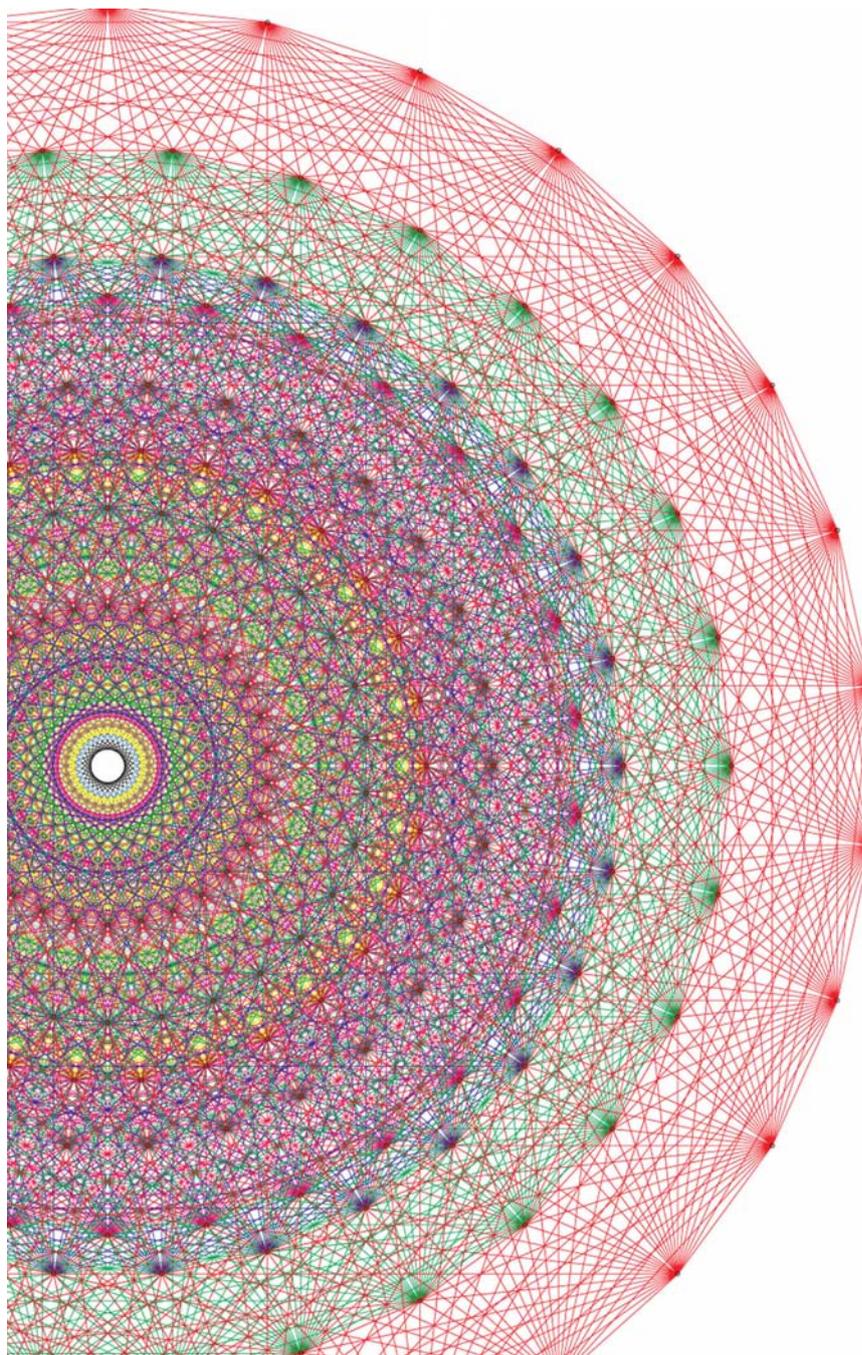
Попытки объединения теорий гравитации и элементарных частиц могут вернуть исследователей к подходам 1960–х гг.

Зия Мерали

Перевод часов на полстолетия назад может оказаться ключевым условием для решения одной из величайших научных проблем: как объединить теории гравитации и элементарных частиц. По крайней мере, на это надеются исследователи, придерживающиеся в поисках единой физической теории подхода «возвращения к основам».

В июле математики и физики собрались на Международной исследовательской станции Банфа в провинции Альберта в Канаде, чтобы обсудить возможности возврата к идеям золотого века теории частиц. Они вспоминали 1960–е гг., когда физик Мюррей Гелл-Манн (Murray Gell-Mann) понял, что элементарные частицы можно сгруппировать в соответствии с их массами, зарядами и другими свойствами таким образом, что создается картина, удовлетворяющая сложным математическим системам симметрии, известным как группы Ли. Все определилось, когда Гелл-Манн расположил все известные частицы в соответствии с группой Ли $SO(3)$. В сетке обнаружилась вакансия, соответствующая новой частице, которая вскоре и была обнаружена, получив название «Омега-минус».

В последующие десятилетия эта стратегия помогла ученым разработать Стандартную модель физики элементарных частиц, в которой с использованием комбинации трех групп Ли удалось объединить все известные элементарные частицы и три фундаментальных взаимодействия: электромагнитное, сильное (определяющее структуру атомных ядер) и слабое, ответственное за радиоактивный распад. И казалось, что нахождение всеобъемлющей группы Ли, кото-



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СЕТЬ. Визуальное представление группы Ли E_8 . Такие сложные симметричные математические структуры могут помочь исследователям объединить физику элементарных частиц и гравитацию

рая вместит все, включая и гравитацию, только вопрос времени. Но такие попытки оказались безуспешными, поскольку, по словам Роберто Перкаччи (Roberto Percacci), физика из Международной школы передовых исследований в Триесте (Италия), при этом предсказывались явления, в природе не наблюдаемые, например распад протона.

Интерес к такому подходу был утрачен в 1980-х гг., когда популярность приобрел новый кандидат на осуществление идей объединения – теория струн. Однако, вдохновленные былыми идеями, Перкаччи совместно с Фабрицио Нести (Fabrizio Nesti) из Университета Феррары (Италия) разработали и представили модель, в которой гравитация была включена в большую группу Ли, называемую $SO(11, 3)$, совместно с фермионами – электронами, кварками, нейтрино и их кузинами–античастицами. Хотя данная модель не могла объяснить свойства фотонов и других бозонов, переносчиков взаимодействий, Перкаччи считает, что она стала важным первым шагом к объединению.

Один из сторонников подхода Перкаччи – А. Гаррет Лизи (A. Garrett Lisi), независимый исследователь из Калифорнийского университета в Сан-Диего. Он стал известен в 2007 г., когда попытался вложить «теорию всего» в наиболее сложную и элегантную группу Ли, известную под названием E8. По словам Лизи, работа Перкаччи «предлагает неплохой способ объединения гравитации и Стандартной модели».

Эксперт по группе E8 из Йельского университета Грег Цукерман (Gregg J. Zuckerman) считает, что идея Лизи оживила интерес математиков к оставленному было подходу к этой физической проблеме, что и привело к созыву конференции в центре Банфа. Он добавляет, что попытка Лизи «представляет собой наиболее глубокую идею возврата к группам Ли как к способу объединения теории гравитации и Стандартной модели».

Другие ученые используют эту идею другим способом. Вместо того чтобы рассматривать группы Ли

как ящики, в которых заключены все силы и частицы, математик Тевиан Дрей (Tevian Dray) и физик Коринн Маног (Corinne Manogue) из Университета штата Орегон разнимают их на части и изучают математические элементы их конструкции – систему восьмимерных чисел, так называемых октонионов. (Обычные действительные числа одномерны, а комплексные числа, состоящие из действительной и мнимой частей, двумерны.)

Многие математики избегают октонионов, т.к. они не подчиняются стандартным законам алгебры, и порядок, в котором вы производите действия над ними, может привести к разным результатам. Дрей и Маног обернули эту считавшуюся неприятной асимметрию в свою пользу и смогли с ее помощью описать основные свойства некоторых частиц. В частности октонионы естественным способом воспроизвели загадочную «левизну» нейтрино, а именно то, что их собственный спин всегда ориентирован против направления их движения.

Дрей поясняет также, что октонионы прекрасно подходят для выполнения расчетов в десятимерном пространстве, что делает их полезными для теории струн, согласно которой наша Вселенная содержит шесть дополнительных компактных измерений. Теоретики «струнщики» до сих пор не могли обнаружить единый механизм, описывающий сворачивание дополнительных измерений, однако Дрей и Маног показали, что путем выбора одного определенного октониона эта проблема решается легко.

«Мы начинаем видеть проблески того, каковы должны быть свойства окончательной теории», – говорит Дрей и подчеркивает, что предстоит еще многое сделать перед тем, как будет создана полностью работающая октонионная модель. Обнадуживает то, добавляет он, что многие исследователи, использующие разные подходы, находят указания, что группы Ли – это верный путь. Указания достаточно веские, чтобы вдохновить некоторых мате-

матиков, в частности Джеффри Адамса (Jeffrey Adams) из Университета штата Мэриленд, предоставить свою помощь физикам, разрабатывающим подход с использованием групп Ли. «Я был бы разочарован, если бы оказалось, что такой подход не работает», – говорит Адамс.

Но не все разделяют подобный оптимизм. Скип Гарибальди (Skip Garibaldi), математик из Университета Эмори, полагает, что ностальгия по E8 непродуктивна. В своих работах с физиком Жаком Дистлером (Jacques Distler) из Техасского университета в Остине он показал, что теория Лизи предсказывает существование нежелательных частиц, чьи взаимодействия представляют собой зеркальное отражение реальных фермионов. По его мнению, такие частицы оказали бы заметное влияние на известные частицы. «Не существует способа включения гравитации в E8 без того, чтобы не получить чего-то, что уже было исключено экспериментом», – считает он.

Лизи, разместивший в июне в Интернете последнюю версию своей теории и представивший ее на данной встрече, допускает, что зеркальные фермионы действительно представляют проблему, однако считает, что работа по теории E8 продолжается и что зеркальные фермионы могли остаться незамеченными, если их масса больше, чем предполагалось. Возможно даже, что они проявят себя на Большом адронном коллайдере.

Еще рано судить о том, приведет ли программа возврата к основам к искомым результатам, замечает Цукерман, но несомненно, что он выражает мнение многих, когда говорит, что «связанная с этой проблемой литература чрезвычайно интересна». ■

Гербицид и лягушки

Широко используемый для уничтожения сорных трав химикат нарушает половое созревание лягушек

Дэвид Биелло

Вся плодородная земля в США буквально засыпана атразином. Около 36 млн кг белого не имеющего запаха порошка было использовано фермерами для подавления роста травянистых сорняков. Каждый год около 225 тыс. кг гербицида оказывается в воздухе и выпадает с дождями в радиусе 1 тыс. км от обработанных им полей. И весь этот атразин попадает в естественные водоемы, оказывая влияние на определение пола у лягушек, а именно превращая самцов в самок.

Как было описано в мартовском номере *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, биолог Тайрон Хейес (Tyron Hayes) из Калифорнийского университета в Беркли с коллегами в течение трех лет содержал 40 африканских шпорцевых лягушек *Xenopus laevis* в растворе атразина с концентрацией 2,5 г/т, что, по мнению Управления по охране окружающей среды (EPA), несколько ниже максимально допустимой для питьевой воды концентрации в 3 г/т. В результате 30 лягушек помимо прочих осложнений оказались неспособными к репродукции, то есть химически кастрированными. Более того, четыре обработанные гербицидом лягушки, будучи генетически самцами, полностью превратились в самок: процесс зашел настолько далеко, что они спаривались с другими самцами и откладывали вполне жизнеспособную икру. Только шесть из попавших в эксперимент особей оказались устойчивыми к атразину или по крайней мере проявили нормальное половое поведение.

Чтобы быть уверенными в полученных результатах, исследователи использовали только самцов, у которых две половые Z-хромосомы, то есть ZZ-генотип. В предыдущей работе использовались как сам-

цы, так и самки, поэтому «если мы получали гермафродитов, то сложно было сказать, были ли это самцы с яичниками или самки с семенниками», – говорит Хейес. – Благодаря использованию только ZZ-особей, мы были уверены, что любой гермафродит или самка – это на самом деле поменявший пол самец». Пол лягушек определяется двумя половыми хромосомами Z и W, причем животное с генотипом ZZ – это самец, а ZW – самка (что отличается от привычного определения пола у людей, когда генотип XY соответствует мужскому, а XX – женскому полу).

Ключевой момент в процессе реверсии пола может быть связан с ароматазой – белком, который стимулирует выработку женского гормона эстрогена, обуславливающего превращение изначально мужских гонад в яичники. Атразин может стимулировать синтез ароматазы.

Хейес давно занимается этой проблемой, начав в 1990-е гг. с исследований, оплаченных производителем атразина (сейчас известным как Syngenta), в которых впервые был поднят вопрос о влиянии гербицида на синтез естественных гормонов у животных и людей. За этим последовал целый ряд работ по подобным эндокринным нарушениям, часть из которых подтвердили, что амфибии и в частности лягушки подвержены резкому влиянию атразина, а другие не обнаружили никакого эффекта, в некоторых же работах фигурировали данные, что у мужчин из сельскохозяйственных регионов снижено количество сперматозоидов. По данным Геологической службы США, атразин и прочие гербициды повсюду и обнаруживаются в 57% ручьев и рек Соединенных Штатов.

Эксперименты Хейеса по реверсии пола, однако, неубедительны.



Биолог Вернер Клоас (Werner Kloas) из Берлинского университета им. Гумбольдта предположил, что образцы могли быть загрязнены другими веществами, разрушающими эндокринную систему: например, бисфенол А мог вымываться из пластиковых контейнеров или попасть в экспериментальную среду каким-то иным путем. Также Клоаса смущало отсутствие данных об измерении уровня эстрогена у лягушек в норме и у пораженных особей в эксперименте. В прошлом он также проводил исследования для компании Syngenta и не обнаружил влияния атразина на развитие африканских шпорцевых лягушек, при том что концентрации атразина в его экспериментах были близки к указанным в работах Хейеса.

В естественной среде обитания шпорцевые лягушки, кажется, не страдают от гербицида. «В последние 45 лет атразин широко использовался в Южной Африке, и наши исследования показали, что *Xenopus laevis* одинаково хорошо себя чувствуют как в сельскохозяйственных, так и в других районах», – говорит зоолог Луи дю Приз (Louis du Preez) из Северо-Западного университета в Южной Африке. – Если атразин действительно оказывает такой разрушительный эффект на шпорцевых лягушек в природе, то сейчас мы уже должны были бы столкнуться с последствиями этого».

Тем не менее Европейский союз запретил использование атразина из-за его способности загрязнять воду. «Лично я предпочитаю следовать европейской привычке быть излишне осторожным в вопросах охраны окружающей среды и использовании химикатов, что позволит постепенно снизить количество присутствующих в среде загрязняющих компонентов», – говорит Клоас.

После признания в 2006 г. безопасным применение химических средств борьбы с сорняками Управление по охране окружающей среды заявило об очередном пересмотре статуса гербицида в октябре прошлого года в связи с его возможным влиянием на здоровье человека. В общем и целом химикат влияет на благополучие многих видов. «Атразин стимулирует синтез ароматазы и (или) выработку эстрогена у окуня, лосося, кайманов, аллигаторов, черепах, перепелок и крыс, – отмечает Хейес. – Поэтому проблема атразина касается не только лягушек». ■

Зарядка под контролем

Литий–ионные аккумуляторы испытываются на безопасность

Марк Фишетти

В готовящихся к выпуску электромобилях Chevy Volt и Nissan Leaf, как и в моделях, находящихся в разработке, будут использоваться аккумуляторные батареи. Однако могут ли покупатели быть уверены в их безопасности даже в случае аварии автомобиля? Особенно если вспомнить о широко освещавшихся в СМИ случаях возгорания первых ноутбуков с такими батареями.

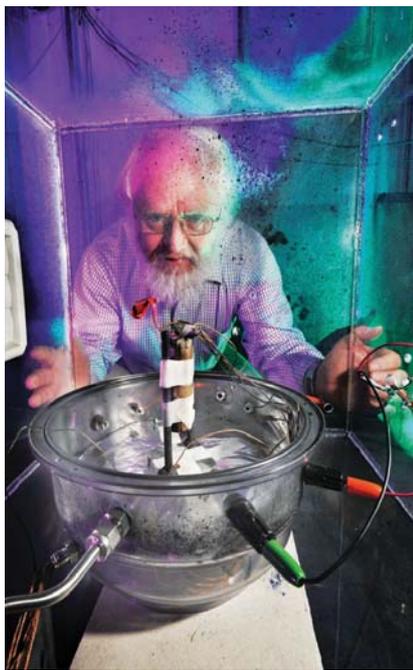
В Лаборатории по исследованию поведения аккумуляторов в условиях неправильного обращения с ними, входящей в состав Национальных лабораторий Сандия, проверяют, насколько безопасны эти устройства. Там их нагревают, подвергают ударам, пробивают и разбивают, чтобы выяснить, что может произойти при авариях и в экстремальных рабочих условиях.

Когда литий–ионные аккумуляторы только начали применять в ноутбуках, в процессе эксплуатации произошло несколько серьезных аварий. Обычной причиной был термический разгон – вызванная перегревом химическая реакция, приводившая к пожару или взрыву. И хотя даже при экстремальном управлении автомобилем такой перегрев маловероятен, авария или внезапный слишком сильный зарядный ток, например в результате удара молнии в зарядный порт во время зарядки батареи, могут привести к беде.

На стойкость аккумуляторной батареи к перегреву или взрыву могут сильно повлиять даже небольшие изменения в химизме системы. «Сегодня с точки зрения повышения безопасности при эксплуатации рассматриваются полдюжины различных химических вариантов», – говорит руководитель группы в лаборатории испытания аккумуляторов Крис Орендорфф (Chris Orendorff). Лаборатории Сандия предсказывают появление большого числа конструкций, например с катодами из фосфата лития и железа, которые остаются холодными и меньше деградируют со временем. А батареи с анодами из титаната лития менее склонны к перегреву даже при очень тяжелых условиях работы в автомобиле. Проводятся также исследования электролитов, содержащих различные соли лития, для выявления тех, которые будут более стабильными.

Со своей стороны изготовители испытывают различные механические меры защиты вроде тех, которые были применены для предотвращения термического разгона литиевых аккумуляторных батарей ноутбуков: например, отверстия для выпуска газов, образующихся в результате несанкционированных реакций, и защитные устройства, отключающие чрезмерно активные элементы батареи. После ряда лет экспериментальных исследований прогресс в деле изготовления и испытания усовершенствованных батарей для топливно–экономичных электромобилей ускорился, отчасти потому, что в соответствии с Законом США о восстановлении и реинвестировании от 2009 г. были выделены миллионы долларов. В частности недавно стимулирующий фонд в \$4,2 млн получили Национальные лаборатории Сандия, что позволит им испытывать больше батарей и делать это быстрее.

Разумеется, и испытательные лаборатории, и изготовители батарей стремятся предусмотреть все возможные варианты. Однако, как подчеркивает Орендорфф, покупатели забывают, что ни один автомобиль не может быть абсолютно безопасным. Литий–ионные батареи могут оказаться более склонными к воспламенению, чем, скажем, стандартные свинцово–кислотные, «но риск возгорания в данном случае несравнимо меньше, чем у автомобиля с двигателем внутреннего сгорания и пятью десятками литров бензина в баке». ■



Исследователь Питер Рот (Peter Roth) из Национальных лабораторий Сандия готовится к проведению испытания литий–ионной аккумуляторной батареи. Он намерен проводить ее избыточную зарядку до тех пор, пока батарея не взорвется



ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Каким должен стать современный научно–технический музей? Как лучше донести до молодого поколения шедевры науки и техники Политехнического музея? Что будет сделано в музее для «утоления жажды просвещения»? О прошлом, настоящем и будущем научного музея беседовали в передаче «Очевидное – Невероятное» профессор С.П. Капица и генеральный директор Политехнического музея, профессор Б.Г. Салтыков

С.П. Капица: Московский Политехнический музей – это больше, чем музей. Сегодня, когда необходимо новое отношение к науке и технике, музей мог бы стать лидером формирования научного мировоззрения у молодежи начиная со школьного возраста. В Политехническом музее собрана замечательная коллекция, здесь трудится коллектив единомышленников, верных традициям. Вы возглавили этот музей; какие вопросы сейчас находятся в центре вашего внимания?

Б.Г. Салтыков: Музей возник на базе Всероссийской политехнической выставки 1872 г., которая уделила большое внимание как популяризации науки, так и, говоря современным языком, инновациям. Музей основан по инициативе членов Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Число посетителей его залов возросло с 12 тыс. человек в 1873 г. до более чем 150 тыс. человек в 1913 г. Так Политехнический музей становился важным центром научно-технической и образовательной жизни Москвы.

Примечательны открытые лекции по физико-математическим и прикладным наукам, по естествознанию, которые читали, например, К.А. Тимирязев («Жизнь растений») или профессор В.В. Марковников («Основы неорганической химии»). Опыты П.Н. Яблочкова о способе электрического освещения и К.А. Тимирязева о влиянии электрического света на растения впервые были представлены в Политехническом. Желающие могли услышать циклы лекций, например, А.Г. Столетова по физике или Н.Е. Жуковского по воздухоплаванию. Цикл по прикладной математике и механике читал С.А. Чаплыгин, по астрономии – Ф.А. Бредихин.

С.П. Капица: Оскар фон Миллер, основатель Немецкого музея в Мюнхене, крупнейшего в мире музея естествознания и техники, говорил, что каждый немецкий мальчик должен посетить Немецкий музей, это часть его, так сказать, научно-политическо-

го воспитания. Как будущий научно-технический музей будет взаимодействовать с обществом?

Б.Г. Салтыков: Сейчас некоторые критики полагают, что музей науки станет играть роль развлекательного центра, использующего в основном виртуальную реальность для демонстрации достижений науки и техники, подобно так называемым Science Centers, которые получили распространение в США и Европе. Но Политех-

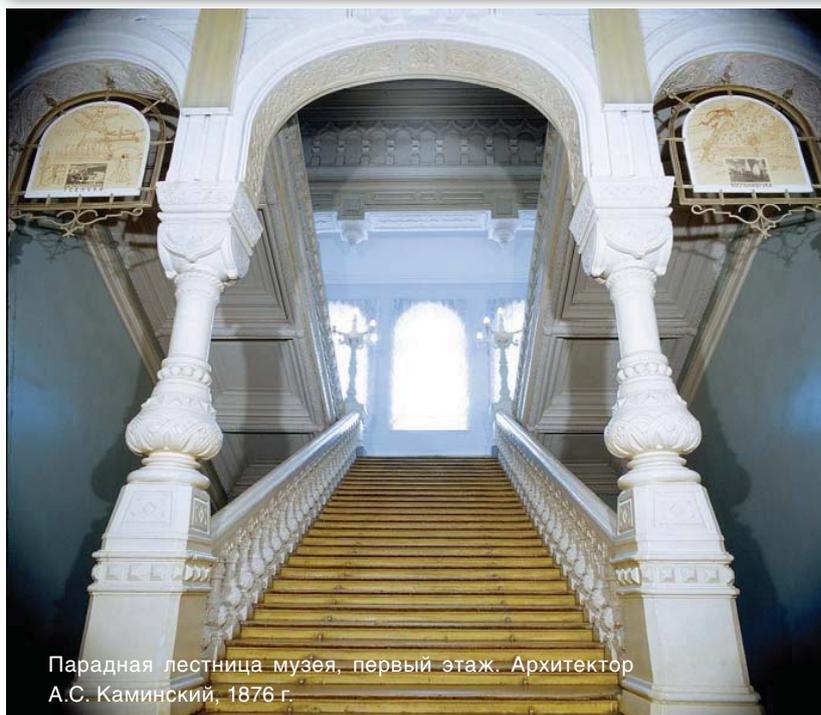
нический музей с его традициями – это, конечно, Science Museum.

Это и образовательный центр для любой возрастной категории и место культурного досуга «выходного дня» для широкой публики, что делает музей одной из основных достопримечательностей для туристов.

В переломные моменты истории Политехнический музей был очень востребован. Показателен период 1930–1940-х гг., когда активно организовывались выстав-

Отправной точкой для нового этапа развития музея стало осознание, прежде всего властью, важности Политехнического как площадки для научно-образовательного, просветительского диалога. В апреле вышло поручение президента РФ Д.А. Медведева о Политехническом музее, затем приказ Министерства культуры РФ, наконец 2 сентября – постановление Правительства России, где предусмотрена инвестиционная программа, ассигнования из федерального бюджета в 2010–2016 гг. на проектирование, реконструкцию и реставрацию музея. Создается попечительский совет. Возросший интерес государства связан также с помощью бизнеса. В 2009 г. корпорацией РОСНАНО учрежден Фонд развития Политехнического музея, который играет в модернизации музея принципиально значимую роль. Когда в сентябре состоялось расширенное заседание комитета Российского союза промышленников и предпринимателей по инновационной политике, руководитель этого комитета, генеральный директор РОСНАНО А.Б. Чубайс отметил сущность музейных преобразований – в переходе от достижений прошлого к достижениям будущего.

Б.Г. Салтыков



Парадная лестница музея, первый этаж. Архитектор А.С. Каминский, 1876 г.



Вводный зал отдела химии



БОРИС ГЕОРГИЕВИЧ САЛТЫКОВ

Окончил Московский физико-технический институт по специальности «инженер-физик», кандидат экономических наук, профессор.

Президент ассоциации «Российский дом международного научно-технического сотрудничества». Преподает в Высшей школе экономики, заведует кафедрой управления наукой и инновациями факультета государственного и муниципального управления.

В 1999 г. избран иностранным членом Американской академии искусств и науки (American Academy of Arts and Science) по отделению Public Relations and Business Administration.

С июля 2010 г. – Генеральный директор ФГУК «Политехнический музей»



Автомобиль легковой ГАЗ-м «Молотовец» 1, 1939 г.

ки, работали курсы повышения квалификации, потому что в период индустриализации возникла потребность в огромном количестве людей, хорошо знающих технику, интересующихся научно-техническими достижениями. Даже когда целые заводы закупались за границей, управлять ими должны были квалифицированные специалисты. В музее постепенно создавались стационарные экспозиции с новыми разделами, в том числе на темы космоса, ядерной техники, информатики.

После войны, с апреля 1947 г., музей находится в ведении Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний (впоследствии – Всесоюзного общества «Знание»), которое руководило им 45 лет. И, конечно, продолжались научные лекции, когда в Большой аудитории слушали академиком А.Е. Ферсмана, С.И. Вавилова, П.П. Лазарева, Н.Д. Зеллинского, в 1934 г. лекцию о строении атомного ядра прочитал Нильс Бор. С 1947 г. Большая аудитория приобретает статус центрального лектория. Лекции, концерты, диспуты в Политехническом – это то, что необходимо развивать. Сейчас создали экспертный совет лектория, представители науки и бизнеса будут решать, кого с какой темой пригласить, чтобы избежать проявлений лженауки.

С.П. Капица: Искусство и наука – две взаимосвязанные половинки, как у мозга человека. В основе лежит творчество личности. Каким образом развивается культурный компонент вашей деятельности?

Б.Г. Салтыков: Наша гордость – Большая аудитория Политехнического музея, была открыта в 1907 г. и до 1960-х гг. оставалась самой вместительной публичной аудиторией Москвы. В 1909 г. здесь чествовали лауреата Нобелевской премии в области физиологии и медицины (1908) И.И. Мечникова. В 1914 г. здесь выступали русский авиатор П.Н. Нестеров и француз А. Пегу, рассказывая о фигурах высшего пилотажа. Творческий расцвет ау-

Фотографии предоставлены Политехническим музеем и Фондом развития Политехнического музея

дитории – предреволюционный и послереволюционные годы, когда здесь проявили себя Маяковский, Бунин, Серафимович, Бурлюк, Белый, Крученых, Хлебников, Есенин, Брюсов, Блок и многие другие символисты, футуристы, имажинисты. Уже в 1930–е гг. традицию продолжили Твардовский, Светлов, Заболоцкий, Багрицкий, Тихонов. Музей становится также одной из площадок, где проявляется политическая «оттепель», где растут «шестидесятники». Вознесенский, Евтушенко, Рождественский, Окуджава, Ахмадулина прославили трибуну Политехнического, по сути возродив традиции начала века, постреволюционной эпохи.

В 1918 г. «королем поэтов» стал Игорь Северянин, выиграв у Владимира Маяковского, а нарком просвещения А.А. Луначарский вел диспут с митрополитом А.И. Введенским в целях «атеистического воспитания трудящихся». Сегодня, когда у музеев отбирают часть имущества и передают в храмы, такие диспуты более чем актуальны. Известны подвиги реставраторов, когда экспонаты спасали от разрушения. Из Политеха была выведена часть отделов, что-то передано в другие музеи, часть экспозиции потеряна.

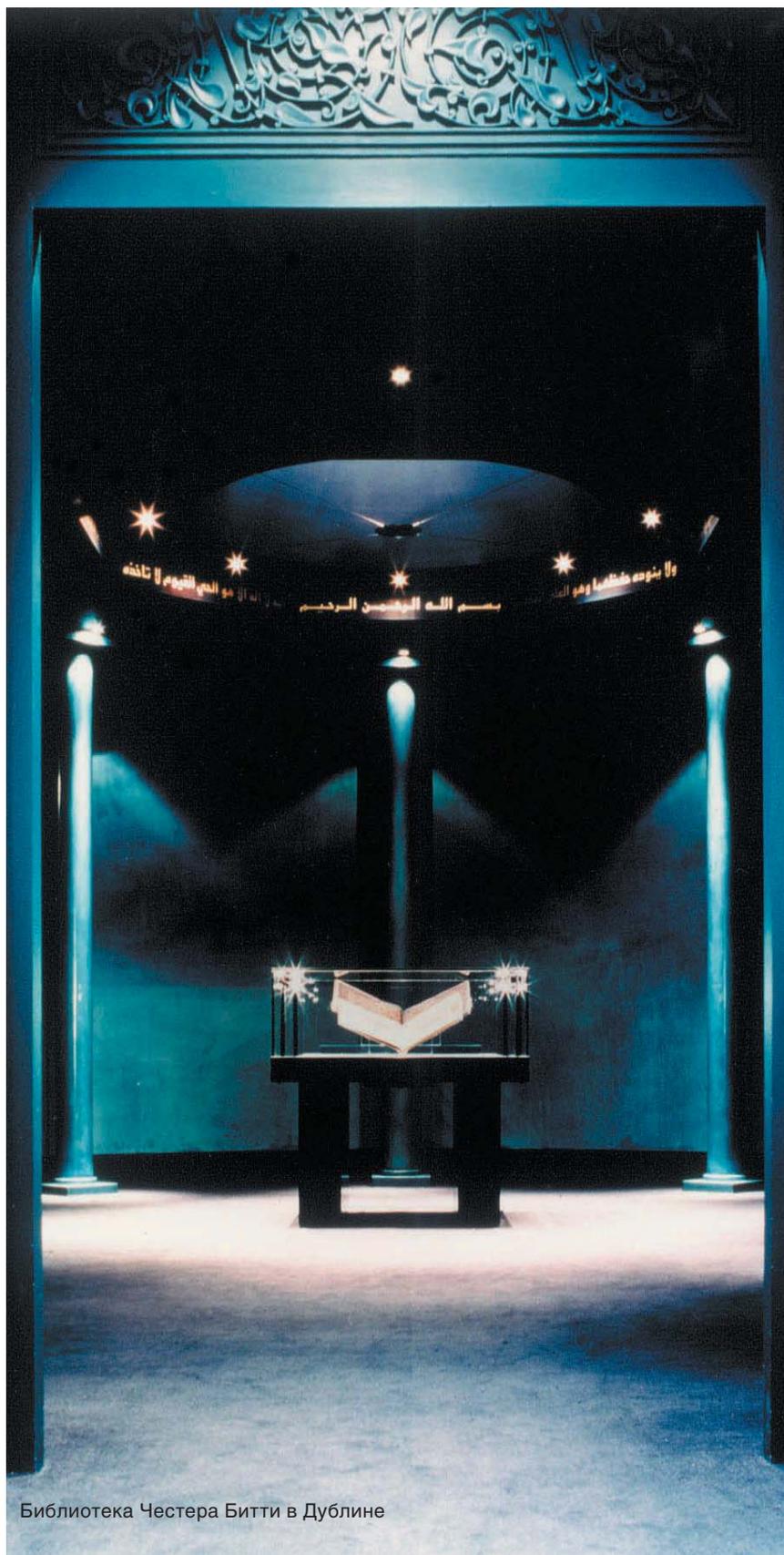
В декабре 1991 г. Политехнический музей был объявлен особо ценным объектом российского национального культурного наследия. В те сложные времена по поручению президента РФ был создан Государственный экспертный совет при президенте России по особо ценным объектам культурного наследия народов Российской Федерации, который я возглавлял как представитель правительства. Выделили отдельную строку бюджета в помощь избранным, а в список вошли Государственная Третьяковская галерея, Государственный музей изобразительных искусств им. А.С. Пушкина, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Государственный академический Большой театр России, Политехнический музей и др.



Локомотив (передвижная прицепная паровая машина). Германия, Т. Н. FLOETHER GASSENI–L, 1880–1910–е гг.



Предметы фототехники. Конец XIX – начало XX в.



Библиотека Честера Битти в Дублине

С.П. Капица: Какие надежды музей связывает со своим будущим развитием?

Б.Г. Салтыков: В целом нам предстоит решать двуединую задачу: с одной стороны, необходимо сохранить уже имеющуюся экспозицию главных технических достижений, основную коллекцию, историческую направленность как музея техники, российских и мировых достижений, с другой – сделать все, чтобы привлечь в наши залы молодежь. Для этого будут использованы 3D-технологии, виртуальная реальность – но лишь как средство для объяснения гораздо более существенных вещей. Современному человеку неинтересна обычная прогулка по длинным залам, а интерактивное взаимодействие с экспонатами, предполагающее ответную реакцию, привлекательно.

Музей гордится некоторыми коллекциями, включая те же телефонные аппараты, пишущие машинки, уникальные коллекции микроскопов. Даже если говорить о такой отрасли, как автомобилестроение, то помимо ряда советских машин в музее хранится уникальный экспонат – автомобиль «Руссо-Балт» 1911 г., звезда нашей коллекции. В десятках залов представлены горное дело, металлургия, химическая технология, автоматика и вычислительная техника, связь, оптика, метеорология, космонавтика и многое другое.

С.П. Капица: У музеев есть, конечно, своя душа. Они сохраняют старину, даже когда им это и не позволено.

Б.Г. Салтыков: Один из приемов музейного дела в технических музеях – показать не только вещи, но и технологии. У нас показывают технологию создания фарфоровых изделий и многие другие. Сейчас требуется модернизация зала «Игротеха», т.е. игры с техникой. В музее имеется также раритетная химическая лаборатория конца XIX – начала XX в., физическая, куда приходят на экскурсии школьники, и им показывают опыты. Как-то беседовал с японским

профессором, который утверждал, что сегодня дети в Японии сильно отличаются от тех, что были 15–20 лет назад: «Раньше мальчик или девочка, получив игрушку, машинку, старались разобрать и посмотреть, как устроено внутри, а сейчас их интересуют только кнопки – где нажать и что выскочит на экране, им совершенно не любопытно, как это работает».

С.П. Капица: В Политехническом музее важна и модель звездного неба – планетарий.

Б.Г. Салтыков: У нас работает так называемый мобильный планетарий, где посетители могут прослушать и посмотреть лекцию–демонстрацию по теме «Сокровища звездного неба». Демонстрация представляет собой виртуальную прогулку под куполом планетария, где можно увидеть звездное небо на разных широтах и в разные сезоны, небо Москвы, небо экватора и полюсов, а также созвездия южного неба, созвездия Зодиака, удивительные объекты и чудеса космоса.

Но Политехнический не может все объять. В концепции развития заложена необходимость строительства нового здания. Второе здание необходимо как минимум в качестве нового хранилища.

С.П. Капица: Некоторая промежуточная идея может быть золотой серединой – открытое хранилище, как то, что реализовано в Эрмитаже.

Б.Г. Салтыков: В шутку говорю сотрудникам, что нам бы на период реконструкции подошел большой, но уже закрытый завод, где есть обширные теплые цеха, пригодные для хранения крупных экспонатов.

С.П. Капица: Для вашего переходного периода надо воспользоваться потенциалом, как вы говорите, брендом Политехнического музея, сделать путеводитель по московским музеям. Есть же целая сеть научных, именных музеев, не говоря о литературных, о которых мало кто знает. Они разбросаны, но все служат одной большой цели. Это памятники культуры с фондовыми материалами. Никаких особых средств здесь не



Художественная галерея и музей Келвингроув в Глазго

требуется, просто нужно, чтобы они чувствовали себя семейством.

Б.Г. Салтыков: Хорошая метафора. Тем более что Политехнический – лидер Ассоциации политехнических музеев страны. В настоящее время в нее входят десятки музеев. В Политехническом музее собрана уникальная библиотека. Фонды библиотеки насчитывают около 3,5 млн экземпляров изданий – широко представлена литература по технике, экологии, экономике, промышленности, транспорту, связи, строительству и архитектуре, техническим и естественным наукам, прикладному искусству, народным промыслам, библиотековедению, музееведению и т.д. Имеется отдел редкой книги, рукописных книг с XVI в., например автографы Менделеева или атлас чертежей Эйфелевой башни с автографом Эйфеля.

С.П. Капица: Это вопрос современной материальной культуры и творчества. Россия богата личностями, о них тоже нужно рассказывать. И все это, по-моему, и есть то послание, которое выходит из веков и должно быть воспринято в первую очередь молодым поколением.

Б.Г. Салтыков: Несомненно, один из важнейших вопросов – аудитория, с которой нам предстоит общаться. Сейчас музей ориентирован преимущественно на школьников. Мы будем приглашать тех, кто интересуется наукой, кто умеет интересно и понятно говорить с публикой, тех, кто формирует сегодняшние направления научной мысли. Особое внимание будет уделяться подбору ученых, выступающих в музее с публичными лекциями. Несомненно, обновленный Политехнический музей должен стать одним из самых влиятельных и посещаемых научных музеев мира, национальным культурным, научным и общественным центром. ■

Подготовил Дмитрий Мисюров

Редакция журнала «В мире науки» выражает благодарность коллективу программы «Очевидное – невероятное» за предоставленные материалы

ПЛАНЕТЫ, НА КОТОРЫХ ВОЗМОЖНА ЖИЗНЬ

На ночном небе множество далеких планет, но каковы они на самом деле? Теоретические модели предсказывают, что многие из этих «экзопланет» могут быть похожими на Землю и пригодными для жизни

Диана Валенсия и Димитар Сасселов

Представьте себе: в тихую летнюю ночь, наслаждаясь видом безоблачного неба, вы направляете свой взор на звезду, вокруг которой, как вы узнали, обращается особая планета. Сама она не видна – да и звезда едва заметна. Но вы слышали, что эта планета в несколько раз больше Земли и в основном состоит, как и наша Земля, из скальных пород. Время от времени покрытую океанами поверхность сотрясают подземные толчки. Ее атмосфера не сильно отличается от той, которой мы дышим. Там часто бушуют ураганы, а небо иногда заволакивает вулканический пепел. Но самое интересное – ученые не исключают жизнь на этой планете и собираются искать тому доказательства.

Все это может стать реальностью уже в ближайшем десятилетии. Правда, большинство из более

чем 450 открытых до сих пор внесолнечных планет – гиганты, скорее похожие на Юпитер. Но астрономы уже начинают обнаруживать планеты, не сильно отличающиеся от Земли. А запущенная в прошлом году обсерватория «Кеплер» (NASA) откроет их еще больше.

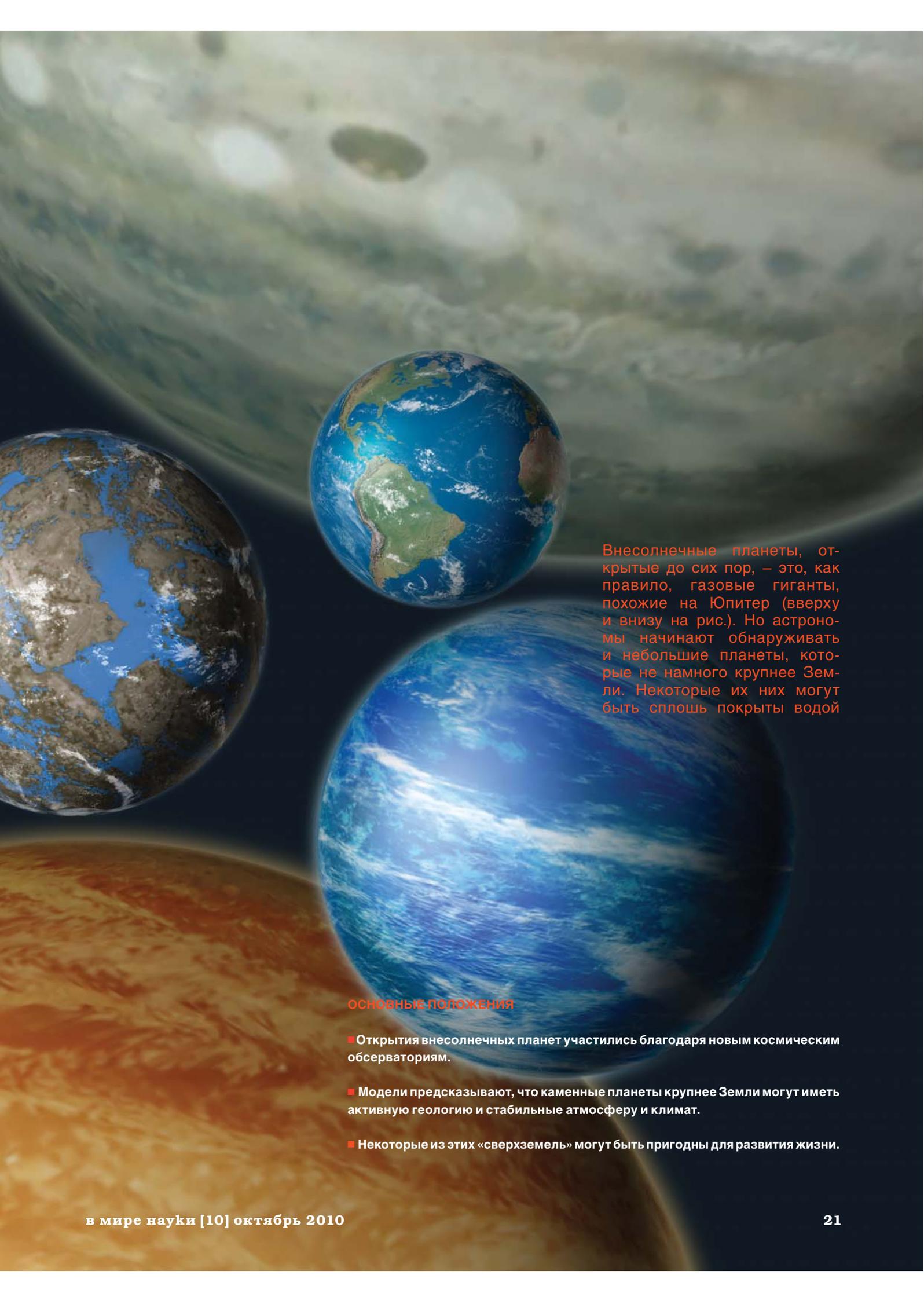
Пока мы не можем измерять геологические, химические и другие характеристики экзопланет. Но на основе уже имеющейся скудной информации исследователям удастся создать неожиданно детальный портрет далекой планеты, используя теоретические модели, компьютерные симуляции и даже лабораторные эксперименты вместе с данными о Земле и других объектах Солнечной системы.

Например, в наших исследованиях мы построили модели планет, по составу похожих на Землю, и обнаружили, что даже буду-

чи гораздо массивнее Земли, они должны быть геологически активны, иметь атмосферу и климат, благоприятные для развития жизни. Фактически мы поняли, что масса Земли – это нижний предел диапазона масс, в котором условия на планете способствуют развитию жизни. Иными словами, если бы Земля была хоть немного меньше, она оказалась бы такой же безжизненной, как Марс или Венера.

Первые сверхземли

Мечта обнаружить планеты, способные быть прибежищами жизни, стала основной в карьере авторов статьи. Старший из нас (Димитар Сасселов) занялся этой проблемой почти случайно десять лет назад. Первые внесолнечные планеты были открыты в середине 1990-х гг. Большинство из них найдены методом лучевых скоро-



Внесолнечные планеты, открытые до сих пор, – это, как правило, газовые гиганты, похожие на Юпитер (вверху и внизу на рис.). Но астрономы начинают обнаруживать и небольшие планеты, которые не намного крупнее Земли. Некоторые из них могут быть сплошь покрыты водой

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Открытия внесолнечных планет участились благодаря новым космическим обсерваториям.
- Модели предсказывают, что каменные планеты крупнее Земли могут иметь активную геологию и стабильные атмосферу и климат.
- Некоторые из этих «сверхземель» могут быть пригодны для развития жизни.

Всего по нескольким параметрам исследователям удается создать неожиданно детальный портрет далекой планеты

стей, который фиксирует наличие планеты по ее гравитационному влиянию на свою звезду. Взаимное их притяжение вызывает небольшое ускорение звезды, которое можно заметить по сдвигу линий в ее оптическом спектре.

Вначале некоторые скептически настроенные ученые полагали, что колебание линий в спектре вызвано физическими процессами в звезде, а не обращающейся вокруг нее планетой. Это и подтолкнуло Сасселова – астрофизика, т.е. специалиста по звездам, а не по планетам, заинтересоваться этой проблемой. Прежде он исследовал звезды с периодическим изменением блеска. Изучив колебание линий в спектрах звезд, он вместе с коллегами доказал, что колеба-

ния вызваны планетами. Астрофизики получили мощный инструмент для поиска экзопланет.

Сасселов присоединился к группе ученых, предложивших создать космическую обсерваторию «Кеплер» для поиска экзопланет. Аппарат был выведен на орбиту в 2009 г. Он обнаруживает планеты, отслеживая небольшие ослабления блеска звезды, обычно продолжающиеся несколько часов. Если эти изменения происходят через равные интервалы времени, значит на орбите вокруг звезды движется планета и периодически проходит перед звездой. Телескоп «Кеплера» постоянно направлен на одну область неба в созвездии Лебедь. Его широкоугольная цифровая камера будет отсле-

ВАЖНЕЙШИЕ ЦЕЛИ В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ

Поскольку легче заметить более крупные планеты, чем маленькие, большинство обнаруженных до сих пор планет – 461 на день окончания статьи – очень велики: некоторые в несколько раз массивнее Юпитера. В большинстве случаев астрономы не могут оценить радиус планеты, но могут узнать ее массу и форму орбиты. Однако иногда удается определить и радиус, например у относительно маленьких планет GJ1214b и CoRoT-7b

ПЛАНЕТА: Земля

ТИП: Землеподобная (каменная)
 МАССА: 1 масса Земли
 РАДИУС: 1 радиус Земли (6371 км)
 ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 365 суток
 ОСОБЕННОСТИ: Активная геология и «правильное» расстояние планеты от своей звезды создают температуру на поверхности, подходящую для существования жидкой воды. Весьма благоприятна для жизни

ПЛАНЕТА: GJ1214b

ТИП: Сверхземля
 ГОД ОТКРЫТИЯ: 2009
 МАССА: 6,55 массы Земли
 РАДИУС: 2,7 радиуса Земли
 ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 38 часов
 ОСОБЕННОСТИ: Одна из двух сверхземель с известным радиусом. Больше похожа на мини-Нептун: каменно-ледяные недра и газовая оболочка

ПЛАНЕТА: CoRoT-7b

ТИП: Каменная сверхземля
 ГОД ОТКРЫТИЯ: 2009
 МАССА: 4,8 массы Земли
 РАДИУС: 1,7 радиуса Земли
 ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 20 часов
 ОСОБЕННОСТИ: Первая сверхземля с измеренным радиусом. Одно ее полушарие постоянно обращено к звезде и нагрето до плавления. Над ним поднимаются пары кремния и конденсируются на постоянно холодной темной стороне

ПЛАНЕТА: Кеплер 7b

ТИП: Газовый гигант
 ГОД ОТКРЫТИЯ: 2009
 МАССА: 0,43 массы Юпитера
 РАДИУС: 1,48 радиуса Юпитера
 ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 4,9 суток
 ОСОБЕННОСТИ: Наименее плотная из открытых планет. Может иметь маленькое каменное ядро, но в основном, если не полностью, состоит из газа.



живать примерно 150 тыс. звезд в течение трех лет. Ожидается, что за это время «Кеплер» найдет сотни новых планет, и некоторые из них будут примерно размером с Землю.

Еще на стадии планирования этой миссии Сасселов понял, что хотя «Кеплер» даст богатую информацию, ученые не будут знать, что с ней делать. К своему удивлению, он обнаружил, что никто никогда не моделировал геологические процессы на крупных планетах типа Земли. Поэтому он начал сотрудничать с Ричардом О'Коннелом (Richard O'Connell) из Гарвардского университета, специалистом по динамике земных недр.

Тогда же вторая из нас (Диана Валенсия), начав работать в Гарварде над диссертацией по геофизике,

а конкретнее – по сейсмологии, посетила лекции по геодинамике, которые читал О'Коннел. После разговора с Сасселовым О'Коннел предложил своим студентам оценить, насколько изменился бы размер Земли, если бы ее масса стала больше, т.е. насколько дополнительная тяжесть сжала бы ее недра. Эта задача заинтересовала Валенсию и изменила направление ее работы.

В Солнечной системе Земля – крупнейшая из каменных планет. Поэтому ученые не привыкли думать о планетах такого же состава, но с гораздо большей массой, то есть о «сверхземлях». Когда в 2004 г. наша группа подала в печать статью о сверхземлях, эту проблему только начали изучать. Сотрудники редакции журнала почти

год искали ученых, способных рецензировать нашу статью. Многие специалисты по планетам удивлялись нашему выбору темы исследования, поскольку открытые к тому времени планеты были газовыми гигантами, похожими на Юпитер, а не на сверхземлю. Они не понимали, как можно интересоваться планетами, которых не существует.

Но спустя несколько месяцев, в 2005 г., наши усилия были вознаграждены. Эугенио Ривера (Eugenio Rivera) из Калифорнийского университета в Санта-Крузе вместе с сотрудниками методом лучевых скоростей обнаружил планету, обращающуюся вокруг звезды Глизе 876 в созвездии Водолея. Это была первая сверхземля.

ПЛАНЕТА: HD149026b

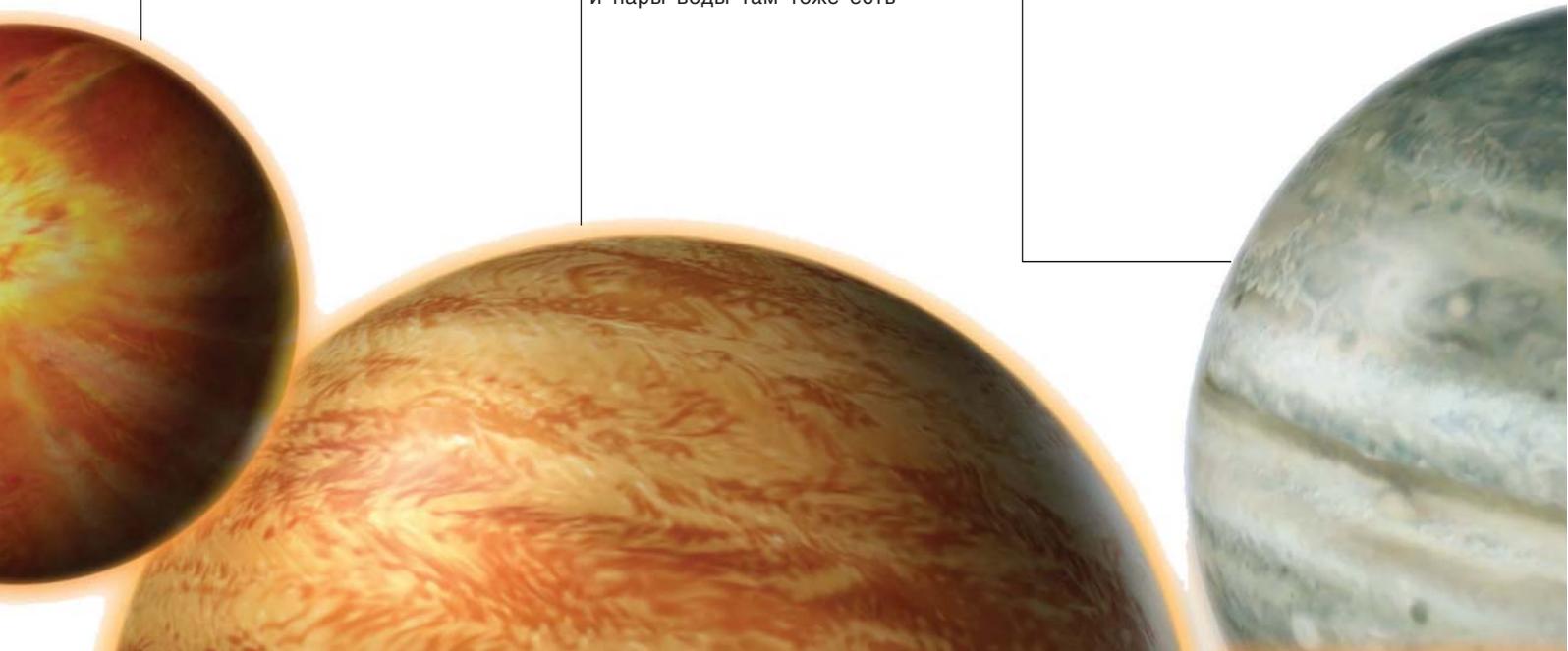
ТИП: Газовый гигант
ГОД ОТКРЫТИЯ: 2005
МАССА: 0,36 массы Юпитера
РАДИУС: 0,65 радиуса Юпитера
ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 69 часов
ОСОБЕННОСТИ: Самый плотный газовый гигант среди известных. Он обращается настолько близко к звезде, что температура его поверхности может превышать 2,3 тыс. К

ПЛАНЕТА: Осирис (HD209458b)

ПЛАНЕТА: ТИП: Газовый гигант
ГОД ОТКРЫТИЯ: 1999
МАССА: 0,69 массы Юпитера
РАДИУС: 1,32 радиуса Юпитера
ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 3,5 суток
ОСОБЕННОСТИ: Одна из нескольких планет, чьи линии были зарегистрированы в спектре ее материнской звезды и показали наличие кислорода и углерода в атмосфере. Теория говорит, что и пары воды там тоже есть

ПЛАНЕТА: Фомальгаут b

ТИП: Газовый гигант
ГОД ОТКРЫТИЯ: 2008
МАССА: от 0,5 до 3 масс Юпитера
РАДИУС: 1 радиус Юпитера?
ОРБИТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД: 872 года
ОСОБЕННОСТИ: Одна из немногих внесолнечных планет и маломассивных объектов за пределами Солнечной системы, непосредственно зарегистрированных (т.е. получены изображения)



Известно, что эта планета, названная GJ876d, обращается вокруг своей звезды всего за двое суток и обладает массой около 7,5 масс Земли. И это почти все, что мы о ней знаем. Пока мы не смогли измерить ее размер, а значит – определить среднюю плотность (равную массе, деленной на объем) и сказать что-либо о ее составе. Прохождение GJ876d перед звездой помогло бы узнать размер планеты: степень ослабления блеска звезды указывает на диаметр планеты. Если измерить еще и вариации лучевой скорости, то можно вычислить массу и диаметр и таким образом определить среднюю плотность. Если плотность высокая, как у горных пород, то эта планета может быть земного типа.

Именно методом прохождения в начале 2009 г. астрономы обнаружили первую сверхземлю CoRoT-7b, проходящую перед звездой. Для наблюдений был использован французский космический телескоп CoRoT, небольшой предшественник «Кеплера». Эта планета такая плотная, что наверняка состоит из скальных пород. Она обращается так близко от своей звезды, что ее год длится менее земных суток, а дневная сторона должна быть расплавлена. (Планеты на близких к звезде орбитах привязаны к ней приливными силами и поэтому всегда обращены к ней одной и той же стороной, как Луна к Земле.) Не прошло и десяти месяцев, как группа Дэвида Шарбонно (David Charbonneau) из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики обнаружила вторую проходящую перед звездой сверхземлю. Планета GJ1214b оказалась необычной: по плотности она ближе к воде, а не к скальным породам. Это наводит на мысль о том, что планета окутана толстым слоем газа.

Как видим, ни одна из этих планет не похожа на нашу. Мы ищем планеты типа Земли, пригодные для жизни, а сталкиваемся с какими-то уродцами. Можно ожидать и других странностей.

Например, у богатых углеродом звезд твердые планеты будут состоять не из соединений кремния с кислородом, как планеты земного типа в Солнечной системе, а из соединений кремния с углеродом. Это должны быть планеты совершенно иного вида: их недра в основном состоят из алмазов, возникших при сжатии углерода.

Однако большинство звезд с планетными системами имеют такой же состав, как и Солнечная система. Поэтому ученые считают, что большая часть сверхземель должна иметь состав, близкий к земному: в основном это соединения кремния с кислородом и магнием плюс железо и малое количество других элементов; часто при огромном количестве воды. Скоро мы обнаружим множество таких планет, поэтому стоит попытаться узнать о них как можно больше, начав с физики их недр.

Путешествие к центру сверхземли

Должны существовать два основных типа сверхземель в зависимости от того, где в своей планетной системе они сформировались. Планеты, родившиеся достаточно далеко от звезды, захватывают много ледяных частиц, образовавшихся вокруг молодой звезды, поэтому вода составляет у них большую долю массы, чем у планет земной группы в Солнечной системе.

А те из них, что родились вблизи звезды, где слишком жарко для существования льда, должны быть довольно сухими, как Земля и подобные ей планеты в нашей системе.

Каменная планета должна рождаться как горячая расплавленная смесь разных веществ и сразу же начать остывать, излучая тепло в космос. В затвердевающей магме возникают кристаллы на основе железа и кремния. В зависимости от содержания кислорода некоторая часть железа может остаться вне минералов. Это железо сохранится в жидком виде и, будучи более плотным, опустится к центру. В этом случае плане-

та приобретает слоистое строение, как у Земли, с железным ядром и в основном силикатной мантией.

У планет более крупных, чем Земля, ядро должно быть иным. За несколько миллиардов лет ядро Земли заметно остыло, его внутренняя часть затвердела, а внешняя пока еще жидкая, и в ней движутся конвективные потоки. Считается, что именно конвекция во внешнем ядре создает геомагнитное поле.

Но, согласно недавним расчетам, при давлении, характерном для ядер больших планет, железо может затвердевать даже при температуре 10 тыс. К. Более высокой температура может быть только у очень молодой планеты, и даже небольшого остывания сверхземли уже достаточно для затвердевания ее ядра. Значит, типичная сверхземля должна иметь полностью твердое железное ядро, не способное создать глобальное магнитное поле. На Земле это поле защищает жизнь от губительного влияния солнечного ветра и космических лучей, особенно на суше. Но мы не знаем наверняка, необходимо ли оно для существования жизни.

На планетах, богатых водой, могут быть и незнакомые нам явления. Такая планета должна быть покрыта могучим океаном, в глубинах которого происходит нечто странное. Не только при охлаждении, но и при сжатии вода превращается в лед. Поэтому над кремниевой мантией может возникнуть другая твердая мантия из раскаленного добела льда. Это должен быть не обычный лед, а кристаллическое вещество, называемое льдом VII, льдом X и льдом XI, которое до сих пор получали только в лабораторных условиях.

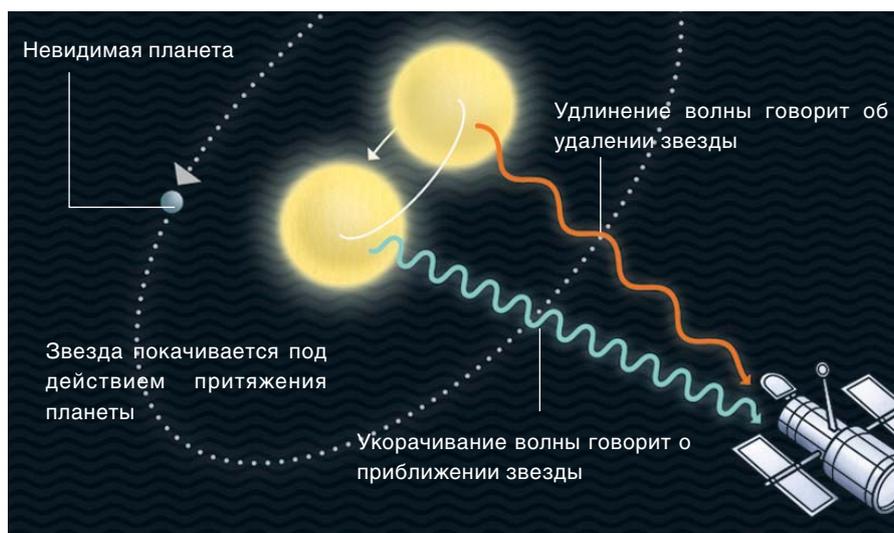
Независимо от обилия воды чем массивнее сверхземля, тем сильнее она сжимает свои недра. Поэтому более массивные планеты будут более плотными, чем менее массивные планеты того же состава. Под большим давлением твердые породы становятся тверже, чем подобные им минералы в недрах Земли, возможно даже тверже алмаза.

КАК ОБНАРУЖИТЬ ПЛАНЕТУ

По сравнению со своей звездой планета светится очень слабо. Поэтому всего лишь несколько внесолнечных планет – все очень крупные и яркие – удалось «увидеть» непосредственно, то есть как точки вблизи их звезд. В некоторых случаях астрономы смогли различить детали спектра планеты в излучении ее материнской звезды. Но чаще всего астрономы открывают планеты косвенно, обычно используя методы покачивания или прохождения

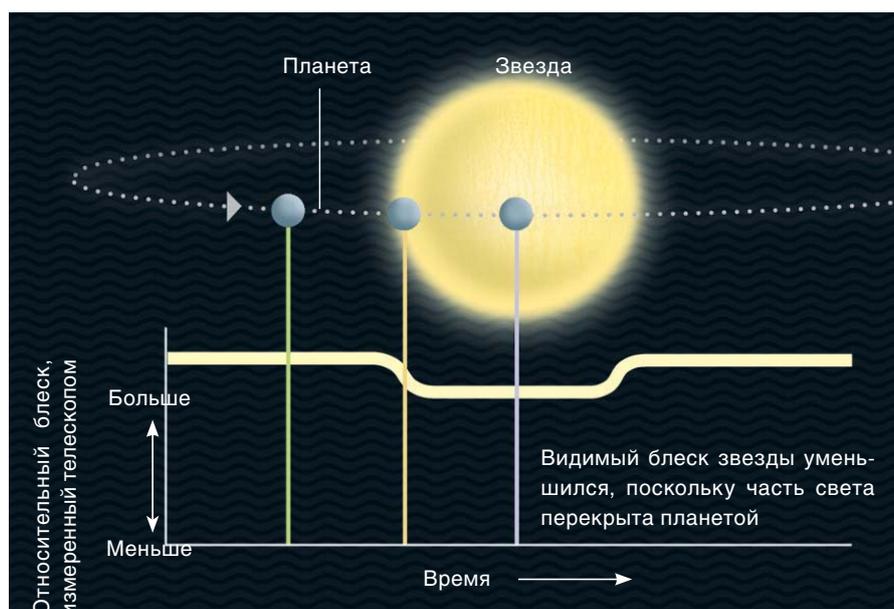
МЕТОД ПОКАЧИВАНИЯ

Двигаясь по орбите, планета притягивает свою звезду. Анализируя оптический спектр звезды, астрономы могут измерить изменение скорости звезды относительно Земли с точностью менее 1 м/с. Периодическое изменение говорит о присутствии планеты



МЕТОД ПРОХОЖДЕНИЯ

Если орбита планеты пересекает луч зрения между Землей и звездой, то планета регулярно чуть-чуть затмевает звезду. Планета размером с Юпитер, проходя перед звездой, уменьшает ее блеск на 1%, а планета размером с Землю – на 0,01%, что лежит в пределах чувствительности нового космического телескопа «Кеплер»



Как ведет себя вещество сверхземли при очень большом давлении? Чтобы лучше понять строение сверхземель, ученые проводят эксперименты и создают теоретические модели.

Например, недавно ученые открыли новый структурный порядок, или фазу, вещества Земли, называемую постперовскитом (см.: Хирсе К. Новое о составе Земли // ВМН, № 8–9, 2010). Хотя в мантии Земли он занимает лишь малую долю, у сверхземли из него может состоять большая часть мантии. Согласно теории, должна существовать и еще более плотная фаза, но эксперименты пока не подтверждают этого.

Даже если мы представляем себе структуру планеты и вещество, слагающее ее слои, это еще полдела. Следующий шаг – понять, какова динамика этой структуры и есть ли она вообще. Иными словами – активна ли планета в геологическом смысле как, например, Земля, или она спокойна и заморожена как Марс.

Большинство геологических процессов на Земле поддерживаются конвекцией в мантии. Под плитами, составляющими земную поверхность, мантия поднимается, перенося изнутри тепло, а затем, охладившись, тонет, как кипящая вода в чайнике. Часть этого тепла сохранилась от процесса формирования планеты, а часть рождается при распаде радиоактивных элементов в мантии. Мы полагаем, что каменные сверхземли имеют одинаковую концентрацию радиоактивных источников тепла, по крайней мере урана и тория, поскольку эти элементы равномерно распределены в Галактике и могут легко входить в состав формирующихся планет. Поэтому более массивные аналоги Земли должны содержать больше радиоактивного вещества и выделять в недрах больше тепла, которое вызывает более интенсивную конвекцию мантии.

Лучшие из миров

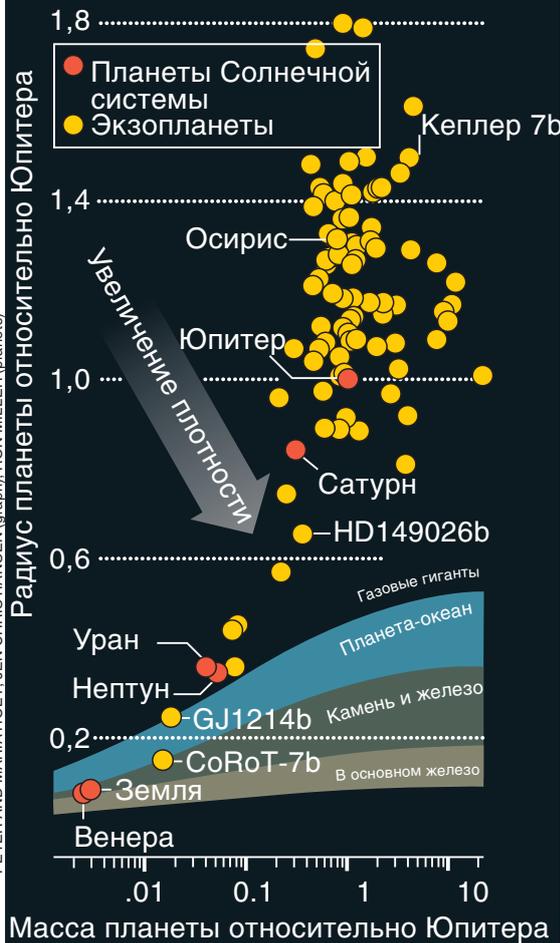
Сильное перемешивание приводит к нескольким эффектам, кото-

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СПОСОБСТВУЮТ ЖИЗНИ

Пригодность планеты для жизни может зависеть от ее геофизической активности. Теоретические модели, основанные на наших знаниях о Земле и других планетах Солнечной системы, позволяют прогнозировать динамику планет в зависимости от их массы и состава. Исследование сверхземель охватывает два типа, вероятно, распространенных в Галактике и показанных здесь в сравнении с Землей. У обоих типов конвекция медленно перемешивает недра (как воду в кипящем чайнике), перенося внутреннее тепло планеты к поверхности. Эти потоки поддерживают вулканизм и тектонику плит, способствуя круговороту элементов в атмосфере, что в свою очередь обеспечивает питание биосферы и стабилизирует температуру поверхности.

ТРИ ТИПА КАМЕННЫХ ПЛАНЕТ

Астрономы открыли более 80 планет, проходящих перед звездой. У них удается измерить радиус, массу и вычислить среднюю плотность, значение которой ограничивает возможный состав. Наименее плотные планеты – газовые гиганты. Более плотные планеты – каменные с разной долей железа и воды. А самые плотные в основном должны состоять из железа



PETER AND MARIA HOEY; JEN CHRISTIANSEN (graph); RON MILLER (planets)



ЖЕЛЕЗОКАМЕННАЯ СВЕРХЗЕМЛЯ

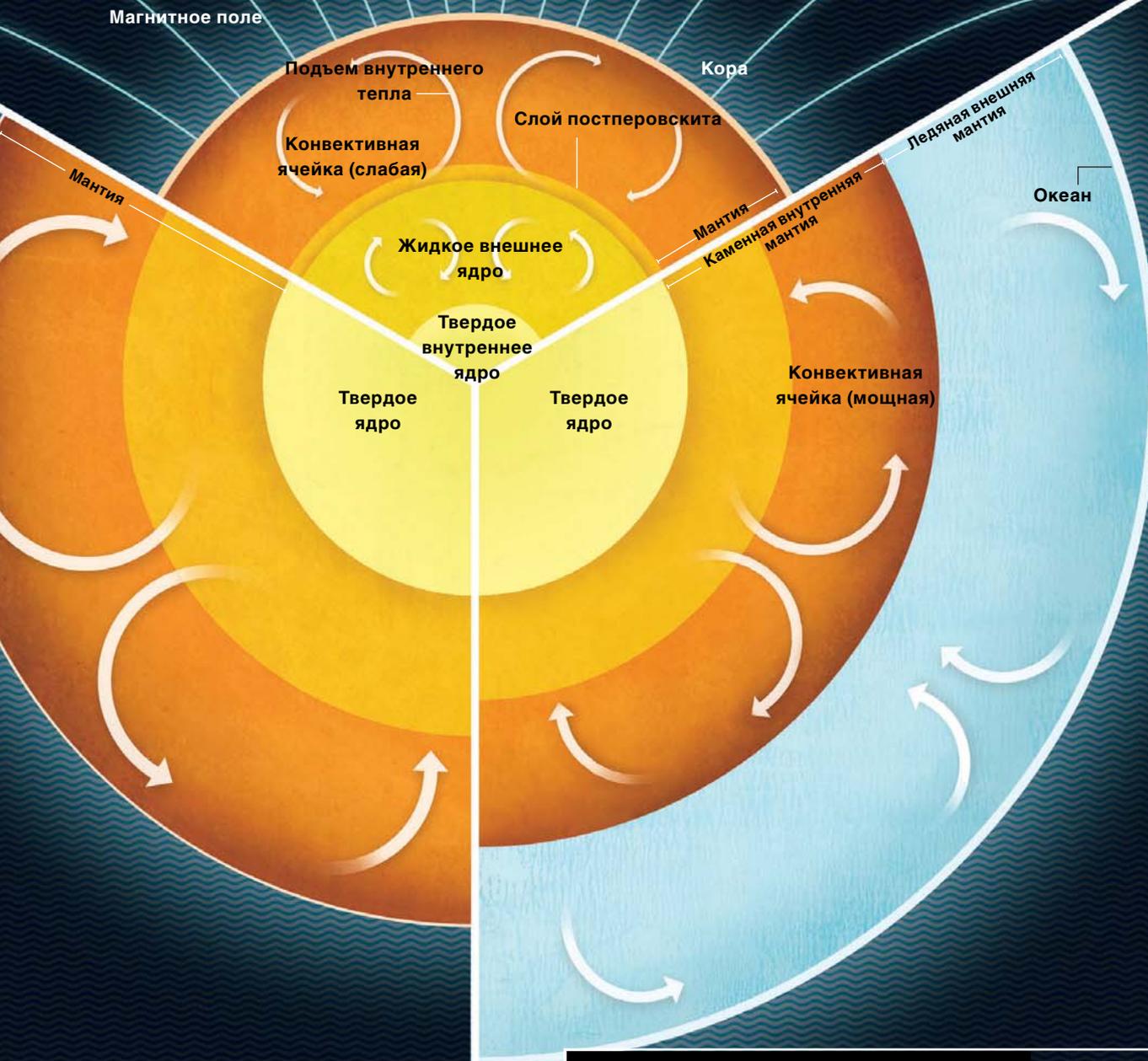
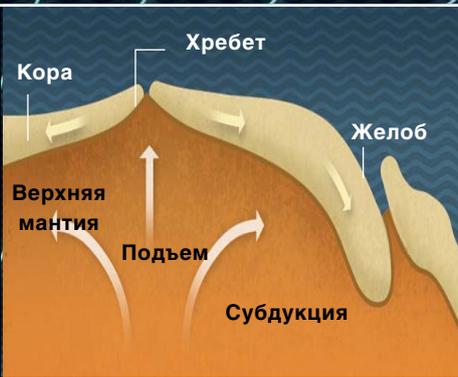
У планеты с таким же составом, как у Земли, но с большей массой должно выделяться больше тепла из-за радиоактивности. Поэтому конвекция должна происходить до десяти раз быстрее. Плиты будут тоньше, ибо за период дрейфа у них будет меньше времени для утолщения. Железное ядро будет целиком твердым, а значит, не будет глобального магнитного поля, что может затруднить жизнь на поверхности





ЖЕЛЕЗО И КАМЕНЬ (ЗЕМЛЯ)

На Земле конвекция в силикатной мантии (внизу) поддерживает вулканизм и тектонику плит (справа). Внутреннее тепло частично осталось от формирования планеты, а также поддерживается распадом радиоактивных элементов в мантии. Вероятно, конвекция в жидком железном внешнем ядре возбуждает геомагнитное поле, которое способствует защите биосферы от космических лучей и солнечного ветра

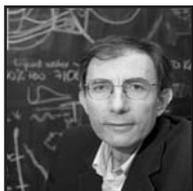


ВОДА, ЖЕЛЕЗО И КАМЕНЬ (ПЛАНЕТА- ОКЕАН)

Планета, содержащая помимо железа и камня много воды, приобретет две твердых мантии: одну из камня, а другую из льда, который станет твердым под действием высокого давления находящегося над ним океана толщиной в сотни километров. В обеих мантиях должна быть конвекция



В некоторых отношениях более крупные каменные планеты могут быть более благоприятны для жизни, чем планеты с массой Земли



ОБ АВТОРАХ

Диана Валенсия (Diana Valencia) родилась в Боготе (Колумбия) и в 2008 г. защитила в Гарвардском университете диссертацию по структуре и динамике земледобных планет, объединив в своей новаторской работе данные геофизики и астрофизики. Она докторант Обсерватории Лазурного берега в Ницце и Сагановский стипендиат 2010 г. (NASA). **Димитар Сасселов** (Dimitar D. Sasselov) родился в Болгарии, защитил диссертацию по физике в Софийском университете и по астрономии в Университете Торонто; с 1998 г. был профессором астрономии Гарвардского университета. Он изучает строение и эволюцию звезд и экзопланет, а также сам открыл несколько таких планет. Сасселов создал и возглавляет Гарвардскую группу происхождения жизни, объединяющую физиков и биологов.

рые в конечном счете влияют на условия жизни на планете. Довольно неожиданно, что с ростом массы планеты толщина ее плит уменьшается. Конвекция мантии проявляется на поверхности в движении плит, которые перемещаются из-за того, что мантия течет под ними. Когда две плиты сталкиваются, одна из них может нырнуть под другую и утонуть в мантии. Этот процесс называют субдукцией. Плиты рождаются очень тонкими у срединно-океанических хребтов, где в их состав входит поднимающееся к поверхности расплавленное вещество мантии. Со временем, двигаясь к зонам субдукции, плиты остывают и становятся толще. Согласно нашим моделям, чем больше планета, тем интенсивнее конвекция. Поэтому плиты движутся быстрее и у них меньше времени для остывания и утолщения. С одной стороны, тонкие плиты легче деформируются, но с другой – более сильная гравитация затрудняет подныривание плит. В результате сопротивление в зонах разрыва не сильно различается у планет разной массы.

Итак, тектоника плит, по-видимому, легче поддерживается на сверхземле, чем на маленькой каменной планете, а это полезно, поскольку тектоника плит может способствовать жизни. Например, на Земле геологическая активность, в частности вулканизм, постоянно вносит в атмосферу диоксид углерода и другие газы. CO_2 реагирует с силикатом кальция, производит карбонат кальция и диоксид кремния. Оба эти вещества твердые, в итоге они оседают на дне океана. Но океаническая кора со временем вновь погружается в мантию, забирая с собой богатые углеродом отложения. Так субдукция подзаряжает мантию углеродом, и некоторая его часть затем повторяет пройденный путь в атмосферу. Этот углеродно-силикатный цикл действует как термостат, регулируя глобальную температуру поверхности. На Земле уже миллиарды лет этот цикл помогает поддерживать температуру, необходимую для существования жидкой воды.

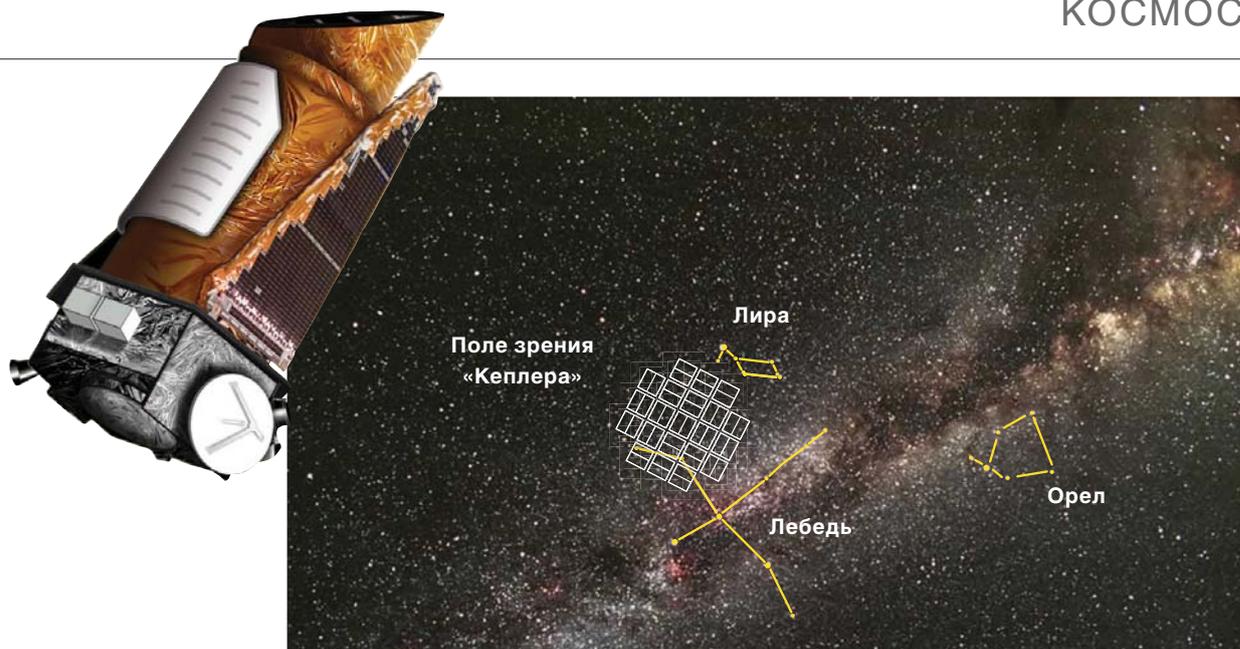
Тектоника плит стимулирует оборот и других важных для жизни минералов и газов, включая богатые энергией вещества, такие как сероводород, который мог быть источником жизни до появления фотосинтеза.

В результате более интенсивной конвекции характерное время формирования и погружения плит у сверхземли сокращается, что ускоряет и делает более устойчивым углеродно-силикатный цикл. Так что в некоторых отношениях более крупные каменные планеты могут оказаться более благоприятными для жизни, чем планеты с массой Земли. К тому же, их большая масса должна способствовать удержанию атмосферы и воды на планете. Это особенно важно для планет более близких к своим звездам, чем, скажем, Марс к Солнцу.

Сравнивая Землю с теоретическими моделями сверхземель разного размера, мы видим большое разнообразие планет земного типа со стабильными условиями, но в эту группу с трудом входит сама Земля. Обладая меньшей массой, Земля весьма уязвима. В Солнечной системе планеты еще меньшего размера геологически пассивны. Венера лишь в минимальной степени способна двигать свои плиты, а Марс давно уже застыл и почти не продуцирует газы для восстановления своей утончающейся атмосферы. Только наша планета достаточно велика, чтобы избежать такой участи. Впрочем, пока не ясно, действительно ли тектоника плит необходима для существования жизни.

Виды иных миров

Как могут выглядеть ландшафты твердых сверхземель? На первый взгляд, они не должны сильно отличаться от видов нашей планеты, за исключением следов жизни, которой там может и не быть. Геологические процессы должны создать там континенты, горы, океаны, атмосферу с облаками и т.д. Однако тектонические плиты должны двигаться там в десять раз быстрее, чем на Земле. Быстрее должны расти и разрушать-



ГЛЯДЯ НА 150 ТЫСЯЧ СОЛНЦ

Космическая обсерватория «Кеплер» (NASA), выведенная на орбиту в прошлом году, предназначена для обнаружения новых планет. Ее задача – непрерывно смотреть на более чем 150 тыс. звезд в области неба вблизи созвездия Лебедь, измеряя блеск звезд в поиске прохождение планет. Камера «Кеплера» содержит 42 цифровых датчика; поле зрения каждого способно покрыть лунный диск, а точность измерения блеска составляет 0,01%. Для надежного выделения сигнала из шума «Кеплеру» нужно зафиксировать прохождение много раз, поэтому он должен наблюдать одни и те же звезды годы и годы. «Кеплер» уже открыл новые планеты, но основные результаты будут получены через несколько лет

ся горы, а более сильная гравитация не даст им быть слишком высокими. (Они будут значительно ниже, чем на нашем меньшем соседе Марсе, где высочайшая вершина Солнечной системы Олимп поднялась на 27 км.) Состав атмосферы тоже может сильно отличаться от земного из-за более высокой активности вулканов, а также иногда темпа утечки газов в космос.

Эра изучения планет сверхземного типа только начинается. Мы ожидаем богатого урожая сверхземель: несколько сотен должен обнаружить «Кеплер». Следующим шагом после «Кеплера» станет исследование их атмосфер и поиск признаков жизни. Для этого мы должны узнать по крайней мере две вещи: из чего состоит планета и каков газовый состав ее атмосферы, связанный с динамикой ее недр.

В спектре излучения планеты ученые попытаются обнаружить следы молекул воды, диоксида углерода и метана. Через несколько лет космический телескоп «Джеймс

Уэбб» – потомок «Хаббла» – начнет наблюдать в инфракрасном диапазоне и позволит взглянуть на атмосферы сверхземель. Новому телескопу нужны объекты для исследования; некоторыми из них могут стать лучшие и ближайшие планеты, открытые «Кеплером».

Если повезет, то обзоры всего неба наземными телескопами и космические наблюдения, которые последуют за «Кеплером», позволят методом прохождений открыть несколько сверхземель близких к нам и доступных для исследования. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Internal Structure of Massive Terrestrial Planets. Diana Valencia, Richard J. O'Connell and Dimitar D. Sasselov in *Icarus*, Vol. 181, № 2, pages 545–554; April 2006.
- Geological Consequences of Super-Sized Earths. Craig O'Neill and Adrian Lenardic in *Geophysical Research Letters*, Vol. 34, L19204; October 11, 2007.
- Inevitability of Plate Tectonics on Super-Earths. D. Valencia, R.J. O'Connell and D. Sasselov in *Astrophysical Journal Letters*, Vol. 670, 1, pages L45–L48; November 20, 2007.
- Extrasolar Planets. Dimitar Sasselov in *Nature*, Vol. 451, pages 29–31; January 3, 2008.
- Convection Scaling and Subduction on Earth and Super-Earths. Diana Valencia and Richard J. O'Connell in *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 286, № 3–4, pages 492–502; September 15, 2009.

НАЧАЛА



Start

ЛЮДИ ВСЕГДА РАСКАЗЫВАЮТ ИСТОРИИ – о мире, о Вселенной, о себе самих. Это помогает осмысливать действительность. Но иногда вымысел переплетается с реальностью. Мы теряем представление о том, когда и с чего все началось. Что такое биоразнообразие? Новинка ли электромобиль? Даже в общеизвестной истории о происхождении человека пропущена ключевая глава: как маленькой группе охотников–собираателей удалось пережить климатическую катастрофу и стать предками всего человечества. Здесь мы представляем удивительные истории о том, как появились некоторые необыкновенные и привычные вещи

Перевод: И.Е. Сацевич

ПОЛНАЯ СЕМЬЯ

Что заставило самца предка человека остаться с самкой после спаривания?

Спозиций биологии самцу после совокупления оставаться с самкой незачем. «В буквальном смысле “сунул, вынул и бежать”, – говорит Кермит Андерсон (Kermit G. Anderson), антрополог из Оклахомского университета в Нормане и соавтор книги *Fatherhood: Evolution and Human Paternal Behavior* («Отцовство: эволюция и отцовское поведение»).

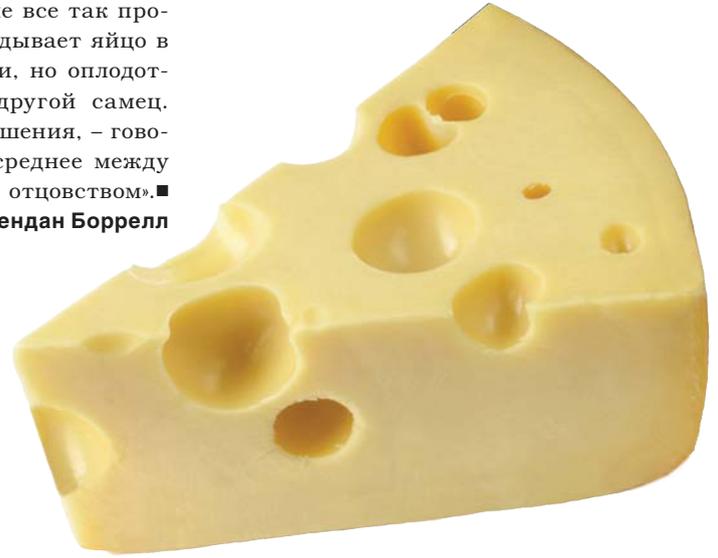
Что заставило отца впервые остаться при будущей матери? Он был нужен. В какой-то момент из 6 млн лет со времени отделения линии человека от линии шимпанзе дети стали требовать слишком много заботы, чтобы матери могли поднимать их в одиночку. Детеныш шимпанзе способен самостоятельно прокормить себя уже в возрасте четырех лет, но детеныш человека рождается по существу преждевременно, и зависит от родителей намного дольше. По данным антрополога Хилларда Каплана (Hillard Kaplan) из Университета Нью-Мексико в Альбукерке, охотники племен Амазонии не в состоянии выживать самостоятельно до 18 лет, а пика охотничьей сноровки достигают лишь к 30 годам – намного позже, чем начинают зарабатывать себе на жизнь современные мужчины и женщины.

Как ни странно, у многих птиц отцы также остаются в семье. Более чем у 90% видов пернатых о потомстве заботятся оба родителя. Возможно, такое поведение сформировалось, когда самцы стали оставаться вблизи гнезд, чтобы охранять потомство от хищников. «Птица, сидящая в гнезде, – очень легкая добыча», – говорит биолог-эволюционист Ричард Прам (Richard O. Prum) из Йельского университета.

Однако некоторые птицы могли унаследовать такую модель от-

цовского поведения от динозавров. Похоже, что самцы тероподов (хищных динозавров, близких родственников птиц) выполняли всю работу по строительству гнезд, как это делают самцы страусов и сегодня. Но не все так просто. Да, страус укладывает яйцо в гнездо своей подруги, но оплодотворяет ее обычно другой самец. «Это свободные отношения, – говорит Прам, – нечто среднее между отцовской заботой и отцовством». ■

Брендан Боррелл



ИСТОРИЯ СЫРА

Производство сыра в Америке наладили швейцарские фермеры

Сегодня львиная доля швейцарских сыров, потребляемых в США, производится в штате Огайо, но разнообразием их палитры (как и сэндвичами с ветчиной) мы обязаны маленькой европейской стране. Превосходные качества швейцарского сыра, в частности то, что он легко режется на тонкие ломтики и может очень долго храниться, в значительной степени обусловлены альпийским климатом и труднодоступным ландшафтом.

По мнению Эндрю Далби (Andrew Dalby), историка питания, твердые неострые сыры, подобные сегодняшним, начали делать на территории современной Швейцарии и в ее окрестностях больше 2 тыс. лет назад. Поскольку зимой возникали трудности с продажей продукции, крестьяне вполне могли отказаться от изготовления мягких свежих сыров и перейти к производству твердых, способных «надежно сохраняться достаточно долгое время», говорит Далби.

Твердые швейцарские сыры имеют и другие привлекательные свойства, в том числе мягкий приятный аромат и структуру, удобную для кулинарии, что принесло им широкую популярность. В США производство сыров такого типа началось в 1845 г., когда в штат Висконсин переселилось 27 швейцарских семей. Характерные дырки в этих сырах («глазки», как называют их сыроделы) возникают из-за неравномерности пресовки в процессе изготовления и первоначально считались дефектами. «В средневековых и даже современных руководствах по изготовлению сыров встречаются специальные указания, как избежать появления глазков», – говорит Далби, – но сегодня они стали почти отличительным знаком». ■

Мелинда Уэннер-Мойер

ДО МИККИ-МАУСА

Идея живых картинок зародилась давным-давно, вдохновленная снами и игрушками



Каждый фотон, попадающий на рецептор сетчатки глаза, возбуждает химическую реакцию, восстановление после которой занимает десятки миллисекунд. Мы не замечаем перерыва в восприятии света: наш мозг «сглаживает» мерцания, благодаря чему поток зрительной информации представляется непрерывным. Такая задержка открыла перед аниматорами вроде Уолта Диснея неограниченные возможности.

Разумеется, мультипликаторы не первыми заметили этот факт, называемый инерцией зрительного восприятия. Еще Аристотель отметил, что после взгляда на Солнце его изображение, сформированное «ожогом», затухает медленно. Римский поэт Тит Лукреций Кар описал сон, в котором последовательность представившихся ему образов создавала иллюзию движения. К тому времени китайцы изобрели «чжао хуа чжи гуань» («трубу, заставляющую фантазии появляться») – цилиндрическое устройство, при вращении которого возникает последовательность образов. Оно создает «впечатление движения животного или человека», писал Джозеф Нидэм (Joseph Needham) в одной из работ серии *Science and Civilisation in China* («Наука и цивилизация Китая»).

В XIX в. европейцы создали свои системы показа живых картинок: стробоскоп в виде пары вращающихся дисков и зоотроп, сообщает Доналд Крафтон (Donald Crafton) из Нотр-Дамского университета, автор книги *Before Mickey* («До Микки-Мауса»). Первый анимационный фильм (мультифильм) *Phantasmagoria* («Фантасмагория») продолжительностью две минуты был создан в 1908 г. Он изображал отсечение головы у клоуна и другие шутки в серии из 700 последовательных рисунков (кадров). Это было по тем временам чудом визуализации.

Наука заинтересовалась аниматорами только в 1912 г., когда Макс Вертхаймер (Max Wertheimer) в своей работе *Experimental Studies on the Seeing of Motion* («Экспериментальные исследования зрительного восприятия движения») показал, что для того, чтобы создать иллюзию непрерывного движения, человеческому глазу необходимо предъявлять не менее 25 кадров в секунду. Хорошо, что человек не обладает зрением дрозофилы, которой требуются 200 кадров в секунду. ■

Брендан Боррел

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПАТОГЕНЫ

Первый компьютерный вирус породил гонку за первенство в программном обеспечении

Вредоносные программы - вирусы, трояны и черви - впервые появились в начале 1970-х гг., еще до повсеместного внедрения персональных компьютеров. Самотиражирующаяся программа Creeper заразила сеть ARPANET, предшественницу Интернета. Этот вирус не был особенно опасным, он лишь выводил на экран монитора сообщение: «Я - Creeper, поймайте меня, если сможете», но стал причиной создания первой антивирусной программы Reaper, которая позволила его уничтожить.

Вирусы вышли на тропу войны с ростом популярности персональных компьютеров в 1980-х гг. Первый ПК-вирус Elk Cloner заразил ранние модели компьютеров Apple. В 1986 г. в компьютерах с дисковой операционной системой Microsoft проявился вирус Brain, распространявшийся через дискеты. ■

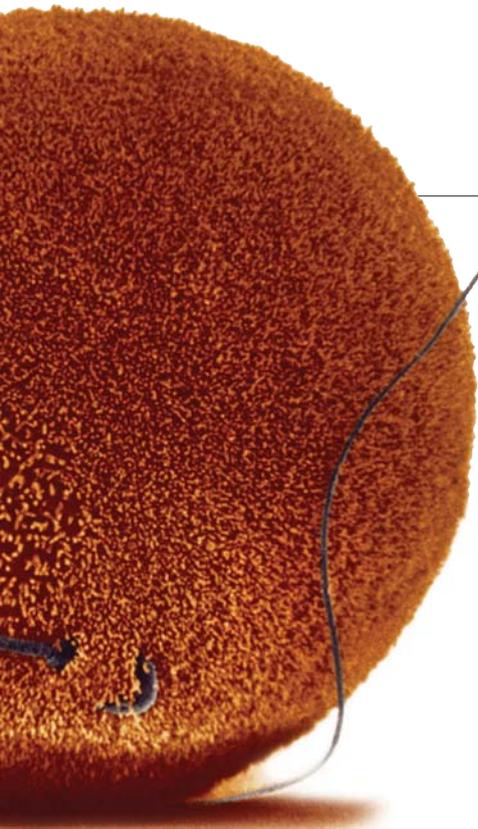
Майк Мэй

ТАК ЛИ НЕОБХОДИМ СЕКС?

Большинство живых организмов делают это, но никто не знает, почему

Около 2 млрд лет назад пара одноклеточных организмов совершила ужасную ошибку: вступила в половую связь. Мы до сих пор пожинаем плоды. Половое размножение – основной способ воспроизводства для подавляющего большинства видов живых организмов на Земле, хотя с точки зрения эволюции он оставляет желать много лучшего. Поиски перспективного полового партнера и его обхаживание требуют большого количества времени и энергии, которые лучше было бы потратить непосредственно на пользу потом-





нов, достичь ее проще и легче просто путем создания клонов.

На самом деле никто не знает, почему люди (а также другие животные, растения и грибы) предпочитают половое размножение, скажем, почкованию. По словам Стивена Стернса (Stephen Stearns), специалиста по эволюционной биологии из Йельского университета, сегодня ученые оживленно обсуждают более 40 различных теорий, объясняющих такую популярность полового размножения. У каждой из них есть свои недостатки; на сегодня самой перспективной представляется гипотеза «червонной королевы», навеянная эпизодом из книги Льюиса Кэрролла «Алиса в Зазеркалье». Как Алисе приходилось бежать, чтобы оставаться на одном месте, так и организмам приходится постоянно изменять свой генетический состав, чтобы держаться на шаг впереди паразитов. Половое воспроизводство позволяет им тасовать свою генетическую колоду с каждым поколением.

Из этого не следует, что половое размножение – единственно возможный путь. В том, что касается воспроизводства, эволюция – это улица с двусторонним движением. Извест-

но, что когда ресурсов и партнеров не хватает, почти все типы животных обращаются к бесполому воспроизводству. В мае 2006 г. самка комодского варана Флора, живущая в лондонском зоопарке, отложила 11 яиц, хотя не имела никаких контактов с самцами. Партеногенез (девственное размножение) – норма для браминского слепуна (*Ramphotyphlops braminus*), вида змеи, представленного только самками и широко распространившегося по миру. Однако млекопитающие, включая человека, видимо, не приняли варианта клонирования. Мы, похоже, обречены на то, чтобы много заниматься сексом – как в хорошие времена, так и в плохие. ■

Брендан Боррел

кам. И обладание неким определенным полом – не обязательно лучшая для биологического вида (в соответствии с теорией Дарвина) реакция на естественный отбор.

Если эволюционная цель организма состоит в том, чтобы передать следующему поколению возможно большее количество ге-



ПО СЛЕДУ ПАРАЗИТА

Ученые проследили историю малярии до первых людей, погибших от нее всего-то 10 тыс. лет назад

Ученые более столетия пытаются выяснить, как человек впервые заболел малярией. Вопрос весьма насущен, поскольку плазмодий (*Plasmodium*) – возбудитель заболевания – ежегодно убивает больше 2 млн человек, и понимание происхождения этой болезни может пролить свет на ее сложную биологию. Часть головоломки легла на свое место в сентябре 2009 г., когда группа исследователей обнаружила, что главная линия паразита, инфицирующая человека, *P. falciparum*, произошла от другой линии, *P. reichenowi*, которая сегодня инфицирует шимпанзе. И случилось это всего около 10 тыс. лет назад – мгновение в масштабах эволюционной шкалы. Открытие стало результатом молекулярного сопоставления геномов этих двух паразитов. Группа Стивена Рича (Stephen Rich), специалиста по эволюционной генетике из Массачусетского университета в Амхерсте, определила для каждого из них степень разнообразия генома, что может служить грубой оценкой возраста (поскольку геномы обычно со временем накапливают генетические изменения). У *P. reichenowi* она может быть в 20 раз больше, чем у *P. falciparum*, а это значит, что *P. reichenowi* намного старше. «Похоже, что шимпанзе болели малярией с тех самых пор, как стали шимпанзе», – говорит Рич. Проследивание дальше в глубь веков до момента происхождения линии *P. falciparum* – задача более сложная, не в последней мере потому, что малярия очень широко распространена. «У наземных позвоночных мы обнаруживаем ее практически повсеместно, – указывает Рич. – Мы в самом начале пути». ■

Майк Мэй

ЧЕРЕЗ ТЕРНИИ

Изобретение колючей проволоки имело большой коммерческий успех и стало объектом жестоких битв юристов

Вкакой-то момент истории цивилизации кочевое скотоводство (пастушество) сменилось оседлым земледелием. Из-за этого возникла надобность в средстве, которое не позволяло бы коровам и свиньям свободно разгуливать по лугам. Появились ограды. Одними из первых были деревянные заборы, но они были дорогими, а строились не быстро. К 1870 г. доступной стала гладкая проволока, которая вскоре получила широкое распространение на фермах. Скот терся боками о проволочные ограды, и иногда животным удавалось прорваться за них.

Изобретатель Майкл Келли (Michael Kelly) из Нью-Йорка задумался, как сделать проволоку менее привлекательной для скота. В его голову пришла мысль намотать на обычную проволоку короткие отрезки с заостренными концами, и в 1868 г. он запатентовал эту «колючую ограду». Она завоевала большую популярность – и стала излюбленным предметом судебных тяжб. «Колючая проволока стала объектом яростных судебных споров, исков и встречных исков о нарушении авторских прав», – говорит историк Роберт Клифтон (Robert T. Clifton).

С большими препятствиями столкнулся и Джозеф Глидден (Joseph Glidden) из компании DeKalb, предложивший усовершенствованный вариант из двух скрученных проволок для закрепления колючек на их местах. В 1982 г. его дело рассматривалось Верховным судом США, который вынес решение в его пользу, признав Глиддена бесспорным автором изобретения, которое больше, чем что-либо иное, символизировало закрытие открытых просторов Дикого Запада. ■

Майк Мэй



ЧИСТЫЕ РУКИ

Рост смертности в родильном отделении подтолкнул одного из врачей к открытию важности мытья рук



В середине 1840-х гг. венгерский врач Игнац Земмельвайс (Ignaz Semmelweis) с тревогой обнаружил, что 15 рожениц в главной больнице Вены, где он работал, умерли от послеродового сепсиса. Земмельвайс отчаянно стремился сократить число смертных случаев, но не знал как. Ломая голову над проблемой, он узнал, что от очень похожей болезни умер его друг, патологоанатом Якоб Коллечка (Jakob Kolletschka). Это произошло через несколько дней после того, как один из студентов случайно поранил его скальпелем, которым проводили вскрытие.

Печальная новость дала Земмельвайсу пищу для размышлений. Студенты в его больнице часто приходили в родильное отделение прямо из морга, не вымыв при этом рук. Не они ли заносили инфекцию роженицам? Не в этом ли причина высокой смертности? Поможет ли мытье рук?

Чтобы проверить свое предположение, Земмельвайс заставил студентов мыть руки водой с хлором (вода с мылом не уничтожала трупный запах). Смертность в родильном отделении сразу снизилась на 10%. Мытье рук стало обязательным в больнице Земмельвайса.

Чтобы это правило стало нормой и получило широкое распространение, потребовалось 40 лет. Даже сегодня работники больниц следуют ему не слишком строго. По данным исследования, которое проводит Совет по качеству и стоимости медицинского обслуживания штата Мэриленд, будучи на глазах у других людей, руки моют 90% медицинских работников, а в отсутствие присмотра – 40%. ■

Майк Мэй

НРАВСТВЕННОЕ ЖИВОТНОЕ

Ощущения справедливости и несправедливости возникают во врожденных мозговых структурах

Корни современной морали долго были предметом споров среди психологов, философов и неврологов. Из чего родились наши нравственные основы – из сравнительно недавно возникшей способности к рассуждению или из древних эмоций? Недавние исследования подтвердили точку зрения, что представления о добре и зле мы в большой степени унаследовали от своих животных предков.

О том, что мораль предшествовала логике, свидетельствуют исследования поведения приматов. Так, шимпанзе иногда спасают своих товарищей и даже отказываются от пищи, если такие действия позволяют избавить других от какого-то вреда. Это не значит, что они обладают сложной моралью, но показывает, что «этика вряд ли представляет собой продукт религиозного или философского мышления», отмечает приматолог и пси-

холог Франс де Ваал (Frans de Waal) из Университета Эмори в Атланте (штат Джорджия). Работа де Ваала дает основания думать, что наша мораль выросла из общественных тенденций наших отдаленных предков, т.е. стала, по крайней мере отчасти, продуктом эволюции (так же думал и Чарлз Дарвин). Похоже, что и собаки обладают острым чувством «природной справедливости», говорит почетный профессор Колорадского университета в Боулдере Марк Бекофф (Marc Bekoff), который наблюдал проявления этого чувства в ходе собачьих игр. «Животные отличают добро от зла», – говорит он.

Если нравственность – врожденный, а не приобретенный феномен, она должна была оставить биологические следы. Исследования позволяют предположить, что за принятие этических решений отвечают определенные части мозга, связанные с пресоциальными склонностями и эмоци-

ональной регуляцией, например вентромедиальная префронтальная кора. На томограммах мозга эта область светится, когда человек решает, выделять ли деньги на благотворительность, а нравственные решения людей, у которых она повреждена, могут быть неожиданными. Некоторые моральные дилеммы активируют также области мозга, ответственные за принятие рассудочных решений, например переднюю поясную кору, а это позволяет считать, что вклад нравственности, хотя та и коренится в эмоциях, могут вносить и функции мозга более высокого порядка.

В итоге, говорит де Ваал, мы должны благодарить своих эволюционных предков отнюдь не только за животные потребности. «Когда люди убивают друг друга или устраивают геноцид, мы говорим, что они действуют, как звери, – отмечает де Ваал, – однако и истоки нашего благородства лежат в той же области». ■

Мелинда Уэннер-Мойер

ГОРОДСКОЙ ВИРУС

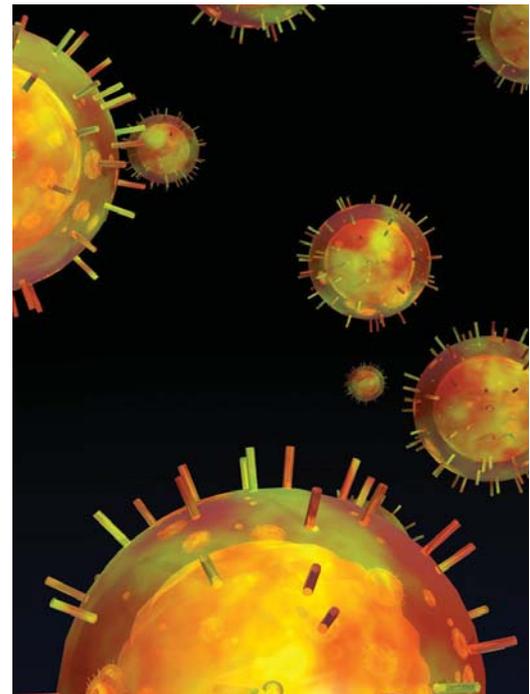
Скученность людей делает вирус гриппа главной угрозой их здоровью

Гиппократ описал симптомы заболевания около 2,4 тыс. лет назад, но серьезную угрозу грипп стал представлять только с развитием скотоводства и появлением плотно заселенных областей. Скученность людей и животных обеспечила вирусам возможность беспрепятственно передаваться от одних существ другим, приобретая при этом убийственные свойства.

Первые пандемии гриппа отмечены в XVI в. Ход развития пандемии 1580 г. ученые смогли проследить. Она началась летом в Азии, а в последующие полгода распространилась на Африку, Европу и Америку. Другая большая эпидемия разразилась в 1789 г., в год, когда президентом стал Джордж Вашингтон. Это было еще «до появления современных скоростных транспортных средств, во времена, когда человек не мог перемещаться быстрее, чем скачет его конь», – писал в 1958 г. вирусолог и эпидемиолог Ричард Шоуп (Richard E. Shope). Тем не менее, говорит он, эпидемия «распространялась как степной пожар».

Шоуп хорошо изучил грипп: в 1931 г. он стал первым ученым, передавшим вирус от одного животного другому, перенеся слизь с пятачка одной свиньи на пятачок другой. Поскольку он предварительно отфильтровал от этой слизи бактерии, его эксперимент стал первым свидетельством в пользу того, что грипп вызывается вирусом. Двумя годами позднее группа британских ученых впервые выделила форму вируса, вызывающего заболевание у человека. Взят он был от заболевшего исследователя. ■

Мелинда Уэннер-Мойер





ПЕРВАЯ БОЕВАЯ МАШИНА

Возможно, что первые колесные экипажи создавались как боевые

Раскопки царских гробниц в Уре, шумерском городе на территории нынешнего Ирака, производимые в 1922 г. сэром Леонардом Вулли (Leonard Woolley), по меркам начала XX в. были сенсацией. Организовать экспедицию помогал Томас Эдвард Лоуренс, также известный как Лоуренс Аравийский, прославившийся несколькими годами раньше своими подвигами во время арабского восстания. Раскопки посетила и английская писательница Агата Кристи (впоследствии вышедшая замуж за помощника Вулли), воздав им дань в своем детективе «Убийство в Месопотамии». Причиной ажиотажа стал ящик с изображением колес.

Речь идет о так называемом «Царском штандарте» Ура – вместили-

ще размером с коробку из-под обуви (на илл.), инкрустированном тонкой мозаикой из раковин и лазурита. Возраст его составлял около 4,6 тыс. лет. Но самое главное – его украшала картина боевых действий, на которой были представлены древнейшие бесспорные свидетельства использования колес для передвижения: ряд изображений запряженных ослами колесниц с четырьмя колесами в виде сплошных дисков. Эти колесницы несомненно давали преимущество шумерским воинам в шлемах и кожаных плащах, вооруженным топорами и копьями. На земле – вражеские пехотинцы, попираемые копытами.

В древности колеса использовались не только в военных целях. Шумеры, египтяне и другие народы знали также гончарный круг, пере-

двигали на бревнах-катках тяжелые каменные блоки. Для дальних перевозок колесные повозки были не всегда пригодны, ибо колеса увязли бы в песке, говорит историк и писатель Ричард Олсон (Richard Olson). Поэтому еще долго использовались вьючные животные.

Колесному транспорту нужны дороги. Еще египтяне строили грунтовые дороги и даже мостили некоторые из них песчаником, известняком и т.д. Около 3,8–4 тыс. лет назад индоевропейские народы в степях юга нынешней России изобрели колеса со спицами, и облегченные колесницы покорили пространства от Западной Европы до Ближнего и Среднего Востока, Индии и Китая ■

Брендан Боррелл

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ

Первые черные дыры почти так же стары, как сама Вселенная

Мысль о возможности существования черных дыр впервые высказал английский священник и естествоиспытатель Джон Мичелл (John Michell). В 1783 г. расчеты привели его к выводу, что тяготение массивной звезды может быть настолько сильным, что сделает невозможным испускание света с ее поверхности. Работа Мичелла была почти полностью забыта на 200 лет. В 1971 г. астрофизики обнаружили мерцающее рентгеновское излучение, исходящее из созвездия Лебедь, от звезды, отстоящей от Земли на 6 тыс. световых лет. Это излучение свидетельствовало, что вокруг звезды, вероятно, обращается черная дыра. Как и всякая черная

дыра, она образовалась из звезды, в которой выгорело все ядерное топливо и которая в результате сжалась до очень малого размера. Если бы Солнце могло стать черной дырой, его диаметр стал бы меньше 5,5 км, и оно удерживало бы свет в искривленном пространстве вокруг себя, а Земля как черная дыра имела бы размер жемчужины.

Первые черные дыры возникли во Вселенной около 14 млрд лет назад, утверждает астрофизик Абрахам Лоеб (Abraham Loeb) из Гарвардского университета. В то время газ начал сгущаться в облака, которые разбивались на массивные звезды, по размерам превышавшие Солнце раз в сто, а те в свою очередь коллапсировали в черные дыры.

К счастью, вращение молодых галактик ограничивало рост черных дыр в их ядрах, обеспечивая возможность формирования звезд.

Сегодня физики начали создавать некое подобие черных дыр на Земле. Китайские ученые изготовили концентрические цилиндры, которые моделируют черную дыру, искривляя путь микроволнового излучения, распространяющегося от внешней поверхности к внутренней. Кроме того, существует вероятность, хоть и очень малая, что настоящая черная дыра возникнет в Большом адронном коллайдере вблизи Женевы. ■

Брендан Боррелл

РАДУЖНЫЕ КЛЕТКИ

Первым шагом к сложным формам жизни стало биоразнообразие

Свидетелей возникновения и распространения первых форм жизни не было, но ученые твердо уверены, что типичные живые существа на Земле тех времен состояли всего из одной клетки. Это не значит, что планета представляла собой скучное море единообразия. Одноклеточные создания могли достичь разнообразия очень рано. И вот почему. При делении клетки в генетический материал могут вкрасться ошибки. Варианты, которые повышают способность клетки к выживанию и воспроизводству, в последующих поколениях становятся преобладающими. Этот основной фактор эволюции действовал и на самых ранних этапах существования жизни. «Чтобы эволюция шла в первую очередь на основе естественного отбора, разнообразие необходимо, – говорит философ науки Эндрю Хэмилтон (Andrew Hamilton) из Университета штата Аризона. – Биоразнообразие начинается там, где существуют изменения, на основе которых может действовать естественный отбор».

Когда мы говорим о биоразнообразии сегодня, мы имеем в виду многоклеточные формы жизни, но цветковые растения и животные возникли сравнительно недавно (540 млн лет назад). И хотя есть данные, позволяющие полагать, что большее разнообразие видов делает экосистему более устойчивой, доказательства этому пока нет. Знание о том, что даже самая ужасная катастрофа все же сохранит некоторое биоразнообразие, хотя бы только на уровне скромных клеток, как-то не утешает. ■

Мелинда Уэннер-Мойер

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ НЕ НОВ

Сто лет назад под капотами такси были не прожорливые бензиновые двигатели, а батареи

Возможно, первым электрическим экипажем стала «простая электрическая повозка», построенная во второй половине 1830-х гг. шотландским изобретателем Робертом Андерсоном (Robert Anderson). Она не имела успеха. Во-первых, ее батареи были не слишком хороши (сегодняшние создатели экологических автомобилей могут почувствовать), а во-вторых, она встретила сильную конкуренцию со стороны паровых экипажей.

Когда в середине XIX в. появились аккумуляторы, электромобили получили стимул для развития. В 1897 г. компания Electric Carriage and Wagon Company из Филадельфии создала парк электротакси для Нью-Йорка. К 1902 г. около 900 автомобилей с электрическим двигателем построила компания Pope

Manufacturing Company. Большинство из них также использовались в качестве такси. В том же году компания Studebaker, начинавшая с производства фургонов на конной тяге, вышла с электромобилем на автомобильный рынок в Индиане. В начале XX в. электромобили ходили плавнее и тише, чем их конкуренты с прожорливыми бензиновыми двигателями внутреннего сгорания.

Камнем преткновения для электромобилей стал малый запас хода. К 1920-м гг. бензиновые автомобили одержали несомненную победу. Сегодня инженеры изо всех сил стараются исправить эту ошибку истории. ■

Майк Мэй



НОЛЬ

Как ничто стало чем-то

Никто не знал, насколько нам нужно ничто, пока для него не было найдено числовое обозначение. Без ноля отрицательные и мнимые числа не имели бы смысла, и было бы невозможно решать квадратные уравнения – одну из основ прикладной математики. Без ноля в роли символа-заполнителя было бы невозможно различить, скажем, 10 и 100. «Без ноля наша система чисел была бы неполной, она бы просто разрушилась», – говорит Чарлз Сейф (Charles Seife), автор книги *Zero: The Biography of a Dangerous Idea* («Ноль: биография опасной идеи»).

Ноль появился на сцене в два этапа. Около 300 г. до н.э. вавилоняне ввели некий предшественник ноля – два тонких клина, вдавленных в поверхность глиняной таблички, которые служили символом-заполнителем в их сложной шестидесятеричной системе счисления. К V в. концепция ноля дошла до Индии, где он вначале приобрел форму точки, выгравированной на стене храма Чатурбхуджа в Гвалиоре.

Затем, подобно камню, упавшему в море, точка как обозначение ноля превратилась в знак «0» и стала числом со свойствами, присущими только ему, а именно четным числом, средним между -1 и $+1$. В 628 г. математик Брахмагупта указал на его пугающее свойство: любое число при умножении на ноль обращается в ноль.

Независимо изобрели свой ноль индейцы майя в Америке. Им он был нужен для астрономических исследований.

Со временем расширение исламской империи принесло индийский ноль на Средний Восток, а затем и к маврам в Испании, где он стал одной из цифр, которые мы называем арабскими. Европейские ученые долго цеплялись за римские цифры. В западный мир ноль официально ввел итальянский математик Леонардо Фибоначчи, включивший его в свой учебник в 1202 г. ■

Брендан Боррелл



БАБАХ!

Древние китайцы изобрели фейерверк, чтобы отпугивать горных людей трехметрового роста

Возможно, что шумное и красочное летнее развлечение – фейерверк – обязано своим появлением культурным традициям образованных людей древнего Китая. До того как во II в. н.э. была изобретена бумага, писцы процарапывали иероглифы иглой на цилиндрической поверхности зеленых стволов бамбука. На такие «носители информации» записывали и научные труды, и литературные произведения. При высушивании на огне заключен-

ИСТОРИЯ МАКАРОН

Для того чтобы из бесформенной массы получились спагетти, потребовались тысячелетия

По оценке историка питания Франсин Сеган (Francine Segan), тесто появилось больше 5 тыс. лет назад, когда изобретательному повару пришла в голову очевидная сегодня мысль: смешать муку с водой. В итоге получилось нечто, на первый взгляд удивительно напоминающее лазанью. «Это меня очень огорчает, – говорила Сеган, имея в виду свои итальянские корни, – но возможно, что первыми макаронные изделия изготовили древние греки. Многие древнегреческие источники, даже датируемые II тыс. до н.э., упоминают пластины из теста, очень похожие на лазанью».

Спагетти появились позднее, но форму свою приобрели в Италии. Распространено ошибочное мнение, будто с «пастой» (так называют в Италии все макаронные изделия) итальянцев познакомил в 1295 г. Марко Поло, когда вернулся из Китая. В Италии к тому вре-

мени уже была паста. «На Сицилии есть город Трабия, – писал арабский географ Мухаммад ал-Идриси в 1154 г. – Там из муки готовят еду в форме шнурков». Он описал настоящую макаронную индустрию: продукцию высушивали на солнце, а затем доставляли на лодках в другие районы Италии и даже в другие страны.

Леонардо да Винчи изобрел машину, изготавливавшую съедобные «шнурки» из теста, несколько веков назад. Использовать ее для механизации макаронного производства, как он хотел, не позволили технические сложности. И все же итальянцы преуспели в искусстве изготовления макаронных изделий, придавая тесту больше сложных форм, чем кто-либо еще. ■

Майк Мэй

ный в сегментах воздух часто разрывал стволы с громким треском.

Этот звук со временем стал главной целью. В «И Цзин» («Книге перемен»), древнекитайском памятнике письменного искусства, говорится, что громкий треск оказался эффективным средством отпугивания шан-шанов – горных людей трехметрового роста. Позднее китайцы усовершенствовали эти устройства, добавив в колена стеблей пороха.

Первый фейерверк состоялся только в XII в. В 1267 г. английский философ Роджер Бэкон писал о таких «детских игрушках» и производимых ими «ужасных звуках», которые «превосходят раскаты грома». Однако сегодня этот гром наводит на мысль всего лишь об очередном празднике. ■

Майк Мэй



ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА



Пещера, известная как PP13В, которая находится возле города Мосселбая в Южной Африке, служила убежищем для древних людей с 164 тыс. по 35 тыс. лет назад, в период массового вымирания племен *Homo sapiens*. Возможно, немногочисленные обитатели этой пещеры и стали предками всего человечества

КАК МОРЕ СПАСЛО ЧЕЛОВЕЧЕСТВО

На заре возникновения вида *Homo sapiens* резкое изменение климата вызвало практически полное исчезновение других гоминидов. Недавние находки указывают на то, что небольшая популяция, от которой в дальнейшем произошли все современные люди, выжила благодаря освоению уникальных пищевых ресурсов на южном побережье Африки

Кертис Мэрин

Современное население Земли составляет около 7 млрд человек. Зная эти цифры, сложно представить, что когда-то вид *Homo sapiens* был на грани исчезновения. Тем не менее исследования ДНК современных людей показывают, что много лет назад популяция наших предков катастрофически сократилась. Ученые не могут точно определить, в какое время возник вид *H. sapiens* и в какой момент он практически полностью вымер, однако на основании обнаруженных окаменелых останков мы можем предполагать, что около 195 тыс. лет назад прародители человечества обитали на территории Африки. В те времена климат был умеренным, а пищи было в изобилии. Однако наступил момент, когда условия начали меняться. На планете случилось долгое оледенение, известное как морская изотопная стадия 6 (МИС 6), которое закончилось примерно 123 тыс. лет назад.

Точных данных об условиях окружающей среды в Африке того времени нет, но на основании информации о более поздних и хорошо

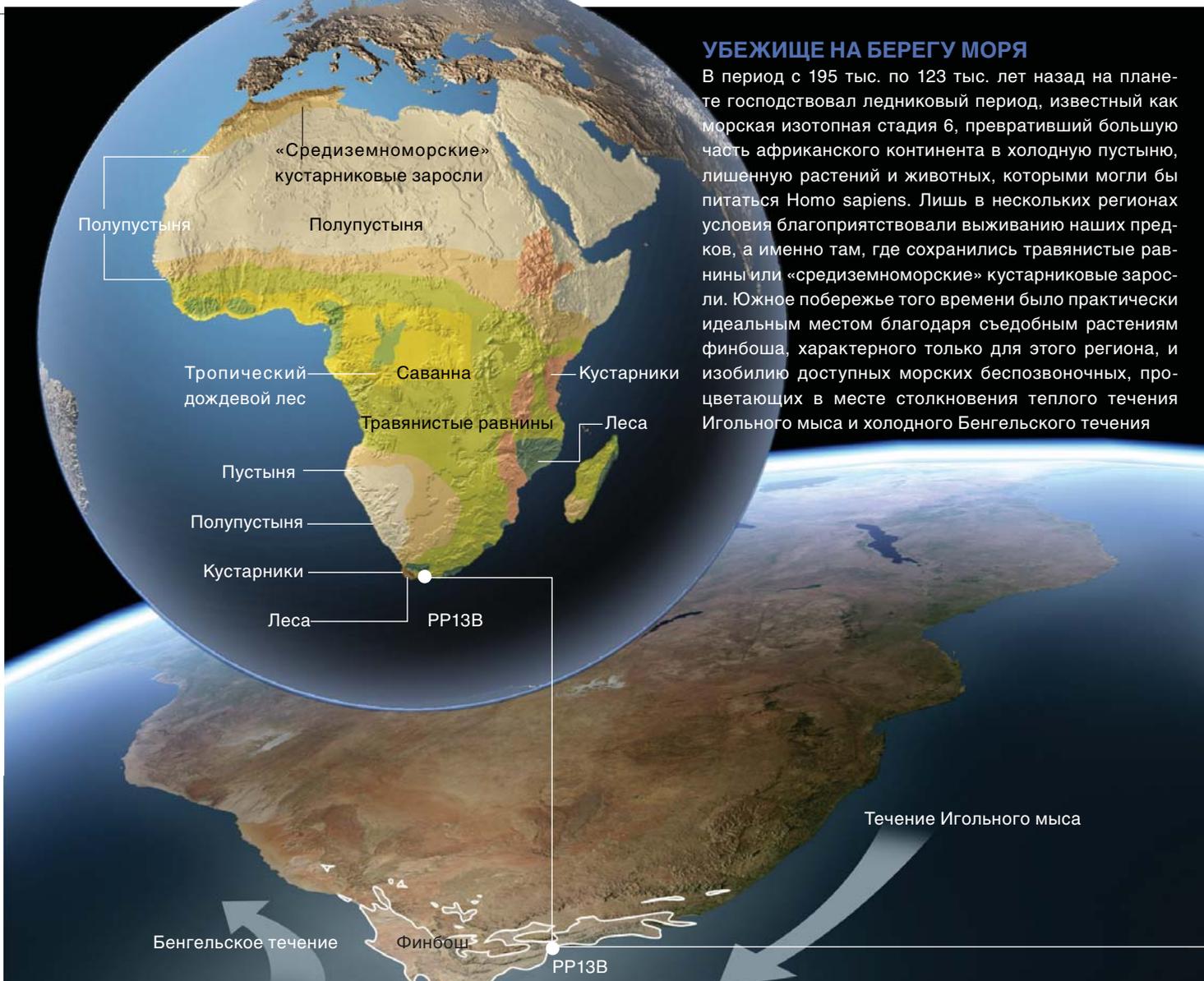
изученных этапах оледенения ученые полагают, что с началом МИС 6 климат стал прохладным и сухим, из-за чего площадь пустынь резко увеличилась по сравнению с их современными размерами. Большая часть территорий должна была превратиться в непригодные для обитания земли. И с того момента, как на планете воцарился такой температурный режим, численность популяции людей должна была начать сокращаться, в итоге катастрофически снизившись примерно с 10 тыс. половозрелых особей до нескольких сотен. Результаты различных генетических ис-

следований заметно разнятся в оценках времени, когда наши предки пережили этап так называемого «бутылочного горлышка», и величины выжившей группы. Однако все они сходятся в одном: живущие сейчас люди происходят от небольшой популяции, обитавшей во время оледенения в одном районе Африки.

В начале своей карьеры я был археологом, участвовал в раскопках на территории Западной Африки и изучал происхождение современных людей. Но в 1990-х гг. специалисты-генетики начали активно об-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В период с 195 тыс. по 123 тыс. лет назад размеры популяции *Homo sapiens* резко сократились из-за наступления холодной, сухой погоды, сделавшей всю территорию Африки малоприспособленной для обитания.
- Благодаря изобилию морских животных и съедобных растений южное побережье Африки, вероятно, стало одним из небольшого числа регионов, где люди могли пережить оледенение.
- При раскопках в пещерах были обнаружены предметы, принадлежавшие нашим вероятным предкам.
- Эти находки подтвердили гипотезу о том, что высокоразвитые когнитивные способности появились на более ранних этапах эволюции, чем предполагалось ранее, и, вероятно, сыграли немалую роль в выживании древних людей в период оледенения.

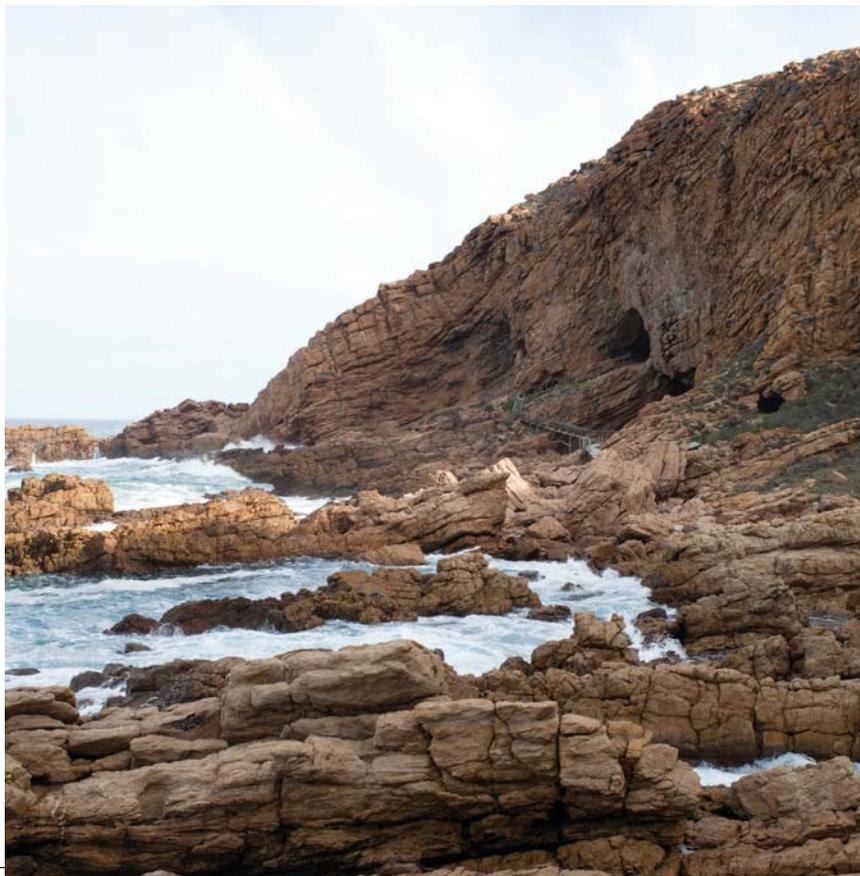


УБЕЖИЩЕ НА БЕРЕГУ МОРЯ

В период с 195 тыс. по 123 тыс. лет назад на планете господствовал ледниковый период, известный как морская изотопная стадия 6, превративший большую часть африканского континента в холодную пустыню, лишенную растений и животных, которыми могли бы питаться *Homo sapiens*. Лишь в нескольких регионах условия благоприятствовали выживанию наших предков, а именно там, где сохранились травянистые равнины или «средиземноморские» кустарниковые заросли. Южное побережье того времени было практически идеальным местом благодаря съедобным растениям финбоша, характерного только для этого региона, и изобилию доступных морских беспозвоночных, процветающих в месте столкновения теплого течения Игольного мыса и холодного Бенгельского течения

суждать проблему «бутылочно-горлышка», через которое прошла популяция древних людей, и когда я услышал об этом, область моих интересов начала расширяться. Современным людям (если сравнивать их с другими видами, размеры популяций и ареалы которых гораздо меньше) свойственна крайне низкая генетическая вариативность, и лучше всего данный феномен объясняет гипотеза вымирания большей части популяции первых *Homo sapiens*. Но где и за счет чего смогла выжить та малая часть древних людей, которая перенесла климатическую катастрофу

и впоследствии стала нашими предками, – вот вопрос, заинтересовавший меня всерьез. Во время оледенения лишь ограниченное число территорий было достаточно плодородно, чтобы прокормить племена охотников и собирателей. Палеоантропологи до сих пор громко спорят относительно того, какое из этих мест стало нашей прародиной. С моей точки зрения, наиболее вероятным убежищем древних людей в те суровые времена было южное побережье Африки, круглый год изобиловавшее съедобными моллюсками, ракообразными



ВЫСОКИЙ БЕРЕГ

Поиск следов, оставленных людьми в период МИС 6, связан с обнаружением естественных укрытий, которые были бы расположены достаточно близко к океану, т.е. к морским животным, и достаточно высоко над уровнем моря, чтобы ископаемые остатки не смыло водой после потепления, случившегося примерно 123 тыс. лет назад. PP13В и другие пещеры расположены в толще обрыва, называемого Пиннакл-пойнт, и вполне соответствуют этим требованиям, поэтому исследователи обнаружили в них большое количество предметов, датированных периодом вымирания людской популяции

и годными в пищу растениями. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть данную гипотезу, я решил поехать туда и осмотреть участки выхода на поверхность отложений, датированных периодом МИС 6.

Мои поиски на территории побережья не были случайными. Следы пребывания древних племен (в соответствии с моей гипотезой) следовало искать не слишком далеко от береговой линии того времени (в непосредственной близости к моллюскам и ракообразным) и на достаточном возвышении (чтобы нужные археологические пласты не смыло водой в период потепления 123 тыс.

лет назад, когда уровень моря значительно повысился). В 1999 г. мы с моим южноафриканским коллегой Питером Нильсеном (Peter Nilssen) решили исследовать пещеры, которые он обнаружил в местечке под названием Пиннакл-пойнт, расположенном на мысе возле города Мосселбая со стороны Индийского океана. Спустившись по отвесной скале, мы проникли в пещеру, которая не имела названия и обозначалась как PP13В. Благодаря эрозии расположенных у входа осадочных отложений на поверхности оказались пласты с археологическими остатками, в кото-

рых мы обнаружили очаг и каменные орудия. Более того, песчаная дюна и слой сталагмитов послужили защитой для остатков древнего стойбища от человеческой деятельности. Все указывало на то, что следы пребывания человека достаточно давние, и по всем признакам мы сорвали джекпот. На следующий год, после того как местный владелец страусиной фермы построил для нас огромную деревянную лестницу из 180 ступеней (и тем обеспечил безопасный доступ к пещере), мы начали копать.

С тех пор раскопки, проведенные моей командой в PP13В и соседних пещерах, дали богатый материал, позволяющий судить о том, чем занимались древние люди, населявшие эту территорию примерно 164 тыс. – 35 тыс. лет назад, т.е. в течение всего периода «бутылочного горлышка» и долгое время после него, когда численность людской популяции уже начала восстанавливаться. Следы деятельности, найденные в пещере, в сочетании с анализом, позволяющим судить об условиях окружающей среды того периода, дали нам возможность создать цельную гипотетическую картину жизни доисторических обитателей Пиннакл-пойнта во время оледенения. Найденные свидетельства опровергли распространенную теорию, утверждавшую, что люди современного типа вначале сформировались анатомически и лишь гораздо позже приобрели когнитивные способности, присущие современному человеку. Следы проявления сложных форм поведения (следовательно, и современного мышления) встречались даже в старейших археологических уровнях пещеры PP13В. И, без сомнения, наличие прогрессивного интеллекта сыграло заметную роль в выживании вида, позволив нашим предкам освоить все ресурсы, имеющиеся на побережье.

В то время как по всему континенту племена *Homo sapiens* вымирали (т.к. холод и засуха погубили животных и растения), счастливые обитатели Пиннакл-пойнта процве-



СОБИРАЯ ДАРЫ МОРЯ

Богатые белком морские беспозвоночные, встречающиеся на южном побережье Африки, могли способствовать выживанию предковой популяции в Пиннакл-пойнте (вверху слева). Остатки коричневых мидий (внизу слева) обнаруживаются даже в самых ранних отложениях пещеры PP13B, датированных возрастом в 164 тыс. лет назад, демонстрируя, что люди начали использовать ресурсы моря гораздо раньше, чем считалось ранее. Помимо мидий обитатели Пиннакл-пойнта собирали морских блюдечек и различных брюхоногих в качестве источника пищи, а также пустые раковины из-за их эстетической привлекательности (справа)

тали, поедая морских животных и богатые углеводами растения, которые, несмотря на изменения климата, по-прежнему встречались возле побережья. По мере того как фазы относительного потепления и похолодания периодически сменяли друг друга, уровень моря то поднимался, то опускался, и древний океан то наступал, то отступал. Местные обитатели следовали за ним, пользуясь всеми благами прибрежной экосистемы.

Прибрежный рог изобилия

Южное побережье Африки оказалось оптимальным для выживания благодаря уникальному сочетанию населяющих его растений и животных. Тонкая полоска земли, в настоящее время известная как Капская флористическая область – богатейшее место на Земле с точки зрения видового разнообразия растений. На участке площадью в 90 тыс. кв. км произрастают 9 тыс. видов, 64% которых эндемики. Растительный покров знаменитой Столовой горы, возвышающейся над Кейптауном и расположенной в самом сердце Капской флористической области, представлен большим числом видов, чем произрас-

тает во всей Великобритании. Два наиболее распространенных в данной местности биотопа, финбош и реностервельд, образованы преимущественно кустарниками. Для древних людей, искавших пропитание и вооруженных палками-копалками, эти заросли служили богатым источником пищи. В таких растительных сообществах произрастало великое множество разнообразных геофитов – растений, запасующих питательные вещества в своих подземных частях (клубнях, корневищах или луковицах).

Геофиты – важный пищевой ресурс для современных племен охотников и собирателей по нескольким причинам. Во-первых, они содержат большое количество углеводов, во-вторых, концентрация углеводов достигает пика всегда в определенное время года, в-третьих, в отличие от надземных съедобных частей растений (например, фруктов, орехов или семян), на подземные органы запасаения претендует лишь небольшое количество животных. Луковицы и клубни, чаще всего встречающиеся в Капском флористическом регионе, обладают особенной привлекательностью, т.к. в отличие от многих других геофитов, волокнистых и содержащих большое количество клетчатки, состоят из легко усвояемых и высокопитательных углеводов, благодаря чему представляют собой хорошее питание и для детей. (Термическая обработка делает их еще более удобоваримыми.) А из-за того, что геофиты приспособлены к ариднему климату, они должны были легко переносить засушливые фазы оледенения.

Помимо этого на самом побережье присутствовал еще один прекрасный источник доступного белка, на который практически не претендовали другие животные. Столкновение поднимающихся к поверхности океана богатых питательными веществами холодных вод из Бенгельского течения и вод теплого течения Игольного мыса создавало смесь теплых и холодных водоворотов на шельфе по всему южному по-

бережью. Такая вариабельность условий породила многообразие форм морских обитателей, населяющих каменистую литоральную зону и песчаные пляжи. Моллюски и ракообразные – высококачественный источник белка и омега-3 жирных кислот. И, как и в случае с геофитами, резкое похолодание во время оледенения не могло сильно сократить их численность, скорее наоборот – более низкая температура морской воды привела к увеличению количества морских животных.

Навыки выживания

При такой комбинации высококалорийных, богатых питательными белками съедобных беспозвоночных и геофитных растений с низким содержанием клетчатки и высоким уровнем энергетически ценных углеводов южное побережье должно было представлять собой идеальное место для поиска пропитания древними людьми современного типа в период оледенения МИС 6. Более того, оба пищевых ресурса были доступны женщинам, в результате чего они могли прокормить себя и своих детей, не полагаясь на мужчин. К сожалению, у нас все еще нет данных, подтверждающих, что обитатели пещеры PP13B питались геофитами (в столь древних стойбищах крайне редко сохраняются какие-либо органические остатки), хотя более поздние стоянки древних людей данного региона содержат многочисленные свидетельства употребления геофитов в пищу. Зато мы обнаружили следы того, что они активно добывали ракообразных и моллюсков. Изучение найденных в стойбище раковин, проведенное Антониетой Жерардино (Antonietta Jerardino) из Барселонского университета, показало, что наши предки собирали на побережье коричневых мидий (*Perna perna*) и местных морских брюхоногих, называемых «сарматский турбо». При случае они поедали также мясо морских млекопитающих, выброшенных на берег (таких как тюлени и киты).



Известные ранее примеры древнейших племен, систематически употреблявших в пищу морских животных, датированы возрастом менее 120 тыс. лет. Специальный анализ, проведенный Мириам Бар-Мэттьюс (Miryam Bar-Matthews) из Государственного института геологии Израиля и Зенобией Якобс (Zenobia Jacobs) из Вуллонгонгского университета в Австралии, показал, что люди из PP13B научились жить за счет даров моря гораздо раньше. Как мы написали в 2007 г. в журнале *Nature*, морские животные, возраст которых мы определили, были съедены более чем 164 тыс. лет назад. А 110 тыс. лет назад меню наших предков еще больше расширилось, включив в себя морских блюдечек и мидий.

Однако освоить такой вид питания гораздо сложнее, чем кажется на первый взгляд. Мидии, морские блюдечки и морские улитки обитают на камнях литоральной зоны, которая полна опасностей и где набегающая волна может легко сбить с ног и смыть в океан нерасторопного собирателя. По всему южному побережью безопасное собирательство возможно лишь во время низких весенних отливов, когда Солнце и Луна выстраиваются в ряд, и их совместное гравитационное влияние на приливы и отливы максимально. Поскольку приливы связаны с лунными фа-

ОБЕД ИЗ-ПОД ЗЕМЛИ

Подземные органы запасаения растений-геофитов (слева) содержат большие количества энергетически ценных и питательных углеводов, доступных в течение всего года. Характерный тип растительного покрова на побережье юга Африки – финбош (вверху). В его состав входят особенно питательные и легкоперевариваемые геофиты, которые предположительно служили основной пищей древних людей современного типа, живших в этом регионе во время МИС 6



ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Среди каменных орудий, обнаруженных в пещере PP13B, встречались технологически сложные предметы вроде микролитов (два нижних ряда), которые, будучи прикрепленными к деревянным древкам, превращались в метательное оружие. Создатели орудий также владели технологией обработки исходного материала пламенем (после чего камню было легче придать нужную форму), а это опровергает ранее существовавшее убеждение, что такой метод появился гораздо позже на территории современной Франции

зами и смещаются на 50 минут в день, можно предположить, что люди, жившие в пещере PP13B (которая 164 тыс. лет назад из-за более низкого уровня Мирового океана располагалась гораздо дальше от моря, в 2–5 км от воды), свои перемещения по литорали координировали с помощью лунного календаря (наподобие того, которым в течение многих веков пользуются современные обитатели побережья).

Добывание морских животных – не единственный высокоинтеллектуальный вид поведения, отмеченный у населения Пиннакл-пойнта 164 тыс. лет назад. Еще одной прогрессивной чертой данного сообщества была сложная технология изготовления орудий. Среди каменных предметов в пещере было найдено значительное число микролитов – крошечных лезвиеподобных осколков камня с соотношением длины к ширине равным 2:1, которые были слишком малы, чтобы их можно было удерживать в руке. Скорее всего, та-

кие лезвия прикреплялись к древкам из дерева и использовались как метательное оружие. Создание композитных орудий – технологическое ноу-хау, и микролиты пещеры PP13B свидетельствуют о том, что древние жители уже владели им. Но на этом список технических новшеств, доступных обитателям пещеры, не заканчивается.

Большая часть каменных орудий, обнаруженных археологами на побережье Южной Африки, сделана из камня, называемого кварцитом. Этот крупнокристаллический камень удобен для изготовления крупных пластин, но из него сложно получить мелкие, изящные лезвия. Поэтому для создания микролитов использовался кремнь, вызвавший у нас ряд вопросов. Разрешением этих вопросов занимался член нашей команды, специалист по каменным орудиям Кайл Браун (Kyle S. Brown) из Института происхождения человека при Университете штата Аризона. После нескольких лет изучения кремневых наконечников со всего побережья Браун обратил внимание, что глянцевый блеск и красновато-серый цвет, присущие готовым орудиям из Пиннакл-пойнта и его окрестностей, никогда не встречаются у местного кремня. Более того, необработанному кремню теоретически невозможно придать форму микролита. Возник вопрос: где же древние люди брали столь необычный камень для своих наконечников?

Вероятный ответ мы получили, проведя раскопки в соседней пещере под номером 5–6, где в 2008 г. обнаружили большой кусок кремня, лежащий в золе. Его цвет и блеск соответствовали аналогичным характеристикам готовых кремневых изделий во всех археологических отложениях данного региона. Связав воедино камень и золу, мы спросили себя, не могли ли наши предки выдерживать кремнь в огне, чтобы сделать его более податливым. Эта технология описана этнографами у индейцев Северной Америки и аборигенов Австралии. Чтобы проверить гипотезу, Браун стара-

тельно «поджарил» несколько необработанных кусков кремня, после чего попытался расколоть их. Камни легко расщеплялись на пластины, причем их поверхность блесла тем же самым блеском, который характеризовал древние орудия. В результате мы заключили, что кремень из каменного века также был обработан пламенем.

До сего момента среди археологов существовало глубокое убеждение, что термическую подготовку материалов изобрели представители солютрейской культуры во Франции около 20 тыс. лет назад, используя ее для изготовления своих изящных орудий. Поэтому наши выводы подверглись резкой критике со стороны коллег. Для подтверждения своей гипотезы мы использовали три независимых метода. Чтобы определить, были ли кремневые орудия из Пиннакл-пойнта умышленно обработаны термически, Шанталь Триболо (Chantal Tribolo) из Университета Бордо провел анализ, называемый термолюминесцентным. Затем Энди Херрис (Andy Heggies) из Университета Нового Южного Уэльса в Австралии сделал тест на магнитную восприимчивость, выяснив, изменилась ли способность камня намагничиваться – другой индикатор воздействия высоких температур на богатые железом горные породы. И, наконец, Браун использовал метод, позволяющий определить степень блеска, который появляется после термической обработки кремня в пламени и раскалывания на пластины, для того чтобы сравнить эти показатели со степенью блеска найденных орудий. Наши результаты, в прошлом году опубликованные в журнале Science, подтвердили, что преднамеренная высокотемпературная обработка время от времени применялась жителями Пиннакл-пойнта 164 тыс. лет назад, а примерно 72 тыс. лет назад стала доминирующей технологией обработки камня.

Термическая обработка камней предполагает наличие у древних людей современного типа уникаль-

ных когнитивных способностей, позволяющих им понимать две вещи. Во-первых, они должны были осознавать, что есть не слишком пригодный для создания микролитов необработанный камень, есть подходящее сырье, из которого можно легко получить нужные орудия, и что именно нагревание превращает мало пригодный кусок камня в высококачественный исходный материал. Во-вторых, они должны были запланировать и осуществить длинную цепочку действий. Изготовление микролитов из кремня требует комплекса тщательно продуманных шагов: выкапывания песчаной ямы для куска кремня, медленного повышения температуры вокруг камня до 350° C, удержания постоянной температуры, а затем – плавного ее снижения. Создание и использование такой последовательности, а также передача технологии от поколения к поколению, возможно, требуют наличия членораздельной речи. Однажды возникшие у наших предков, такие способности, без сомнения, помогли им вытеснить представителей архаичных видов гоминидов, с которыми они сталкивались по мере расселения из Африки. В частности, пиротехнологический комплекс, зарегистрированный у жителей Пиннакл-пойнта, мог обеспечить первых людей современного типа заметным преимуществом при их расселении на холодные территории неандертальцев, которые, как считается, не владели подобной технологией.

Древние умники

Помимо продуктов прогрессивных технологий доисторические отложения в Пиннакл-пойнте содержат и художественные элементы. В наиболее древних слоях пещеры PP13В наша группа обнаружила десятки кусков красной охры (оксида железа), которые имели совершенно разную форму и иногда были растерты в мелкую пудру, которая, возможно, смешивалась со связывающим компонентом вроде животного жира, чтобы использоваться в каче-

стве краски при нанесении рисунка. Подобные декоративные элементы обычно содержат информацию о социальной принадлежности, т.е. представляют собой символические рисунки. Как и многие мои коллеги, я считаю, что найденная охра – наиболее раннее достоверное археологическое свидетельство символического поведения, и она смещает дату появления подобных обычаев на десятки тысяч лет назад. В более поздних слоях обнаруживаются следы существования комплекса символических действий, т.е. обрядов. Отложения, датированные примерно 110 тыс. лет назад, содержат сразу два символических элемента: охру и морские раковины, которые явно были собраны из-за их эстетической привлекательности, т.к. на момент попадания в пещеру любые следы плоти в них отсутствовали. Я думаю, что декоративные морские раковины вместе со свидетельством о питании морскими животными могут указывать на то, что в мировоззрении и ритуалах этих людей появились элементы поклонения морю.

Столь раннее появление в Пиннакл-пойнте символизма и сложных технологий имеет большое значение для изучения происхождения нашего вида. Окаменелые останки из Эфиопии показывают, что люди анатомически современного типа появились около 195 тыс. лет назад. Однако зарождение современного мышления обнаружить гораздо сложнее. Чтобы определить наличие и степень развития мышления современного типа, палеоантропологи используют различные индикаторы, встречающиеся в археологических отложениях. Артефакты, созданные с помощью сложных технологий, которые требуют понимания не прямых связей между кажущимися несвязанными феноменами и осуществления длинных последовательностей действий (например, технологии термической обработки сырья для изготовления орудий), и выступают как подобные индикаторы. Свидетельство появления рисунков или

других символических элементов служит вторым индикатором, как и факт ориентации во времени по приметам вроде лунных фаз. В течение многих лет древнейшие примеры подобного поведения обнаруживались только в Европе и датировались временем в 40 тыс. лет назад и позже. На основании тех находок исследователи сделали вывод, что между анатомическим обособлением нашего вида и возникновением наших уникальных творческих способностей существовал большой промежуток времени.

Но за прошедшие десять лет археологи, работающие во многих районах Южной Африки, выявили более древние следы появления сложного поведения. Например, археолог Иэн Уоттс (Ian Watts) из ЮАР описал от сотен до тысяч фрагментов кусковой и измельченной охры в отложениях, датированных периодом в 120 тыс. лет назад. Интересно, что эта охра (так же, как и куски из Пиннакл-пойнта) была в основном красного цвета, тогда как местные источники минерала содержали охру широкой палитры оттенков. Существует предположение, что люди из всей цветовой гаммы выбирали наиболее красные куски, возможно, ассоциируя цвет с менструацией и фертильностью. В то же время Джослин Берначес (Joselyn A. Bernatchez), аспирант из Университета штата Аризона, считает, что многие из этих кусков охры могли быть изначально желтого цвета, но после обработки пламенем приобрели более темный цвет. А в пещере Бломбос, расположенной в 100 км на восток от Пиннакл-пойнта, Кристофер Хеншилвуд (Christopher S. Henshilwood) из Бергенского университета в Норвегии обнаружил куски охры с нанесенной на них резьбой, бусы из раковин морских улиток и изящные костяные орудия, датированные возрастом около 71 тыс. лет (см.: Вонг. К. На заре современного разума // ВМН, № 9, 2005). Данные находки вместе с аналогичными предметами из Пиннакл-пойнта противоречат распространенно-

му убеждению, что мышление современного типа появилось у наших поздних предков, указывая на то, что скорее всего наш вид обладал такой способностью изначально, с момента появления.

Я подозреваю, что движущей силой эволюции этого когнитивного комплекса была жесткая и долговременная селекция, направленная на развитие способности древних людей создавать мысленную карту местности и общую картину сезонной изменчивости многих видов растений, а также на умение передавать накопленные знания потомкам и другим членам группы. Этот же мыслительный механизм лежит в основе и многих других частных адаптаций: например, он проявляется в способности улавливать связь между фазами Луны и высотой приливов и, следовательно, в умении планировать свои походы на литораль за моллюсками и ракообразными. Благодаря этому люди смогли освоить питание морскими животными и геофитами, что обеспечило им высококачественное питание и позволило вести оседлый образ жизни, повысив рождаемость и снизив детскую смертность. Подобные изменения должны были привести к увеличению размеров групп, что в свою очередь должно было стимулировать развитие символического поведения и усложнения используемых технологий.



ОБ АВТОРЕ

Кертис Мэрин (Curtis W. Marean) – профессор Школы эволюции человека и социальных изменений при Университете штата Аризона и сотрудник Института происхождения человека. Он изучает происхождение человека современного типа, предысторию человечества в Африке, палеоклимат и палеоэкологию, исследует кости животных из археологических отложений. Область особого научного интереса Мэрина – заселение человеком прибрежных экосистем. Мэрин – ведущий исследователь проекта «Палеоклимат, палеосреда, палеоэкология и палеоантропология побережья Южной Африки».

Следуя за морем

В археологических пластах PP13B сохранились следы пребывания многих поколений обитателей, а специальное исследование, проведенное моей рабочей группой, дало подробную информацию о местном климате и изменениях окружающей среды. Данные позволяют судить о том, как наши предки использовали пещеру и побережье в течение тысячелетий. Моделируя изменение береговой линии с течением времени, Эрих Фишер (Erich C. Fisher) из Университета Флориды показал, что благодаря широкому, длинному, постепенно понижающемуся континентально-

му шельфу, называемому банка Агульяс, возле побережья Южной Африки линия берега перемещалась быстро и резко. В течение периодов оледенения, когда уровень моря понижался, вода отступала по шельфу, и побережье удалялось от Пиннакл-пойнта на дистанцию в десятки (вплоть до 95) километров. Когда климат становился более теплым и уровень моря повышался, вода снова заливала отмель, и пещеры вновь оказывались на берегу.

Судя по характеру распределения осадков и структуре растительного покрова, которые были выявлены на основании изучения сталагмитов, охватывающих период с 350 тыс. до 50 тыс. лет назад, мы видим, что финбош следовал за отступающим побережьем, то распространяясь на шельф (сейчас покрытый водой), то возвращаясь назад, на континент, благодаря чему между геофитами и морскими животными сохранялась небольшая дистанция. В течение периода низкой численности популяции люди могли выбирать наиболее удобные места для собирательства, поэтому они, вероятно, также следовали за морем, возле которого концентрировались геофиты и морские беспозвоночные. Я предполагаю (пока не имея никаких доказательств), что поэтому пещера PP13B была населена лишь в периоды повышения уровня моря.

Наши раскопки в PP13B позволили узнать об определенных этапах жизни людей, которые скорее всего были предками всех ныне существующих людей на планете. И если я прав относительно этого племени собирателей и его связи с побережьем, еще более богатый пласт свидетельств о предковой популяции лежит под водой банки Агульяс. Там эти следы и останутся в ближайшее время, охраняемые гигантскими белыми акулами и опасными течениями. Для подтверждения гипотезы о том, что люди выжили именно возле моря (и за счет его даров),



можно проверять отдельные участки современного побережья, такие как PP13B и другое раскопанное нами место, названное PP5–6.

Генетические и ископаемые свидетельства вполне согласуются, подтверждая предположение, что первая существенная и длительная волна миграции людей современного типа за пределы Африки случилась около 50 тыс. лет назад. Но вопросы о том, что за события вызвали массовый исход, остались. Например, мы все еще не знаем, сохранилась ли к концу оледенения МИС 6 только одна популяция *Homo sapiens* в Африке, или их было несколько. Подобные загадки заставляют мою команду и многие другие археологические группы избрать на обозримое будущее вполне определенное и многообещающее направление исследований. Мы собираемся найти другие участки, потенциально благоприятные для выживания в Африке во время оледенения, а также расширить наши знания о свойствах климата непосредственно перед этим отрезком времени. Нам необходимо получить как можно больше фактического материала об этих людях, которые однажды покинули свое убежище, вышли за пределы Африканского континента и отправились покорять мир. ■

Перевод: Т.А. Митина

ИЗУЧЕНИЕ ПРОШЛОГО

Продолжающиеся раскопки в PP13B (вверху) и других пещерах южного побережья Африки должны рассказать о предковой популяции людей, которая пережила период «бутылочного горлышка» и расселилась по всему свету

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Origin of Modern Human Behavior: Critique of the Models and Their Test Implications. Christopher S. Henshilwood and Curtis W. Marean in *Current Anthropology*, Vol. 44, no. 5, pages 627–651; December 2003.
- Early Human Use of Marine Resources and Pigment in South Africa During the Middle Pleistocene. Curtis W. Marean et al. in *Nature*, Vol. 449, pages 905–908; October 18, 2007.
- Fire as an Engineering Tool of Early Modern Humans. Kyle S. Brown et al. in *Science*, Vol. 325, pages 859–862; August 14, 2009.
- Coastal South Africa and the Coevolution of the Modern Human Lineage and the Coastal Adaptation. Curtis W. Marean in *Trekking the Shore: Changing Coastlines and the Antiquity of Coastal Settlement*. Edited by Nuno Bicho, Jonathan A. Haws and Loren G. Davis. Springer (в печати).

ДУМАЛИ ЛИ НЕАНДЕРТАЛЬЦЫ КАК МЫ?

Жоао Цзыльхао отстаивает спорную точку зрения, что когнитивные способности неандертальцев, недооцененных родственников человека, были сравнимы с нашими

На протяжении двух последних десятилетий археолог Жоао Цзыльхао (João Zilhão) из Бристольского университета в Англии изучает наших ближайших родственников – неандертальцев, населявших Евразию более 200 тыс. лет назад и внезапно исчезнувших примерно 28 тыс. лет назад. Ученые уже давно обсуждают, насколько близки были когнитивные способности неандертальцев и людей современного типа. Основным поводом для дискуссии стали артефакты, найденные в результате раскопок нескольких стоянок неандертальцев, которые свидетельствуют об использовании ими символов (в том числе и украшений) – базового элемента мышления современного человека. Цзыльхао и его единомышленники отстаивают точку зрения,

согласно которой неандертальцы самостоятельно создали традицию использования символов задолго до того, как 40 тыс. лет назад в Европе появились люди современного типа. Скептики, однако, придерживаются мнения, что эти артефакты оставлены современными людьми.

В январе 2010 г. Цзыльхао и его коллеги опубликовали статью в *Proceedings of the National Academy of Science USA* и сообщили о находках, способных положить конец разногласиям. Раковины морских моллюсков, обнаруженные в двух местах в Испании, были раскрашены пигментами 50 тыс. лет назад – т.е. за 10 тыс. лет до того, как люди современного типа появились в Европе. Недавно Жоао Цзыльхао и Кейт Вонг (Kate Wong), редактор *Scientific American*, обсу-

дили значение новых открытий. Далее мы приводим запись их беседы.

Кейт Вонг: Палеоантропологии на протяжении десятилетий спорят о поведении неандертальцев. Чем может быть вызван такой ажиотаж?

Жоао Цзыльхао: В основе споров, длящихся уже 25 лет, лежит теория, согласно которой родиной людей современного типа была Африка, и лишь позже они расселились по всему миру, вытеснив более архаичный вид – неандертальцев. Более того, априори считалось, что, различаясь по своей анатомии, неандертальцы и современные люди должны были столь же сильно отличаться друг от друга и по поведению.

Но у этой теории есть свои недостатки. В 1979 г. на раскопках стоянки Сен-Сезер во Франции в пласте, содержащем находки культуры шательперон, археологи нашли скелет неандертальца. В это время считали, что шательперонские артефакты – в их числе нательные украшения и сложные костяные орудия – были созданы людьми современного типа. Однако находки из Сен-Сезера указали на связь этих артефактов именно с неандертальцами. Позднее, в 1995 г., было установлено, что человеческие останки, найденные в шательперонском слое Гротт-дю-Ренн в Арси-сюр-Кюр,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Исследователи традиционно считали, что лишь представители вида *Homo sapiens* изобрели и использовали символы.
- Однако за последние несколько десятилетий археологами были обнаружены загадочные артефакты, позволяющие предположить, что родственный нам вид, неандертальцы, которых считали интеллектуально менее развитыми, тоже могли использовать символы. Некоторые исследователи не согласны со значимостью этих находок и приписывают их людям современного типа.
- Украшения и краска для тела, обнаруженные недавно в двух местах в Испании, неоспоримо доказывают, что неандертальцы пользовались символами, и наводят на мысль, что поведение современного человека имеет древние корни.



другой стоянки во Франции, также принадлежат неандертальцам.

Поскольку находки противоречили устоявшимся представлениям о том, что только люди современного типа владели подобными технологиями, некоторые ученые предположили, что артефакты случайно попали в пласт с останками неандертальцев из вышерасположенных слоев. Другие исследователи считали, что обнаруженные предметы свидетельствуют о том, что неандертальцы подражали своим современникам, людям современного типа, либо находили их в мусоре или снимали с трупов, не понимая при этом их значения и не интегрируя в свою культуру. Разногласия

так и не были разрешены, пока не появились новые находки из Испании.

Кейт Вонг: Что же именно и как вы нашли?

Жоао Цзыльхао: Находки были сделаны в двух местах. Одно из них – пещера Куэва-де-лос-Авионес на северо-востоке Испании, в которой проводил раскопки Рикардо Монтес-Бернардес (Ricardo Montes-Bernardes) из Научного фонда маркиза де Корверы в Мурсии. Монтес-Бернардес в своих отчетах упоминает, что им были найдены три продырявленные раковины, но тогда никто не обратил на них внимания. Прочтя несколько лет назад в статьях про эти раковины, я отправился в музей, где хранились собранные им материалы, и попросил мне

Неандертальцы, возможно, украшали себя, раскрашивая лицо и надевая подвески: на это указывают новые находки, сделанные в двух местах раскопок в Испании.

Артефакты свидетельствуют о том, что у неандертальцев уже было символическое мышление – ключевой элемент поведения современного человека

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Morning of the Modern Mind. Kate Wong in Scientific American, Vol. 292, No. 6, pages 86-95; June 2005.
- Twilight of the Neandertals. Kate Wong in Scientific American, Vol. 301, No. 2; pages 32-37; August 2009.
- Symbolic Use of Marine Shells and Mineral Pigments by Iberian Neandertals. (João Zilhão) et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 107, No. 3, pages 1023-1028; January 19, 2010.

Подвеска из раковины морского гребешка была окрашена оранжевым пигментом снаружи (правая половина рисунка), чтобы соответствовать естественно окрашенной внутренней стороне (левая половина рисунка). Заостренной костью лошади (над раковиной), на кончике которой обнаруживается немного красного пигмента, могли его перемешивать или наносить



их показать. Я понял, насколько важны эти находки, едва их увидел. Подобные раковины обычно считают подвесками (украшениями). Возраст их был неизвестен, поэтому в первую очередь мы отобрали образцы для радиоуглеродного анализа. Оказалось, что им от 48 до 50 тыс. лет.

Поскольку большинство раковин из этой коллекции еще не отмывали, я решил посмотреть, нет ли среди них еще чего-нибудь примечательного. После чистки на одной из раковин от средиземноморской устрицы было обнаружено цветное пятно, которое, как я полагал, могло быть следами пигмента. Анализ вещества показал, что красный пигмент – это смесь минерала, называемого лепидокрокитом, и крошечных кусочков тонко измельченного темно-красного и черного гематита, а также пирита, который должен был придавать блеск. Мы с коллегами обнаружили обломок кости лошади с остатками красноватого пигмента на острие. Еще мы нашли немного желтого и красного пигмента, а также довольно большой объем минерала натроярозита. Его количество и отсутствие в нем примесей означает, что он хранился в мешочке, который со временем истлел без следа.

Кейт Вонг: Что вы обнаружили на месте вторых раскопок?

Жоао Цзыльхао: Одновременно с изучением коллекции из Куэва-де-лос-Авионес я исследовал находки полевого сезона сентября 2008 г.

в Куэва-Антон, расположенной на 60 км дальше от моря, чем Авионес. Здесь, у большого скального убежища, я проводил раскопки начиная с 2006 г. Среди находок была продырявленная раковина гребешка, обнаруженная одним из моих студентов на второй день работы. Изначально я полагал, что она никак не связана с деятельностью человека. Но в ходе очистки обнаружилось, что раковина ярко окрашена. После дальнейшего исследования выяснилось, что ее светлая наружная поверхность покрыта оранжевым пигментом – смесью гематита и другого минерала, гетита.

Кейт Вонг: Что, по вашему мнению, могли делать неандертальцы с этими предметами?

Жоао Цзыльхао: Интересен тот факт, что натроярозитом пользовались только как косметическим средством. Поэтому мы можем предположить, что именно так его и использовали в Авионесе. Костью лошади с окрасившимся кончиком могли перемешивать или наносить на себя пигмент, ею могли прокалывать шкуры, окрашенные этим пигментом. А непродырявленная раковина средиземноморской устрицы со следами блестящей красной смеси могла использоваться как емкость для краски. Самое простое объяснение присутствия натроярозита и блестящего красного пигмента – учитывая то, в каком окружении они были найдены, – что ими пользовались для раскрашивания тела, и в частности лица. Но мы не знаем, использовали ли их неандертальцы ежедневно или только по особым случаям для ритуальных целей (во время празднеств или, наоборот, траура).

Более того, на внутренней стороне одной из продырявленных раковин из Авионес рядом с отверстием было немного красной охры. В данном случае можно предположить, что раковина была раскрашена специально, ведь нельзя использовать емкость с дырой. Следовательно, неандертальцы на обеих стоянках раскрашивали не только свои тела, но и продырявлен-

ные раковины, которые они надевали на себя в качестве подвесок.

Кейт Вонг: В ваших исследованиях не доказано, что отверстия в раковинах были сделаны человеком. Также не было обнаружено следов истирания вокруг самих отверстий. Так почему же вы утверждаете, что раковины использовались в качестве украшений?

Жоао Цзыльхао: Эти виды моллюсков обитают только на глубине. Когда волны прибывают их к берегу, ничего съедобного в них уже не остается, а значит, их собирали не для еды. К тому же они раскрашены пигментами. Какая еще есть альтернатива? Если вы посмотрите любую книгу по этнографии украшений из ракушек от Африки до Океании, то вы увидите раковины этих или близких видов, используемых именно как украшения.

Кейт Вонг: Что дают эти открытия для понимания формирования поведения современного человека?

Жоао Цзыльхао: Эти находки красноречиво свидетельствуют о том, что особенности поведения неандертальцев и людей современного типа имели много общего. Неандертальцы отличались от первых людей современного типа анатомически, но интеллектуально были столь же развиты. Из этого положения могут следовать несколько выводов. Либо современные когнитивные способности и современные особенности поведения сформировались у неандертальцев и людей современного типа независимо, либо ими уже обладал их общий предок. Или же группы людей, которые мы называем неандертальцами и людьми современного типа, не составляли два разных вида – и тогда нас не должно удивлять, что несмотря на анатомические различия, они обладали сходными когнитивными способностями. Я склоняюсь именно к этому выводу.

С моей точки зрения формирование современных особенностей поведения представляло собой медленный и, возможно, прерывистый процесс накопления знаний. Увеличение плотности попу-



Жоао Цзыльхао (João Zilhão) уже давно отстаивает свою точку зрения, что неандертальцы начали использовать символы независимо от людей современного типа. На фотографии он просеивает породу на стоянке, расположенной в том же регионе, в котором были обнаружены относящиеся к неандертальцам находки.

ляции повлекло за собой развитие систем социальной идентификации, на что может указывать появление среди археологических находок нателных украшений, следов раскрашивания тела и т.д. Неудивительно, что столь ранние свидетельства вполне современной деятельности редки. Они относятся лишь к самому началу процесса, который в дальнейшем развивался экспоненциально.

Кейт Вонг: Таким образом, считаете ли вы, что особенности современного поведения – по крайней мере те его аспекты, которые связаны с нателными украшениями, рисунками и т.п., – суть результат потребности в идентификации и коммуникации между членами увеличившейся популяции?

Жоао Цзыльхао: Да, в мире, где встречи с незнакомцами становились все более частыми, было необходимо каким-то образом узнавать, кто есть кто: друг или враг этот незнакомец, тот ли он, кого ваш род должен почитать, или тот, кто сам должен оказывать знаки почтения вашему роду.

Кейт Вонг: Должны ли были, по вашему мнению, в некий момент эволюции, перед тем как возникли современные особенности поведения человека, произойти какие-то изменения в структуре его мозга?

Жоао Цзыльхао: Да, и я думаю, что это произошло 1,5–2 млн лет на-

зад или самое позднее 0,5–1 млн лет назад, когда средний размер мозга достиг современных значений. Если бы мы смогли клонировать человека, жившего полмиллиона лет назад, поместить эмбрион в матку суррогатной матери, а после рождения воспитывали бы его как нашего современника, то смог ли бы он управлять самолетом? Мой ответ – да, хотя некоторые мои коллеги, возможно, считают иначе.

Кейт Вонг: Если неандертальцы в Испании создавали украшения за 10 тыс. лет до появления в Европе людей современного типа, не думаете ли вы, что неандертальцы подражали современным людям, а могло быть наоборот?

Жоао Цзыльхао: До появления в Европе люди современного типа не обладали ни технологией проделывания отверстий в зубах млекопитающих и резьбы по ним, как в шательперонской культуре, ни умением делать отверстия в раковинах двустворчатых моллюсков, подобных тем, что мы нашли в Испании. Но в Европе у них появились эти украшения. Откуда? Если бы мы говорили о людях медного века, мы бы предположили, что пришельцы позаимствовали эти технологии у коренного населения. Почему же мы придерживаемся другой логики, говоря о неандертальцах? ■

Перевод: М.Б. Чернышева

КАК ДУМАЮТ ДЕТИ



Даже самые маленькие дети знают гораздо больше, исследуют мир гораздо глубже и обучаются гораздо полнее, чем представляют себе психологи

Элисон Гопник

Фотографии Тимоти Арчибальда

Всего 30 лет назад большинство психологов считали мышление детей иррациональным, эгоцентричным и аморальным. Ребенок рассматривался как существо, понимающее лишь сиюминутное «здесь» и «сейчас», неспособное распознать причины и следствия, воспринять опыт других людей и уловить разницу между реальностью и фантазией. Многие до сих пор считают детей своего рода неполноценными взрослыми.

За последние годы было показано, что даже самые маленькие дети знают гораздо больше, чем мы себе представляем. Более того, они исследуют мир так же, как ученые – ставят над ним опыты, анализируют статистические данные и формируют интуитивные теории относительно физических, биологических и психологических закономерностей. Начиная с 2000 г. проводятся работы по изучению кибернетических, эволюционных и нейрофизиологических механизмов, лежащих в основе столь ранних способностей. Полученные данные не только в корне меняют наши представления о мышлении детей, но и позволяют по-новому взглянуть на психику человека.

Физика для младенцев

Почему же мы так долго заблуждались относительно природы детского мышления? На первый взгляд может показаться, что у ребенка в возрасте до четырех лет (именно об этой возрастной группе пойдет речь в нашей статье) никаких

принципиальных перемен в психическом развитии не происходит. Маленькие дети говорят плохо, и даже дошкольники с трудом выражают свои мысли. Задайте трехлетнему малышу открытый вопрос, и вы получите трогательный, но малопонятный монолог в стиле потока сознания. Основоположники детской психологии, в частности швейцарский исследователь Жан Пиаже, считали, что мышление детей иррационально, нелогично, эгоцентрично и акаузально, то есть не различает причины и следствия.

Новый этап в развитии детской психологии начался в конце 1970-х гг., когда исследователи стали не выслушивать детей, а наблюдать за ними. Выяснилось, что малыши дольше следят за новыми предметами и неожиданными событиями, чем за более привычными. На основании этого можно в психологических исследованиях выяснить ожидания ребенка. Однако самые интересные данные были получены при наблюдениях за действиями детей – например, к каким предметам ребенок тянет-

ся или ползет и как он подражает действиям взрослых.

Несмотря на то что маленькие дети с трудом выражают свои мысли, существуют способы выяснить, что они знают. Так, исследователь из Мичиганского университета в Анн-Арборе Генри Уэллман (Henry Wellman) пытался разобраться в мышлении детей путем исследования записей их спонтанных изречений. Можно также задавать ребенку не открытые, а однозначные прямые вопросы (например, выбрать один вариант из двух).

В 1980–1990-х гг. при использовании таких методов было обнаружено, что даже малыши знают об окружающем мире довольно много, причем это знание выходит за рамки конкретных сиюминутных ситуаций. Исследовательницы из Иллинойского университета Рене Байяржон (Renee Baillargeon) и Гарвардского университета Элизабет Спелке (Elizabeth S. Spelke) показали, что дети понимают такие основные физические закономерности, как направление движения, тяготение и противодействие. Так,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Интеллектуальные способности детей гораздо выше, чем долгое время считали психологи. Дети способны, например, представлять себе чувства другого человека и улавливать причинно-следственные отношения.

- Дети познают мир во многом так же, как ученые: они ставят над ним эксперименты, проводят статистический анализ и формируют гипотезы в соответствии с полученными результатами.

- Долгая беспомощность детей, возможно, представляет собой необходимую эволюционную плату за их удивительную способность к творчеству и научению.



СТАТИСТИК ЗА РАБОТОЙ

Дети обладают удивительными способностями к статистическому анализу. Уже в 18-месячном возрасте они замечают, что из ящика, содержащего преимущественно белые шарики для настольного тенниса, извлекают непропорционально большое количество красных шариков. Контрольные опыты, например, с обратным соотношением красных и белых шариков, позволяют исключить иные объяснения наподобие повышенного интереса к красным предметам. При сходном исследовании с зелеными и желтыми игрушками 20-месячные дети явно приходили к выводу о том, что если экспериментатор постоянно достает игрушки редкого цвета, то он этот цвет предпочитает, и именно такие игрушки следует ему давать. Таким образом, дети изучают мир во многом так же, как ученые: выявляют статистические закономерности и делают из них выводы.

они дольше смотрят на машинку, якобы проходящую через стену, чем на предметы и события, не выходящие за рамки повседневных физических закономерностей.

К трем-четырем годам малыши имеют элементарные представления о биологических закономерностях, например о росте, болезни и врожденных признаках. Это говорит о том, что дети судят о предметах не только по их отдельным внешним свойствам. Исследовательница из Мичиганского университета Сьюзен Гелман (Susan A. Gelman) выяснила, что у детей есть представления о некой «сущности» животных и растений, сохраняющейся даже при изменении внешнего вида последних.

Особое значение для ребенка имеют знания об окружающих людях. Как показал сотрудник Вашингтонского университета Эндрю Мелцов (Andrew N. Meltzoff), даже новорожденные выделяют людей из окружения и подражают их мимике.

В 1996 г. мы совместно с Бетти Репачоли (Betty Repacholi), в настоящее время работающей в Вашингтонском университете, показали, что уже в полтора года ребенок понимает, что у кого-то могут быть желания, отличные от его собственных. Одна из нас предъявляла 14-месячному и 18-месячному малышам блюдо с сырой капустой брокколи, с одной стороны, и с крекерами в виде рыбок – с другой, затем пробовала по одному предмету

из каждого блюда, мимически выражая либо отвращение, либо удовольствие. Затем исследовательница просила ребенка: «Дай, пожалуйста», и в ответ полуторагодовалые дети давали ей капусту, если она перед этим демонстрировала, что этот продукт ей нравится. При этом для себя дети брокколи никогда не выбирали. 14-месячные малыши всегда давали Репачоли крекеры. Таким образом, даже в полтора года ребенок не полностью эгоцентричен: он может понять чувства другого человека, хотя бы самые простые. К четырем годам дети еще тоньше понимают повседневную психологию окружающих. Они могут объяснить, например, что человек поступает неправильно, потому что неверно что-то понимает.

Итак, к концу XX в. стало ясно, что у детей есть сложное и абстрактное мышление, а учатся они гораздо быстрее, чем считалось ранее. Некоторые авторы даже высказывали точку зрения о том, что у малышей имеются обширные врожденные знания о свойствах людей и предметов. Одна из величайших загадок психологии и философии состоит в том, каким образом человеку удастся познать законы действительности, вычленив их из сонма воспринимаемых раздражителей. В последние десятилетия мы стали гораздо лучше понимать, почему дети учатся так быстро и правильно. Выяснилось, в частности, что у них чрезвычайно развита способность к выделению статистических закономерностей.

Детская статистика

В 1996 г. ученые из Рочестерского университета Дженни Сафран (Jenny R. Saffran), Ричард Эслин (Richard N. Aslin) и Элисса Ньюпорт (Elissa L. Newport) впервые выявили у детей способность к выделению статистических закономерностей при изучении реакций на фонемы. Они предъявляли восьмимесячным малышам запись последовательности слогов с определенной частотой сочетаемости: например, после слога «ро» в

трети случаев следовал «би», а после «би» всегда следовал «да». Затем исследователи демонстрировали другие записи, в одних из которых данная частота соблюдалась, в других – нарушалась. Оказалось, что дети дольше прислушивались к «неправильным» записям. Недавно было показано, что дети способны распознавать статистически закономерные последовательности музыкальных тонов, зрительных сценок и более абстрактных грамматических конструкций.

Более того, они воспринимают разницу между выборочной и генеральной совокупностями. В 2008 г. мой коллега из Калифорнийского университета в Беркли Фэй Сюй (Fei Xu) провел исследование, в котором предъявлял восьмимесячным малышам ящик с шариками для настольного тенниса, причем 80% шариков были белыми, а 20% – красными. Затем он якобы случайно доставал и показывал пять шариков. Дети казались более удивленными (смотрели дольше и упорнее) в случае, когда четыре шарика были красными, а один – белый (маловероятное событие), чем когда четыре шарика были белыми, а один – красный.

Выделение статистических закономерностей – лишь первый этап научного исследования. Оказалось, что дети, как и ученые, способны делать из таких закономерностей более глобальные выводы. В исследовании с участием 20-месячных малышей, подобном вышеописанному, вместо шариков для тенниса применяли игрушечных зеленых лягушат и желтых утят. Перед ребенком находился ящик, в котором преобладали лягушата, и стол, на котором лежали как лягушата, так и утята. Сотрудница, проводившая исследование, доставала из ящика пять игрушек, а затем просила ребенка дать ей лубую со стола. Если она доставала из ящика в основном лягушат, то малыш не отдавал предпочтение лягушонку либо утенку. Если же она доставала преимущественно утят, то и ребенок выбирал для

К концу XX в. стало ясно, что у детей есть сложное и абстрактное мышление, а учатся они гораздо быстрее, чем считалось ранее



ОБ АВТОРЕ

Элисон Гопник (Alison Gopnik) – профессор психологии и философии Калифорнийского университета в Беркли. Ей принадлежат первые работы по формированию у ребенка «теории разума» – способности понять, что у других людей тоже есть разум, и что их убеждения и желания могут отличаться от его собственных. С ее участием была разработана «теория теорий», согласно которой ребенок познает мир во многом так же, как естествоиспытатель. По мнению Гопник, исследование мозга ребенка поможет разрешить такие глубинные философские вопросы, как сущность сознания.

нее утенка. Это может объясняться тем, что ребенок считал, что ее выбор статистически маловероятен и что она выбирала игрушки не случайно, а предпочитала утят.

Нами было проведено исследование того, как дети экспериментируют над действительностью и используют статистические данные для установления причинно-следственных отношений. В результате оказалось, что мышление детей отнюдь не акаузально. Мы использовали устройство, названное нами бликет-детектор (бликет – несуществующее слово, обозначающее предмет с неизвестным ребенку названием) – автомат, начинающий светиться и играть музыку, когда на него ставили только определенные предметы. Наблюдая за игрой ребенка с этим устройством, можно было изучать процесс распознавания причинно-следственных отношений – а именно того, какие предметы запускают работу автомата.

В 2007 г. мы с Тамар Кушнир (Tamar Kushnir) из Корнеллского университета обнаружили, что дошкольники способны на основании анализа вероятностей делать вывод о работе бликет-детектора. С этой целью мы повторно помещали на устройство два кубика. При использовании желтого кубика бликет-детектор включался в двух случаях из трех, а при использовании синего – лишь в двух случаях из шести. Затем мы давали кубики ребенку и предлагали ему включить бликет-детектор. При этом, хотя дети еще не умели ни складывать, ни вычитать, они чаще выбирали «высоковоероятный» желтый кубик.

Дети делали верный выбор и в том случае, когда мы не ставили кубик на поверхность бликет-детектора, а лишь проводили кубиком в воздухе над его поверхностью. В начале эксперимента дети, по их собственным словам, не считали, что такое действие на расстоянии может привести к включению автомата. Значит, анализ вероятностей привел их к познанию новых и неожиданных закономерностей.

Мы совместно с Лаурой Шульц (Laura Schulz) из Массачусетского технологического института предъявляли четырехлетним детям игрушку с одним тумблером и двумя шестеренками – синей и желтой. При включении тумблера шестеренки начинали вращаться. Работу несложного устройства можно было объяснить по-разному: шестеренки могли включаться одновременно и независимо, либо сначала запускалась синяя шестеренка, которая вращала желтую, либо наоборот. Далее мы давали детям картинки с иллюстрацией всех способов – например, как желтая шестеренка проворачивает синюю и т.п. Затем мы предъявляли им игрушки, работавшие тем или иным способом, и предоставляли довольно сложные данные об их устройстве. Так, ребенок мог видеть, что после удаления синей шестеренки желтая при включении тумблера вращается, но после удаления желтой включение тумблера ни к чему не приводит. После этого мы предлагали малышу выбрать картинку, соответствующую устройству игрушки. Оказалось, что четырехлетние дети удивительно успешно справляются с такой задачей. Более того, если им отдавали игрушку в руки, то они орудовали с шестеренками именно таким образом, который помогал им понять ее устройство, как если бы они сознательно экспериментировали с ней.

В другом исследовании Шульц использовала устройство, состоящее из двух рычажков и выскакивающих при нажатии на них утенка и куклы. Одной группе дошкольников показывали, какая игрушка появляется при нажатии на тот или иной рычажок, а второй – только как обе игрушки выскакивают при нажатии на оба рычажка. Затем устройство отдавали малышам. Оказалось, что дети из первой группы играли с ним гораздо меньше: они уже знали, как оно работает, и им было не так интересно его изучать. Напротив, для детей из второй группы оно оставалось загадочным, они активно играли с ним и вскоре выясняли закономерности его работы.

Таким образом, стремление детей «все хватать» служит для них не просто игрой, но способом познания причинно-следственных отношений и экспериментирования над действительностью – лучшим средством для ее изучения.

Мозг ребенка как компьютер

Совершенно очевидно, что дети, в отличие от ученых, ставят свои опыты и анализируют статистические данные не сознательно. В то же время мозг ребенка каким-то образом решает те же задачи, что и мозг исследователя. Один из центральных тезисов когнитивных наук состоит в том, что мозг – это компьютер, созданный эволюцией и запрограммированный практикой.

Для того чтобы понять удивительную способность к научению, свойственную мозгу исследователя (и ребенка) специалисты в области кибернетики и нейронаук стали применять математический аппарат теории вероятностей. На его основе появился совершенно новый подход к созданию самообучающихся компьютерных программ – так называемых байесовых сетей. Такие программы способны решать сложные задачи по экспрессии генов или климатическим изменениям. Данный подход породил также новые представления о кибернетических принципах работы детского мозга.

Вероятностные модели детского мышления построены на двух основных принципах. Во-первых, в них применяется математический подход к описанию гипотез, формируемых мозгом ребенка в отношении предметов, людей или слов. Так, можно представить причинно-следственные отношения в виде плоскости, где, например, точки «нажатие на синий рычажок» и «появление утенка» связаны неким вектором. Во-вторых, гипотезы описываются как вероятности развития тех или иных событий. Собственно, именно так и обстоит дело при научном исследовании: ученый ставит эксперименты, проводит статистический



анализ, и те гипотезы, в которые лучше всего укладываются полученные данные, считаются наиболее вероятными. По моему мнению, мозг ребенка проверяет гипотезы о закономерностях окружающей действительности таким же образом. Детское мышление сложное, тонкое и не может объясняться простым набором ассоциаций или правил.

Более того, дети, неосознанно использующие принципы байесовского анализа, нередко лучше взрослых справляются с пониманием маловероятных событий. В исследовании, результаты которого будут представлены на конференции в этом году, мы предъявляли четырехлетним детям и взрослым бли-

кет-детектор, работающий необычным способом: для включения надо было поставить на него два кубика. Дети распознали эту особенность быстрее: видимо, взрослые чрезмерно ориентировались на уже сформировавшиеся представления о «правильной» работе устройства, хотя все факты говорили о том, что в данный момент оно функционирует по-другому.

В другом недавно проведенном исследовании мы обнаружили, что если дети считают себя уже обученными, то процесс их подсознательного статистического анализа изменяется, и их мышление становится менее творческим. Четырехлетним малышам показы-

Дети дольше смотрят на новые или неожиданные предметы и события, и эту особенность можно использовать для изучения ожиданий ребенка

ВРОЖДЕННЫЕ ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛИ

Четырехлетние дети способны делать из наблюдений выводы о причинно-следственных отношениях, например о том, что одна шестеренка специального приборчика приводит в движение другую (внизу). Играя с таким приборчиком, они часто ставили правильные эксперименты и делали правильные выводы. В исследованиях с «кликет-детектором» – устройством, начинающим светиться и играть музыку, когда на него ставят только определенные предметы, было выявлено, что четырехлетние дети успешно используют статистический анализ для изучения работы этого устройства, даже если оно функционирует в нестандартном режиме. В последнем случае они даже превосходили взрослых, так как их мышление было более свободным

вали музыкальную игрушку, для включения которой надо было выполнить определенную последовательность действий (например, потянуть за ручку, затем сдвинуть грушу). Некоторым ребятам экспериментатор говорил: «Я не знаю, как игрушка работает – давай попробуем выяснить», и затем производил различные длинные последовательности действий, одни из которых заканчивались короткой последовательностью, запускающей игрушку, другие – нет. Когда после этого детей просили включить музыку, они сразу пробовали воспроизвести правильную короткую последовательность, избегая ненужных по данным статистического анализа действий.

Другим детям экспериментатор говорил, что научит их обращаться с игрушкой, показывая правильные и неправильные последовательности действий, и затем производил те же манипуляции, что и в первом случае. После этого дети ни разу не пробовали сразу начать с правильной короткой последовательности, но воспроизводили все действия эксперимен-

татора. Однако это еще не означает, что они игнорировали результаты статистического анализа. Их поведение хорошо описывается байесовской моделью, в которой предполагается, что учитель всегда выбирает наиболее правильные последовательности. Иными словами, если бы экспериментатор точно знал, как надо поступать, он не производил бы лишних действий.

Эволюция и нейрофизиология

Если мозг – это действительно компьютер, созданный эволюцией, то возникает вопрос об эволюционной целесообразности и нейрофизиологических механизмах удивительных способностей к научению у маленьких детей. Последние данные в области биологии вполне согласуются с результатами наших психологических исследований.

Один из самых волнующих вопросов с эволюционной точки зрения касается долгого периода взросления у человека. Наше детство длится гораздо дольше, чем у представителей какого-либо другого вида. В чем смысл такого дли-



тельного периода беспомощности, в течение которого без постоянной заботы, отнимающей у родителей огромное количество сил и времени, детеныш обречен на гибель?

В животном мире есть закономерность: чем выше уровень интеллекта и сложнее поведение взрослых особей, тем беспомощнее детеныши. У выводковых птиц (например, кур) птенцы рождаются с готовыми программами поведения, приспособленными к определенной экологической нише, и поэтому созревают очень быстро. Напротив, у птенцовых птиц птенцы нуждаются не только во вскармливании, но и в обучении. Вороны, например, способны сделать из нового для них предмета (например, куска проволоки) полезный инструмент, и их птенцы зависят от родительской опеки гораздо дольше.

Научение имеет перед врожденным поведением множество преимуществ, однако пока зрелые формы поведения не сформировались, детеныш беспомощен. Эволюция вышла из этого положения с помощью разделения труда между взрослыми и незрелыми особями. Детеныши находятся под постоянной защитой, им не надо ни о чем заботиться, и они могут все свое время тратить на научение. Когда же они вырастают, они используют полученные знания для выживания, воспроизводства и выращивания следующего поколения. Можно сказать, что дети созданы для научения.

В последнее время стали появляться нейрофизиологические данные о механизмах столь высокой способности детей к научению. Мозг ребенка обладает большей пластичностью, чем у взрослого. У ребенка гораздо больше межнейронных связей. Вначале они не очень прочны, но со временем неиспользуемые связи устраняются, а полезные укрепляются. Кроме того, в мозге ребенка выше содержание веществ, способствующих изменениям нервных связей.

Важнейшая отличительная особенность человека – развитая пре-

фронтальная кора. Именно она определяет такие особенности взрослого мышления, как сосредоточение, планирование действий и их эффективное выполнение, и ее функционирование зависит от долгого процесса обучения в детстве. Неудивительно, что префронтальная кора созревает особенно долго – вплоть до 20–30 лет.

Отсутствие у детей контроля со стороны префронтальной коры может показаться большим недостатком, но на самом деле оно может быть не менее большим преимуществом. Префронтальная кора затормаживает неправильные мысли и действия, но именно отсутствие такого торможения позволяет детям свободно изучать мир. Для поведения существует своего рода компромисс между творческим познанием и гибким научением, характерными для ребенка, и способностью эффективно планировать и осуществлять целенаправленную деятельность, свойственной взрослому. Качества, необходимые для такого планирования (например, быстрая автоматическая сортировка информации и высокоспециализированные межнейронные связи), могут быть прямо противоположны свойствам, обеспечивающим научение (например, пластичности).

Итак, в последние десятилетия стала вырисовываться новая картина сущности ребенка и человека вообще. Дети оказались не просто «незаконченными взрослыми», но существами, самой эволюцией предназначенными для творчества, научения и поиска. Эти качества, столь характерные для человека, особенно ярко проявляются в раннем детстве. Величайшие достижения человечества стали возможными потому, что когда-то мы были маленькими и беспомощными, а не вопреки этому. Без детства не будет и человека. ■

Перевод: Н.Н. Алипов

Дети оказались не просто «незаконченными взрослыми», но существами, самой эволюцией предназначенными для творчества, научения и поиска

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Scientist in the Crib: Minds, Brains, and How Children Learn. Alison Gopnik, Andrew N. Meltzoff and Patricia K. Kuhl. William Morrow and Company, 1999.
- Bayesian Networks, Bayesian Learning and Cognitive Development. Special section in Developmental Science, Vol. 10, No. 3, pages 281-364; May 2007.
- Causal Learning: Psychology, Philosophy, and Computation. Edited by Alison Gopnik and Laura Schulz. Oxford University Press, 2007.
- The Philosophical Baby: What Children's Minds Tell Us about Truth, Love, and the Meaning of Life. Alison Gopnik, Farrar, Straus and Giroux, 2009.

Страница Элисон Гопник в Интернете:
www.alisongopnik.com

Выбросы CO₂ в атмосферу увеличивают кислотность воды в Мировом океане, угрожая жизнедеятельности различных видов морских организмов – от планктона до кальмаров.

УГРОЗА ЖИЗНИ

Карл Сафина и Мара Хардт
Фотографии Джейми Чжуна



В ОКЕАНЕ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

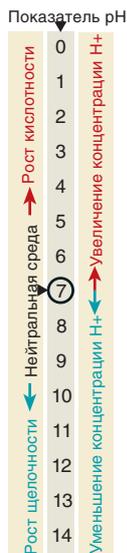
- Поглощение Мировым океаном двуокси углерода из атмосферы сопровождается снижением pH (подкислением) морской воды.
- Научные эксперименты показывают, что усилия веслоногих ракообразных, брюхоногих моллюсков, морских ежей и офиур, прилагаемые для сохранения баланса pH в организме, ухудшают их рост и размножение. Многие виды едва ли смогут генетически адаптироваться к изменяющимся условиям из-за чрезмерной быстроты этого процесса.
- Вымирание видов может вызвать нарушение морской пищевой цепи; чтобы остановить процесс подкисления океана, требуется вмешательство человека.

«Малоподвижные сперматозоиды – вот в чем проблема, – произнес Джонатан Хэвенхэнд (Jonathan Havenhand), британский акцент которого подчеркивал серьезность положения. – Это означает меньшее количество оплодотворенных яиц, что приведет к сокращению потомства и всей популяции». Мы ехали с ним на такси вдоль изумительно красивого северного побережья Испании, направляясь на международный симпозиум, темой которого было воздействие изменения климата и избыточного содержания в атмосфере двуокиси углерода (CO₂) на Мировой океан. Мы как ученые были обеспокоены еще не до конца изученными последствиями влияния меняющегося химического состава воды океана на клетки, ткани и органы различных видов морских организмов. В лабораторных экспериментах, проводившихся в Гетеборгском университете (Швеция), Хэвенхэнд показал, что такие изменения могут

серьезно помешать самой главной стратегии выживания организмов – их сексуальной активности. Подкисление (окисление) Мирового океана – результат того, что избыточное количество двуокиси углерода, вступая в реакцию с морской водой, образует угольную кислоту, – уже получило название «другая проблема CO₂». С увеличением кислотности морской воды у кораллов и животных типа двустворчатых моллюсков и мидий возникают трудности с формированием скелета и раковин. Что еще более тревожно, кислотность воды может воздействовать на основные функции организма всех морских животных независимо от наличия у них раковин. Негативно воздействуя на такие фундаментальные процессы, как развитие и размножение, подкисление океана угрожает не только здоровью, но и выживанию многих видов животных. У нас почти не осталось времени на то, чтобы остановить процесс, прежде чем будет нанесен непоправимый

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ (PH)

pH раствора определяется концентрацией в нем ионов водорода (H+). Показатель 7,0 обозначает нейтральную среду, меньший – кислотную, больший – щелочную. «Подкисление» означает уменьшение этого показателя в любой точке шкалы



КИСЛОТНОСТЬ ОКЕАНА

Океан состоит из относительно стабильных слоев с уникальным сочетанием солености и температуры воды (слева). Наверху солнечный свет улавливается планктоном (основа пищевой цепи), который питает все морские организмы, включая перемещающихся между слоями веслоногих ракообразных (копеподов) и животных в более глубоких слоях (в центре слева). Повышение концентрации CO₂ в атмосфере увеличивает кислотность морской воды (в центре справа) – это происходит уже сегодня (дальше справа). Судя по научным экспериментам, такие изменения наносят вред морским организмам на самых разных глубинах

ЗОНА СОЛНЕЧНОГО СВЕТА

200 м

СУМЕРЕЧНАЯ ЗОНА

1 тыс. м

СЛОИ ВОДЫ

Снизив pH в поверхностном (освещаемом солнцем) слое воды, атмосферный CO₂ распространяется по следующим слоям, плавно и умеренно снижая pH дальше. Впрочем, морские обитатели глубинных слоев гораздо более чувствительны к малейшим изменениям. разных глубинах

ЗОНА ПОЛНОЙ ТЕМНОТЫ

АБИССАЛЬ

4 тыс. м



ПИЩЕВАЯ ЦЕПЬ

Каждую ночь множество крошечных веслоногих ракообразных (копеподов) поднимаются к поверхностному слою воды, где они питаются еще более мелким зоопланктоном. К рассвету они опускаются, становясь пищей для глубинных видов. Изменение pH может сказаться на их выживании, нарушив пищевую цепь разных глубинах.

JEN CHRISTIANSEN (right panel). SOURCE: "DIRECT OBSERVATIONS OF BASIN-WIDE ACIDIFICATION OF THE NORTH PACIFIC OCEAN," BY ROBERT H. BYRNE ET AL., IN GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 37, L02601, JANUARY 20, 2010

ущерб пищевой цепи, от которой зависят живые существа всех морей и океанов мира, да и сами люди.

Быстрое изменение морской среды

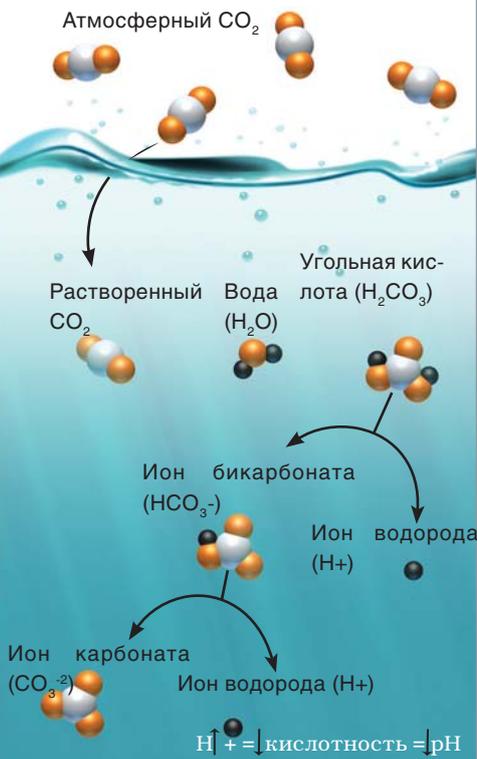
Взаимодействие Мирового океана с CO₂ сглаживает некоторые климатические эффекты присутствия этого газа. Концентрация двуокиси углерода в атмосфере Земли составляет сегодня почти 390 м.д. (м.д. – миллионная доля, количество частиц на миллион), однако этот показатель мог быть еще выше, если бы все океаны мира не поглощали ежедневно до 30 млн т

CO₂. Мировой океан абсорбировал в общей сложности примерно 1/3 всего объема углекислого газа, выделенного в процессе человеческой деятельности. Как установил Роберт Берн (Robert H. Byrne) из Университета Южной Флориды, за последние 15 лет кислотность верхнего стометрового слоя Тихого океана вдоль линии между Гавайскими островами и Аляской возросла на 6%. При этом с начала промышленной революции среднее значение pH (водородного показателя) поверхностного слоя океана снизилось по всей планете на 0,12, составив примерно 8,1.

Сопоставимые с нынешними изменения pH погубили в прошлом почти всю морскую флору и фауну

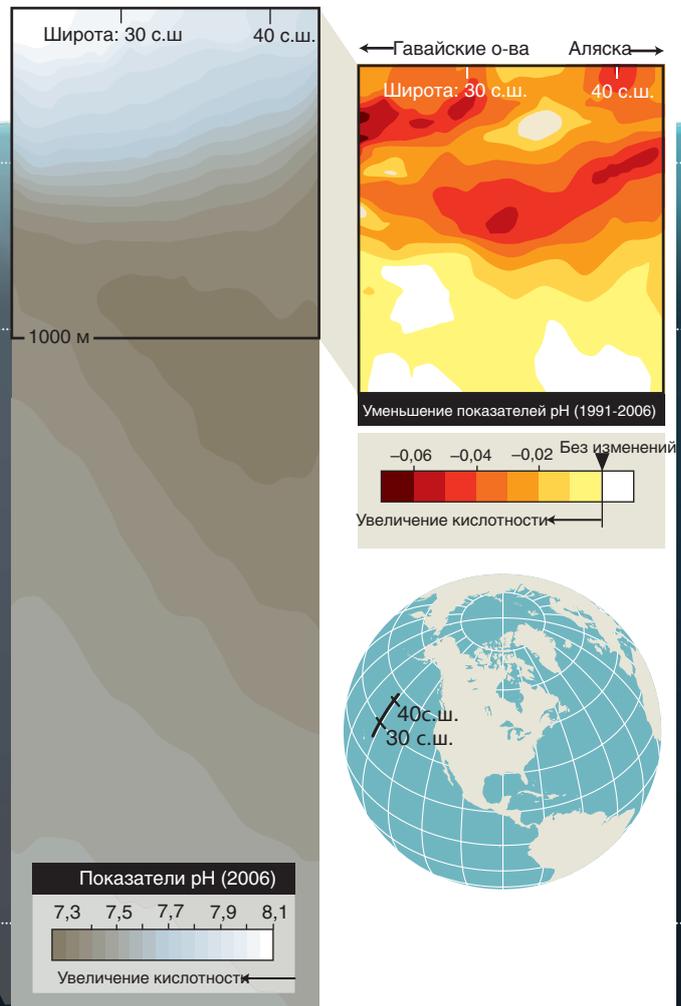
ОБРАЗОВАНИЕ КИСЛОТЫ

Присутствующие в воздухе молекулы двуокиси углерода поглощаются поверхностью морской воды, после чего CO₂ вступает в реакцию с водой (H₂O) и образует угольную кислоту (H₂CO₃). Большая часть этой слабой кислоты разлагается на ионы водорода (H+) и ионы бикарбоната (HCO₃⁻). Последний также частично разлагается, образуя дополнительное количество H+. Увеличение количества ионов водорода снижает pH



ПОСТЕПЕННОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ

Замеры состояния поверхностного слоя Тихого океана (вверху) во время экспедиций Университета Южной Флориды вдоль линии от Гавайских островов до Аляски показали, что за 15 лет pH снизился примерно на 6%. Странно, но наиболее высокий pH фиксируется обычно у поверхности (слева) из-за смешивания различных ионов. До глубины около 3 тыс. м этот показатель снижается, а далее остается почти неизменным



С учетом последствий показатели выбросов CO_2 должны ограничить снижение pH в следующие 100 лет не более чем на 0,1

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ИОНОВ ВОДОРОДА

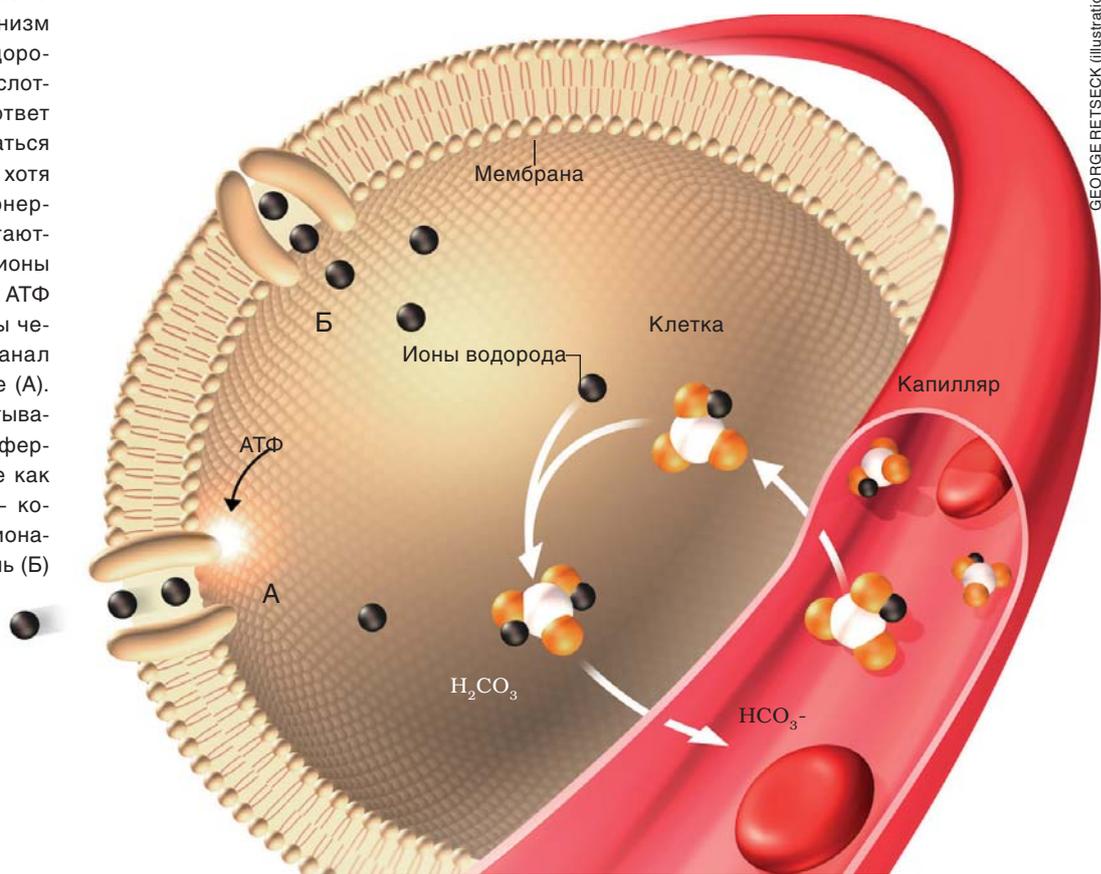
Следствием насыщения морской воды CO_2 становится увеличение объема поступающих в организм животных ионов водорода, от чего растёт кислотность их тканей. В ответ ими могут использоваться разные меры защиты, хотя все они забирают энергию. Так, клетки пытаются откачать лишние ионы H^+ : энергия молекулы АТФ проталкивает эти ионы через односторонний канал (А). Или организм вырабатывает дополнительные буферные молекулы – такие как бикарбонат (HCO_3^-) – которые связываются с ионами H^+ и уносят их прочь (Б).

Такое изменение может показаться не слишком значительным, однако, если учитывать логарифмическую шкалу pH, речь идет о возрастании кислотности океанской воды на 30%. Различные значения pH отражают концентрацию ионов водорода (H^+) в растворе. Показатель 7,0 означает нейтральную среду; его уменьшение говорит о росте кислотности, а его увеличение – о росте щелочности. Хотя упомянутый показатель 8,1 соответствует слабой щелочности, тенденция к его снижению говорит о происходящем подкислении воды. Морские растения и животные не испытывали столь резкого сдвига уже миллионы лет. По данным палеонтологических исследований, сопоставимые изменения сопровождались в прошлом повсеместной гибелью морской флоры и фауны. Причиной крупнейшего массового вымирания стали, по видимому, сильные извержения вулканов и выбросы метана около 250 млн лет назад, которые по меньшей мере вдвое увеличили содержание CO_2 в атмосфере. Тогда погибло более 90% видов морских организмов. Полностью изменившийся океан с относительно не-

большим числом видов оставался таким в течение 4–5 млн лет.

По оценкам исследователей, при сохранении нынешних объемов выбросов парниковых газов к 2050 г. концентрация CO_2 в атмосфере достигнет 500 м.д., а к 2100 г. – 800 м.д. Водородный показатель pH верхнего слоя океана может уменьшиться до 7,8–7,7, что означает увеличение кислотности воды на 150% по сравнению с доиндустриальным периодом.

Большинство людей представляют себе Мировой океан как гигантский водоем. Однако он более походит на слоеный пирог, где каждый слой образован уникальным сочетанием солености и температуры воды. Самый теплый и пресный слой продолжается от поверхности до глубины 50–200 м, иногда дальше. Обилие кислорода и солнечного света обеспечивает существование основы пищевой цепи – одноклеточного фитопланктона, который, как и все растения, использует солнечную энергию для синтеза сахара. Фитопланктоном питается зоопланктон – крошечные животные от мельчайших ракообразных до личинок гигантских рыб. Зоопланктон поедает неболь-



GEORGE RETSECK (illustration): "NEAR-FUTURE LEVEL OF CO₂-DRIVEN OCEAN ACIDIFICATION RADICALLY AFFECTS LARVAL SURVIVAL AND DEVELOPMENT IN THE BRITTLESTAR, OPHIOTHRIX FRAGILIS," BY SAMUEL DUPONT ET AL., IN MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES, VOL. 373; 2008 (brittlestar); ROBERT SUTTON University of Plymouth (eggs)

JEN CHRISTIANSEN (graphs); SOURCES: "DIRECT EFFECTS OF CO₂ CONCENTRATION ON GROWTH AND ISOTOPIC COMPOSITION OF MARINE PLANKTON" BY

шие рыбы, которые идут в пищу более крупным животным, и т.д.

Ветры способствуют перемешиванию поверхностных и более глубоких слоев воды. В результате кислород попадает на глубину, а питательные вещества – вверх. Однако перенос питательных веществ между поверхностью и дном океана происходит также за счет перемещения морских животных - как живых, так и мертвых. Представители обширного класса крошечных веслоногих ракообразных под названием копеподы ежедневно с наступлением темноты поднимаются из средних и даже глубоких слоев воды на поверхность в поисках пищи, образовавшейся за день под лучами солнца. Их в свою очередь преследуют многие рыбы и десятиногие головоногие моллюски, тогда как обитатели больших глубин терпеливо дожидаются внизу своей доли в виде падающих сверху остатков чужой трапезы. Поднимаясь и опускаясь, морские организмы прохо-

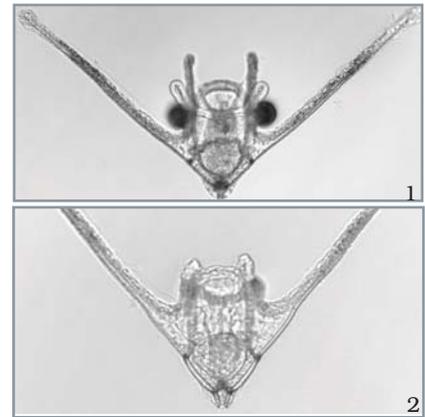
дят через слои с различными значениями pH. Подкисление океана, меняющее соответствующие значения водородного показателя, может нанести вред всем этим организмам.

Внутренние проблемы

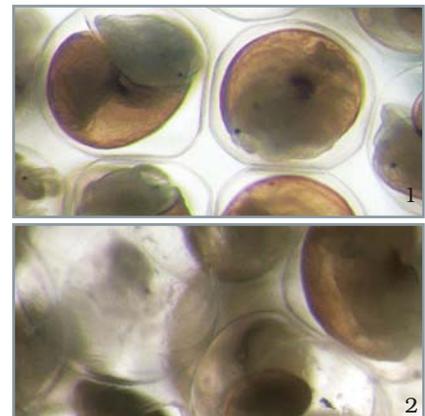
Что касается морских животных, то более кислая среда может вынудить каждого из них расходовать больше энергии на восстановление и поддержание собственного внутреннего кислотно-щелочного равновесия в ущерб таким важным биологическим процессам, как развитие и размножение.

Даже небольшое увеличение концентрации CO₂ в морской воде может спровоцировать быструю диффузию этого газа в организм животных с водным типом дыхания. Диоксид углерода вступает в реакцию с внутренними жидкостями, увеличивая их кислотность и образуя ионы водорода. Для компенсации внутреннего pH различные виды животных используют все-

ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА



ФЕРТИЛЬНОСТЬ



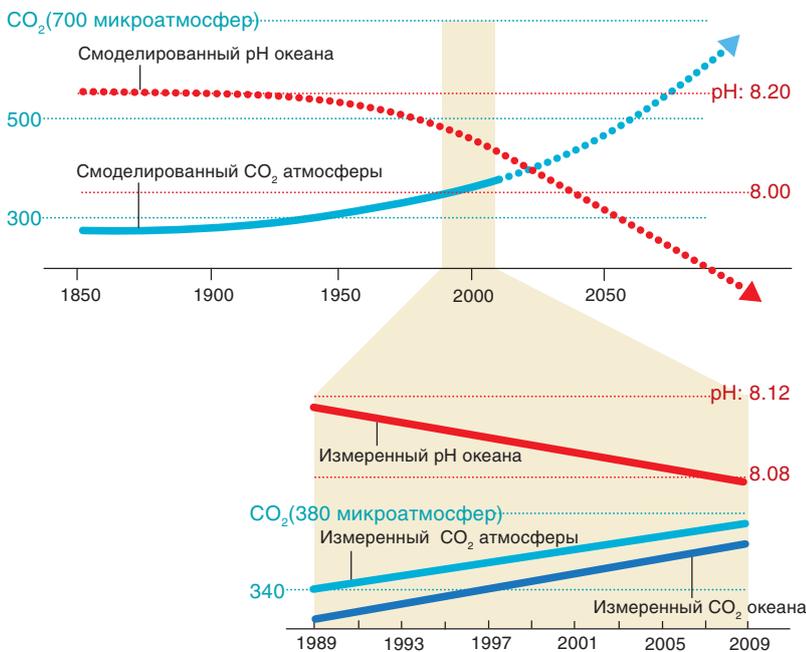
1. Нормальные условия
2. Повышенная кислотность

ПОВРЕЖДЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

Как показывают лабораторные эксперименты, в воде с повышенной кислотностью нарушается развитие и размножение морских животных. Личинки офиур, прожившие восемь дней в воде с pH 8,1 (обычной для сегодняшнего океана), вполне развиты и симметричны (вверху, 1), тогда как после пребывания в воде с pH 7,7 они деформированы (вверху, 2), и ни одна не достигла полного развития.

Все икринки моллюска, оплодотворенные и 18 дней оставшиеся в воде с pH 8,05, содержат эмбрионы и раковины (внизу, 1); после воды с pH 7,6 (внизу, 2) некоторые икринки пусты, а у части эмбрионов – недоразвитые раковины

СОПОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И ИЗМЕРЕНИЙ В ТИХОМ ОКЕАНЕ



Прогнозы pH океана в климатических моделях (вверху) соотносятся с результатами измерений, сделанных станцией наблюдений Гавайского университета в центре северной части Тихого океана (внизу). Это показывает, что при продолжении роста концентрации CO₂ в атмосфере произойдет значительное снижение pH

JEN CHRISTIANSEN (graphs); SOURCES: "DIRECT EFFECTS OF CO₂ CONCENTRATION ON GROWTH AND ISOTOPIC COMPOSITION OF MARINE PLANKTON," BY DIETER A. WOLF-GLADROW ET AL., IN TELLUS SERIES B-CHEMICAL AND PHYSICAL METEOROLOGY, VOL. 51, NO. 2, 2002, AND "PHYSICAL AND BIOGEOCHEMICAL MODULATION OF OCEAN ACIDIFICATION IN THE CENTRAL NORTH PACIFIC," BY JOHNE. DORE ET AL., IN PNAS, VOL. 106, NO. 30, JULY 28, 2009

возможные механизмы. В их числе образование отрицательно заряженных ионов бикарбоната, которые поглощают ионы водорода, компенсируя их действие; закачивание ионов в клетки или их откачивание из клеток и межклеточного пространства; замедление обмена веществ, позволяющее уменьшить поглощение ионов водорода и пережить период высокой их концентрации. Впрочем, ни один из этих механизмов не поможет справиться с ситуацией в случае продолжительного падения показателя pH. Пока организм отчаянно борется, чтобы восстановить свой кислотно-щелочной баланс, он теряет энергию. При этом могут страдать такие его жизненно важные функции, как синтез белка и поддержание сильной иммунной системы.

Большинство видов морских животных располагают каким-то количеством буферных молекул. Рыбы и другие активные виды накапливают их с тем, чтобы компенсировать временные снижения pH в результате длительного активного плавания. При столь большом напряжении сил мышцы животного переходят на анаэробный (бескислородный) обмен веществ, когда потребление АТФ (аденозинтрифосфата), главной энергетической молекулы, происходит более быстро, что вызывает накопление дополнительного количества ионов водорода. Впрочем, лишь немногие виды способны обеспечить себя необходимым объемом средств компенсации на достаточно продолжительный период. Если небольшие изменения pH происходят постепенно, на протяжении десятков тысяч лет, тот или иной вид успевает как-то приспособиться - например, путем сохранения случайных мутаций, обеспечивающих выработку большего числа буферных молекул. Но в случае когда перемены происходят практически мгновенно, за сто лет или менее, многие виды адаптироваться к ним не в состоянии. В условиях лаборатории ими-

тация подобных изменений в течение нескольких недель неизменно приводила к летальному исходу.

В прошедшие эпохи повышение концентрации CO₂ в атмосфере плохо сказывалось на видах с низкими компенсационными возможностями. Уменьшение показателя pH может принести особый вред глубоководным видам морских организмов, мало приспособленным для адаптации к изменениям. Поэтому вызывает беспокойство предлагаемая сегодня методика борьбы с изменением климата путем закачивания в морские глубины больших объемов CO₂. Такими действиями можно destabilизировать среду обитания огромного числа морских жителей.

Плохие рост и размножение

Последствия подкисления океана могут проявляться у морских организмов в зависимости от стадии их развития в виде самых разных внутренних эффектов. Все новые результаты исследований указывают на разнообразные возможные проблемы.

Так, может быть затронута даже самая первая «искра жизни» - оплодотворение. В лаборатории исследователи имитировали подкисление, пропуская пузырьки углекислого газа через морскую воду в баках. Как рассказал Хэвенхэнд во время той нашей поездки на такси, после снижения экспериментаторами pH морской воды на 0,4 (до уровня, прогнозируемого к 2100 г.), подвижность сперматозоидов австралийского морского ежа *Heliocidaris erythrogramma* уменьшилась на 16%, а скорость его перемещения - на 12%. Показатель успешного оплодотворения в свою очередь сократился на 25%. В природных условиях подобное сокращение могло бы со временем привести к значительному снижению численности взрослых особей. Хотя самцы и самки морских ежей выделяют миллионы сперматозоидов и яиц, сама сперма недолго сохраняет свою жизнеспособность, поэтому на поиски и успешное опло-

дотворение яйца остается всего лишь несколько минут. В большом и беспокойном океане малоподвижные сперматозоиды могут так никогда и не решить свою задачу.

У некоторых других видов подкисление океана вызывает нарушения на ранних личиночных стадиях. Исследователь Сэмюэл Дюпон (Samuel Dupont), работавший в лаборатории Гетеборгского университета вместе с Хэвенхэндом, поместил личинок офиур (родственников обыкновенной морской звезды) в морскую воду с pH, сниженным на 0,2-0,4. Многие личинки развивались с нарушениями, и из их числа лишь 0,1% прожили более восьми дней. В другом исследовании в воде с уменьшенным pH из икры морского брюхоногого моллюска *Littorina obtusata* выходило меньше молодежи, а появившиеся на свет особи двигались меньше и медленнее, чем в норме.

В природе морским организмам обычно не приходится испытывать резкого снижения pH на 0,2-0,4. Вероятно, некоторым видам удалось бы постепенно привыкнуть к таким новым условиям. Для остальных воздействие даже слабого подкисления воды имеет роковые последствия. Так, исследователи полагают, что именно этот фактор стал недавно причиной гибели личинок устриц вдоль побережья штата Орегон, вынудив владельцев устричных ферм бросить все силы на сбор достаточного количества устричной молодежи для сохранения своего бизнеса.

От подкисления страдают и взрослые особи - особенно когда речь идет об их развитии. Как установили в 2005 г. исследователи Киотского университета (Япония), увеличение концентрации двуокси углерода в воздухе до 599 м.д. (соответствующих показателей они достигли, прокачивая в течение шести месяцев CO₂ через морскую воду) приводит к замедлению темпов роста морских ежей *Hemicentrotus pulcherrimus* и *Echinometra mathaei*, а также брюхоногого моллюска *Strombus*

luhuanus. Из-за замедленного развития морские организмы дольше сохраняют небольшие размеры, что потенциально снижает их репродуктивные возможности и делает более легкой добычей для хищников. Согласно прогнозам, концентрация CO₂ в земной атмосфере в ближайшие 40-50 лет увеличится на 200 м.д.

Подкисление влияет на усвоение некоторыми видами фитопланктона такого необходимого для развития микроэлемента, как железо. По данным исследователей Принстонского университета, снижение pH на 0,3 привело бы к снижению поглощения железа на 10-20%. Фитопланктон – не только важное звено пищевой цепи, он также источник огромных объемов кислорода, которым мы дышим.

В других экспериментах у обитающих в природе в донных отложениях офиур *Amphiura filiformis* при пониженном pH вырастали более длинные конечности (лучи), но значительно уменьшалась мышечная масса. Сильные конечности нужны офиурам для добычи корма, закапывания в грунт и спасения от хищников. В свою очередь у обыкновенной мидии снижение pH на 0,3-0,5 вызвало через месяц подавление иммунного ответа. Ухудшение показателей силы, роста, иммунитета и размножения может привести к долговременному сокращению популяции морских организмов – большая неприятность не только для них самих, но и для многих других биологических видов (в том числе человека), которым эти организмы обеспечивают пищу и даже среду обитания. Например, морские ежи в процессе питания очищают и помогают сохранять в здоровом состоянии коралловые рифы и леса водорослей. Офиуры, перемещаясь, перемешивают донные отложения, делают их пригодным для жизни различных других видов.

Для некоторых морских обитателей подкисление воды океана может попросту означать конец существования. Когда пробу зо-

опланктона из веслоногих ракообразных *Paraeuchaeta elongata*, встречающихся у побережья штата Калифорния, поместили в воду с pH на 0,2 ниже нормального уровня, в течение недели половина этих организмов погибла. Между тем промысловые породы рыбы – от тунца до лосося и морского окуня – зависят от определенного вида зоопланктона, поскольку именно им питаются те, на кого охотятся они сами.

Некоторые виды рыб (такие как пятнистая зубатка *Anarchichas minor*) показали в лаборатории удивительную выносливость, поскольку располагали относительно большим запасом средств компенсации и могли хранить в своих тканях кислородный резерв – очень полезная особенность с учетом того, что ионы водорода (H⁺) препятствуют крови забирать кислород из воды. Впрочем, даже легко приспособляющиеся рыбы изо всех сил борются за выживание, если уменьшается их кормовая база. Другие виды организмов гораздо менее подготовлены к трудностям. Например, у весьма активных кальмаров нет запасов кислорода – они используют все, чем располагают в данный момент. Уменьшение содержания кислорода в крови ограничило бы их способность охотиться, избегать хищников и находить партнеров для спаривания. Снижение pH всего лишь на 0,15 могло бы нанести значительный ущерб популяции коммерчески важного кальмара *Illex illecebrosus*.

Результаты лабораторных и полевых исследований говорят о том, что подкисление Мирового океана вынуждает сегодня морских животных активнее бороться за выживание, преодолевая еще и ряд других вызванных человеком стресс-факторов – таких как потепление океанских вод, загрязнение морской среды и чрезмерный промысел.

Адаптация к кислотности?

Лабораторные эксперименты продолжаются недели и ме-



ДАнные для будущего

В декабре 2009 г. Океанографический институт им. Скриппса разместил в Тихом океане буи с датчиками, фиксирующими концентрацию двуокиси углерода и pH. Эти данные будут предоставляться исследовательским проектам California Current Ecosystem и помогут улучшить прогнозирование подкисления океана



ОБ АВТОРАХ

Карл Сафина (Carl Safina) – президент-основатель Института океана и адъюнкт-профессор Университета Стони-Брук. Член Фонда Макартуров, автор ряда книг о природе. В этом году выйдет очередная его книга *The View from Lazy Point: A Natural Year in an Unnatural World* («Вид из Лэйзи-Пойнт: обычный год в необычном мире»).
Мара Хардт (Marah J. Hardt) – создатель проекта OceanInk, ученый-исследователь, писатель и консультант; живет на острове Гавайи. По образованию эколог коралловых рифов, прежде сотрудник Института океана в Колд-Спринг-Харборе (штат Нью-Йорк). Работает над решением самых разных проблем – от глобального перелома рыбы до сохранения пресной воды.

сяцы. Изменение климата происходит за десятки и сотни лет.

В принципе, некоторые биологические виды могли бы адаптироваться к будущим изменениям, особенно если у них короткий репродуктивный цикл. Каждый раз при размножении животного существует вероятность генных мутаций у его потомства, помогающих каждому следующему поколению приспособиться к новым условиям. Однако 90 лет – прогнозируемый срок снижения pH океана на 0,3-0,5 – это слишком мало для генетической адаптации относительно медленно размножающихся видов, которые, вероятно, будут испытывать напряжение из-за снижения pH на 30%. Вымирание видов часто бывает результатом постепенного сокращения популяции на протяжении столетий или около того; к вымиранию вида менее чем за 100 лет может привести снижение численности поколения всего лишь на 1%.

Тревогу вызывает то обстоятельство, что зафиксированное сегодня снижение pH океана и соответствующие прогнозируемые показатели при нынешних объемах выбросов углекислого газа в 100 раз превосходят по скорости любые подобные изменения за предыдущие миллионы лет. Если не принимать никаких мер, на Земле появится совершенно другой океан, абсолютно незнакомый современным видам морских организмов.

Вероятность адаптации к новым условиям уменьшается и из-за взаимного влияния последствий подкисления воды и некоторых других факторов, с которыми приходится сталкиваться живым организмам. Например, повышение уровня CO₂ в атмосфере сокращает температурный диапазон, в котором могут существовать представители того или иного вида. Это мы наблюдаем на примере кораллов и некоторых видов водорослей, испытывающих тепловой шок не-

смотря на то, что температура воды зачастую даже ниже привычной.

Задачи на будущее

Ученые постоянно недооценивали степень изменения климата и самых разных его последствий – от таяния арктического льда до повышения уровня моря. Сегодня эксперты все настойчивее призывают к ограничению роста содержания CO₂ в атмосфере. Однако говоря об этом, нельзя упускать из вида подкисление Мирового океана. Неконтролируемое продолжение этого процесса могло бы полностью изменить структуру морских экосистем, вызвав каскад последствий во всей пищевой цепи. Если одни биологические виды получат бы преимущество от новой комбинации планктона, то другие пострадали бы, и нет никакой уверенности, что в выигрыше остались бы именно те виды, что нужны (или нравятся) нам более других. Подобные перемены могли бы нанести ущерб туризму, а также лишить потенциальной сырьевой базы фармацевтику и биомедицину.

Подкисление океана вносит также изменения в круговорот углерода на нашей планете. В настоящее время моря и океаны поглощают огромное количество антропогенных выбросов в атмосферу, однако скорость этого процесса снижается. Причина – рост содержания CO₂ в морской воде и образование своего рода «затора» из двуокиси углерода на морской поверхности. В результате концентрация CO₂ в атмосфере будет расти еще быстрее, подстегивая глобальное изменение климата.

Возможность таких последствий оправдывает принятие целевых показателей выбросов CO₂, ограничивающих снижение pH океана на 0,1 в следующие 100 лет. Все более разумной представляется задача по сокращению концентрации CO₂ в земной атмосфере до 350 м.д. Стабилизация к 2100 г. на уровне 450 м.д., как предлагают некоторые специалисты, могла бы, пожалуй, добавить к снижению pH еще 0,1. Подобный показатель обрек бы

на разрушение коралловые рифы и сделал бы невозможным для некоторых животных формирование раковин – особенно в Антарктике. Из-за низких температур и уникального типа циркуляции океанских вод близ Южного полюса растворение раковин и скелетных структур началось бы здесь раньше, чем в других местах. Так или иначе, остановить дальнейшее подкисление Мирового океана легче, чем повернуть вспять уже начавшиеся изменения; на возвращение показателя pH океанских вод к доиндустриальному уровню естественным системам компенсации потребовались бы сотни или тысячи лет.

Что можно сделать? Для начала администрация президента Барака Обамы должна обеспечить законодательное оформление Национальной океанической политики (впервые в истории США), поскольку это помогло бы координировать действия по борьбе с этими многочисленными угрозами. Агентству по охране окружающей среды следует продвигать идею о том, что двуокись углерода – загрязнитель, в соответствии с Законом о чистой воде. Таким образом, штаты получат полномочия требовать соблюдения предельно допустимых выбросов CO₂ в атмосферу. Создание морских охраняемых зон помогло бы восстановлению биологических видов после чрезмерного промысла; бóльшая численность придавала бы их популяциям и генофонду дополнительную устойчивость в преодолении последствий изменения климата. Показатели предельно допустимого вылова рыбы полезно было бы привести в соответствие с научными рекомендациями, а не с политическими соображениями. Наконец, подписание Конвенции ООН по морскому праву то, что откладывалось США десятилетиями, сделало бы страну лидером в заботе о морской среде.

Необходимо более широкое взаимодействие с наукой. Финансовая поддержка исследовательских инициатив, таких как Европейский проект по проблеме подкисления

ПОТЕРЯ ОБОНЯНИЯ

Растущая кислотность воды в океане нарушает внутренние химические процессы многих видов морских организмов. Но исследователи обнаружили, что подкисление может влиять на выживание животных и другими, иногда неожиданными путями.

Например, многие морские виды используют тонкие обонятельные раздражители для поиска добычи, партнеров для спаривания или подходящего местообитания. Рыбы-клоуны различают приятные и неприятные запахи, решая, какие риф или актинию выбрать, чтобы поселиться здесь на всю жизнь. В лабораторных исследованиях личинки рыбы-клоуна, выращенные в морской воде с pH на 0,2–0,4 ниже сегодняшнего среднего океанского показателя, спокойно плыли к отрицательным раздражителям, не реагируя на положительные. Их внешние органы обоняния выглядели нормально. По мнению ученых, подкисление могло нарушить механизм прохождения химических сигналов через нервную систему. Это новый вид расстройства – потеря обоняния. Новые исследования должны определить, может ли оно, и как именно, повлиять на сообщества рыб по всему миру.

Сложные, регулируемые pH взаимодействия между молекулами морской воды могут также улучшать или ухудшать восприятие звука. Подкисление увеличивает слышимость в океане; если показатель pH снижается на 0,3 (в пределах прогноза на 2100 г.), громкость звуков под водой возрастает на 40%. Хотя ни одно исследование не выявило прямой зависимости между повышенным подводным шумом, вызванным подкислением, и выживанием животных, возникает немало опасений. Ведь все морские животные, в особенности млекопитающие, используют звук для навигации, общения, охоты и ухаживания



РЫБЫ-КЛОУНЫ

океана, а также выполнение федерального Закона об исследованиях и мониторинге подкисления океана, позволит получать новые данные, уточняющие и углубляющие понимание того, каковы могут быть последствия повышения кислотности океанской воды. Одновременно потребуются значительное расширение сети контроля изменений. Международная группа, возглавляемая Ричардом Фили (Richard Feely) из Лаборатории морской среды Тихоокеанского региона в Сиэтле и Викторией Фабри (Victoria J. Fabry) из Калифорнийского университета в Сан-Маркосе, составила план включения мониторинга подкисления в уже существующие программы наблюдения за океаном (такие как OceanSITES), и сейчас нужно как можно скорее приступить к его реализации. Дополнительные усилия по комбинированию данных натурных наблюдений и лабораторных экспериментов (например, проект Междисциплинарного биогеохимического исследования совре-

менной экосистемы Калифорнии) гарантируют реалистичное моделирование природных условий.

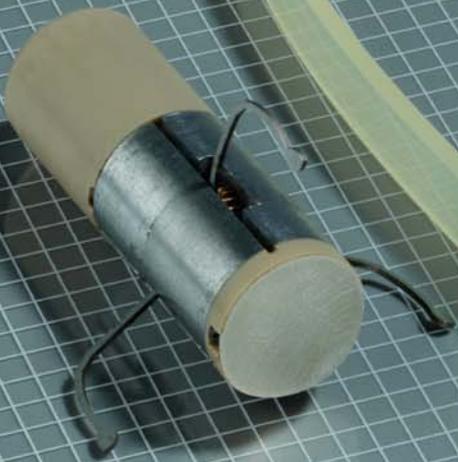
В конечном счете решение проблемы подкисления Мирового океана упирается в новую энергетическую политику. В свете недавних событий – взрывов в угольных шахтах и на нефтяных буровых платформах, повлекших за собой человеческие жертвы, и катастрофического разлива нефти в Мексиканском заливе – у США есть все основания разработать более безопасную энергетическую стратегию для нашей планеты. Предотвратить дальнейшее отравление Мирового океана может лишь резкое сокращение использования ископаемого топлива. Конкретный план перехода к возобновляемым чистым источникам энергии откроет перед мировым сообществом перспективу безопасного развития. И это даст всей планете, в особенности ее морям и океанам, шанс на здоровое будущее. ■

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Доней С. Кислый океан? // ВМН. № 6, 2006.
- Impacts of Ocean Acidification on Marine Fauna and Ecosystem Processes. Victoria J. Fabry et al. In ICES Journal of Marine Science, Vol. 65, No. 3, pages 414-432; April 2008.
- European Project on Ocean Acidification: www.epoca-project.eu
- Ocean Acidification Network: www.oceanacidification.net
- U.S. Ocean Carbon and Biogeochemistry program FAQ: www.whoi.edu/OCB-OA/FAQs

РОБОТЫ В ТАБЛЕТКАХ



Путешествие по человеческому телу становится реальностью. Вскоре миниатюрные устройства будут способны помогать в диагностике, вводить лекарства и производить хирургические операции

Паоло Дарио и Арианна Менчасси

В 1966 г. на экраны вышел фильм «Фантастическое путешествие». В нем рассказывалось о приключениях бригады уменьшенных в размерах врачей, совершающих путешествие по кровеносным сосудам человека для осуществления жизненно необходимой операции на головном мозге. В то время фильм казался чистой фантастикой. Однако когда в 1987 г. на него вышла комедийная пародия («Внутреннее пространство»), вполне реальные инженеры уже разрабатывали прототипы миниатюрных роботов, способных перемещаться в пищеварительном тракте человека под управлением врача. В 2000 г. на рынке появились первые эндоскопические капсулы-миникамеры, и с их помощью медики впервые смогли заглянуть в такие потайные уголки пищеварительного тракта, как, например, дно складок тонкой кишки. Раньше рассмотреть такие области можно было только на операции.

В то же время некоторые стороны «Фантастического путешествия» долго оставались нереальными. В частности, капсулы-миникамеры передвигались в пищеварительном тракте исключительно пассивно (вместе с желудочным или кишечным содержимым) и потому не могли, скажем, приблизиться к опухоли и взять образец для биопсии, обследовать зону воспаления в кишечнике или ввести в область язвы лекарственные препараты. Однако в последние годы были достигнуты большие успехи в превращении таких капсул в ак-

тивных миниатюрных роботов. Образцы, испытываемые сегодня на животных, обладают манипуляторами, пропеллерами, сложными оптическими системами и дистанционной управляющей связью. Вскоре они будут готовы к клиническим испытаниям, а пока на них проверяются возможности миниатюризации в робототехнике.

От пилюли к роботу

Пищеварительный тракт представляет собой огромную поверхность контакта с окружающей средой. В 1999 г. израильская компания Given Imaging выпустила первую дистанционно управляемую капсулу-миникамеру для обследования пищеварительного тракта человека – модель M2A. Вскоре эффективность данного метода стала очевидной, и сегодня так называемая капсульная эндоскопия широко применяется в клинике. Однако отсутствие управления капсулой-миникамерой со стороны человека влечет за собой большой процент ложноотрицательных результатов: капсула не может задержаться в области поражения и позволить его обстоятельно рассмотреть, что суще-

ственно ограничивает диагностические возможности процедуры.

Для того чтобы превратить пассивно перемещающуюся капсулу в управляемое эндоскопическое устройство, необходимо добавить к ней внешние миниприводы – движущиеся части, позволяющие капсуле активно перемещаться или производить манипуляции с тканями. Для управления такими капсулами нужна двусторонняя дистанционная связь, способная передавать команды и получать изображения. Фактически речь идет о миниатюрных роботах, быстро реагирующих на команды оператора. Чтобы эти устройства работали в течение времени обследования (то есть до 12 часов), необходимы соответствующие источники питания. Наконец, все это должно умещаться в капсулу объемом порядка 2 куб. см, которую пациент может без усилий проглотить.

В том же году, когда появилась модель M2A, компания IMC (Intelligent Microsystem Center; Сеул, Южная Корея) запустила десятилетний проект по разработке нового поколения управляемых эндоскопических капсул. Они долж-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

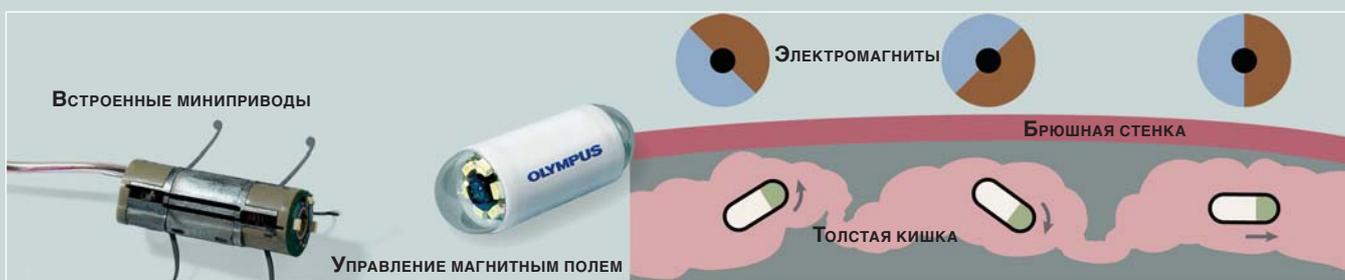
- С помощью эндоскопических капсул-миникамер можно получить изображения недоступных ранее уголков пищеварительного тракта. Однако ценность таких капсул ограничена из-за невозможности их активного перемещения.
- Для диагностики и лечения разрабатываются управляемые активно перемещающиеся эндоскопические капсулы.
- Создание таких капсул требует принципиально новых инженерных решений, способных оказать влияние на другие медицинские технологии и робототехнику в целом.

МАСТЕРА НА ВСЕ РУКИ

Мини-роботы, способные производить манипуляции в пищеварительном тракте, должны обладать способностью к точным перемещениям и дистанционному управлению. Соответствующие устройства вместе с видеокамерой и источниками питания должны уместиться в эндоскопической капсуле, которую можно без труда проглотить. Здесь приведены примеры некоторых задач, которые могут выполнять мини-роботы, и технические способы их решения

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ

Движения эндоскопических капсул могут обеспечиваться либо встроенными мини-приводами (ножками, веслами, пропеллерами или жгутиками), либо внешним магнитным полем



РАЗДВИГАНИЕ ТКАНЕЙ

Для того чтобы отодвинуть ткань, мешающую проходу или обзору, у эндоскопической капсулы должны быть мощные манипуляторы. Менее энергозатратный метод (справа) – дать пациенту воды, обеспечив тем самым достаточное пространство для маневрирования капсулы, снабженной пропеллером



ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ

В эндоскопическую капсулу могут быть встроены самые разные устройства: спектроскопическая камера, позволяющая получать изображения клеток под поверхностными слоями, биопсийные щипцы или емкость с лекарственным препаратом



ны были обладать встроенными датчиками, источниками света, устройствами для перемещения, проведения врачебных манипуляций и взятия образцов для биопсий. Все это должно было осуществляться под управлением эндоскописта с помощью дистанционной связи. Начиная с 2000 г. такие капсулы стали разрабатывать и другие компании. Так, 18 европейских групп образовали с компанией IMC консорциум по разработке управляемых эндоскопических капсул для диагностики и лечения злокачественных опухолей пищеварительного тракта. Соответствующий

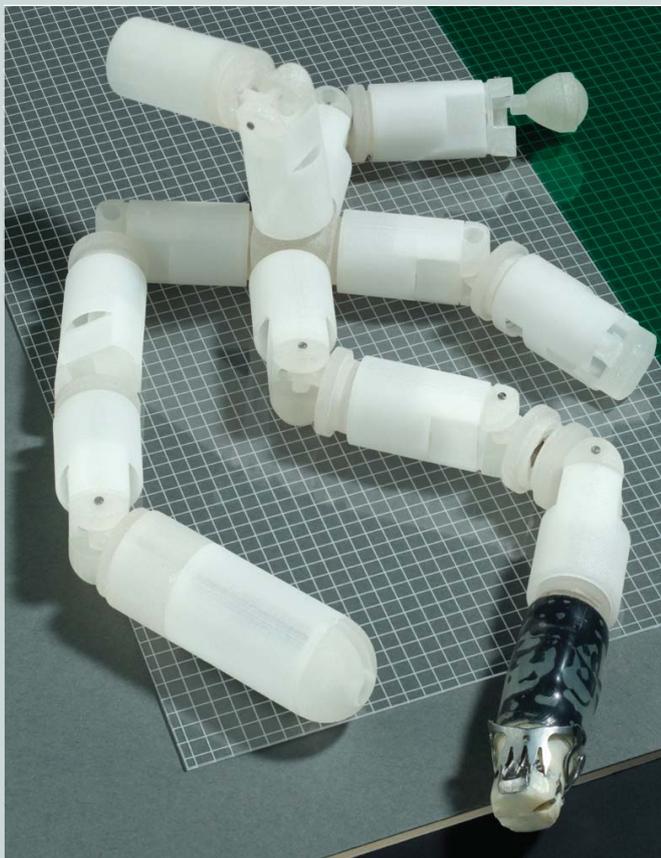
проект был назван VECTOR (от Versatile Endoscopic Capsule for gastrointestinal TumOr Recognition and therapy – «многоцелевая эндоскопическая капсула для диагностики и лечения опухолей пищеварительного тракта»). За научную и техническую координацию проекта отвечает наша группа из Высшей школы Св. Анны (Пиза, Италия), а за медицинское руководство – управляющий компанией Novineon (Тюбинген, Германия) Марк Шурр (Marc Schurr).

Совместная работа производителей и научных коллективов породила много интересных идей.

В частности, было предложено несколько способов преодоления главной проблемы эндоскопических капсул, а именно – как управлять их перемещением в организме. Большинство из них укладываются в два основных подхода.

Первый подход заключается в том, что передвижения капсулы осуществляются с помощью внешних мини-приводов – весел, ножек, пропеллеров и пр., – располагающихся в сложенном виде на капсуле и расправляющихся в пищеварительном тракте. Данные устройства, приводимые в движение миниатюрными двигателями, ис-

ОПЕРАЦИИ НА РАССТОЯНИИ



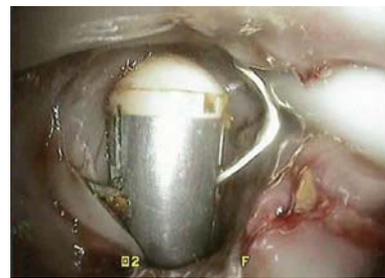
Возможная конфигурация операционного робота

Один из способов увеличить возможности эндоскопических капсул-минироботов – придать им способность к самосборке. Для этого пациент проглатывает более десятка таких капсул, и в полости пищеварительного тракта они собираются, образуя крупный операционный робот. С помощью дистанционного управления таким роботом хирург проводит операцию, затем капсулы разъединяются и выводятся естественным путем, не причиняя травм и неудобств

пользуются преимущественно для перемещений капсулы, но в некоторых моделях ножки-щупальца могут также раздвигать ткани для лучшего обзора или прохождения через спавшийся участок кишечника. Все эти устройства занимают значительную часть капсулы, а в ней должна еще уместиться видеокамера и, например, контейнер для биопсийного материала. Кроме того, для раздвижения тканей надо применить силу, в 10–20 раз превышающую вес капсулы. Для этого двигатели должны развивать высокую мощность, соответственно, и мощность, потребляе-

мая ими, должна составлять около 0,5 Вт. При современном уровне развития источников питания это ограничивает время их работы.

Для экономии энергии можно принять компромиссный вариант: использовать внешние миниприводы только для перемещения, добиваясь расширения просвета органов пищеварительного тракта другими способами. Так, если пациент непосредственно перед проглатыванием капсулы выпьет 0,5 л прозрачной жидкости, то она будет оставаться в желудке до 20 мин, подерживая его в растянутом



Гибридная эндоскопическая капсула перемещается по толстой кишке свиньи под действием внешнего магнитного поля. Если возникает необходимость занять более точную позицию или раздвинуть ткани, используются расправляющиеся ножки-манипуляторы

состоянии. За это время управляемая капсула сможет проплыть вдоль всех поверхностей желудка и получить их изображение.

Тем не менее внешние миниприводы остаются слишком громоздкими и энергоемкими, поэтому некоторые участники проекта предложили другой способ – управлять перемещением капсул с помощью внешнего магнитного поля. В 2005 г. компании Olympus и Siemens снабдили обычную неуправляемую эндоскопическую капсулу-миникамеру магнитами, при активации которых капсула вращалась и могла «ввинчиваться» в узкие складки кишечника.

Такое решение на первый взгляд кажется очевидным, однако на самом деле управлять движениями эндоскопической капсулы в кишечнике с помощью магнитов крайне сложно. Магнитное поле с расстоянием ослабевает, поэтому, с учетом сложной геометрии кишечника, величина поля в области капсулы может резко меняться, приводя к резким скачкам капсулы либо, напротив, к полной утрате контроля над ней. В последнем случае оператор может уже больше не обнаружить капсулу. Теоретически такая трудность преодолевается путем установки дополнительных магнитов, однако они могут занимать слишком много места.



ОБ АВТОРАХ

Паоло Дарио (Paolo Dario) и **Арианна Менчасси** (Arianna Mencassi) – профессора биомедицинской робототехники в Высшей школе Св. Анны (Пиза, Италия). Дарио – создатель первой самодвижущейся капсулы для колоноскопии (1990–е гг.) и один из разработчиков управляемых эндоскопических капсул. Менчасси – специалист в области медицинской микроинженерии и нанотехнологии. На протяжении последних десяти лет она работает вместе с Дарио.

Гибридные системы

С учетом ограничений, присутствующих каждому из двух указанных подходов к управлению движениями эндоскопических капсул, мы предложили объединить их с тем, чтобы добиться, с одной стороны, достаточных диагностических возможностей, с другой – удобства для пациентов. По нашему мнению, внешнее магнитное поле хорошо подходит для ориентировочного расположения капсулы в кишечнике, а внешние миниприводы – для более тонкого перемещения и выбора оптимального для видеосъемки ракурса.

С этой целью нами была разработана гибридная капсула с четырьмя электроуправляемыми ножками. Мы испытали ее на свиньях, т.к. размеры их кишечника такие же, как у человека. Во время заглатывания капсулы и основного времени ее прохождения по пищеварительному тракту ножки оставались сложенными, и она продвигалась по кишечнику под действием внешнего магнитного поля, создаваемого расположенным вблизи от брюшной стенки генератором. Когда же капсула подходила к спавшемуся участку кишечника, ножки расправлялись, отодвигали ткани, и она перемещалась в образовавшийся проход.

В большинстве участков тонкой и толстой кишки такие гибридные системы могут полностью обеспечить необходимый для эндоскописта обзор. В то же время разные задачи часто требуют разных решений. В рамках проекта VECTOR, например, только для тонкой кишки разрабатываются три типа эндоскопических капсул. Одна из них – обычная неуправляемая капсула-миникамера. Вторая способна к активным перемещениям и снабжена системой спектроскопической визуализации, дающей возможность выявлять поражения под поверхностью тканей. В третьей капсуле имеется такой же спектроскопический датчик, а также система для биопсии, позволяющая взять образец и транспортировать его.

Возможность брать биопсийные материалы и проводить врачебные манипуляции (в частности, хирургические) может существенно расширить рамки применения управляемых эндоскопических капсул. Однако для этого необходимы еще более сложные системы передвижения и большее число миниприводов, а ограниченность источников питания, объема капсулы и мощности двигателей может сделать эти задачи неразрешимыми.

Сегодня мы работаем над еще более амбициозным проектом: созданием операционных роботов, собирающихся в полостях тела. Прин-

цип таких устройств следующий. Пациент выпивает жидкость для растяжения желудка, затем проглатывает 10–15 капсул. Каждая такая капсула представляет собой отдельный элемент устройства и несет на одном из концов магнит. В желудке капсулы собираются, образуя операционный робот необходимой конфигурации. Управляя им, хирург проводит вмешательство фактически бескровным путем. По окончании операции капсулы могут либо объединяться в новой конфигурации, либо разъединяться и выводиться естественным путем, не причиняя больному неудобств.

В настоящее время мы уже создали прототип таких систем на основе двухсантиметровых капсул с внешними минипривода-

ми и соединяющимися поверхностями. Одни из них снабжены камерами, другие – встроенными миниприводами, и все имеют системы дистанционной связи.

В будущем миниатюрные роботы найдут в медицине самое широкое применение. Уже сегодня системы управления и оптические камеры для капсульной эндоскопии используются в обычной эндоскопии, в том числе при лапароскопических вмешательствах. Более того, достижения в этой области стали частью общей тенденции к созданию миниатюрных дистанционно управляемых многоцелевых автоматов. Нет сомнения, что разработка управляемых эндоскопических капсул внесет свой вклад в развитие современной мировой робототехники. ■

Перевод: Н.Н. Алипов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Wireless Capsule Endoscopy: From Diagnostic Devices to Multipurpose Robotic Systems. Andrea Moglia, Arianna Menciassi, Marc Oliver Schurr and Paolo Dario in Biomedical Microdevices, Vol. 9, No. 2, pages 235–243; December 12, 2006.

■ Wireless Therapeutic Endoscopic Capsule: In Vivo Experiment. P. Valdastris et al. in Endoscopy 2008, Vol. 40, No. 12, pages 979–982; December 2008.

■ Wireless Reconfigurable Modules for Robotic Endoluminal Surgery. Kanako Harada, Ekawahyu Susilo, Arianna Menciassi and Paolo Dario in Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Kobe, Japan, May 2009.

Комментарии к этой статье см. на сайте: www.ScientificAmerican.com/sciammag/aug2010

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

ПОДРОБНОСТИ ПО ТЕЛЕФОНУ:
+7 (495) 939-42-66

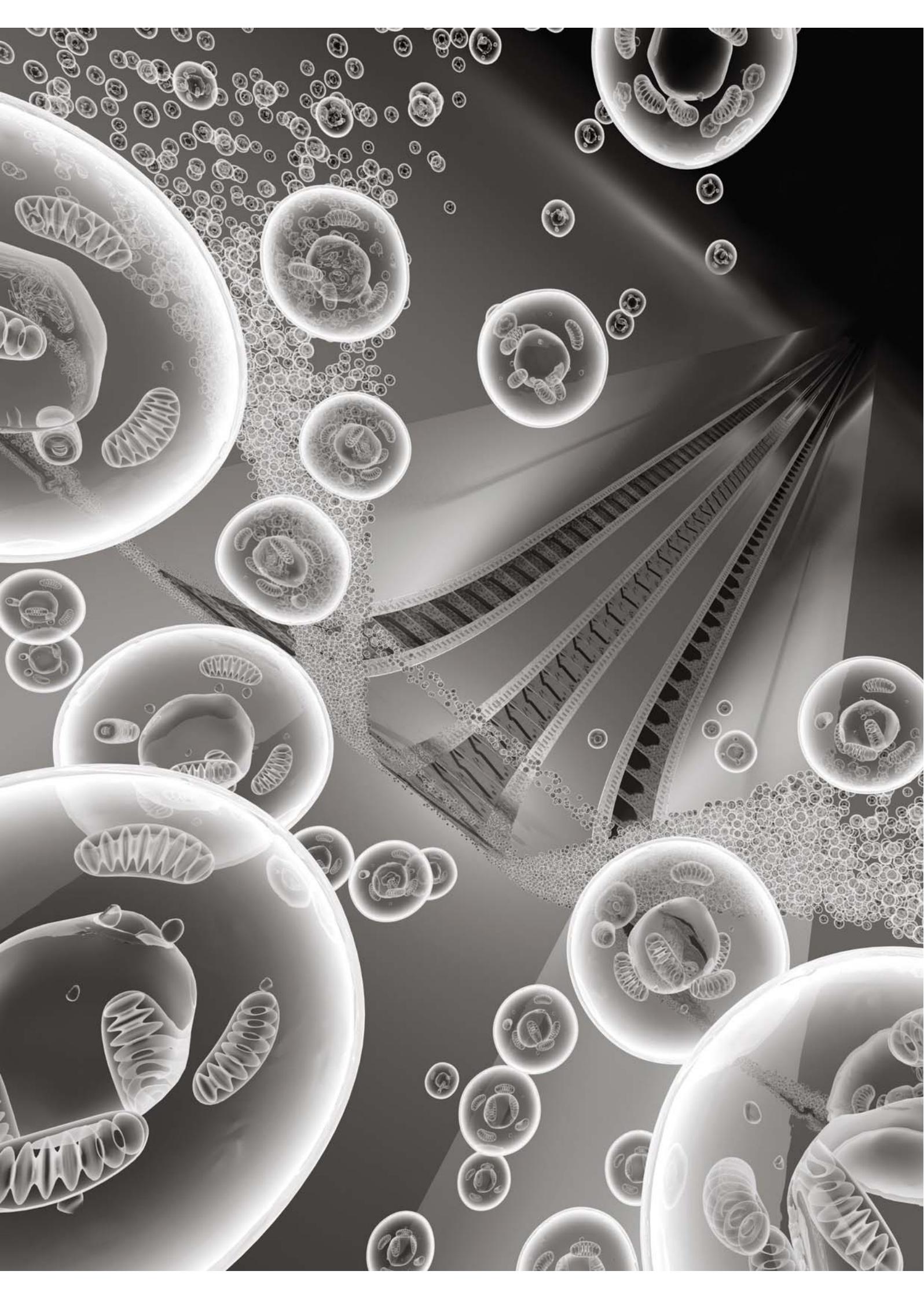
ЛУЧШИЕ МАТЕРИАЛЫ ЖУРНАЛА «В МИРЕ НАУКИ»
О ТАЙНАХ МОЗГА И СОЗНАНИЯ —
ТЕПЕРЬ НА CD-ДИСКАХ

SCIENTIFIC AMERICAN
В мире науки

МОЗГ И СОЗНАНИЕ

АЛЬМАНАХ

НейроБиология
Структура и функции
Психология
Наука о человеке



ЧЕТЫРЕХМЕРНАЯ КИНОСЪЕМКА НЕВИДИМОГО

Вообразите, что вы смотрите фильм о процессах, происходящих в живой клетке, или о работе наномашин

Ахмед Зевайль

Возможности человеческого глаза ограничены. Мы не различаем предметы размерами в малые доли миллиметра (в несколько раз тоньше волоса) и не можем отслеживать движения, происходящие за время меньше десятой доли секунды. Разумеется, успехи оптики и микроскопии к началу третьего тысячелетия расширили наши возможности, сделав доступными взгляду такие изображения, как микрофотографии вируса или стробоскопические фотоснимки летящей пули в ту миллисекунду, когда она пробивает электрическую лампочку. Но до недавнего времени, если бы нам показали фильм, изображающий колебания атомов, мы могли бы с достаточными основаниями полагать, что это анимация или какой-то вид моделирования.

За последние десять лет наша исследовательская группа в Калифорнийском технологическом институте разработала новый способ получения изображений, позволяющий увидеть движения, происходящие в атомном масштабе в течение всего одной фемтосекунды (одной миллиардной от одной миллионной доли секунды, или 10^{-15} секунды). Поскольку этот метод позволяет получать изображения как

в пространстве, так и во времени, и основан на использовании электронной микроскопии, я назвал его четырехмерной электронной микроскопией (4D EM). Мы использовали его для визуализации таких явлений, как вибрация консолей шириной всего в несколько миллиардных долей метра, движения слоев атомов углерода в графите, вибрирующих подобно барабану после «удара» лазерным импульсом, и перехода вещества из одного состояния в другое. Мы получали также изображения отдельных белков и клеток.

Возможно, 4D EM позволит ответить на вопросы из разных областей, от материаловедения до биологии: как понять поведение материалов на разных уровнях, от атомного до макроскопического; как работают нано- и микромашины (NEMS и MEMS), как сворачиваются и организуются в более сложные структуры белки или ансамбли

биологических молекул, какие жизненно важные процессы протекают в клетках. 4D EM позволяет также выявить атомное строение наномасштабных структур (которое определяет свойства наноматериалов) и, возможно, даже проследить движение электронов в атомах в масштабе времени порядка аттосекунд (10^{-18} с). Помимо фундаментальных наук новый метод может найти применение также в прикладных областях, включая конструирование наномашин и разработку новых видов лекарственных препаратов.

Движения кошек и атомов

Хотя 4D EM – самая передовая технология, основанная на использовании новейших достижений лазерной техники и квантовой физики, многие из ее принципов можно понять, ознакомившись с тем, как ученые разрабатывали методы «замораживания» движе-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Четырехмерная электронная микроскопия позволяет снимать «фильмы» о процессах в наном мире, протекающих за считанные фемтосекунды ($1 \text{ фс} = 10^{-15} \text{ с}$).
- Каждый кадр фильма составляется из тысяч отдельных снимков, сделанных в точно определенные моменты времени.
- Метод применим в широком круге областей, включая материаловедение, нанотехнологию и медицину.

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

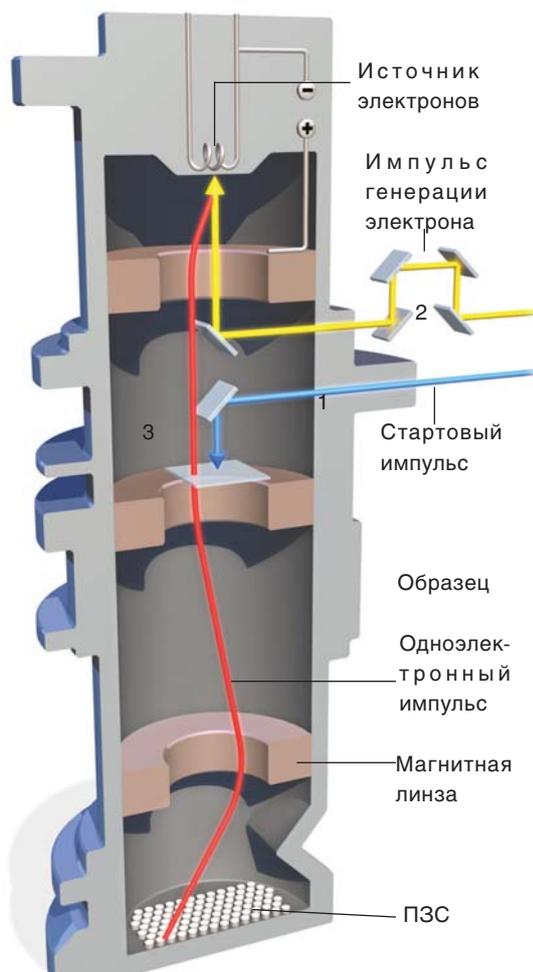
ния более ста лет назад. В частности, в 1890-х гг. профессор Этьен Маре (Étienne Marey) из Коллеж де Франс изучал быстрые движения с помощью вращающегося диска с прорезями, помещаемого между движущимся объектом и фотопластинкой, получая ряд снимков, подобный современному кинофильму.

В числе прочих исследований Маре изучал, как удается падающей кошке приземлиться на лапы. Как она, имея в качестве опоры лишь воздух, ухитряется выполнять сложные акробатические номера, не нарушая законов движения Ньютона? Падение и движения конечностей занимают меньше секунды – слишком малый промежуток времени, чтобы невооруженный глаз успел рассмотреть, что именно происходит. «Киносъемка» Маре позволила пролить свет на данный процесс. Кошка скручивает корпус в противоположных направлениях, вытягивая и поджимая лапы. Подобные движения осваивают подводные пловцы, танцоры и космонавты.

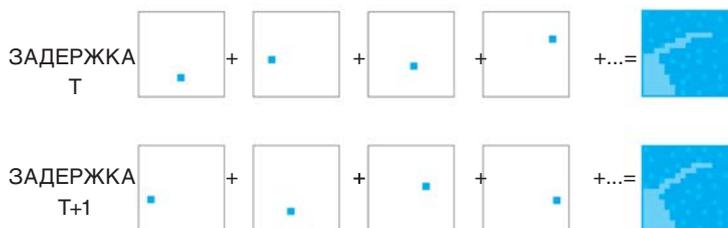
Другой подход – стробоскопическая фотография – основан на использовании коротких вспышек света для регистрации событий, протекающих за время намного более короткое, чем самые короткие экспозиции, достижимые с помощью механических затворов. Вспышки делают объект, движущийся в темноте, видимым на короткое время для таких детекторов, как человеческий глаз или фотопластинка. В середине XX в. Харолд Эджертон (Harold Edgerton) из Массачусетского технологического института суще-

ЧЕТЫРЕХМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

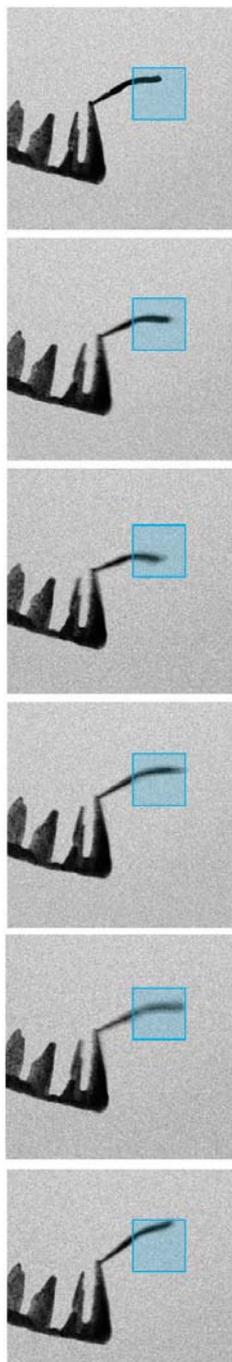
Стандартный электронный микроскоп регистрирует неподвижные изображения, «просвечивая» наномасштабный образец электронным пучком, который затем фокусируется на детектор. Четырехмерный электронный микроскоп с помощью одноэлектронных импульсов формирует «кинокадры», представляющие шаги во времени, которые составляют всего по несколько фемтосекунд ($1 \text{ фс} = 10^{-15} \text{ с}$)



- (1) Стартовый импульс, например фемтосекундный лазерный импульс, возбуждает образец, запуская этим представляющий интерес процесс в точно определенный начальный момент времени
- (2) Лазерный импульс генерации электрона вырабатывается одновременно со стартовым, но затем задерживается на точно заданное время T
- (3) Импульс, состоящий из одного электрона, проходит через образец с точно известной задержкой T относительно начального момента
- (4) Магнитные линзы «фокусируют» электрон на прибор с зарядовой связью (ПЗС), который регистрирует этот импульс как единичный элемент изображения (пиксель), включаемый в кадр «нанofilm», соответствующий моменту T



Каждый кадр нанofilm формируется путем повторения описанного процесса тысячи раз при одном и том же значении задержки T и комбинирования всех пикселей, полученных от отдельных одноэлектронных импульсов. Микроскоп можно использовать и в других режимах, например с одним многоэлектронным импульсом на каждый кадр, в зависимости от рода фильма, который нужно получить. Одноэлектронный режим обеспечивает самое высокое пространственное разрешение и позволяет получить самую короткую протяженность времени, охватываемого одним кадром



Консоль шириной 50 нм из никель-титанового сплава колеблется после возбуждения лазерным импульсом. Голубые квадратики делают движение консоли наглядным. Весь фильм (см.: [Scientific American.com/aug2010/nanomotovies](http://Scientific.American.com/aug2010/nanomotovies)) содержит по одному кадру на каждые 10 нс. Знание свойств материала, определенных по этим колебаниям, может повлиять на конструирование наномеханических устройств.

ственно усовершенствовал стробоскопический метод, разработав электронную схему, которая позволяла получать хорошо воспроизводимые периодические вспышки света микросекундной длительности.

Для экспериментов с падающей кошкой требовались затвор или стробоскопические вспышки, обеспечивающие получение экспозиции, достаточно короткой для формирования несмазанного изображения животного, несмотря на его движения. Допустим, что кошка успевает повернуться лапами вниз за полсекунды. К этому моменту скорость ее падения достигнет 5 м/с, поэтому используя вспышки длительностью в 1 миллисекунду, мы гарантируем, что за время каждой экспозиции кошка будет смещаться не более, чем на 5 мм, так что ее изображения будут смазаны из-за ее падения совсем немного. Чтобы получить за полсекунды десять кадров, фиксирующие все стадии акробатического номера животного, снимки нужно делать каждые 50 м/с.

Насколько же более короткие потребуются вспышки, если вместо кошки мы захотим изучать движение молекул? Многие изменения молекулярной структуры веществ характеризуются смещениями атомов на расстояния в несколько ангстрем ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$). Для их регистрации требуется разрешение меньше 1 \AA . Скорость движения атомов в ходе этих изменений часто достигает примерно 1 км/с, так что для наблюдения их с разрешением лучше 0,1 \AA длительность вспышек не должна превышать 10 фс. Такие вспышки ученые использовали для хронометража химических процессов с участием движущихся атомов еще в 1980-х гг., хотя и без отображения пространственных положений атомов: длина световой волны лазера была в сотни раз больше межатомных расстояний в молекулах исследуемых материалов (см.: Зеваль А. Образование молекул // ВМН, № 2, 1991).

Ускоренные электроны уже давно применяются для получения изображений в атомных масштабах,

например в электронной микроскопии, но лишь для неподвижных объектов и с экспозициями порядка миллисекунд и больше: меньше не позволяют возможности фотокамеры. Интересовавшие нас движения атомного масштаба требовали пространственного разрешения, обеспечиваемого электронным микроскопом, но с использованием фемтосекундных электронных импульсов для «освещения» объектов. Такие освещающие электронные импульсы называются зондирующими.

Еще одна проблема хронометража движения – обеспечение точного определения момента начала движения. Невозможно получить полезные изображения, если все зондирующие импульсы сделают «снимки» до начала движения или после его завершения. При фотографировании падения кошки съемка начинается в момент, когда ее отпускают. Для сверхскоростной съемки изучаемый процесс движения запускается фемтосекундным стартовым импульсом.

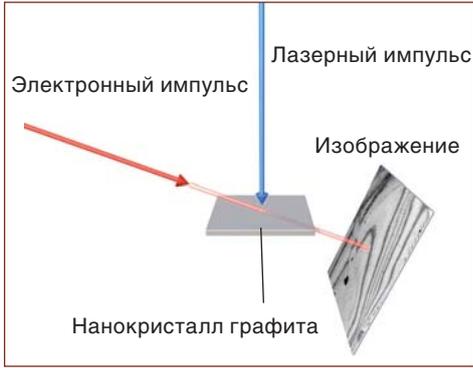
Однако даже при использовании точно контролируемых стартового и зондирующих импульсов проблема синхронизации не снимается. В этом отношении сверхбыстрые эксперименты резко отличаются от опытов с кошкой. Маре мог завершить опыт, отпустив кошку всего один раз, если все шло по плану. И не имело значения, когда начиналась серия экспозиций, – через пять, десять или, скажем, 17 мс после того, как ее отпустили.

Однако при сверхскоростной микроскопии после каждого стартового импульса могут зондироваться миллионы атомов или молекул, либо суммироваться изображения, полученные в результате нескольких тысяч повторений эксперимента. Представьте себе, что Маре каждый раз мог регистрировать только узкую вертикальную полоску поля зрения. Чтобы получить последовательность полных изображений, ему пришлось бы повторять опыт много раз, регистри-

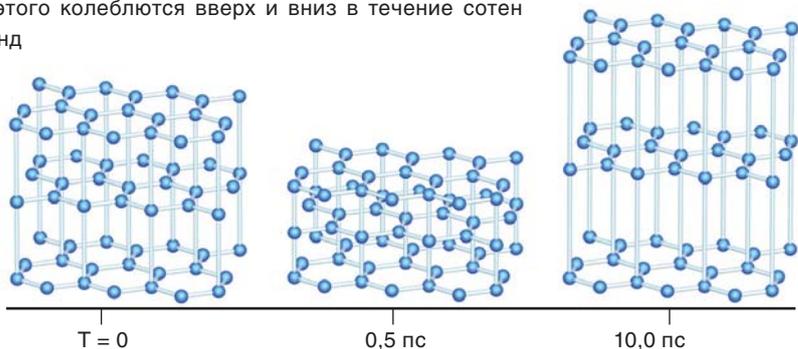
ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

НАНОМАСШТАБНЫЙ РОЗЕТТСКИЙ КАМЕНЬ

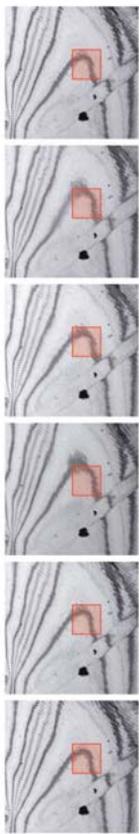
Четырехмерная микроскопия нанокристаллов графита толщиной иногда всего в несколько атомных слоев иллюстрирует три различных режима, позволяющих получать данные о материале на разных «языках». Исследуется реакция нанокристалла на лазерный импульс, падающий на него сверху



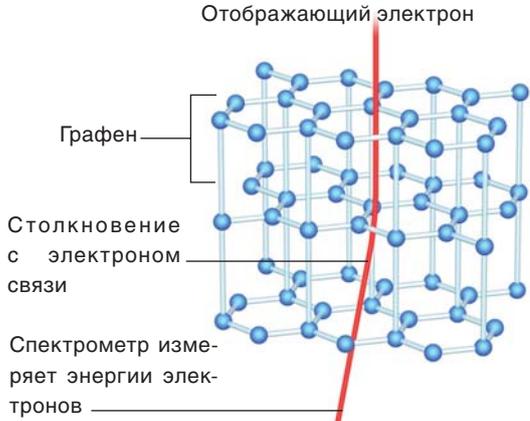
(1) Дифракционные картины (электронограммы) выявляют движение каждого атомного слоя кристалла, когда под действием удара лазерного импульса эти слои сближаются, а через несколько пикосекунд после него раздвигаются и после этого колеблются вверх и вниз в течение сотен пикосекунд



(2) Изображения нанокристалла позволяют измерить эти колебания в разных местах кристалла. За несколько десятков пикосекунд движения, вначале хаотичные (А) (как показано стрелками), эволюционируют в согласованный «звон» всего кристалла (Б)



(3) Измерение потерь энергии отображающими электронами при соударениях с электронами графита (как показано на рисунке) позволяют определить, как углеродные связи в материале становятся более похожими на алмазные при сближении слоев и более похожими на связи в графене (отдельном слое атомов углерода) при их раздвижении



Кадры фильма показывают, что в результате удара лазерным импульсом в кристалле графита возникают колебания, как в коже барабана. Кадры отражают участок кристалла шириной 24 мкм с шагом по времени 250 нс (каждый пятый кадр исходного фильма). Темные полосы, которые движутся при колебаниях кристалла, обусловлены его небольшим постоянным изгибом. Красные квадратики добавлены для наглядности. Весь фильм можно найти на [Scientific American.com/aug2010/nanomovies](http://ScientificAmerican.com/aug2010/nanomovies)

GEORGE FETSECK (illustrations), COURTESY OF CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY (movie frames)

руя каждый раз несколько сдвинутую полоску. Чтобы из таких полосок можно было скомбинировать полное изображение, поддающееся интерпретации, нужно было бы каждый раз отпускать кошку из одной и той же исходной позы и одного и того же начального положения в пространстве, точно синхронизируя момент отпускания со срабатыванием затвора камеры. (Результаты, кроме всего прочего, зависели бы от того, были бы движения кошки в каждом случае одними и теми же. Я подозреваю, что молекулы в этом отношении надежнее кошек.)

Исходные позы должны быть одинаковыми с точностью до миллиметра кошачьего тела, а погрешности синхронизации не превышать длительности выдержки затвора. Подобным образом при сверхскоростной съемке атомов и молекул исходная конфигурация должна задаваться с субангстремной воспроизводимостью, а зондирующие импульсы синхронизироваться с фемтосекундной точностью. Синхронизация зондирующих импульсов со стартовым обеспечивается путем пропускания какого-либо одного из них по пути регулируемой длины. Для импульса, движущегося со скоростью света, задание длины пути с точностью до одного микрона (1 мкм) соответствует точности синхронизации в 3,3 фс.

Чтобы можно было снимать кино с помощью электронов, оставалось преодолеть еще одну большую и принципиальную трудность. В отличие от фотонов, электроны имеют заряд и взаимно отталкиваются. Сосредоточение большого числа электронов в импульсе ухудшает как временное, так и пространственное разрешение, поскольку взаимное отталкивание электронов вызывает размытие импульса. В 1980-х гг. Олег Бостанжогло (Oleg Bostanjoglo) из Берлинского технического университета сумел получить изображения, используя импульсы, содержащие всего 100 млн электронов, но разрешение было не выше наносекунд и микронов (впоследствии

оно было существенно улучшено учеными из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Ливерморе).

Наша группа применила для решения этой проблемы метод формирования изображений с помощью одноэлектронных импульсов. Он был разработан на основе нашей прежней работы по сверхскоростной электронографии. Каждый зондирующий импульс состоит всего из одного электрона и поэтому создает всего одно «пятнышко света» в окончательном изображении. Однако благодаря тщательной синхронизации импульсов и еще одному свойству, называемому когерентностью импульсов, совокупность множества таких пятнышек образует поддающееся интерпретации изображение всего объекта. Подобным образом ведут себя электроны, проходящие через пару щелей: каждый отдельный электрон создает пятнышко в случайном месте на экране детектора. Но все пятнышки в совокупности создают вполне предсказуемую картину распределения света и тени, типичную для интерференции световых волн. Таково проявление одной из странных особенностей квантовой механики.

Формирование изображений с помощью одноэлектронных импульсов – ключ к четырехмерной сверхскоростной электронной микроскопии (4D Ultrafast Electron Microscopy, 4D UEM). Мы получили возможность снимать фильмы о реакциях молекул и материалов на различные ситуации, как о множестве перепуганных кошек, извивающихся в воздухе.

Расшифровка структуры наноматериалов

Одним из первых объектов наших исследований был графит, тот самый, что служит грифелем в простом карандаше. Мы выбрали его отчасти как необычный материал, применяемый в таких экстремальных условиях, как активные зоны ядерных реакторов, а отчасти потому, что у него есть столь же замечательные близкие родственники. Графит состоит из сло-

Посредством интегрирования по четвертому измерению мы превратили статические изображения в фильмы, необходимые для наблюдений поведения структур от атомов до клеток, разворачивающегося во времени

ев атомов углерода, образующих гексагональную структуру, напоминающую мелкую сетку–рабицу. Связи, удерживающие эти слои в «стопке», довольно слабы. При письме простым карандашом слои грифеля отшелушиваются и прилипают к бумаге. Карандашные штрихи содержат крошечные количества самого прочного из известных науке материалов – графена, который состоит из отдельных слоев атомов углерода. Ученые активно изучают графен с точки зрения его использования в электронике. Кроме того, под воздействием очень высоких давлений атомы мягкого графита перестраиваются в структуру алмаза, одного из самых твердых известных веществ.

Для изучения реакции графита на механический удар мы брали его наномасштабные кристаллы – иногда толщиной всего в несколько атомных слоев – и подвергали их воздействию интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов, которые служили стартовыми импульсами для нашего микроскопа. Каждый такой импульс на короткое время сближал атомные слои графита, заставляя их вибрировать. Наш электронный микроскоп направлял электроны через вибрирующие слои для получения двух видов изображений: в реальном пространстве (почти как фотография поверхности графита) или дифракционной картины (электроннограммы) в виде регулярной сетки пятен, конфигурация которой дает точную информацию о расположении атомов и межатомных расстояниях в решетке графита. В частности, по движению пятен на электроннограмме мы смогли проследить колебания слоев в направлении, перпендикулярном к их плоскости. Колебания имели частоты от 10 до 100 ГГц (10^{10} – 10^{11} периодов в секунду). До сих пор ни в одном эксперименте с формированием изображений не удавалось наблюдать такие высокочастотные резонансы развернутыми во времени.

Результаты наших экспериментов позволили определить упругость графита, т.е. реакцию материала на сжатие и растяжение в направлении, перпендикулярном атомным плоскостям. Представьте себе, что кристалл графита – это стопка жестких металлических пластин, связанных между собой пружинами, а лазерный импульс – большая кувалда, которой ударяют по верхней пластине. Мы определили свойства пружин.

Аналогия с металлическими пластинами применима при условии, что наша «камера» снимает очень крупный план. Однако как только камера «отъезжает», в ее поле зрения попадает все больше мельчайших кристаллов графита. Теперь кувалда ударяет по одному участку верхней пластины, и создается впечатление, что пластины прогибаются, а сжатия и растяжения распространяются от места удара в виде волн.

При еще большем отдалении камеры и уменьшении скорости съемки выявляется еще один род динамики. Теперь мы видим, как лазерный импульс заставляет вибрировать весь кристалл наномасштабной толщины подобно коже на барабане. Мы увидели, что в первые микросекунды после удара лазерного импульса движения кристалла кажутся хаотичными, но со временем устанавливаются четкие резонансные колебания – кристалл звенит!

Свойство, задающее эту резонансную частоту, – упругость слоев графита, их реакция на сжатие и растяжение в своих плоскостях. Мы нашли, что сопротивление графита деформации в этих плоскостях гораздо больше сопротивления их раздвиганию или сближению. Такой результат объясняется тем, что химические связи между атомами углерода в каждом гексагональном слое намного прочнее, чем те, что соединяют между собой соседние слои.

Несмотря на то что исследования объемных образцов графита дают сходные сведения о его упру-

гости, информация, полученная нами, говорит намного больше. Она отвечает на два типа вопросов, имеющих принципиальное значение для понимания поведения материала в наномасштабе: во-первых, в каком пространственном масштабе описание материала как сплошной среды теряет применимость; во-вторых, можно ли путем экстраполяции поведения материала в атомных масштабах пространства и времени воспроизвести его макроскопические свойства? В случае графита мы нашли, что поведение даже самых тонких образцов – толщиной всего в несколько десятков атомных слоев – удивительно похоже на поведение объемного материала. Будет ли это описание справедливым вблизи графенового предела?

Фильмы о графите, о которых я говорил выше, получены с использованием упругих соударений наших зондирующих электронов с образцом, т.е. таких, при которых они не теряют энергии, как резиновые шарики, отскакивающие от твердой поверхности. Однако в некоторых случаях зондирующие электроны могут терять энергию на возбуждение электронов в атомах углерода. Количество теряемой энергии зависит от рода связи, в которой участвует атом. Измерить потерю энергии можно с помощью очень старого метода, называемого спектроскопией энергетических потерь электронов. Получаемые спектры содержат информацию о связях в материале и его элементном составе. Используя этот метод в нашем сверхскоростном электронном микроскопе, мы показали, что в ходе фазы сжатия характер связей в графите смещается в сторону алмазных связей, а при растяжении – в сторону графеновых. Обычная спектроскопия энергетических потерь электронов слишком медленна для выявления подобных изменений.

От консолей к клеткам

На текущий момент наша группа выполнила четырехмерную микроскопию ряда материалов.

для железа мы получили электронограммы, позволившие наблюдать переход кристаллической структуры из объемно-центрированной кубической в гранецентрированную, – процесс, происходящий в металлургической промышленности, включая производство стали.

Мы наблюдали два динамических процесса, разворачивающихся при нагреве железа от комнатной температуры почти до 1,5 тыс. К примерно за одну наносекунду. Сначала зачатки гранецентрированной фазы зарождаются в разных местах кристалла сравнительно медленно – в наносекундном масштабе – в результате некогерентного движения атомов железа. Затем области новой фазы распространяются со скоростью звука, так что процесс охватывает все горячее железо за несколько пикосекунд ($1 \text{ пс} = 10^{-12} \text{ с}$). В быстро распространяющемся процессе фазового превращения участвует большое число атомов, смещающихся согласованно, любопытный род «возникновения» крупномасштабного изменения в результате огромного количества лежащих в его основе наномасштабных движений. Понимание данного явления может привести к разработке более эффективных промышленных методов обработки железа и стали (а также многих других материалов).

Одно из самых эффективных приложений 4D UEM – наблюдение функционирования нано- и микросистем в реальном времени. В частности, мы получили «кинограмму» резонансных колебаний наномасштабных консолей. Используя полученные данные, мы определили ряд величин, которые описывают свойства материалов консолей и их движение, и убедились, что когерентность колебаний сохраняется в течение примерно 10^{11} периодов. Исследователи могут использовать эти данные для проверки теоретических моделей, на основе которых создаются конструкции микро – и нанозлектромеханических систем, что может в итоге привести к созданию но-

вых типов подобных устройств или новых способов их применения.

4D UEM перспективна также для биологических исследований. Чтобы полнее понять, как функционирует организм, ученым нужно знать не только структурную организацию различных белков и других молекулярных и клеточных элементов, участвующих в функционировании организма, но и их динамику: как сворачивается молекула белка, каким образом она избирательно распознает другие молекулы, какую роль играет окружающая водная среда и т.д. Некоторые биологические процессы протекают очень быстро. Например, зрение у животных и фотосинтез у растений опосредуются фотонами видимого света, которые запускают фемтосекундные процессы. Хотя временной масштаб как обычных, так и аномальных превращений многих белков намного превышает фемтосекундный, движения атомов и молекул в первые фемтосекунды могут определять, какие структуры сформируются из этих макромолекул – функционально-активные или дефектные, вызывающие, например, болезнь Альцгеймера.

В одной из наших работ мы с коллегами показали, какие методы необходимы для исследования процесса сворачивания белковых молекул и какие результаты можно при этом получить. Наша задача состояла в определении скорости формирования одного витка спирали из короткого сегмента белковой молекулы при нагревании водного раствора, в котором он находится – так называемый температурный скачок. (Разного рода спирали образуют множество белков). Оказалось, что короткие спирали формируются в 1 тыс. раз быстрее, чем предполагалось ранее: за время от сотен пикосекунд до нескольких наносекунд, а не за микросекунды, как считалось ранее. Определение скорости внутримолекулярных перестроек поможет установить механизмы биохимических



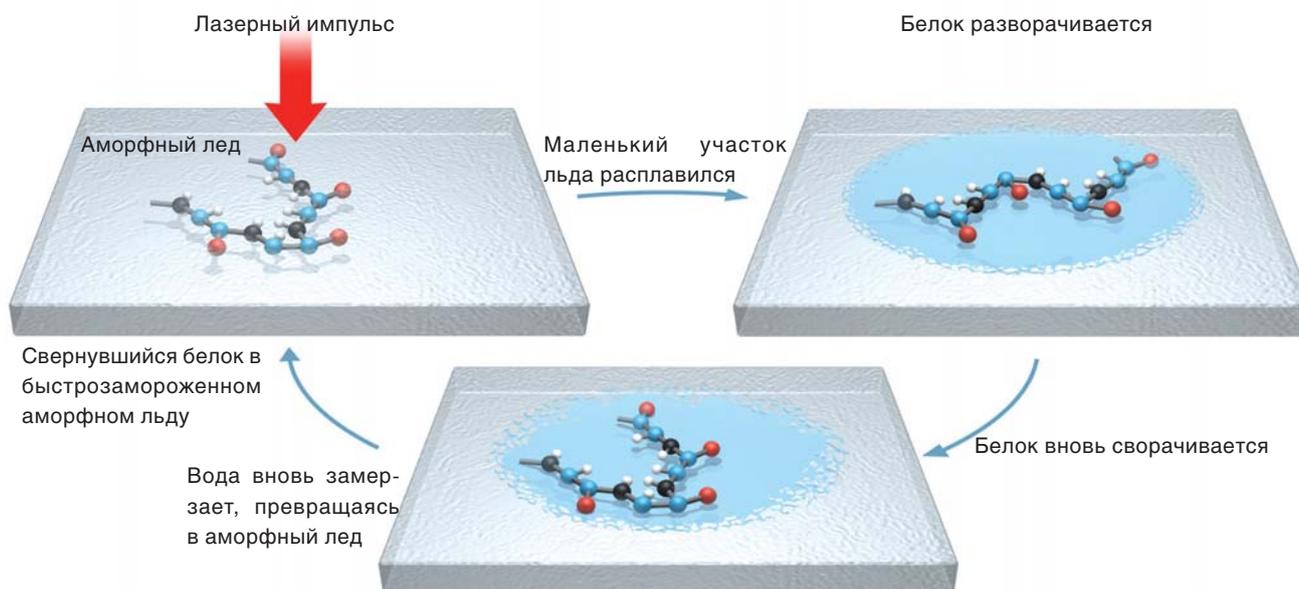
ОБ АВТОРЕ

Ахмед Зеваль (Ahmed H. Zewail) в 1999 г. был удостоен Нобелевской премии по химии за исследование переходных состояний в химических реакциях с использованием фемтосекундной спектроскопии. В Калифорнийском технологическом институте он занимает посты профессора кафедры химии, директора Центра сверхскоростных методов исследования физической биологии и профессора физики. В 2009 г. он был назначен президентом Совета консультантов по науке и технике.

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

НАБЛЮДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЧАСОВ

Ученые планируют приспособить метод криоэлектронной микроскопии для осуществления четырехмерной микроскопии таких биологических процессов, как сворачивание белков. Для каждого кадра фильма лазерный импульс будет плавить лед вокруг образца, заставляя белок разворачиваться в теплой воде. Фильм будет фиксировать обратное сворачивание белка, происходящее до того, как вода остынет и замерзнет. Чтобы при съемке каждого кадра белок сохранял одно и то же положение, его можно закрепить на подложке



процессов, в том числе и связанных с различными заболеваниями.

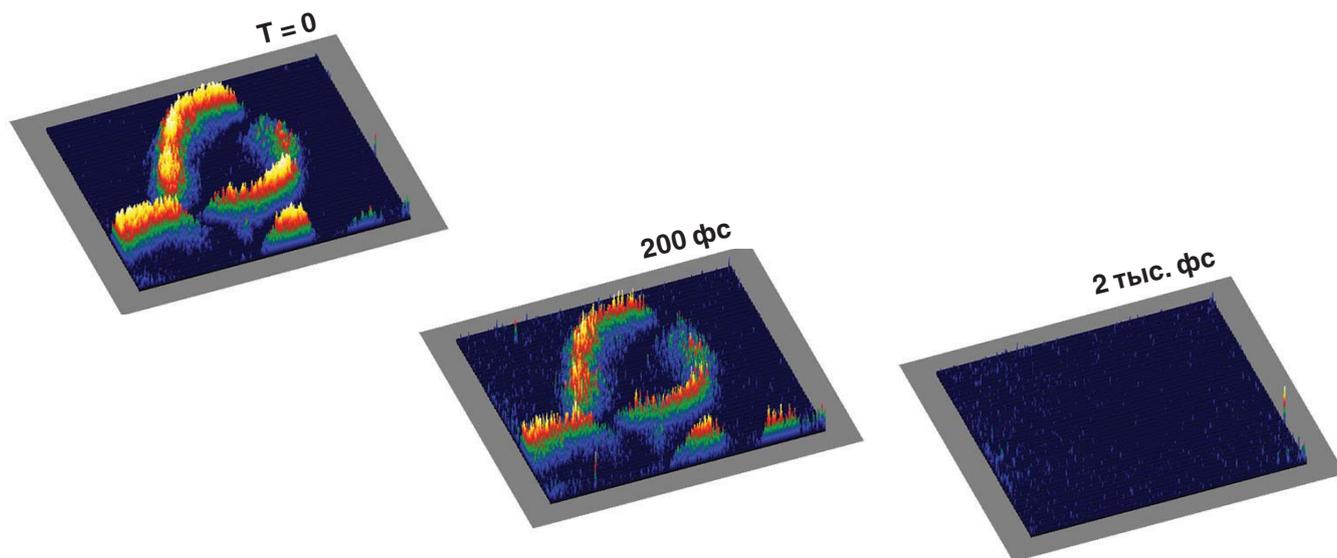
Для получения изображений биологических объектов с помощью нашей технологии 4D UEM мы часто использовали проверенный метод криоэлектронной микроскопии, когда образец в воде быстро погружается в жидкий этан (который кипит при температуре $-88,6^\circ\text{C}$). Вода замерзает, превращаясь в аморфный (стекловидный) лед, не создающий дифракционной картины, которая могла бы исказить изображение (и не портящий сам образец!), в отличие от обычного кристаллического льда. Таким способом мы получали изображения бактериальных клеток и кристаллов белков. В будущем мы рассчитываем наблюдать сворачивание и разворачивание белков

в таком аморфном льду: стартовый импульс будет вызывать повышение температуры, достаточное для того, чтобы расплавить маленький объем льда вокруг белка, который развернется, а затем быстро снова свернется. Когда вода остынет и замерзнет, она подготовит белок к следующему стартовому импульсу. Такой же подход может позволить нам визуализировать динамику жгутиков бактерий и двойных слоев жирных кислот, составляющих клеточные мембраны. Как и при исследованиях графита, сверхскоростная спектроскопия энергетических потерь электронов должна позволить нам отслеживать изменения атомных связей. Регистрация изображений до того, как биосистема изменится или раз-

рушится, должно обеспечить получение более четких изображений, чем возможно сегодня при использовании криомикроскопии.

Вполне возможно, что некоторые варианты сверхскоростной электронной микроскопии позволят продвинуться при получении изображений распределения электронов в веществе до масштабов меньше нанометров и времени меньше фемтосекунд. Совсем недавно наша группа в Калифорнийском технологическом институте продемонстрировала два новых метода. В одном из них, UEM со сходящимся электронным пучком, сфокусированный электронный пучок зондирует только один наномасштабный участок образца. Другой, UEM в ближнем поле, позволяет получать изображения быстро затухающих волн

Изображения бактерии *Escherichia coli*, полученные с помощью электронной микроскопии ближнего поля под воздействием фотонов. Фемтосекундный лазерный импульс создавал в момент $T = 0$ кратковременное электромагнитное поле в клеточной мембране. Благодаря собиранию только тех электронов, которые приобретали энергию в этом поле, данный метод позволяет получать высококонтрастные изображения мембраны с высоким пространственным разрешением (верхний снимок). Этот метод позволяет фиксировать события, происходящие за очень короткие промежутки времени, что явствует из существенного затухания поля через 200 фс (средний снимок). К 2 тыс. фс поле исчезает (нижний снимок)



(плазмонов), создаваемых в наномасштабных структурах лазерным импульсом, – явления, лежащего в основе удивительной новой технологии, называемой плазмоникой (см.: Этуотер Г. Плазмоника // ВМН, № 8, 2007). Этот метод позволил получить изображения мембран бактериальных клеток и белковых везикул с пространственным разрешением порядка нанометра и фемтосекундным временным разрешением.

Несколько лет назад Ференц Краус (Ferenc Krausz) из Мюнхенского университета Людвиг-Максимилиана, Пол Коркэм (Paul Corkum) из Университета Оттавы и другие открыли для оптических исследований аттосекундный режим с использованием сверхкоротких лазерных импульсов. В Калифорнийском технологическом институте мы предложили несколько схем сверхскоростной электронной микроскопии для получения электронных изображений с аттосекундным

разрешением и сегодня работаем над их практической реализацией в сотрудничестве с Германом Бателааном (German Batelaan) из Университета Небраски в Линкольне.

Электронный микроскоп обладает исключительно большими возможностями и универсальностью. Он может работать в трех различных режимах: получения изображений в реальном пространстве, электронографии и спектроскопии энергий электронов. Сфера его применения охватывает широкий круг областей – от материаловедения и минералогии до нанотехнологии и биологии, причем в статических структурах электронный микроскоп позволяет выявлять потрясающие детали. Посредством интегрирования в четвертом измерении мы превратили статические изображения в фильмы, необходимые для наблюдений поведения структур от атомов до клеток, разворачивающегося во времени. ■

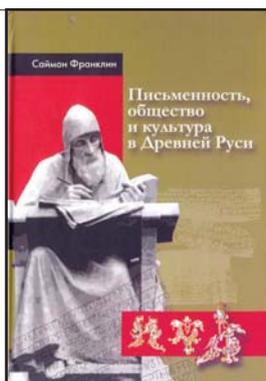
Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

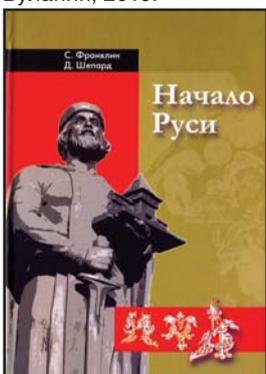
- Revolution in Electron Microscopy. John M. Thomas in *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 44, No. 35, pages 5563–5566; September 5, 2005.
- Microscopy: Photons and Electrons Team Up. F. Javier Garcia de Abajo in *Nature*, vol. 462, page 861; December 17, 2009.
- FourDimensional Electron Microscopy. Ahmed H. Zewail in *Science*, vol. 328, pages 187–193; April 9, 2010.
- Biological Imaging with 4D Ultrafast Electron Microscopy. David J. Flannigan, Brett Barwick and Ahmed H. Zewail in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 107, No. 22, pages 9933–9937; June 1, 2010.
- B4D Electron Microscopy: Imaging in Space and Time. Ahmed H. Zewail and John M. Thomas. Imperial College press, 2010.

Комментарии к этой статье направляйте по адресу www.ScientificAmerican.com/sciammag/aug2010

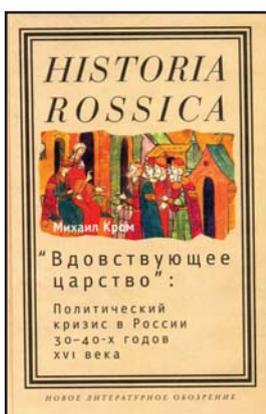
Неожиданная история



Франклин С.
Письменность, общество и культура в Древней Руси. СПб.: Дмитрий Буланин, 2010.



Франклин С., Шепард Д. Начало Руси. 750–1200. СПб.: Дмитрий Буланин, 2010.



Кром М.М.
«Вдовствующее царство»: Политический кризис в России 30–40-х годов XVI века. М.: Новое литературное обозрение, 2010.

В последнее время вышли переводы нескольких книг ведущих европейских историков, в которых предлагается нетрадиционный взгляд на различные периоды отечественной истории. Научный труд двух британских историков Саймона Франклина и Джонатана Шепарда (*The Emergence of Rus: 750–1200*. London, New York: Longman, 1996) – первая книга многотомной «Истории России». Каждый том серии – самостоятельная монография, посвященная определенному периоду.

Данное издание представляет собой не историографический обзор или историко-ведческие изыскания, а результат нового осмысления источников по наиболее раннему периоду русской истории. В нем нет ни непрерывной генеалогии всех Рюриковичей, ни последовательного описания политических событий или этапов экономического развития. Свободный характер изложения материала соответствует непредвзятому отношению к самому предмету. Опираясь на новейшие исследования, авторы пересматривают многие ключевые моменты в начальной истории Руси, в частности заново оценивают роль норманнов и обосновывают новое понимание удельного периода, ошибочно считающегося временем политического и экономического упадка.

Еще одна книга С. Франклина посвящена истории письменной культуры в Древней Руси. В первой части автор вписывает древнерусские документы в мировой контекст письменной культуры и показывает, что хотя все памятники различаются по материалу, языку, окружению, они выполняют определенную совокупность функций и составляют единую графическую среду.

Во второй части автор подробно анализирует развитие этой среды в Древней Руси, прослеживая закономерности «социальной динамики письма». На основе анализа многочисленных источников формируется оригинальная концепция зарождения письменной культуры на Руси. В частности показано, что письменность появилась задолго до введения христианства и что основная роль в ее продвижении принадлежит не столько церкви, сколько необходимости обслуживать коммерческую и финансовую деятельность, а также административное управление.

Не менее важен и вывод авторов о том, что внецерковная письменность не была навязана как процессуальный аксессуар какого-то учреждения, а использовалась как удобное средство для удовлетворения потребностей практической жизни. Хотя книжная культура оставалась в ведении церкви, основная масса грамотного населения использовала письменность для мирских целей. Вместе с тем именно из книжности появился ряд вторичных явлений, часто неформальных, от подписей на печатях и граффити до читающихся в берестяных грамотах формул обращения. Книга английского ученого представляет собой прекрасный образец конкретного исследования, а содержащийся в ней обширный и прекрасно систематизированный материал будет полезен и специалисту и просто интересующемуся историей отечественной культуры.

Завершает наш небольшой обзор работа кандидата исторических наук, декана факультета истории Европейского университета в Санкт-Петербурге М.М. Крома «Вдовствующее царство»: Политический кризис в России 30–40-х годов XVI века». Опираясь на огромный фактический материал, большая часть которого собрана по крупицам в зарубежных и российских архивах и впервые представлена широкому читателю, автор показывает не только истоки кризиса, который пережила Россия в годы малолетства Ивана Грозного, но и выходит на более широкие обобщения об особенностях русской монархии в XVI в. и в последующее время. В повествовании очевидны два плана. На переднем – перипетии придворной борьбы, столкновения противоборствующих групп аристократов, перевороты, опалы, казни и мятежи. На втором – анализ архаичной природы русской монархии и вообще верховной власти (в сравнении с европейскими странами начала Нового времени). Такой подход позволяет впервые показать истинную роль нарождающейся бюрократии. Автор показывает, что политика страны все менее зависела от личности монарха или от того, какая группа знати господствовала при дворе. Ее определяли дьяки и подьячие – профессиональные управленцы, сосредоточившие в своих руках административно-распорядительные функции. Автор считает, что данная особенность не только характерна для эпох дворцовых переворотов, но и стала типологической чертой всей русской монархии. ■

Татьяна Колядич

Салон инноваций и инвестиций: теория и практика

В сентябре 2010 г. состоялся X Московский международный салон инноваций и инвестиций. Около 600 экспонентов из 33 регионов Российской Федерации и 12 зарубежных стран представили несколько тысяч разработок. Промышленные предприятия, наукограды, вузы, центры международного научно-технического и инновационного сотрудничества получили возможность продемонстрировать свои изобретения. По оценкам организаторов, салон посетили более 4 тыс. человек

Салон охватил многие сферы и области разработок: атомную и ядерную физику, биотехнологию и биоинженерию, защиту окружающей среды, информационные технологии, машиностроение, медицину, здравоохранение и многое другое.

В экспозиции Москвы значительная часть была посвящена социально значимым проектам и творчеству молодежи. Нашлось место экологически чистому транспорту, технике для лиц с ограниченными возможностями, практическим проектам энергосбережения. Ортопедическую обувь для больных сахарным диабетом презентовал ОАО «Центральный научно-исследовательский институт кожевенно-обувной промышленности». Средства для быстрого химического анализа для специалистов и населения предлагает «МедЭкоТест». Центральный научно-исследовательский институт швейной промышленности» (ЦНИИШП) разработал технологию проектирования одежды для детей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата. Презентация «Москва – инновационные ворота страны» (Московское агентство поддержки экспорта и инвестиций) посвящалась открытию Портала внешнеэкономической информации для вывоза товаров на внешние рынки.

Консорциум «Интегра-М», специализируясь на интегрированных интеллектуальных системах безопасности и сотрудничая с Минобороны, ФСБ, МЧС, МВД и другими учреждениями, предложил геоинформационную систему непрерывного мониторинга на объектах и территориях

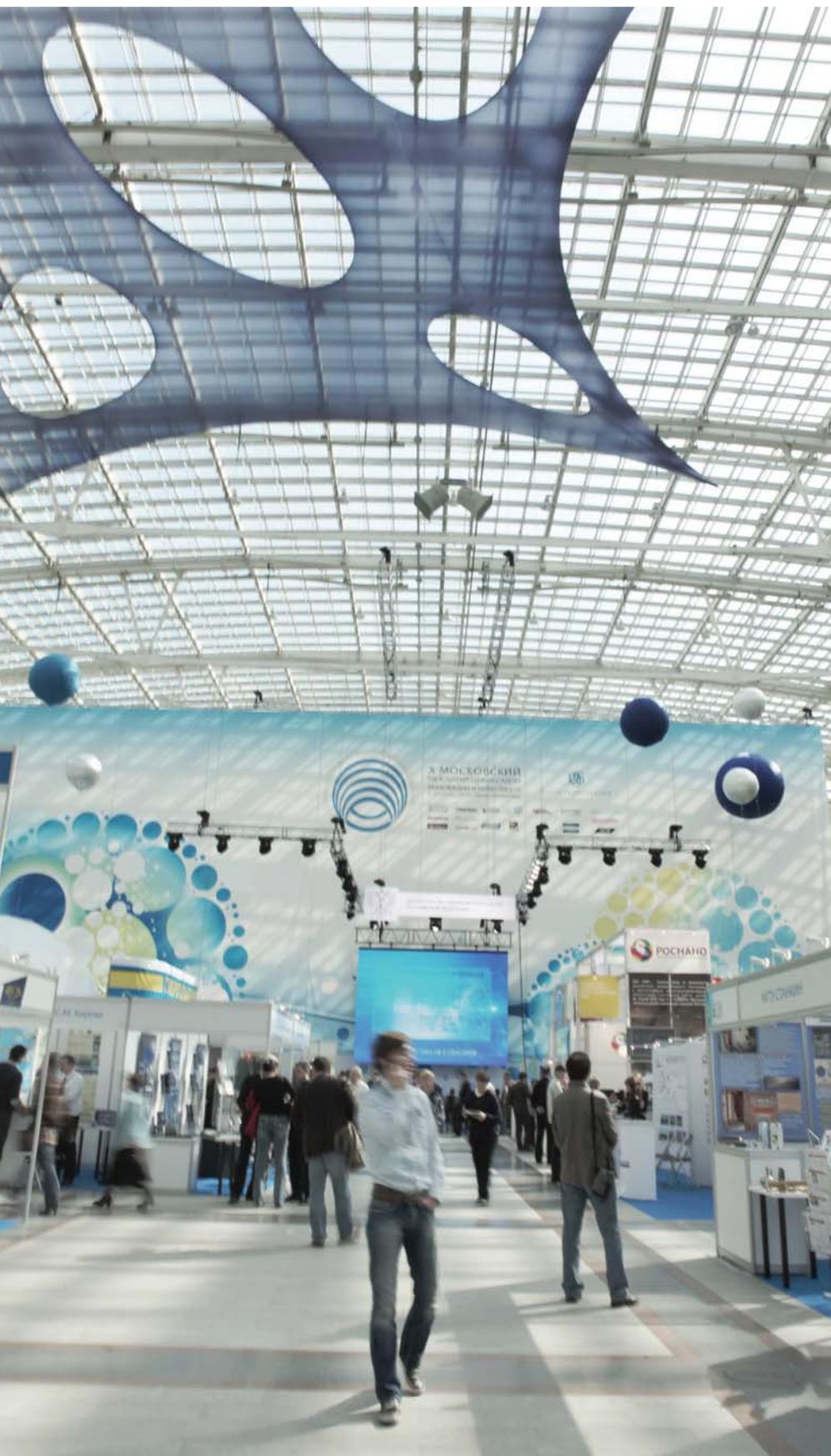
с построением 3D-моделей, прогнозированием чрезвычайных ситуаций, полным удаленным контролем в режиме «реального времени».

Салон был ознаменован российско-американским семинаром «Актуальные вопросы российско-американского сотрудничества в области инновационных технологий. Привлечение финансирования и реализация технологических инновационных проектов в России и в среднеатлантическом регионе США». На мероприятии обсуждали, как лучше работать с инвесторами и инноваторами США, делились опытом взаимодействия. Завершился семинар презентационной сессией инновационных проектов – лауреатов конкурсных программ межрегиональной общественной организации «Московская ассоциация предпринимателей». Деловой совет среднеатлантических штатов Америки и России (Mid-Atlantic – Russia Business Council) в целях развития инноваций и инвестиций презентовал программу своих мероприятий на 2010–2011 гг. Деловые мероприятия XIV полугодичной биотехнологической российско-американской недели инновационных технологий «РАНИТ-БИО» состоятся 23–30 июня 2011 г. в Филадельфии и Вашингтоне. В ходе работы салона было подписано соглашение о сотрудничестве с президентом Делового совета среднеатлантических штатов Америки и России Вэлом Коганом (Val Kogan) и президентом некоммерческого партнерства «Руссофт», объединения разработ-

чиков программного обеспечения России В.Л. Макаровым.

ООО «Новые энергетические технологии» предложило разработку и создание мощных источников лазерного излучения на основе одномерных и двумерных сборок лазерных диодов; с их помощью можно производить раскрой и резку материалов, сварку, пайку твердым припоем, поверхностную наплавку, термическую обработку поверх-





ностей. Совместно с Институтом общей физики им. А.М. Прохорова РАН и Институтом аналитического приборостроения РАН эта же компания представила лазерный пресс-спектрометр SALDI с технологией экспресс-анализа жидких биологических проб, а совместно с Институтом спектроскопии РАН, ВНИИ молочной промышленности РАСХН портативный спектрометр – анализатор показателей качества жидких молочных продуктов. Кроме того, «Новые энергетические технологии» совместно с Физическим институтом им. П.Н. Лебедева РАН и ФГУП «НТЦ "Интернавигация"» создали малогабаритный атомный стандарт частоты и времени. Атомные (или квантовые) стандарты частоты и времени обеспечивают формирование частотного сигнала, который определяется разностью энергий двух атомных состояний. Как утверждают разработчики, по сравнению с механическими осцилляторами, базирующимися, например, на кварцевых кристаллах, стабильность атомных стандартов существенно выше и в меньшей степени подвержена внешним возмущениям и старению.

Руководитель РОСНАНО А.Б. Чубайс отметил развитие нового направления – создания крупных нанопарков. Сейчас их география – это Новосибирск, Томск, Дубна, Казань и МИЭТ – Зеленоград, в обозримом будущем они будут созданы во многих регионах страны.

Масштаб исследований указывал и на глобальные интересы. Тихоокеанский океанический институт имени В.И. Ильичева презентовал видеоинформационный комплекс для контроля и оценки состояния поверхности моря в случае аварийных ситуаций. В этом институте также работают над технологией раннего обнаружения предвестников опасных гидро- и геодинамических процессов Земли. В РИЦ «Курчатовский институт» разработан проект инновационного полигона энергетики «ИКЕБАНА» в целях развития и отработки энергетических

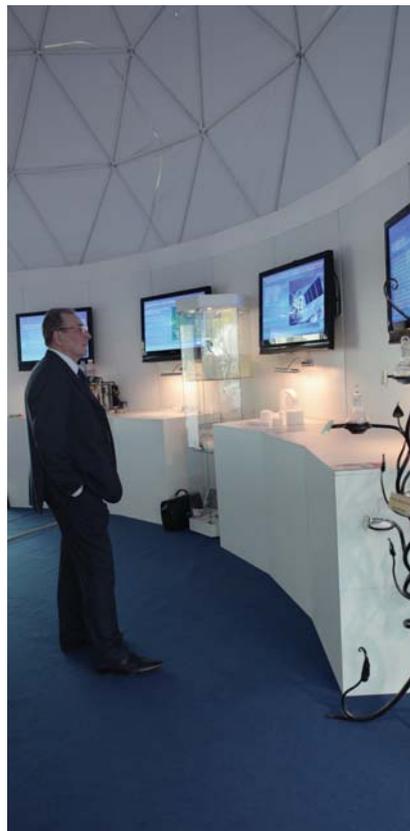
технологий и более рационального использования различных видов энергии (электрической, тепловой, световой). Казанское опытно-конструкторское бюро «Сокол» предложило комплексную систему воздушного мониторинга магистральных объектов ТЭК «ДАНЭМ», что важно для трубопроводов.

Салон инноваций и инвестиций отразил также развитие исследований в вузах. МГТУ им. Н.Э. Баумана рекламировал себя, представив малогабаритный датчик наноперемещений, технологию получения многослойных листовых заготовок с субмикро- и наноразмерной структурой методом горячей прокатки и т.д.

Кубанский госуниверситет и научно-технологический парк «Университет» разработали биопрепарат для очистки нефтесодержащих

отходов и ликвидации углеводородных загрязнений окружающей среды; на стенде утверждали, что такой препарат мог бы помочь при ликвидации экологической катастрофы в Мексиканском заливе. Здесь же демонстрировали нанокерамические покрытия в строительной индустрии. Астраханский инженерно-строительный институт создал инновационную конструкцию сваи для глубинного термического закрепления грунтов. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) выступает как национальный исследовательский университет и активно ищет связей с производством, причем не только в горной промышленности.

X Московский международный салон инноваций и инвестиций многим запомнился деловыми перегово-



ворами, дискуссиями. К сожалению, не все, что было запланировано организаторами, состоялось. Так, участники не увидели презентации проекта «Инноград», хотя надеялись узнать подробнее о российском мегапроекте – иннограде «Сколково». Опыт проведения салонов доказывает, что между теорией и практикой, между лабораторным экспериментом, опытной установкой и серийным производством часто появляется дистанция, преодоление которой – особая наука и искусство, в том числе и презентации проектов. ■

Дмитрий Мисюров

Наука безопасного экономического пространства

23 сентября текущего года в московском отеле «Метрополь» состоялась первая научно–практическая конференция «Роль науки и обучения в процессе становления и совершенствования национальных систем ПОД/ФТ» под эгидой Евразийской группы по противодействию легализации преступных доходов и финансированию терроризма (ЕАГ)

Участники конференции обсудили особенности реализации научно–исследовательских проектов, роль экспертного сообщества в управлении рисками в сфере небанковских финансовых структур, заслушали доклады о противодействии коррупции, об управлении репутационными и финансовыми рисками для организаций частного сектора на основе международных стандартов и другие темы.

Руководитель Федеральной службы по финансовому мониторингу России Ю.А. Чиханчин подчеркнул актуальность конференции, тесную связь науки и практики. Со-председатель Рабочей группы ЕАГ по взаимным оценкам и правовым вопросам, начальник юридического управления Росфинмониторинга П.В. Ливадный обратил внимание на распространение новых схем отмывания преступных доходов через систему электронных платежей. В связи с этим он отметил, что в России важно развивать законодательство в части регулирования деятельности электронных терминалов, которые могли бы повлиять на рынок электронных платежей.

В ходе конференции были также озвучены итоги опроса «Борьба с отмыванием денег: экономическая реальность или политическая необходимость?», проведенного агентством «ИМА–консалтинг». С целью оценки возможностей участия гражданского общества в развитии системы ПОД/ФТ были опрошены 60 экспертов (топ–менеджмент российских и зарубежных банков, компаний в сфере финансового консалтинга, работающих в России и за рубежом,

представители госсектора профильных департаментов, преподаватели финансовых факультетов высшей школы). Положительные результаты такой деятельности, по мнению экспертов, – это сокращение доли теневой экономики, улучшение политического имиджа государств, усиление инвестиционной привлекательности стран, содействие интеграции национальных экономик в международную финансовую систему. Среди «издержек» главными считаются усложнение финансовых транзакций, борьба за власть и передел сфер бизнес–влияния.

Выводы исследователей гласят, что наряду с осознанием угрозы для государств существования нелегальных денег гражданское общество недостаточно активно вовлечено в мероприятия по ПОД/ФТ. Однако положительный эффект развития системы превагирует над издержками, которые неизбежны в любом сложном процессе. Это убеждение продиктовано профессиональным взглядом на последствия несоблюдения стандартов ПОД/ФТ как для частного сектора, так и для государств в целом – подрыв репутации и благосостояния. Кроме того, институты гражданского общества сталкиваются с необходимостью подготовки квалифицированных кадров в сфере ПОД/ФТ, понимая пользу работы с международными организациями, они испытывают потребность в интерактивных формах взаимодействия – профессиональных экспертных площадках. При этом предмет интересов для всех взаимодействующих сторон представляют темы

коррупции, электронных технологий в банковской сфере, вопросы институционального становления системы ПОД/ФТ. Наконец, следует говорить о сложившейся необходимости формирования особой культуры отношений в гражданском обществе, в соответствии с которой частный сектор сознательно делал бы выбор в пользу соблюдения мировых стандартов ПОД/ФТ, стремился к взаимодействию с другими участниками формирования национальных и мировой систем ПОД/ФТ. По мнению экспертов, наиболее плодотворной в направлении формирования особой системы ценностей в гражданском обществе может быть деятельность международных организаций, в том числе ЕАГ.

Конференция проводилась при поддержке Международного учебно–методического центра финансового мониторинга. Центр учрежден Росфинмониторингом и представляет собой специализированный образовательный институт на пространстве ЕАГ, осуществляющий комплексную подготовку и повышение квалификации профильных кадров в области ПОД/ФТ.

Евразийская группа по противодействию легализации преступных доходов и финансированию терроризма – региональная структура по типу ФАТФ, объединяющая Беларусь, Казахстан, Китай, Кыргызстан, Россию, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан. Статус наблюдателей в ЕАГ предоставлен 17 государствам и 15 международным и региональным организациям. ■

Дмитрий Мисюров

Открой книгу!

В Москве в начале сентября 2010 г. прошла 23-я Московская международная книжная выставка-ярмарка, которая собрала книгоиздателей из 56 стран мира. На открытии ММКВЯ-2010 руководитель Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям Михаил Сеславинский сообщил, что в новом павильоне ВВЦ 1,5 тыс. издательств представят читателям 200 тыс. наименований книг

Книжная наука

Выставка-ярмарка, организованная Федеральным агентством по печати и массовым коммуникациям России и Генеральной дирекцией международных книжных выставок и ярмарок, шла под девизом «Открой книгу!» и помимо популяризации художественной литературы большое внимание уделила научно-просветительской составляющей книгоиздания, новым технологиям в этой сфере.

Символично, что в День знаний состоялись подведение итогов V юбилейного Всероссийского конкурса «Университетская книга – 2010» и семинар «Университетская книга в электронном формате. Инновационные подходы и решения» под эгидой Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям и журнала «Университетская книга». В этот день на выставке можно было получить консультации методиста по пособиям «Портфолио дошкольника 5–7 лет» и «Портфолио учащегося начальной школы» от издателей «Ювента», «С-инфо». К году 65-летия победы в Великой Отечественной войне приурочена серия книг «Актуальная история» Фонда исторической перспективы и издательского дома «Вече». К 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова издательский дом «Звонница МГ» презентовал проект «Для пользы общества, коль радостно трудиться».

Еще не так давно наша «самая читающая страна в мире» по сей день желает знать о мире как можно больше, что подтвердила презентация книги «История Аргентины», вышедшей в серии «Национальная история», с участием российских

издательств и представителей посольства Аргентинской Республики. Картину выставки позитивно дополнили научно-популярные журналы.

Экономические проблемы

В рамках культурно-просветительской программы «Словари XXI века» состоялась дискуссия «Словари будущего: бумажные и электронные». Были представлены, например, «Большой русско-английский словарь» М. Дубровина и «Новый большой англо-русский словарь» Ю. Апресяна. Словари показывали в электронном виде, с возможностью «мультиплатформенного» использования, т.е. с помощью и компьютера, и мобильного телефона. Директор московского музея Владимира Даля, ученый секретарь Общества российской словесности Раиса Клейменова в целом поддержала новые технологии, но обратила внимание на необходимость повышать компьютерную грамотность огромного количества людей, целых поколений.

Организаторы круглого стола «Что мы можем предложить англоязычному миру?» – чиновники, издатели, писатели, литературоведы – озаботились участием России в качестве почетного гостя в Лондонской книжной ярмарке 2011 г. Здесь мнения разделились. Многие отметили, что российская книжная продукция не принимается миром как бизнес-проект и неинтересна по содержанию, а некоторые участники отметили важность понимания значимости российской литературы и обратили внимание на большое значение систематизации грантов переводчикам, что

представляет собой обычную практику для продвижения национальной литературы на мировом рынке.

Нетрадиционный «Автор-пробег»

К выставке-ярмарке было приурочено подведение итогов Национального конкурса «Книга года». Конкурс проводится под эгидой Роспечати более десяти лет. В 2010 г. звание «Книга года» и Гран-при конкурса оказались у энциклопедического издания «Библиотека отечественной общественной мысли с древнейших времен до начала XX века» в 119 томах. Министр связи и массовых коммуникаций Игорь Щеголев отметил при вручении, что это и самая объемная книга года. Победитель в номинации «Проза года» – книга Павла Басинского «Лев Толстой. Бегство из рая». Поэтическое направление отметила четырехтомная антология «Круг Лета Господня. Времена года. Православные праздники». В номинации «Вместе с книгой мы растем» книга года – «Письма насекомых» Ольги Кувыкиной. В категории «Поклонимся великим тем годам...» в честь 65-летия Победы отмечен фотоальбом Джеймса Хилла «День Победы». Лауреаты «Книги года» получили бронзовые статуэтки «Идущий с книгой». Обладателю Гран-при досталось хрустальное яйцо с алмазами, а внутри, естественно, тоже миниатюрная книга. Вероятно, это одна из самых маленьких и необычных книг, которую создали для ММКВЯ-2010. Кстати, помимо новинок корреспондент «В мире науки» заметил на этой выставке и букинистический стенд.

ММКВЯ–2010 отличилась значительным присутствием религиозной литературы, что помимо прочего напоминало о важности популяризации научной книги. 1 сентября состоялась пресс–конференция, посвященная акции «Автор–пробег: ММКВЯ в гостях у регионов России». Библиомобили осенью отправятся по 13 регионам России. Писатели и издатели в специальных автомобилях с Интернетом, журналами и книгами понесут книжную культуру в массы. В Калужской области готовится выставка православной литературы «Радость слова». Подобные проекты могли бы стать важным компонентом научной, научно–просветительской деятельности, популяризации научной литературы, доступность которой, несмотря на выставки, оставляет желать лучшего.

Государственная поддержка

Министр связи и массовых коммуникаций Российской Федерации Игорь Щеголев также зачитал приветствие Президента России Дмитрия Медведева, в котором говорилось, что «современные технологии стремительно меняют книжную индустрию и важно предоставлять им широкие возможности для знакомства с многообразием художественной и специальной литературы, помогая гармоничному нравственному и интеллектуальному развитию личности. Это позволит в том числе преодолеть информационное неравенство, установить внешние крепкие связи». В зачитанном приветствии от имени Председателя Правительства России Владимира Путина отмечалось, что «представленную выставку по праву можно назвать главным национальным книжным форумом, масштабным смотром литературных и в целом – культурных достижений».

Действительно, книжные новинки были представлены во всем разнообразии, причем у каждого стенда издательств находились свои читатели и почитатели. ■

Дмитрий Мисюров

ЛАУРЕАТЫ НАЦИОНАЛЬНОГО КОНКУРСА «КНИГА ГОДА»

«ПРОЗА ГОДА»

Басинский П. Лев Толстой. Бегство из рая. М.: «Астрель» (издательская группа «АСТ»), 2010.

«ПОЭЗИЯ ГОДА»

Круг Лета Господня. Времена года. Православные праздники. Антология русской поэзии: В 4 т. М.: Кафедральный Соборный храм Христа Спасителя, 2009.

«ВМЕСТЕ С КНИГОЙ МЫ РАСТЕМ»

Кувыкина О. Письма насекомых. М.: Издательский дом Мещерякова, 2010.

«УЧЕБНИК XXI ВЕКА»

Александровская Е.Б. и др. Учебно–методический комплект Le français.ru. М.: Нестор Академик, 2007–2010.

СПЕЦИАЛЬНАЯ НОМИНАЦИЯ «БЕЛЫЕ РОСЫ» (названа в честь почетного гостя ММКВЯ–2010 из Белоруссии)
Из века в век. Белорусская поэзия. М.: Пранат, 2007.

HUMANITAS

Ефремова Н.В., Ибрагим Т.К. Жизнь пророка Мухаммада. М.: Институт востоковедения РАН; НИЦ «Ладомир», 2009.

«АРТ–КНИГА»

Взорваль: Альбом–каталог. К 100–летию русской футуристической книги. М.: Контакт–культура, 2010.

«ПОКЛОНИМСЯ ВЕЛИКИМ ТЕМ ГОДАМ»

Хилл Дж. День Победы: Фотоальбом. М.: Издательская группа «Аттикус», 2010.

«ОТПЕЧАТАНО В РОССИИ»

Кировская областная типография (Вятка на старинной открытке. Конец XIX – начало XX века: Альбом–каталог. Киров, «О–Краткое», 2009).

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ДИПЛОМ ЖЮРИ

Издательство «Молодая гвардия» – за серию «ЖЗЛ», просветительскую деятельность и вклад в отечественную словесность.

КНИГА ГОДА

Библиотека отечественной общественной мысли с древнейших времен до начала XX века: В 119 т. Руководитель проекта А.Б. Усманов. М.: Институт общественной мысли; РОССПЭН, 2010.

Награда просветителям

Объявление короткого списка премии «Просветитель-2010», который представили учредитель премии Дмитрий Зимин (основатель фонда «Династия»), члены жюри, а также сопредседатели оргкомитета писатель и телеведущий Александр Архангельский и издатель Александр Гаврилов, не принесло особых сюрпризов.

В этом году в жюри под председательством академика РАН Юрия Рыжова вошли проректор по научной работе РГГУ Дмитрий Бак, поэт, педагог, публицист Евгений Бунимович, журналист Антон Носик, доктор физико-математических наук, переводчик Алексей Семихатов, а также лауреаты 2009 г. писатель Григорий Козлов и доктор физико-математических наук Леонид Пономарев.

Открывая встречу, Дмитрий Зимин заявил о решении отдельно отметить книгу Егора Гайдара «Долгое время. Россия в мире: очерки экономической истории»,

которая будет включена в библиотечную программу и разослана по библиотекам страны. Согласившись с ним, академик Юрий Рыжов сказал, что очень рад, что «сегодня вспомнили о Гайдаре. Эта книга пойдет по городам и весям нашей страны. Она очень нужна». К сожалению, активный рост числа научно-популярных книг привел к тому, что членам жюри пришлось исключить множество замечательных книг, иногда по чисто формальным причинам. Поскольку две книги набрали одинаковое количество баллов, в естественный блок вошло не четыре, а пять книг.

Имя лауреата назовут на торжественной церемонии 18 ноября текущего года и наградят издателей книг лауреатов премии, которая с каждым годом все больше привлекает внимание читателей к просветительскому жанру и создает предпосылки для расширения рынка просветительской литературы. ■

Сергей Федоров

Номинаровать книги на премию могут основатель премии, члены совета фонда «Династия», члены жюри премии, издательства, сотрудники государственных музеев, профессора вузов, сотрудники НИИ, члены-корреспонденты и действительные члены государственных академий, а с этого года и профессиональное сообщество «Клуб научных журналистов»

КАК И В ПРОШЛОМ ГОДУ, КОРОТКИЙ СПИСОК 2010 Г. ПРЕДСТАВЛЕН ПО ДВУМ НОМИНАЦИЯМ

ГУМАНИТАРНЫЙ БЛОК

Зализняк А.А. Заметки о любительской лингвистике. М., 2009.

Иванов С.А. 1000 лет озарений. М., 2010.

Немзер А.С. «Красное колесо» Александра Солженицына. Опыт прочтения. М., 2010.

Прасол А.Ф. Япония: лики времени. М., 2008.

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ БЛОК

Марков А.В. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня: неожиданные открытия и новые вопросы. М., 2010

Рубин С.Г. Устройство нашей Вселенной. М., 2008.

Сурдин В.Г. Путешествия к Луне. М., 2009.

Успенский В.А. Апология математики. М., 2009.

Шноль С.Э. Герои, злодеи и конформисты российской науки. М., 2010.

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 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1, кор.46, офис 138 редакция журнала «В мире науки»;

■ по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;

■ по факсу: +7(495) 939-42-66

Стоимость подписки на первое полугодие 2010 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2005–2006 гг. — **50 руб. 00 коп.**, за 2007 г. — **70 руб. 00 коп.**, за 2008 г. — **80 руб. 00 коп.**;

за 2009 г. — **100 руб. 00 коп.** — **первое полугодие, 110 руб. 00 коп.** — **второе полугодие**; за 2010 г. — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб.**

Номера журнала за 2003–2004 гг. предоставляются в редакции бесплатно.

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 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 2010 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2009 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2008 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2007 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2006 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2005 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2004 г. | | | | | | | | | | | | |
| 2003 г. | | | | | | | | | | | | |

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

ЗАО «В мире науки»
 Расчетный счет 40702810100120000141
 в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187
 Корреспондентский счет 30101810700000000187
 ИНН 7709536556; КПП 770901001

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

| Вид платежа | Дата | Сумма |
|---|------|-------|
| Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год | | |

Плательщик

ЗАО «В мире науки»
 Расчетный счет 40702810100120000141
 в ОАО «ВТБ» г. Москва БИК 044525187
 Корреспондентский счет 30101810700000000187
 ИНН 7709536556; КПП 770901001

 Фамилия, И.О., адрес плательщика

| Вид платежа | Дата | Сумма |
|---|------|-------|
| Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год | | |

Плательщик

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»

■ в интернет-магазинах
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

■ СНГ и далее зарубежье
 ООО «Информнаука»
 Тел.: +7 (495) 787-38-73
 Факс: +7 (499) 152-54-81
www.informnauka.com



ОЧЕВИДНОЕ



НЕВЕРОЯТНОЕ

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

А. Пушкин

ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ

НА КАНАЛЕ «КУЛЬТУРА» ПО СУББОТАМ ПРОГРАММА С.П. КАПИЦЫ

Читайте в следующем выпуске журнала



КАК МЫ РАЗВИВАЕМСЯ

Человеческая эволюция может пойти не совсем тем курсом, которого ожидают биологи

ОРИГАМИ-ОБСЕРВАТОРИЯ

Ожидается, что преемник космического телескопа «Хаббл» затмит своего успешного предшественника. Эксклюзивный репортаж из-за кулис самого смелого проекта NASA последних десятилетий

НА НАУКУ УПОВАЕМ?

Респонденты нашего специального интернет-опроса демонстрируют веру в науку - за некоторыми примечательными исключениями

НЕУЛОВИМАЯ ТЕОРИЯ ВСЕГО

Физики искали одну теорию, но нашли несколько

АУТИЗМ: ОТЧАЯННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

В мире ставится все больше диагнозов аутизма, а надежной методики лечения по-прежнему фактически не существует

СПЕЦВЫПУСК

ВСЕ КОНЧАЕТСЯ

Почему мы не можем жить вечно?

Что происходит в нашем теле после смерти?

Каков срок жизни изобретений человека?

Когда истощатся недра Земли?

Правда ли то, что мы стоим на пороге гибели цивилизации?

Может ли закончиться время?

А что будет потом, после того как все кончится?

И почему вообще нас так завораживает мысль о конце всего?

1-3 НОЯБРЯ 2010
МОСКВА ЭКСПОЦЕНТР

10^9 — количество людей, которым
не доступна качественная питьевая
вода на данный момент

10^{-9} метров — размер частиц ионов
серебра, используемых
в антибактериальном нанопокрытии

НАНО В ГЛОБАЛЬНОМ МИРЕ

III международный форум по нанотехнологиям

WWW.RUSNANOFORUM.RU

Rusnanotech
2010



ЭКСПЕРТ
ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ВЕДОМОСТИ
THE WALL STREET JOURNAL FINANCIAL TIMES