

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

тема номера:

№6 2004

Роботы на старте

Марсианская одиссея

Прохождение Венеры

Тихие землетрясения

Мозг наркомана



ISSN 0208-0621



9 770208 062001 >

содержание

ИЮНЬ 2004

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 
- 24** **ПЛАНЕТОЛОГИЯ**
МАРСИАНСКАЯ ОДИССЕЯ
Джордж Массер
Что обнаружил марсоход Spirit, исследуя Красную планету.
- 30** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
РОБОТЫ НА СТАРТЕ
Уэйт Гиббз
В гонке «Крепкий орешек» приняли участие 15 автономных роботов-автомобилей. Ни одна из машин не дошла до финиша.
- 40** **КЛИМАТ**
ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ. МОЖНО ЛИ ОБЕЗВРЕДИТЬ «БОМБУ ЗАМЕДЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ»?
Джеймс Хансен
Глобальное потепление – это реальность, и последствия его могут быть катастрофическими.
- 50** **НЕЙРОБИОЛОГИЯ**
МОЗГ НАРКОМАНА
Эрик Нестлер и Роберт Маленка
Злоупотребление наркотиками вызывает стойкие изменения в различных отделах мозга. Понимание клеточных и молекулярных механизмов адаптации поможет разработать новые методы лечения наркомании.
- 58** **НАУКИ О ЗЕМЛЕ**
ТИХИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
Питер Сервелли
Мощные тектонические движения таят в себе опасность. Они могут породить цунами или сильные толчки, потрясаящие земную кору.
- 64** **ВЫБОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ЧЕСТНЫЕ ВЫБОРЫ
Партха Дасгупта и Эрик Маскин
Все избирательные системы имеют слабые и сильные стороны.
- 70** **АСТРОНОМИЯ**
ПРОХОЖДЕНИЕ ВЕНЕРЫ
Стивен Дик
8 июня 2004 г. людям по всему миру посчастливится стать свидетелями редчайшего астрономического явления – прохождения Венеры.

В мире науки

Учредитель и издатель:

Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет»

Главный редактор: С.П. Капица
Заместитель главного редактора: В.Э. Катаева

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

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

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

Старший менеджер по распространению: С.М. Николаев

Менеджер по распространению: А.В. Евдокимов

Старший менеджер по PR: А.А. Рогова

Научные консультанты:

академик В.М. Котляков,
М.Ю. Куржиямский,
ст. научный сотрудник кафедры
психологии МГУ Г.Я. Меншикова,
кандидат физ.-мат. наук В.Г. Сурдин,

Над номером работали:

Е.В. Базанов, Е.Г. Богадист, О.А. Василенко,
Е.М. Веселова, Ф.С. Капица, Т.М. Колядич,
С.Р. Оганесян, И.П. Потемкин, И.Е. Сацевич,
В.В. Свечников, В.И. Сидорова, М.Г. Смирнова,
А.А. Сорокин, В.Г. Сурдин, К.Р. Тиванова,
П.П. Худoley, Н.Н. Шафрановская

Корректурa: Ю.Д. Староверова

Препресс: Up-studio

Отпечатано: ОАО «АСТ-Московский
полиграфический дом»
748-6733 Заказ №611

Адрес редакции:

105005 Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409
Телефон: (095) 105-03-72, тел/факс (095) 105-03-83
e-mail: red_nauka@rosnou.ru; www.sclam.ru

© В МИРЕ НАУКИ РАСНОУ, 2004

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

Тираж: 15 000 экземпляров

Цена договорная.

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

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors:

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

News Editor: Philip M. Yam

Contributing editors:

Mark Fichetti, Marguerite Holloway,
Michael Shermer, Sarah Simpson, Paul Wallich

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer:

Gretchen G. Teichgraeber

**Vice President and managing director,
international:** Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

ПРОФИЛЬ
20 ПРОТИВОСТОЯТЬ ЭПИДЕМИИ
Кристин Соарес
Дэвид Хейман – один из создателей глобальной сети заблаговременного предупреждения и реагирования.

ИННОВАЦИИ
22 НАНОРИСОВАНИЕ
Гэри Стикс

ОБЗОРЫ:

3 ОТ РЕДАКЦИИ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

4 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ
• Предсказание солнечных бурь
• Самая яркая звезда
• Хранение водородного топлива
• Туман войны
• Ускоритель нового поколения
• Электронные ворота в мир математики

78 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

84 ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ
ИЛЛЮЗИИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

90 ТЕХНИЧЕСКИЕ НЮАНСЫ
КВАРЦЕВЫЕ ЧАСЫ
Марк Фишетти

92 ПУТЕШЕСТВИЯ
В ПОИСКАХ ПРОШЛОГО
Маргерит Холлоуэй

94 ГОЛОВОЛОМКА
СКОРОСТНАЯ СЕТКА

95 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ
*Почему перелитая кровь отторгается организм гораздо реже, чем пересаженные органы?
Можно ли восстановить удаленные файлы?*

ИЗМЕНЕНИЕ климата

Если вы все еще сомневаетесь в реальности глобального потепления и в том, что человечество вносит немалый вклад в этот процесс, прочитайте статью «Глобальное потепление. Можно ли обезвредить бомбу замедленного действия». Ее автор, Джеймс Хансен, директор Института космических исследований Годдарда, совсем не похож на мрачного прорицателя. Вместо того чтобы ссылаться на компьютерные модели климатических процессов, которые многими воспринимаются с большой долей скептицизма, он приводит веские аргументы, основанные на данных геологических исследований и простых термодинамических расчетах. Хансен видит несомненные признаки надвигающейся опасности, связанной с подъемом уровня Мирового океана. Однако он при этом полагает, что если начать действовать незамедлительно, процесс глобального потепления можно замедлить или остановить.

Ведь даже небольшое уменьшение выбросов вредных газов и аэрозольных частиц способно приостановить глобальное потепление надолго. Однако международному сообществу не хватает политической воли и лидера, а та нация, которая подходит на эту роль, предпочитает оставаться в стороне.

Администрация президента Джорджа Буша полагает, что проблемой глобального потепления лучше вплотную заняться через несколько лет, предварительно как следует проанализировав ее и оценив, насколько она серьезна. Из всех разработанных до сих пор проектов, принятых между-



Клубы сажи, продукта неполного сгорания дизельного топлива.

народным сообществом, наиболее приемлемым остается Киотский протокол. Тем не менее в 2001 г. Белый дом (вслед за сенатом США в 1997 г.) отверг его как разорительный с экономической точки зрения и неадекватный, с точки зрения охраны окружающей среды. Однако никакой подходящей альтернативы администрация не предложила.

Два года назад президент США объявил стране уменьшить выбросы парниковых газов на единицу выпускаемой продукции на 18% в течение 10 лет, однако не объяснил, как именно это сделать. Белый дом с гордостью заявляет, что \$4,3 млрд. в 2004 г. на программы по изменению климата и переходу на водородное топливо выделено, но не указывает никаких ориентиров, по которым можно было бы судить об эффективности проектов.

А между тем существует вполне реальный план действий. Современным технологиям при небольших затратах по силам остановить рост выбросов в атмосферу продуктов неполного сгорания дизельного топлива. Снижение их концентрации в воздухе могло бы привести к более интенсивному отражению солнечного света от снежного покрова Земли и пошло бы на пользу сельскому хозяйству и здоровью всех людей на планете.

Еще более серьезная проблема – контроль за парниковыми газами, образующимися в результате хозяйственной деятельности человека, углекислый газ, источником которого служит сжигание ископаемого топлива, и хлорфторуглероды. Накапливаясь в атмосфере, они влияют на энергетический баланс планеты. Киотский протокол обращает внимание на этот вопрос, но руководство США предпочитает финансировать программы по контролю за такими вредными промышленными веществами, как ртуть. Если сосредоточить все производства, так или иначе связанные со ртутью, в нескольких местах, то это создаст серьезную угрозу для здоровья живущих поблизости людей.

Однако администрация Буша по-прежнему стоит в стороне от всех проектов, связанных с защитой окружающей среды. Такое положение дел нельзя признать нормальным: сегодня всем нужен решительный лидер, способный решить проблему противодействия изменению климата. **n**

Сплетня о полиомиелите • Слухи о самолетах • Тибетское чудо

ИЮНЬ 1954

ОПАСНАЯ ВАКЦИНА. Месяц назад, после недельного скандала вокруг новой вакцины от полиомиелита, начались ее клинические испытания. Шумиху поднял Уолтер Винчелл (Walter Winchell), заявивший по радио, что вакцина «может быть смертельно опасной», так как в одной из партий был обнаружен живой вирус. Представители Национального фонда детского паралича, который проводит и финансирует испытания, ясно дали понять, что каждая партия лекарства трижды подвергалась лабораторной проверке. Кроме того, Джонас Солк (Jonas Salk), создатель вакцины, сделал прививки более чем 4 тыс. питтсбургских детей, и ни у одного из них не наблюдалось побочных эффектов.

КРЕМНИЕВАЯ СОЛНЕЧНАЯ

БАТАРЕЯ. В прошлом месяце специалисты компании *Bell Telephone Laboratories* продемонстрировали небольшую пластину легированного кремния, преобразующую солнечный свет непосредственно в электрическую энергию. КПД солнечной батареи составляет около 6%, однако ученые полагают, что ее эффективность можно повысить до 10%.

Новое устройство вряд ли заменит электростанции (батарея мощностью 30 МВт заняла бы более 40 га), но специалисты считают, что солнечные элементы можно будет использовать в качестве небольшого источника энергии, например, для сельских телефонных станций.

ИЮНЬ 1904

БОЛЬШОЙ КАНЬОН. Большой каньон реки Колорадо в Аризоне будет объявлен национальным заповедником. Для этого группе государственных инспекторов, уже обследовавших небольшой участок прилегающей территории, потребуется почти год. С точки зрения геологии, Большой каньон является интереснейшим объектом для изучения, а его великолепные пейзажи привлекают туристов и любителей дикой природы.

АВИАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ. В конце прошлого года летательный аппарат, изобретенный Орвиллом и Уилбером Райтами, был продемонстрирован в Китти-Хок, Северная Каролина. Следующее испытание состоялось 26 мая близ Дейтона, штат Огайо, и, как утверждают братья-изобретатели, прошло успешно. Полет проводился в обстановке повышенной секретности, но немногочисленные свидетели рассказали, что машина, разогнавшись, взмыла в воздух и, пролетев короткое расстояние, рухнула. Авария произошла из-за поломки бензинового двигателя. При падении сломались пропеллеры, и повторить испытание не представляется возможным.



ВЕЛОСИПЕДНАЯ АКРОБАТИКА – берлинский хит сезона, 1904.

СМЕЛЫЙ ВЕЛОСИПЕДИСТ.

Мертвая петля на велосипеде стала настолько популярным аттракционом, что велосипедисты демонстрируют рвение, достойное лучшего применения. Самая последняя новинка – изобретение берлинского смельчака Бёттнера (Woytner), построившего конструкцию для выполнения двойной петли (см. рис.). Что ни говори, исполнение такого трюка требует железной выдержки.

ИЮНЬ 1854

ЯКИ. Жофруа Сент-Илер (Geoffrey Saint-Hilaire) и другие французские натуралисты всерьез задумываются об одомашнивании яков, которые раньше были известны европейцам лишь как объект научного изучения. Недавно в парижский зоопарк *Jardin des Plantes* привезли нескольких китайских яков, которых Жан-Луи Бюфон (Comte de Buffon) (1707–1788) считал большей драгоценностью, чем все золото Нового Света. На Тибете и в Китае эти животные перевозят большие грузы, дают молоко, превосходное мясо и мягкую теплую шерсть. Поэтому весьма желательно натурализовать яков в Европе. Между прочим, покойный лорд Дерби (Lord Derby) уже сделал такую попытку, но потерпел неудачу. **n**

обнаружение бурь

Криста Вест



Коронарный выброс массы, наблюдавшийся в обсерватории SOHO в феврале 2000 г. (Маска закрывает прямой солнечный свет; белым кружком очерчена граница Солнца.)

ЯРКИЙ СВЕТ – БОЛЬШИЕ ПРОБЛЕМЫ

Осенью 2003 г. в течение двух недель наблюдалась высокая солнечная активность. Наиболее серьезные нарушения в электронных системах были вызваны коронарными выбросами массы (КВМ).

19 ОКТЯБРЯ

Три больших солнечных пятна оказались обращенными в сторону Земли.

22–23 ОКТЯБРЯ

На Земле произошла первая электромагнитная буря, вызванная КВМ.

28 ОКТЯБРЯ

На Солнце замечена мощная вспышка, вторая по интенсивности из когда-либо наблюдавшихся.

28–30 ОКТЯБРЯ

Впервые была объявлена радиационная тревога для авиапассажиров, летящих на высоте более 7,5 км.

29 ОКТЯБРЯ

Началась вторая геомагнитная буря, вызванная КВМ.

4 НОЯБРЯ

На Солнце произошла самая мощная вспышка, однако за счет вращения светила ее излучение не достигло Земли.

На шаг ближе к предсказанию разрушительной солнечной активности.

19 октября 2003 г. на поверхности Солнца произошла большая вспышка, привлекавшая внимание ученых к трем крупным группам пятен, которые в течение последующих двух недель произвели еще 124 вспышки. Три из них были самыми мощными из до сих пор зарегистрированных. Выбросы электромагнитного излучения сопровождалось появлением громадных облаков плазмы. Эти коронарные выбросы массы (КВМ) состоят из миллиардов тонн протонов и электронов высокой энергии. Достигая Земли, они создают множество проблем. Прошлой осенью вспышки и КВМ повлияли на функционирование 20 спутников и космических кораблей (не считая секретных военных аппаратов), вызвали отключение линий электропередач в Швеции, заставили Федеральное управление гражданской авиации США впервые объявить тревогу по поводу возможного избыточного облучения авиапассажиров.

Раньше КВМ было практически невозможно предсказать. Если бы их можно было прогнозировать с такой же точностью, как погоду на завтра, то с помощью орбитальных и наземных приборов можно было бы определить их размер и момент столкновения с нашей планетой. Скоро данная возможность станет реальностью: в декабре прошлого года исследователи объявили о первых успешных испытаниях аппарата *Solar Mass Ejection Imager (SMEI)*, который способен следить за движением КВМ.

Запущенный в январе 2003 г., *SMEI* обращается вокруг Земли вдоль терминатора, совершая оборот за 101 мин. На каждом витке три камеры фиксиру-

ют изображение всего неба с Солнцем в центре. На снимках КВМ выглядят как яркие облака, образованные рассеянными электронами плазмы.

Другие приборы наблюдения за Солнцем также позволяют получать изображения КВМ, но они работают как неподвижные камеры, делая одиночные снимки Солнца. Например, созданная в NASA Солнечная гелиосферическая обсерватория (*SOHO*) может быстро зафиксировать извергаемый из светила КВМ, но не способна отслеживать путь облака. Прошлой осенью *SOHO* запечатлела два больших КВМ, направлявшихся к Земле, но не смогла проследить за ними и предсказать точное время встречи с планетой.

В отличие от *SOHO*, *SMEI* работает как система круглосуточного наблюдения и определяет скорость, траекторию и размер КВМ, позволяя надежно и точно рассчитать момент столкновения. Время, за которое выбросы достигают Земли, может занимать от одного до пяти дней. С момента запуска аппарат зафиксировал около 70 КВМ.

Прошлой осенью во время солнечных бурь *SMEI* впервые получил шанс оправдать затраченные на него \$10 млн. Около 20 ученых в течение 20 лет занимались его разработкой под эгидой Исследовательской лаборатории военно-воздушных сил на военно-воздушной базе в Хэнскоме, штат Массачусетс. В декабре 2003 г. на собрании Американского геофизического союза руководитель программы *SMEI* Джанет Джонстон (Janet Johnston) с гордостью заявила, что аппарат успешно обнаружил два самых больших КВМ из осенней серии за 21 и 10 часов до их встречи с Землей.

К сожалению, ученые узнали о способностях *SMEI* обнаруживать и отслеживать КВМ только после того, как они столкнулись с Землей. Сейчас информация от *SMEI* передается через несколько наземных станций слежения и достигает Хэнскома с задержкой в 24 часа. Для составления своевремен-

ных прогнозов это время нужно сократить в 4 раза. Необходимо также усовершенствовать систему сбора данных и повысить чувствительность и избирательность аппаратуры, регистрирующей излучение КВМ. Тогда можно будет составлять прогнозы в режиме реального времени. **n**

ЗАПОМНИ И ЗАБУДУ

Чарльз Чой

Возбудителем таких заболеваний, как коровье бешенство и смертельная наследственная бессонница, являются прионы. Однако их способность принимать вторичную форму и побуждать другие белки к трансформации не всегда приводит к нарушению функционирования клеток, на что указывают исследования белка *CPEB*. Эксперименты показали, что *CPEB*, нормальная функция которого заключается в синтезе других белков в синапсах в процессе запоминания, обладает и альтернативной структурой, которая также функциональна и способствует изменению формы других белков. Прионоподобная природа *CPEB* может способствовать долговременному хранению информации, поскольку прионозные состояния обычно стабильны.

Биологическая активность также может стимулировать подавление воспоминаний, что со времен Фрейда подвергалось сомнению. В ходе эксперимента добровольцам предлагалось запоминать пары не связанных смыслом слов, например «судьба – плотва». Затем они должны были стараться не вспоминать второе слово, когда им предъявляли первое. Как показали подробные исследования, описанные в январском номере *Science*, при успешном забывании второго слова префронтальная кора активизировалась точно так же, как при контроле за физическими движениями. Одновременно снижалась активность гиппокампа, отвечающего за процессы кратковременной памяти. Значит, его функции тоже регулируются префронтальной корой. **n**



В МОЗГУ ИМЕЕТСЯ биологический механизм подавления воспоминаний.

СТРАННОЕ ВЕЩЕСТВО ВОКРУГ НАС?

Дж. Минкель

Молодая горячая Вселенная и сталкивающиеся нейтронные звезды могли выбрасывать так называемое странное кварковое вещество – очень плотную смесь верхних, нижних и странных кварков. Странствующие сгустки этой субстанции, если они существуют, должны раз в несколько лет пронизывать нашу Землю и, подобно камням, брошенным в воду, вызывать мелкие

сейсмические колебания на своем пути. Поскольку их скорость намного больше скорости звука в подземных толщах, сейсмометры должны регистрировать одновременное дрожание вдоль всей траектории этих сгустков. Вигдор Теплиц (Vigdor L. Tepplitz) из Южного методистского университета тщательно проанализировал сейсмические отчеты за период с 1990 по

1993 г. и обнаружил серию толчков, зарегистрированных в ноябре 1993 г. и похожих на последствия пролета сгустка странного вещества. Для подтверждения полученных результатов потребуется оперативный анализ новых сейсмических замеров. Подробности в *Bulletin of the Seismological Society of America* за декабрь 2003 г. **n**



СУМАСШЕДШИЙ МИР

Обнаружение в прошлом году коровьего бешенства в Канаде и США ознаменовало дальнейшее распространение по миру коровьей губчатой энцефалопатии (КГЭ). Если случаи заболевания в Северной Америке вызваны тем же штаммом, что и в Британии, то риск возникновения человеческой формы КГЭ – разновидности болезни Кройцфельда–Якоба – представляется небольшим.

До декабря 2003 г. в Британии идентифицировано **180 343** случая КГЭ.

Предполагаемое число случаев проникновения возбудителя в пищевые продукты **1,6 млн.**

Зарегистрированное число случаев разновидности болезни Кройцфельда–Якоба:
в Британии **143**
в мире **153**

Число стран, в которых зарегистрирована КГЭ:

1986 г. **1**
1990 г. **3**
1995 г. **5**
2000 г. **12**
2003 г. **23**

Количество говядины, произведенной в США в 2002 г. **1,23 млн. тонн**

Экспортировано из США **110 тыс. тонн**

Годовое потребление говядины на человека **31 кг**

Доля потребления в виде фарша **43,2%**

БЕГОМ марш!

Чарльз Чой

На выброс ноги вперед затрачивается значительно больше энергии, чем считалось ранее.

Обычно при изучении бега основное внимание обращают на внешнюю сторону его механики. Биологи Северо-Восточного университета решили непосредственно исследовать работу мышц, измеряя кровотоки в ногах цесарки *Numida meleagris*. Ранее предполагалось, что практически вся энергия уходит на питание мышц, обеспечивающих усилие ноги, стоящей на земле (статическая фаза). Однако выяснилось, что при движении

ноги вперед (фаза бега) затрачивается почти четверть энергии, поступающей в опорную конечность. Поскольку среди двуногих спринтеров птицы стоят на втором месте после людей, ученые считают, что полученные результаты важны для понимания механизма ходьбы и могут быть использованы в реабилитационной медицине. Отчет о проведенных исследованиях опубликован в январском номере *Science*. [n](#)

ВСЕ газировано

Дж. Минкель

В поисках практичного способа хранения чистого водородного топлива Венди Мао (Wendy Mao) из Чикагского университета и ее отец Дэвид Мао (David Mao) из Института Карнеги сжимали кристаллы водорода и воды в аппарате с алмазными наковальнями, охлаждая их жидким азотом. Им удалось получить водородно-водный клатрат – кристалл, сохраняющий при атмосферном давлении до 5,3% (по массе) содержащегося в нем водорода, который легко

высвобождается при нагревании. Напомним, что современные металлгидридные батареи удерживают лишь 2–3% водорода. Применяя специальные добавки и подбирая температурные режимы и давления, можно повысить эффективность кристаллических хранилищ. Результаты исследования представлены в январском номере журнала *Proceedings of the National Academy of Science USA*. [n](#)

криогенная РЕЗКА

Стивен Эшли

Струя жидкого азота режет и очищает все подряд.

Когда-то в телевизионном магазине рекламировали чудо-нож, не нуждающийся в заточке. Им кромсали консервные банки, а после этого спокойно нарезали помидор на тончайшие ломтики. Недавно инженеры сконструировали аналогичное промышленное устройство для резки, в котором используется сверхзвуковая струя жидкого азота, выпускаемая под высоким давлением. *Nitrojet* режет почти все: стальные балки, цементные блоки, рулоны ткани, мясные туши – и никогда не тупится.

Криогенная резка была разработана в 1990-х гг. в Национальной инженерной лаборатории Айдахо (*INEL*), чтобы обезопасить процесс вскрытия емкостей с горючими материалами. Рон Уорнек (*Ron Warnecke*), президент фирмы *TRUtech*, занимающейся дезактивацией и демонтажем заводов по производству ядерного оружия, решил использовать технологию *Nitrojet* для безопасной очистки и утилизации оборудования по обработке плутония. *TRUtech* приобрела лицензию, доработала прототип *Nitrojet* до рыночного продукта, и Уорнек основал новую компанию *NitroCision* для его продажи.

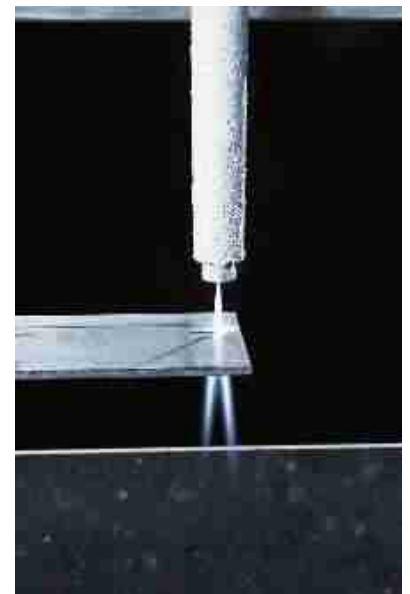
Струя жидкого азота, выбрасываемая из специального сопла, хорошо режет материал, так как сжиженный газ, проникая в мельчайшие трещины, быстро там расширяется и разрывает его изнутри. Эффективность процесса зависит от давления (от 400 до 4000 кг/см²),

температуры (от 150°С до –179°С) и расстояния до изделия. При низком давлении струя счищает трудноудаляемые покрытия с хрупких поверхностей лучше, чем любой другой инструмент.

Более того, криогенный нож не создает отходов и загрязнений. При нагреве нетоксичное сверхохлажденное лезвие просто растворяется в воздухе. Вредная пыль, образующаяся при зачистке и разрезании, может быть удалена непосредственно с точки контакта.

NASA применяет систему *Nitrojet* в Космическом центре им. Кеннеди для прецизионного удаления теплозащитного покрытия с внутренних поверхностей твердотопливных ускорителей шаттлов. Военно-морской флот использует ее для удаления антикоррозионных покрытий с палуб, килей, антенн и защитных колпаков радаров. Технология испытывается также в аэрокосмической промышленности, в производстве полупроводников, красок, полиуретановых изделий и при расфасовке мяса.

Габариты промышленной передвижной установки *Nitrojet* – 1,2 м × 1,2 м × 2,4 м. Ее стоимость колеблется от \$200 тыс. до \$450 тыс. в зависимости от используемого давления. И хотя она как минимум на \$150 тыс. дороже обычного водоструйного агрегата, разработчики *Nitrojet* утверждают, что эта сумма вполне оправдывается уникальными возможностями устройства. **n**



СТРУЯ ЖИДКОГО азота, выбрасываемая под высоким давлением, режет твердый материал как раскаленный нож – масло, а затем исчезает в воздухе.

ускоритель-МЕЧТА

Дэвид Эппелл

**ФИЗИКА:
СПИСОК ПОЖЕЛАНИЙ**

В списке 28 проектируемых научно-исследовательских установок линейный ускоритель на встречных пучках занимает 13-е место. На первом месте стоит проект международного термоядерного реактора *ITER*, а на втором – гигантская система для научных расчетов *UltraScale Scientific Computing Capability*, которая должна увеличить возможности научных вычислений в 100 раз. На третье место претендуют четыре проекта: единая миссия по изучению темной энергии, интенсивный рентгеновский лазер *Linac Coherent Light Source*, установка для массового производства, описания и мечения десятков тысяч белков и ускоритель редких изотопов. Примечательно, что линейный ускоритель на встречных пучках поставлен выше конкурентов, среди которых установка для создания пучков супернейтрино и модернизированный Брукхевенский коллайдер релятивистских тяжелых ионов. Весь список доступен на www.er.doe.gov/Sub/Facilities_for_future/facilities_future.htm

Специалисты по физике высоких энергий лелеют мечту о новой машине – небывалом ускорителе длиной в 30 км, который поможет найти ответы на самые важные вопросы в физике. Однако еще свежо воспоминание о гигантских суммах, потраченных на сверхпроводящий ускоритель *Superconducting Super-collider*, который так и не был построен. Тем не менее сторонники реализации нового проекта коллайдера надеются преодолеть сомнения нации, выйдя на мировую арену.

Первое серьезное обсуждение линейного ускорителя на встречных пучках состоялось в 2001 г. на конференции в Сноумассе, штат Колорадо. С тех пор физики всего мира методично работают над международной программой его создания. Недавно министр энергетики США Спенсер Абрахам (Spencer Abraham) назвал постройку нового коллайдера приоритетной задачей на ближайшие два десятилетия. Если проект будет одобрен, то пик его финансирования придется на период между 2010 и 2015 г. Речь идет об установке, в создании и эксплуатации которой будут участвовать несколько стран. Маловероятно, чтобы правительство какого-то одного государства согласилось потратить на его строительство требуемые \$5–7 млрд.

Идея заключается в том, чтобы ускорять электроны и позитроны в трубах длиной по 15 км и сталкивать их в большом детекторе. Энергия таких столкновений составит около триллиона электрон-вольт (1 ТэВ). Вообще говоря, это существенно меньше 2 ТэВ, обеспечиваемых в «Теватроне» Лаборатории Ферми, и 14 ТэВ, которые будут достигнуты в строящемся в *CERN* Большом адронном коллайдере (*LHC*). Однако в названных ускорителях эффективные значения оказываются на порядок меньше, поскольку энергия соударяющихся час-

тиц распределяется между составляющими их кварками. Кроме того, конструкция линейного коллайдера обеспечивает более высокую частоту соударений. К тому же спины частиц в его пучках будут иметь одну и ту же ориентацию, что недостижимо в «Теватроне» и *LHC*. Это позволит анализировать взаимодействия частиц с гораздо более высокой точностью.

Международный ускоритель позволит выявить особенности бозонов Хиггса и легких суперсимметричных частиц, из которых, возможно, состоит темная материя, т.е. 23% Вселенной. Полученные знания помогут приоткрыть тайны дополнительных измерений и суперструн.

Прошлый раз, когда физики выпросили деньги на сверхпроводящий ускоритель, \$2 млрд. были погребены в затопленном водой туннеле под тexasскими прериями. История бесславной кончины грандиозного проекта столь запутанна, что ее можно назвать простым стечением неблагоприятных обстоятельств. Будем надеяться, что научное сообщество извлекло урок из печального опыта.

Как и в случае термоядерного реактора *ITER*, выбор места для реализации нового проекта будет определяться политическими соображениями. Ну а пока приходится учитывать технологические рекомендации. Для ускорения частиц европейцы предлагают использовать сверхпроводящие резонаторы, работающие на низких радиочастотах, а специалисты из США и Японии считают, что лучше применить высокочастотную структуру, функционирующую при комнатной температуре. В свете истории гигантских ускорителей сделать выбор между двумя подходами будет не просто. **n**

ТУМАН ВОЙНЫ

Марк Алперт

Помогут ли высокотехнологичные датчики сломить сопротивление иракских партизан?

Американские и британские войска в Ираке регулярно подвергаются атакам со стороны партизан. Ракеты с тепловым наведением сбивают американские вертолеты, на маршрутах следования войсковых колонн взрываются бомбы, а базы подвергаются обстрелам.

Управление перспективных исследований и разработок министерства обороны США (*DARPA*) предложило развернуть в Ираке экспериментальные системы, способные быстро обнаруживать как вражеских снайперов, так и минометные расчеты. Например, углекислотный лазер, который находит цель, измеряя движение частиц пыли, вызванное ударной волной от пуля. Осенью 2003 г. директор *DARPA* Энтони Тетер (Anthony J. Tether) объявил, что лазер, дальность действия которого достигает десятков километров, в 2004 г. будет отправлен в Ирак.

Основу системы, разработанной компанией *Mission Research Corporation* по заказу Пентагона, составляет доплеровский лидар, способный измерять скорость движения объектов примерно так же, как полицейский радар. Поскольку длина волны лазера сравнима с размерами частиц пыли (около 10 мкм), часть излучения отражается от них. Частота отраженного излучения будет выше частоты падающего, если частицы пыли движутся по направлению к лазеру, и ниже, если они от него

удаляются. Анализируя отраженное излучение, доплеровский лидар определяет скорость ветра. Он уже применяется для исследований атмосферы и для обнаружения градиентов ветра и других турбулентностей вблизи аэропортов.

Однако некоторые военные специалисты сомневаются, что подобное устройство способно фиксировать и отслеживать пули, ударная волна от которых узко локализована и очень недолговечна. Для обнаружения признаков атмосферной турбулентности и определения траектории пули система должна будет сканировать небо лазерным лучом во всех направлениях. К тому же трудно будет разобраться, кто стрелял: вражеский снайпер или солдат союзнических войск.

Хотя военные редко посылают экспериментальные системы в зоны боевых действий, представитель *DARPA* Ян Волкер (Jan Walker) заметил, что в 1996 г. в Боснии была развернута летающая система наблюдения *JSTARS*, а в Афганистане в 2001 г. использовался беспилотный самолет-разведчик *Global Hawk*. Однако успехи новых военных технологий не вдохновляют: в 1990-х гг. надежность армейских систем, испытанных в боевых условиях, как правило, оказывалась вдвое меньше требуемой. **n**



АМЕРИКАНСКИЕ СОЛДАТЫ, патрулирующие улицы в иракских городах, уязвимы для снайперов.

НЕВИДИМЫЕ ВРАГИ

Американские военные уже пытались применять новые датчики для обнаружения противника. Во время вьетнамской войны ВВС США сбросили в джунгли вдоль «Тропы Хо Ши Мина», основной линии снабжения северовьетнамской армии, 20 тыс. микродатчиков на батарейках. Сейсмические и акустические сенсоры должны были отслеживать движение военных колонн и передавать сигналы для наведения бомбардировщиков на цели. Представители ВВС США утверждали, что в ходе этой операции были уничтожены десятки тысяч грузовиков, но позднее выяснилось, что данные преувеличены. По-видимому, большую часть датчиков вьетнамцы обезвреживали или обманывали противника, записывая на магнитную ленту шум грузовиков.

СВЕРХ-СВЕРХЗВЕЗДА

Чарльз Чой



САМАЯ ЯРКАЯ звезда *LBV 1806-20* в 8 млн. раз больше Солнца.

Сотрудники Паломарской обсерватории открыли самую яркую звезду на небосводе. Удаленный от нас на 45 тыс. световых лет гигант *LBV 1806-20* почти в 40 млн. раз ярче и в 150 раз массивнее Солнца (прежний рекордсмен, звезда Пистолет, всего в 6 млн. раз ярче нашего светила). Раньше считалось, что звезда не может быть тяжелее 120 солнц, так как ядерное пламя должно выжечь избыточную массу. Гигант окружен мно-

жеством редких магнитных нейтронных звезд. Скорее всего *LBV 1806-20* и ее необычное окружение сформировались не под действием собственной гравитации, а в результате взрыва сверхновой, ударная волна которого раздробила на звезды соседнее молекулярное облако. Ученые представили свое открытие на январском собрании Американского астрономического общества. [n](#)

распространение ЕВАНГЕЛИЧЕСКИХ ЦЕРКВЕЙ

Роджер Дойл

Фундаментализм пытается сохранить свои позиции

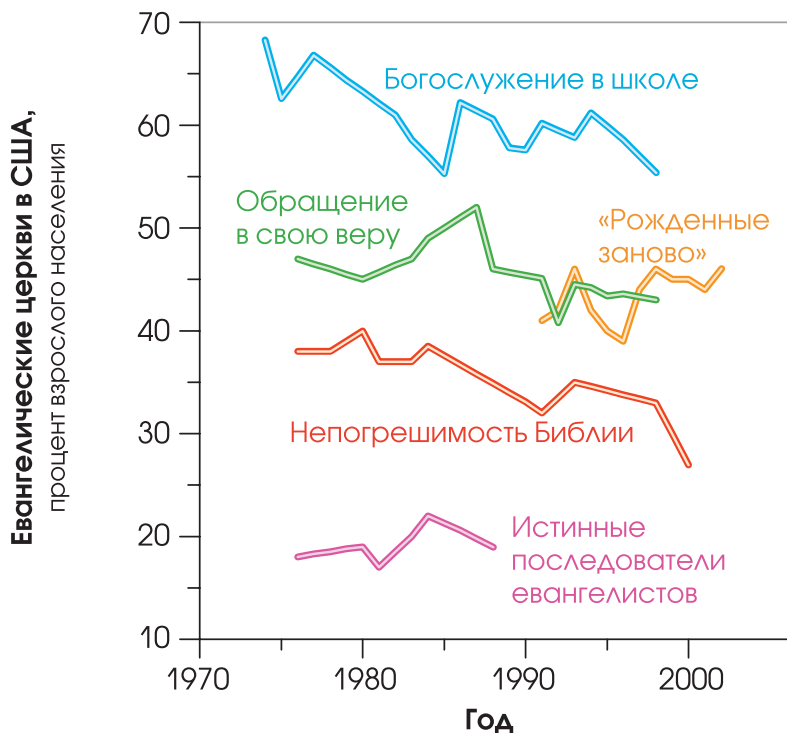
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Contemporary Evangelicals: Born-Again and World-Affirming. Mark A. Shibley in *Annals of the American Academy of Political and Social Sciences*, Vol. 558; July 1998.
- Reviving the Mainline: An Overview of Clergy Support for Evangelical Renewal Movements. Jennifer McKinney and Roger Finke in *Journal for the Scientific Study of Religion*, Vol. 41, No. 4; December 2002.

Фундаментализм представляет собой нечто большее, чем религиозное течение в протестантизме. Он возник как противовес в ответ на изменения религиозных представлений, вызванные учением Дарвина. Основное положение фундаментализма – непогрешимость Библии – было сформулировано в XIX в. теологами Принстонского университета, стремившимися сохранить веру в божественное происхождение всего сущего. В отличие от кальвинизма, традиции которого он унаследовал, американский фундаментализм противостоит науке. После «обезьяньего процесса» над Скопсом (Scopes) в 1925 г. (судебный процесс в шт. Теннесси над школьным учителем Д. Скопсом, излагавшим, вопреки законам штата, эволю-

ционную теорию Ч. Дарвина, в частности, учение о происхождении человека, за что был приговорен к штрафу. – *Прим. пер.*) он вступил в фазу спокойного развития, но с распространением феминизма в 60–70-х гг. вновь набрал силу. Постановление Верховного суда США от 1963 г., запрещающее отправление богослужения в государственных школах, и от 1973 г., отменившее законы об абортх в 46 штатах, вызвали активизацию сторонников данного религиозного направления.

В США фундаментализм представляет собой одно из ответвлений евангелизма, к которому также относятся харизматики и пятидесятники. Недостоверность статистических данных не позволяет проследить за его распро-



Формулировка вопросов: Непогрешимость – «Библия – это слово Божие и должна приниматься буквально» (согласен); Рожденный заново – «Можешь ли ты сказать, что «родился заново» и следуешь евангельскому учению?» (да); Обращение в свою веру – «Пытался ли ты утвердить в ком-либо веру в Иисуса Христа как своего спасителя?» (да); Богослужение – «Верховный суд США постановил, что власти штатов и органы местного самоуправления не вправе требовать чтения молитв и Библии в государственной школе» (категорически не согласен).

странением. Кроме того, фундаменталисты и евангелисты не имеют определенной конфессиональной принадлежности. Только 57% южных баптистов буквально следуют священному писанию, в то время как около 1/4 духовенства Объединенной методистской церкви, самой крупной протестантской организации, принимает участие в движении за обновление. Католики, объявившие себя харизматиками, могут быть также причислены к евангелическому течению.

Исследования свидетельствуют, что в последние 25 лет 40–50% населения США в той или иной степени сохраняли приверженность евангелистскому. Численность же истинных последователей составляет около 20%. Дополнительные исследования показали, что количество строгих приверженцев данного течения сокращается.

Сторонники евангелистов сегодня мало чем отличаются от обыкновенных американцев, они склонны признать равенство по половому и национальному признаку и стали спокойнее относиться к абортам.

Бытующее мнение об укреплении роли фундаментализма во всем мире беспочвенно: ученые не располагают данными о распространении этого течения за пределами иудейско-христианского мира. Фундаментализм в Европе ослабил свои позиции. Исключение составляют Португалия и Польша, где верующих в безусловную непогрешимость Библии больше, чем в США. В 90-х гг. ни в одной из западных стран не произошло значительных изменений численности фундаменталистов, за исключением Северной Ирландии, где их количество уменьшилось с 1/3 до 1/5. n

**К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ЕВАНГЕЛИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ**

Приверженцы евангелических церквей – это те, кто «родился заново» (через веру установил непосредственную связь с Иисусом Христом), в делах веры и поведении безоговорочно руководствуется священным писанием, своим долгом считает проповедование Евангелия. Часть из их числа относится к фундаменталистам.

Фундаменталисты, как Джерри Фолвелл (Jerry Falwell), придают особое значение догматам, в частности о безусловной непогрешимости Библии.

Пятидесятники, как Джим Бэккер (Jim Bakker) и Джимми Своггарт (Jimmy Swaggart), по своим теологическим и культурным взглядам близки к фундаментализму, но основываются больше на религиозной практике.

Харизматики, как Пэт Робертсон (Pat Robertson), опираются на учение о духовных дарах как благодати, ниспосланной свыше; не относятся к определенной конфессии.

Сторонники неоевангелических взглядов, как Билли Грэхем (Billy Graham), принимают основные догматы консервативного протестантизма, но отвергают жесткие позиции фундаментализма, уводящие в сектантство.

СНОВА НА ЛУНУ

Марк Алперт

СМЕНА ПРИОРИТЕТОВ

План Белого дома послать астронавтов на Луну уже учтен в бюджете NASA. В ближайшие 5 лет будет сокращено финансирование программы шаттлов. Предпочтение будет отдано лунным и марсианским беспилотным экспедициям, а также разработке новых космических транспортных систем.

Программы NASA	Заявленный бюджет (млн. долларов)	
	2005 г.	2009 г.
Космические челноки	4319	3030
Исследование Луны	70	420
Исследование Марса	691	1268
Транспортные системы	689	1863

Когда Джордж Буш заявил, что NASA рассматривает возможность возобновления к 2020 г. пилотируемых полетов на Луну, ученые разделились на два лагеря. В то время как правительство планирует увеличить финансирование лунных и марсианских программ, в других направлениях космических исследований уже ощущается дефицит средств. Спустя всего два дня после обнародования президентской инициативы NASA объявило об отмене полета шаттла, экипаж которого должен был установить новые гироскопы, аккумуляторы и научные приборы на космический телескоп «Хаббл». Если и дальше так пойдет, то ведущая космическая обсерватория в ближайшие годы выйдет из строя, выработав свой ресурс.

Администрация Буша предложила финансировать исследования Луны за счет отказа от использования космических челноков. Переходный период начнется в 2010 г.: часть четырехмиллиардного бюджета программы шаттлов будет направлена на создание нового космического корабля, который доставит астронавтов на Луну. Челноки будут использоваться только для монтажа и обслуживания Международной космической станции (МКС).

Официальные представители NASA утверждают, что полет шаттла к телескопу «Хаббл» был отменен из соображений безопасности. Чтобы не допустить повторения катастрофы, которая произошла с «Колумбией», все челноки теперь должны стыковаться с МКС, где астронавты могут обследовать их и устранить повреждения или, если надо, дождаться прибытия спасательного корабля. Вместе с тем шаттл, направляемый к космическому телескопу, не сможет добраться до МКС.

Однако один из инженеров NASA, пожелавший остаться неизвестным, сообщил нам, что существуют альтернативные методы ремонта телескопа «Хаббл», отвечающие требованиям безопасности.

Наземные телескопы с адаптивными оптическими системами обеспечивают почти такое же угловое разрешение, как и «Хаббл», но все же уступают ему по своим возможностям. Например, с их помощью невозможно точно измерить блеск далеких сверхновых типа Ia, которые используются для проверки закона расширения Вселенной (см. статью «От замедления к ускорению», «В мире науки», №5, 2004 г.).

Разумеется, новый космический курс правительства США по душе селекционерам, ведь по окончании программы «Аполлон» многие вопросы, касающиеся эволюции Солнечной системы, так и остались без ответов. В течение следующих пяти лет планируется выделить \$1,3 млрд. на организацию непилотируемых полетов к Луне. В 2008 г. будет запущен новый искусственный спутник Луны, а в 2009 г. – управляемый автоматический посадочный модуль. Оба космических аппарата помогут подготовить пилотируемые запуски и соберут много ценной информации.

В некотором смысле ученые знают о Марсе больше, чем о Луне. В последние годы с помощью космических зондов удалось составить детальные топографические и геологические карты поверхности Красной планеты. В то же время данные, полученные с «Лунного разведчика» и «Клементины», неоднозначны и противоречивы (см. статью «Новая Луна», «В мире науки», №3, 2004 г.). Досадные пробелы будут заполнены в 2008 г., когда на

околорунную орбиту будет выведен аппарат, оснащенный радаром, лазерным альтиметром и спектрографом высокого разрешения. Одной из его задач станет детальное изучение практически недоступных для наблюдения с Земли полярных областей Луны, где лунная пыль, возможно, скрывает глыбы льда.

В 2009 г. на поверхность Луны будет доставлен автоматический самоход-

ный аппарат, аналогичный марсоходам *Spirit* и *Opportunity*, колющим сейчас по Красной планете. Основная цель подобных проектов – подготовить почву для последующих пилотируемых экспедиций. Одной из главных задач станет поиск льда. Возможно в будущем его будут использовать для обеспечения экипажа водой и получения водородного горючего для ракетных двигателей.

На самом деле лунная инициатива носит не совсем научный характер: по большому счету она посвящена расширению сферы присутствия человека в космосе. Однако многие конгресмены не уверены, что NASA сможет послать астронавтов на Луну, уложившись в предлагаемый бюджет. Поэтому некоторые ученые сомневаются, что научная ценность программы соизмерима с ее стоимостью. [n](#)

Всероссийский КОНГРЕСС ВРАЧЕЙ

Сергей Оганесян

В этом году российские врачи уже в одиннадцатый раз собрались на свою ежегодную профессиональную встречу. Это стало возможным благодаря усилиям Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, Министерства промышленности и энергетики РФ, Российской Академии наук, Российской Академии медицинских наук и Общероссийского общественного фонда «Здоровье человека». Помимо докладов, лекций, конференций, симпозиумов, семинаров, дискуссий в рамках XI Российского национального конгресса «Человек и лекарство» проходила и специализированная выставка, в которой приняли участие ведущие российские и зарубежные фармацевтические компании.

Научная программа конгресса отразила наиболее актуальные аспекты современной медицины. Особое внимание было уделено новым заболеваниям, в частности атипичной пневмонии. Отдельная дискуссия была посвящена современным технологиям оказания медицинской помощи в экстремальных условиях. С большим интересом участники конгресса

обсуждали последние достижения в лечении наиболее распространенных недугов и вопросы рационального применения лекарственных средств на основе принципов доказательной медицины, а также важность профилактики заболеваний.

Помимо обсуждений и дискуссий практикующим врачам была предложена обширная образовательная программа, включающая, в частности, лекции и анализ клинических случаев. В этом году медикам впервые была предоставлена возможность получить у ведущих клиницистов страны консультации по истории болезни тяжело больных пациентов.

За время своего существования конгресс стал и для врачей всех специальностей, и для фармацевтов настоящей школой, позволяющей им получить новую информацию, повысить квалификацию, обменяться опытом с коллегами. Подобные встречи способствуют не только повышению профессионального уровня специалистов, но и, несомненно, помогают улучшить качество отечественной медицины. [n](#)

СОБЫТИЯ В ИЮНЕ

03.06–05.06 2004 г.

Международная научная конференция «Гуманизм как теоретическая и практическая проблема XXI века: философские, социальные, экономические и политические аспекты»

РГБ, Москва

08.06–11.06 2004 г.

Неделя высоких технологий в Санкт-Петербурге

09.06 2004 г.

Семинар «Экспертные оценки и анализ данных», руководители Ф.Т. Алескеров, Ю.В. Сидельников. **Институт проблем управления РАН, Москва**

10.06 2004 г.

Семинар «Биополитика», руководители М.В. Гусев, А.В. Олескин. **Биофак МГУ, Москва**

10.06–16.06 2004 г.

VI Международная конференция «Вероятностные методы в дискретной математике» **Петрозаводск**

ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОРОТА В МИР **Математику**

Карина Тиванова

Кто такой математик? По определению справочника «Математики России», это человек, опубликовавший не менее двух материалов в серьезных специализированных изданиях, то есть тот, кто пишет и читает о математике.

Еще несколько лет назад издавалось немало интересной и познавательной математической литературы. Сегодня подобные книги стали чуть ли не библиографической редкостью. Библиотеки чудом сохраняют старые экземпляры, но не могут себе позволить приобрести современную научную литературу. Причем чем дальше от столицы, тем дело обстоит хуже. Но количество людей, увлекающихся математикой, не уменьшается. И на помощь им приходит Интернет.

В российском филиале системы *Math-Net* собрана обширная база данных как об организациях, так и об отечественных математиках и их работах. На одном из апрельских заседаний секции математики московского Дома ученых доцент кафедры высшей математики МФТИ С.П. Коновалов провел виртуальную экскурсию по сайтам, содержащим инфор-

мацию о математической литературе. Например, выяснить, есть ли нужная книга в библиотеке Математического института им. В.А. Стеклова, можно в электронном каталоге на сайте института. На сервере издательского сектора отделения математических наук РАН в полном объеме представлены публикации за последнее десятилетие пяти самых крупных математических журналов. По словам Коновалова, доступ к сайту бесплатный, а в будущем планируется создать для зарегистрированных пользователей закрытую систему переписки, которая оградит их от вездесущего *СПАМ*а.

На сайте, именуемом на жаргоне пользователей «свалкой», физики и математики имеют возможность разместить свои научные работы, которые, правда, не редактируются и не рецензируются. Поэтому отношение специалистов к содержимому «свалки» неоднозначное: наряду с интересными материалами там масса бесполезной и бездоказательной информации.

Вторая часть заседания была посвящена проекту «Электронная библиоте-

ка». В его рамках, в частности, создана электронная версия известного математического журнала «Квант». Сегодня его тираж составляет 4,5 тыс. экземпляров, хотя в пору его расцвета в конце 70-х гг. эта цифра достигала 300 тыс. Очень важно, что электронное издание «Кванта» содержит полное собрание номеров журнала за все годы его существования. Работа над сайтом, в котором 30 тыс. страниц, продолжается.

В электронной библиотеке представлены и другие математические журналы, а также классические книги из серии «Популярная математика», которые, кстати, не всегда можно найти в обычной библиотеке. На сайте есть настоящие раритеты, такие как «Арифметика» Магницкого. Правда, это не оригинальное издание, а репринт, переизданный г-ном Барановым в 1914 г. Такая книга любопытна не только с практической, но и с исторической точки зрения: любителям точных наук наверняка будет интересно узнать, с чего начиналась математика, каким образом проходило обучение в XVIII–XIX вв. [n](#)

новинки МЕДИЦИНСКОГО РЫНКА

Сергей Федоров

С 19 по 23 апреля в «Экспоцентре» прошла международная выставка «Медтехника-2004», в которой приняли участие около 100 фирм из 7 стран, причем 90 – из России. Участники экспозиции продемонстрировали всевозможные медицинские инструменты и приборы, электростимуляторы, аппаратуру для клинко-диагностических, санитарно-эпидемиологических служб, протезы, корсеты,

бандажи, слуховые аппараты, очки, линзы, стоматологическое оборудование, лекарственные препараты. Были представлены новейшие разработки для проведения компьютерной томографии, функциональных исследований сердечно-сосудистой системы; рентгенодиагностические и ультразвуковые приборы, аппаратура и инструменты для кардиохирургии, временного замещения функ-

ций органов, электромедицинские приборы и инструменты для диагностики и лечения заболеваний нервной системы, гипербарическое, физиотерапевтическое, эндоскопическое и офтальмологическое оборудование. В рамках выставки работали два тематических салона: «Медицинская мебель» и «Специализированное и санаторно-оздоровительное лечение». [n](#)

неделя ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Федор Капица

26 апреля 2004 г. в «Экспоцентре» открылась 15-я Международная выставка «Неделя информационных технологий»/IT-Week 2004», которая объединила четыре тематических экспозиции: *Personal Computing Expo*, *Hardware & Peripherals Expo*, *Software Expo*, *CAD/CAM/CAE*. В рамках мероприятия состоялась также 4-я международная конференция *Business Russia 2004*, посвященная использованию информационных технологий в управлении государством, образовании, автоматизации бизнес-процессов и развитию электронной коммерции.

На выставке были представлены 180 компаний из 20 стран. Среди участников – *Microsoft*, *IBM*, *Gillette Group*, *Verysell*, *Robertson & Blums*, АКБ «Электроника», «М.Видео», «Promo.ru», «Маркет-Визио», «Артезио». Они продемонстрировали новейшие образцы своей продукции, перспективные модели и конструктивные решения. Это новые типы справочно-поисковых порталов, разработки информационных сред в рамках программы «Электронная Россия», систем управления для различных сфер деятельности.

Экспонаты выставки свидетельствуют, что сегодня информационные тех-

нологии прочно вошли в профессиональную деятельность, быт и досуг современного человека. Компьютерная техника стала мощным катализатором научно-технического и социального прогресса, она расширяет интеллектуальные возможности человека XXI века. Специализированная ежегодная выставка «Неделя информационных технологий» способствует установлению и расширению контактов и взаимовыгодного сотрудничества производителей, партнеров, заказчиков и потребителей как на российском, так и на международном компьютерном рынке. **n**

БОЕВАЯ СИСТЕМА будущего

Карина Тиванова

В середине XX века нам казалось, что еще несколько десятилетий – и самую тяжелую работу вместо нас будут выполнять роботы. Но пока они заменили человека лишь в некоторых областях. Очень успешно роботы используются, в частности, в армии. Например, в США разрабатывается программа «Боевая система будущего», в рамках которой заключен контракт с компанией *iRobot*, входящей в главный инвестиционный проект *Acer Inc*, на разработку малых беспилотных наземных средств передвижения. Стоимость контракта составляет \$32 млн.

Наземные роботы – лишь один из семнадцати компонентов новой системы, в которую включены как десантные самолеты и самоходная артиллерия, так

и беспилотные наземные средства передвижения и сложные сенсорные устройства. Технологические новинки, используемые в вооруженных силах, будут предоставлять военным подробное описание и детальное изображение ландшафта, особенно в труднодоступных и опасных местах. В современных боевых условиях новое поколение роботов должно стать для командования «глазами» и «ушами», ведущими наблюдение и прямую трансляцию с места разведки и своевременно предупреждающими о надвигающейся опасности.

В перспективе планируется объединить новых роботов в единую систему, способную полностью заменить некоторые виды тяжелых танков и других средств передвижения. **n**



СЛЕДУЮЩИЙ ШАГ в тактике ведения войны.

проблемы ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Федор Капица

Кому выгодно, чтобы предприниматель испытывал стыд и страх за свою деятельность? Должен ли российский коммерсант дополнительно платить обществу за право заниматься бизнесом? Существует ли православная этика предпринимательства? Эти и многие другие вопросы рассматривались на заседании Никитского клуба, состоявшемся 31 марта в конференц-зале ММВБ. В обсуждении приняли участие представители государственных и правительственных структур, депутаты Госдумы, ученые, предприниматели, журналисты.

Открывая заседание, президент Никитского клуба С.П. Капица отметил, что данная тема не нова. Еще 35 лет назад в статье «Как обеспечить рост нашей научно-технической культуры» академик П.Л. Капица писал: «При обсуждении вопросов о внедрении новой техники и достижений науки в народное хозяйство обнаруживается, что, хотя уровень нашей науки и техники высокий и задел достижений для освоения большой, сам процесс внедрения новой техники и технологий идет значительно медленнее, чем в капиталистических странах». К сожалению, и сегодня, когда страна и мир претерпели серьезные преобразования, эти вопросы так и не решены. В некотором смысле они встали даже более остро, чем было раньше.

Участники заседания попытались разобраться в причинах скептического отношения к частному предпринимательству со стороны общественного мнения. В частности, руководитель Департамента политологических программ Центра политических технологий А.Ю. Зудин отметил, что точка зрения на этот вид деятельности за последнее время неоднократно менялась. Если в постперестроечный период много говорилось о большом потенциале наших предпринимателей и о том, что именно им принадлежит

будущее, то в последние годы укоренилось мнение, что общественность настроена против предпринимательства и не стоит связывать с ним свои надежды. Заместитель директора Института федерализма С.Б. Коваль попыталась объяснить негативное отношение к бизнесу влиянием православия, которое проповедует бедность и нестяжательство. Однако, как известно, в Европе религиозные верования ни в коей мере не мешают процветанию бизнеса. По мнению главного редактора журнала «Искусство кино» Д.Б. Дондуря, отрицательный образ бизнеса во многом создается средствами массовой информации, где с середины 90-х годов существует некий негласный запрет на позитивную информацию. За этим, как он считает, стоит истинное отношение бюрократии к бизнесу. Отсутствие позитива в СМИ серьезно вредит имиджу страны в глазах всего мира. Поэтому необходимо предоставлять достоверную положительную информацию о достижениях отечественной экономики и науки. Начальник Управления по связям с общественностью компании «Интеррос» К.П. Елизаров отметил, что в настоящее время в СМИ отсутствует какая-либо стратегия позиционирования предпринимательства. И это не случайно. Пока отношения власти и бизнеса не оформлены в виде закона, защищающего от передела собственности, у крупного бизнеса нет никакого интереса к созданию своего положительного образа в общественном сознании.

Однако постепенно приходит и понимание того, что без предпринимательства невозможно ни современное общество, ни активное развитие экономики страны. Эволюционирует в лучшую сторону представление о самой фигуре предпринимателя, организатора, руководителя, хозяина, заинтересованного в успехе своего дела. Депутат Го-

сдумы О.Г. Дмитриева отметила, что отношение к предпринимательству изменилось после дефолта 1998 г. Люди поняли, что коммерсант не эксплуатирует их, а создает рабочие места, дает средства к существованию. Сейчас многие хотят заниматься бизнесом, поскольку видят в нем реальный источник стабильного благосостояния. Однако открытие собственного дела требует большого первичного капиталовложения, что немногие могут себе позволить. Если малым предприятиям будут созданы благоприятные условия работы и гарантирована защита от произвола властей, их число возрастет.

Как отметил С.П. Капица, в настоящее время остро требуются люди, которые способны осуществлять не только научно-исследовательскую работу, но и стимулировать инновационный процесс. В качестве примера он привел деятельность А.Н. Туполева и П.Л. Капицы, которые были не только крупными учеными, но и прекрасными организаторами производства, не боявшимися ломать устоявшиеся стереотипы.

В ходе выступлений была особо отмечена роль малого предпринимательства, поскольку именно оно позволяет многим выживать в условиях рынка, предоставляет рабочие места, новые товары и услуги. Кроме того, малый бизнес зачастую становится первым шагом к более крупной деятельности. В развитых европейских странах мелкое предпринимательство составляет 60–80% экономики, а в России – не более 10%. С 1994 г. рост числа малых и средних предприятий в нашей стране прекратился, бизнесмену стало невыгодно расширять свое дело и платить налоги, поскольку коррупция не позволяет ему выходить из тени. Директор Института национального проекта «Общественный договор» А.А. Аузан считает, что держать предпринимателя

в страхе выгодно тем, кто стремится перераспределять доходы в свою пользу и ограничивать конкуренцию. Поэтому необходим закон, регламентирующий эту сферу деятельности.

В ходе дискуссии была затронута чрезвычайно важная проблема законодательного регулирования взаимоотношений и взаимной ответственности власти, бизнеса и общества, поскольку они сегодня уже не могут существовать изолированно друг от друга. Более того, именно бизнес способствует развитию экономики страны и формированию среднего класса – основы благополучного и стабильного общества.

Посол по особым поручениям МИД РФ В.Б. Луков отметил, что отечественные предприниматели часто переоценивают возможности и моральные качества своих западных партнеров

и готовы безоговорочно принимать их правила игры. Поэтому проблемы нашего бизнеса необходимо рассматривать в международном контексте. Он подчеркнул также, что серьезный ущерб, особенно на международных тендерах, наносит утечка информации из российского госаппарата. В связи с этим надо как можно скорее принять закон о лоббизме, который определит обязательства частного предпринимателя по отношению к государству, парламенту и исполнительным структурам. Следует также ратифицировать Конвенцию ООН о борьбе с коррупцией, искоренить практику двойных стандартов, применяемую западными правительствами и банками при рассмотрении запросов о возврате незаконно вывезенных капиталов. Исключительно важно разработать новый документ о принци-

пах корпоративного управления с учетом негативного опыта бизнеса последних лет.

По мнению В.Б. Кувалдина, представителя «Горбачев-фонда», для улучшения бизнес-климата в России необходимо также законодательно признать итоги приватизации, что соответствует позиции президента В.В. Путина.

Своеобразный итог обсуждения подвел К.Д. Лубенченко, представитель центра «Право и консалтинг», заметивший, что все выступавшие сошлись во мнении, что отношения субъектов частной собственности и власти не могут основываться ни на страхе, ни на произволе. Необходимо не только обеспечить уважение к частной собственности и предпринимательскому делу, но и законодательно закрепить права и обязанности бизнеса и властных структур. [n](#)

Высокие технологии – человеку и обществу

Сергей Федоров

С 19 по 23 апреля 2004 г. в выставочном комплексе «Экспоцентр» прошел ежегодный Международный форум «Высокие технологии XXI века», в рамках которого состоялась выставка «Высокие технологии–2004». На ней были представлены достижения предприятий оборонного комплекса в различных областях, таких как авиационно-космические, информационные технологии, радиоэлектроника и связь, машиностроение и металлообработка, лазерные приборы, медицина и биотехнология, химия и новые материалы, энергетика, системы безопасности.

В экспозиции приняли участие производители из России, Беларуси, Украины, Армении, Японии, Германии, продемонстрировавшие более 7000 экспонатов. Свои разработки представили такие известные предприятия, как ММПП «Салют», Концерн «Тактическое ракетное вооружение», г. Королев, Корпо-

рация «Фазотрон-НИИР», ОКБ высокоэнергетических лазеров им. В.К. Орлова «Гранат», фирмы «Аскон» и «Содидворкс Р» и многие другие.

Долгое время российские «оборонщики» работали в полной изоляции от зарубежных партнеров, хотя очевидно, что создание наукоемкой продукции немисливо без международного сотрудничества. Однако постепенно наладились связи как со странами СНГ, так и с ближним и дальним зарубежьем. Многие представленные на выставке приборы созданы в результате сотрудничества с фирмами из Германии, Франции, США.

В рамках форума была организована конференция, на которой рассматривались такие проблемы, как технологическая основа промышленной политики, высокотехнологичные проекты в области медицины и биотехнологии, альтернативные виды топлива и источ-

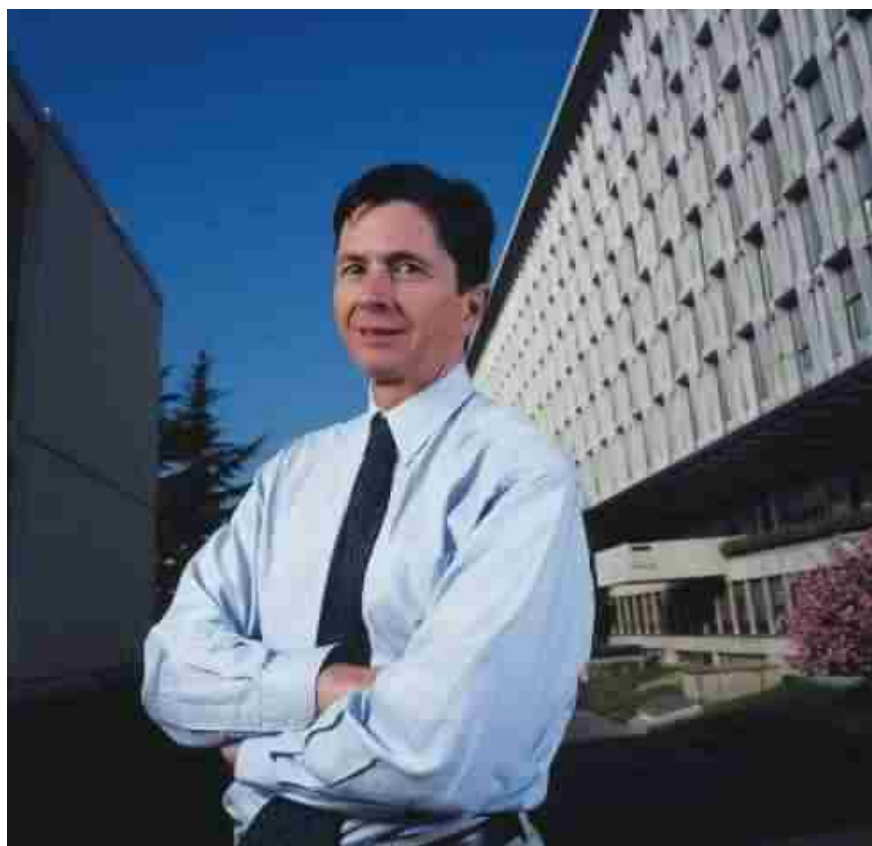
ников энергии, информационные технологии и механизмы защиты интеллектуальной собственности. Значительный интерес вызвал также круглый стол «Россия–НАТО» с участием руководителей агентств и департаментов НАТО, представителей фирм, военных и гражданских аналитиков. Они обсудили экономические аспекты сотрудничества России и НАТО, касающиеся реструктуризации и консолидации предприятий оборонно-промышленного комплекса, взаимодействие в области исследований и технологий безопасности и противодействия терроризму.

Международный форум «Высокие технологии XXI века» предоставил его участникам возможность познакомиться с результатами последних научных исследований, приобрести новых партнеров и расширить связи с мировым экономическим сообществом. [n](#)

ПРОТИВОСТОЯТЬ ЭПИДЕМИИ

Кристин Соарес

Дэвид Хейман – один из создателей глобальной сети заблаговременного предупреждения и реагирования.



Дэвид Хейман – подвижник эпидемиологического контроля.

- Д. Хеймана называют чернорабочим от эпидемиологии.
- Опыт противостояния атипичной пневмонии многому научил. В мае 2003 г. министры здравоохранения всех стран единодушно решили позволить ВОЗ действовать, руководствуясь сведениями, почерпнутыми из всех доступных источников, включая неофициальные. Сегодня все страны обязаны сообщать обо всех вспышках болезней международного значения.
- За последние три десятилетия идентифицировано по меньшей мере 34 новых возбудителя.

Весной 2003 г. руководители Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) призвали покончить с атипичной пневмонией (тяжелый острый респираторный синдром, ТОРС), прежде чем заболевание превратится в эпидемию. В прошлом году вирус поразил более 8 тыс. человек и унес около 800 жизней, однако нынешней зимой с ним были связаны лишь два случая. ТОРС был побежден без применения вакцины или медикаментозного воздействия, с использованием старой доброй тактики медиков, заключающейся в наблюдении и контроле. «Выявите заболевших, изолируйте их, проследите контакты. Если те, с кем общался больной, также стали жертвой вируса, примите такие же меры», – считает Дэвид Хейман (David L. Heymann), исполнительный директор одного из подразделений службы по трансмиссивным заболеваниям. «Будь то атипичная пневмония, оспа или полиомиелит, основные принципы противодействия инфекции одни и те же – выявить заболевших и объявить карантин». Однако он считает, что ТОРС еще не побежден, а определить, стал ли вирус эндемичным, можно лишь после года наблюдений. Необходимы методики, позволяющие идентифицировать его в полевых условиях. Хейман уже 30 лет разъезжает по всему миру, сражаясь с различными инфекционными заболеваниями. Он любит повторять, что эпидемиолог должен быть бдительным.

В 1974 г., сразу по окончании Лондонской школы гигиены и тропической ме-

дицины, Хеймана взял к себе в штат Дональд Хендерсон (Donald A. Henderson), руководитель программы ВОЗ по тотальному искоренению оспы. Два года Хейман провел в Индии, руководя вакцинацией населения. В 1976 г. он вернулся в США с тем, чтобы заниматься сбором эпидемиологической информации для Федеральной службы по заболеваемости, эпидемиологии и образованию. В тот год центры по контролю и предупреждению заболеваний при федеральной службе как раз начали собирать сведения о гриппе, беспокоясь, что вспышка смертельно опасного «свиного гриппа» перерастет в пандемию. Когда в ВОЗ поступила информация, что во время съезда Американского легиона в Филадельфии распространилась необычная респираторная инфекция, Хеймана послали исследовать вспышку. Это оказался не грипп, а совершенно новое заболевание, позднее названное болезнью легионеров. Всего несколько недель спустя Хейману, по его словам, снова повезло. Шли рождественские каникулы, а его послали в Заир исследовать случаи смертоносной геморрагической лихорадки. Возбудитель этого заболевания впоследствии получил название вируса Эбола.

Последующие 13 лет Хейман провел в Западной Африке. В 1995 г. ВОЗ поручила ему разработать программу по борьбе с инфекционными болезнями. Выяснилось, что до сих пор не было действенного механизма, способного оперативно реагировать при возникновении эпидемий. Став менеджером в Центре по контролю и предупреждению заболеваний в Атланте, Хейман поселился в пригороде Женевы, женился и, даже будучи отцом троих детей, продолжал регулярно выезжать в эпицентры эпидемий. Нередко помощь ВОЗ прибывала на место с опозданием. Дело в том, что страны, где эпидемии наиболее вероятны, уделяли недостаточно внимания наблюдению за пострадавшими. В результате к тому моменту, когда до правительства доходил тревожный сигнал, вспышка заболевания перерастала в эпидемию. К сожалению, ВОЗ располагает ограниченными ресурсами. Узнав о заболевании, организация может лишь дать рекоменда-

ции правительству и иногда при наличии запроса оказать непосредственную помощь. В 1995 г., находясь в заирском городе Киквит в период длительной вспышки лихорадки Эбола, Хейман заметил, что в помощи ВОЗ нуждаются многие организации. К тому же он понял, что сотрудники Красного Креста, организа-



Индия, 1974 г. Дэвид Хейман демонстрирует безопасность вакцинации.

ции «Врачи без границ» и т.п. могут быть полезны ВОЗ в качестве информаторов, а иногда и дополнительных рабочих рук. Поэтому Хейман вознамерился создать «сеть сетей» из добровольных помощников ВОЗ, включающую лаборатории, экспертов, а также полуофициальную сеть информаторов в разных частях света. В 1998 г. Хейман воспользовался помощью специалистов из Канады для создания программы, отслеживающей в Интернете сведения о заболеваниях. «Он собрал различные источники и организовал поток информации таким образом, чтобы он обязательно дошел по назначению», – говорил о Хеймане Стивен Морзе (Stephen S. Morse), специалист по вновь возникающим инфекциям, работающий в Колумбийском университете.

В 2000 г. ВОЗ официально заявила о создании глобальной сети заблаговременного предупреждения и реагирования. В первый раз сеть продемонстрировала

свою эффективность во время эпидемии атипичной пневмонии, охватившей несколько стран. «У нас появилось представление об эпидемиологической ситуации в мире и готовность противодействовать инфекционным заболеваниям. Когда информация поступает в режиме реального времени, мы можем принимать обоснованные решения, и именно ВОЗ следует в данном случае быть координатором», – говорит Хейман. Над проблемой атипичной пневмонии трудились ученые из 17 стран.

В июле 2003 г. Хейман стал руководителем программы ВОЗ по полному искоренению полиомиелита. Ему передал свои полномочия Чжонг Вук Ли (Jong Wook Lee), заступивший на пост генерального директора ВОЗ. В январе 2004 г. Хейман сделал решительное публичное заявление о том, что к декабрю во всех странах должна быть прекращена циркуляция дикого вируса полиомиелита. «Если этого не произойдет, придется расписаться в собственной бессилии. Мы хорошо оснащены, нам недостает лишь решимости», – сказал Хейман.

На шестнадцатом году своего существования программа по полиомиелиту уже обладала бюджетом в \$4,6 млрд. Возбудитель болезни, передающийся человеку, сохранился в природе лишь в шести странах, однако политические дразги мешали делу. Хендерсон отмечал, что эту болезнь значительно труднее выявить, чем оспу, у всех пораженных которой наблюдались явные симптомы заболевания, а полиомиелит вызывает характерный острый паралич лишь в одном из 200 случаев. Хендерсон, Морзе и другие наблюдатели опасаются, что международная поддержка усилий ВОЗ по глобальному мониторингу болезней ослабнет с уходом руководителя. «Если все это без меня развалится, то программу следует считать плохо продуманной», – заявляет Хейман. Он предпочитает скорее инициировать мероприятия, чем руководить программой по искоренению полиомиелита. Хейман надеется, что у него появится возможность чаще выезжать на места и оказывать помощь пострадавшим от эпидемий. n

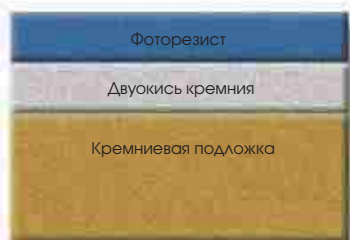
Нанорисование

Гэри Стикс

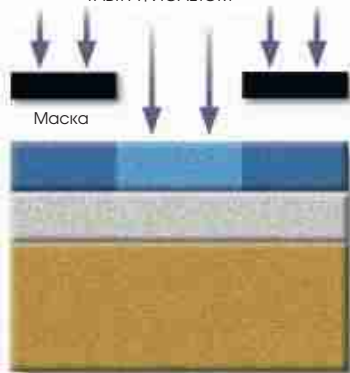
Исследователи из *IBM* добились успеха в создании самособирающихся микросхем.

ОБЫЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

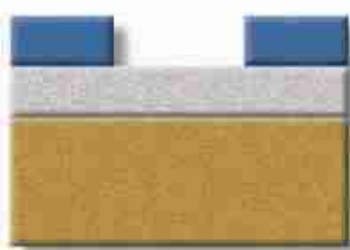
1 НАНЕСЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ



2 ОБЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОМ

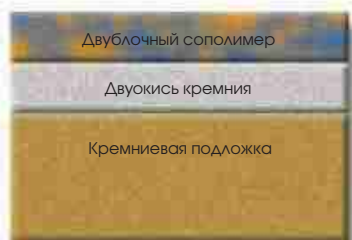


3 ПРОЯВЛЕНИЕ РЕЗИСТА

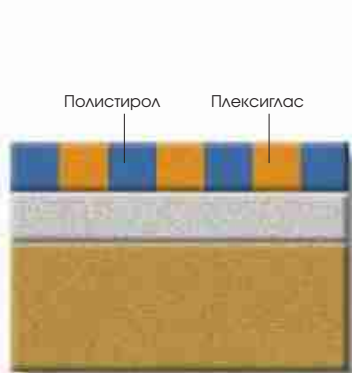


САМОСБОРОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

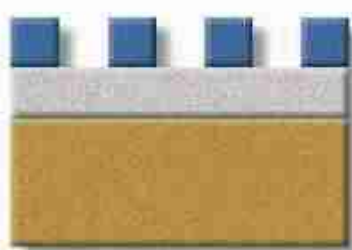
1 НАНЕСЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ



2 ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА



3 УДАЛЕНИЕ ПЛЕКСИГЛАСА



Самосборка становится одним из основных нанотехнологических методов. Специалисты считают, что естественные силы притяжения и отталкивания, управляющие возникновением снежинок и выстраивающие молекулы в прихотливый узор, могут создавать и полезные устройства, например медицинские имплантаты и электронные микросхемы. Однако самособирающимся наноструктурам еще предстоит покинуть лаборатории и выйти на уровень полупроводниковой индустрии с объемом производства в \$2 млрд.

Четыре года назад Чарльз Блэк (Charles Black) и Кэтрин Гуарини (Kathryn Guarini) из Исследователь-

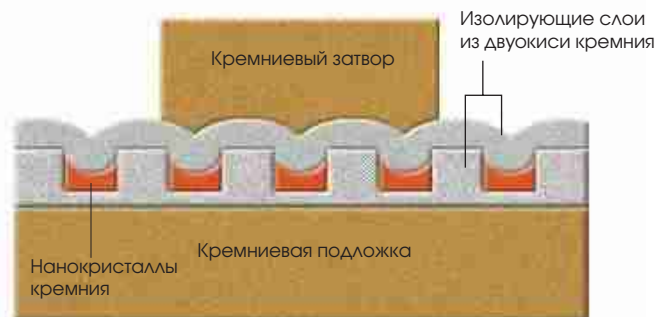
СТАРОЕ И НОВОЕ: При обычной литографии облученные ультрафиолетом участки фоторезиста вытравливаются. При нанесении рисунка методом самосборки двублочный сополимер нагревается, и его составляющие разделяются и образуют строгий узор. Потом плексиглас удаляется травлением. Полученная структура переносится на двуокись кремния, а затем отверстия заполняются нанокристаллическим кремнием (на рис. не показано).

ского центра Томаса Уотсона фирмы *IBM* решили попытаться использовать самосборку хотя бы на одном из этапов технологической цепочки. Во-первых, следовало найти тип самовоспроизводящихся молекул, использование которых не нарушало бы всей последовательности производства кремниевых микрочипов. Очевидный выбор пал на полимеры. В фотолитографии из них изготавливается резист – материал, который после облучения ультрафиолетом и промывки образует маску, определяющую топографию схемы. Два года исследователи изучали свойства полимеров и подбирали оптимальную для самосборки температуру и толщину материала.

На одной из конференций Блэк и Гуарини продемонстрировали сделанный с помощью микроскопа снимок кремниевой пластины с нанесенным на нее слоем в виде пчелиных сот, полученный методом самосборки. Однако реакция присутствующих оказалась весьма сдержанной. В самом деле, тогда было еще не ясно, как использовать это достижение в производстве и поможет ли оно усовершенствовать технологию изготовления схем, в которую уже вложены сотни миллионов долларов.

Наконец в прошлом году стало понятно, как самособирающиеся соты могут пригодиться в реальном производстве. Блэк и Гуарини выбрали двублочный сополимер, в котором два полимера – полистирол и полиметилметакрилат (плексиглас) соединены химическими связями. При нанесении на вращающуюся кремниевую подложку они сегрегируют, словно масло и вода, но связи между ними сохраняются. Последующая тепловая обработка усиливает этот процесс, и в результате образуются маленькие цилиндры из плексигласа, окруженные со всех сторон полистиролом. Таким образом, двублочный сополимер сам по себе формирует готовый со-тообразный шаблон.

НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО



ФЛЭШ-ПАМЯТЬ: внедрение процесса самосборки кремниевых нанокристаллов в производство стандартных устройств – новый шаг в технологиях фирмы *IBM*.

Плексиглас удаляется органическим травящим раствором, и в полимерном покрытии появляются поры диаметром 20 нм. Последующее травление переносит сотовый рисунок на подложку из двуокиси кремния. Затем на плату наносится слой аморфного кремния. Травящим газом кремний удаляется отовсюду, кроме пор. Таким образом, остаются только нанокристаллические цилиндры, окруженные двуокисью кремния. На последнем этапе поверх полученной структуры наносится изолирующий слой и кремниевый блок, работающий как затвор полевого транзистора. Сотовая структура, созданная Блэком и Гуарини, может быть использована для производства флэш-памяти, которая сохраняет данные даже при отключенном питании. Информация содержится в конденсаторах, образованных нанокристаллическими цилиндрами.

Производственники всегда с осторожностью относятся ко всяким новинкам, однако самосборка действительно заслуживает внимания. Обычными методами литографии и нанесения очень сложно создать близко расположенные отверстия для микросхемы флэш-памяти. Полученные с их помощью нанокри-

сталлы имеют разные размеры и беспорядочно расположены. Метод самосборки позволяет расположить их равномерно и выдержать одинаковые размеры. В результате увеличивается срок службы устройства и продолжительность сохранения заряда даже при использовании нанокристаллов диаметром меньше 20 нм.

С помощью новой технологии можно создать дополнительные отверстия в кремниевой подложке и сформировать развязывающие конденсаторы, сглаживающие флуктуации напряжения питания. Применение самособирающегося полимера также позволяет разместить на подложке тонкие цилиндрические кремниевые выступы. Каждый из них представляет собой канал транзистора, по которому ток течет не вдоль чипа, как в современных устройствах, а перпендикулярно его поверхности. Затвор выполняется в виде кольца, окружающего канал. Такая конструкция препятствует утечке электронов в подложку, которая неизбежна при сокращении размеров устройства.

У технологии самосборки огромный потенциал. Главное, что она уже шагнула из лабораторий в производственные цеха. [n](#)

Марсианская одиссея

Джордж Массер

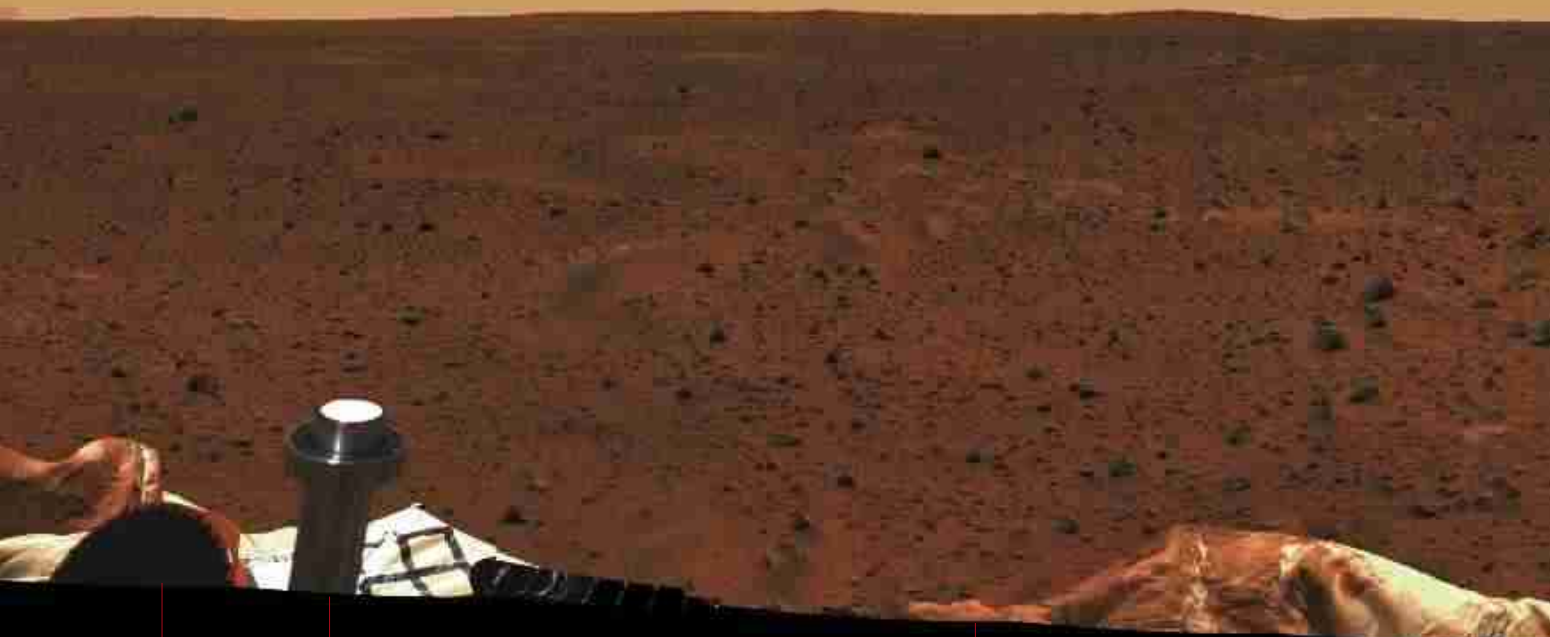
Красная планета не жалует незваных гостей.

3 января 2004 г., 16:15 по тихоокеанскому времени, марсоход *Spirit*, спрятанный в защитной капсуле, отделился от межпланетного корабля, готовый войти в атмосферу Марса. Неделями инженеры и ученые составляли подробный список всех возможных неполадок. Взрывные болты могут не сработать в нужное время, сильный ветер может разmozжить аппарат о поверхность планеты, посадочный модуль может сесть вверх тормашками или безнадежно застрять между скалами, может исчезнуть радиосвязь. Как назло, перед самой посадкой на Мар-

се разразилась пыльная буря, уменьшившая плотность верхних слоев атмосферы. Поэтому раскрытие парашюта пришлось назначить на более раннее время. За четыре часа до входа капсулы в атмосферу помощник руководителя проекта Марк Адлер (Mark Adler) сказал: «Мы отправляем сложнейшую систему в неизвестную среду, но я спокоен и готов ко всему. Скорее всего потому, что недостаточно полно представляю себе положение вещей».

Такой фатализм обнадеживал. Если бы участники проекта заявили, что беспо-

коиться не о чем, это был бы тревожный симптом. С 1960 по 2002 г. США, Россия и Япония отправили на Марс 33 экспедиции, и 9 из них оказались успешными – неплохой результат для межпланетных исследований: из первых 33 полетов на Луну удачно завершились только 14. К сожалению, бывали и нелепые случаи: в 1999 г. экспедиция *Mars Climate Orbiter* провалилась из-за небрежности при переводе британских единиц в метрические и неспособности выявить поломку, когда космический аппарат сошел с курса. К тому же всего за



УЗКОНАПРАВЛЕННАЯ
АНТЕННА

ШИРОКОНАПРАВЛЕННАЯ
АНТЕННА

НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРВОЙ ДАЛЬНОЙ
ПОЕЗДКИ

A

неделю до того, как *Spirit* достиг Марса, британская станция *Beagle 2* нырнула в атмосферу планеты и пропала.

В 20:59 был получен сигнал, что *Spirit* начал свой головокружительный спуск. (На самом деле к этому моменту он уже опустился на планету, хотя еще не было известно как – целиком или в виде множества обломков.) В течение двух минут аппарат подвергался интенсивному нагреву в атмосфере и многократным перегрузкам. Еще через две минуты раскрылся парашют и отделилась капсула, а парой минут позже надулись подушки безопасности. Руководители экспедиции объявили, что *Spirit* сел на поверхность Марса.

В Центре управления все вскочили и стали обниматься, поздравляя друг друга. Однако вскоре стало ясно, что радоваться пока нечему: радиосигнал исчез. Роб Маннинг (Rob Manning), руководитель группы, разработавшей сценарий посадки, вспоминает: «Когда связь пропала, возникло замешательство. Я старался взять себя в руки и действовать спокойно. Сначала процесс входа в атмосферу воспринимался как одна из многочисленных тренировок. Но когда сигнал начал замирать, все окончательно поняли, что это не репетиция».

Инженеры предупреждали, что *Spirit* может замолчать минут на десять, пока полностью не остановится. Кувыркающийся спускаемый аппарат – не лучшая платформа для передатчика. Однако прошли и 10, и 11, и 12 минут, а связи все не было. Тягостное ожидание затягивалось. Тонкая линия дрожала в самом низу дисплеев, свидетельствуя об отсутствии сигнала. Маннинг так внимательно всматривался в нее, что заметил момент, когда она вдруг подскочила к верхнему краю экрана. В 20:52, или в 14:51 по времени в месте посадки, *Spirit* сообщил о благополучном прибытии на Марс.

Одиссея Сквайрза

Словно мореплаватели, огибающие мыс Горн, ученые и инженеры вверяют себя в руки капризной судьбы, пытаясь понять, что такое жизнь – уникальный феномен или широко распространенное во Вселенной явление. Стив Сквайрз (Steve Squyres), главный конструктор научно-исследовательской аппаратуры марсохода, 17 лет пытался добраться до Марса. Он написал и защитил кандидатскую всего за три года, а к концу 80-х гг. знал все о ледяных спутниках Юпитера, вулканических равнинах Венеры и скрывающихся

воду марсианских нагорьях. И все же чего-то недоставало в его карьере.

«Достижениями в нашей области мы обязаны людям, которые создают приборы, устанавливают их на космические аппараты и посылают на другие планеты, – объясняет Сквайрз. – Обработывая данные, полученные *Voyager'ом* и *Magellan'ом*, я не принимал участия в этих экспедициях, не конструировал для них аппаратуру и не калибровал ее. Я просто собирал готовую информацию и писал статьи – очень интересный и приносящий большое удовлетворение способ сделать карьеру. И все же я чувствовал, что извлекаю пользу из усилий других людей. Поэтому мне очень хотелось когда-нибудь подготовить и запустить *свой* межпланетный аппарат».

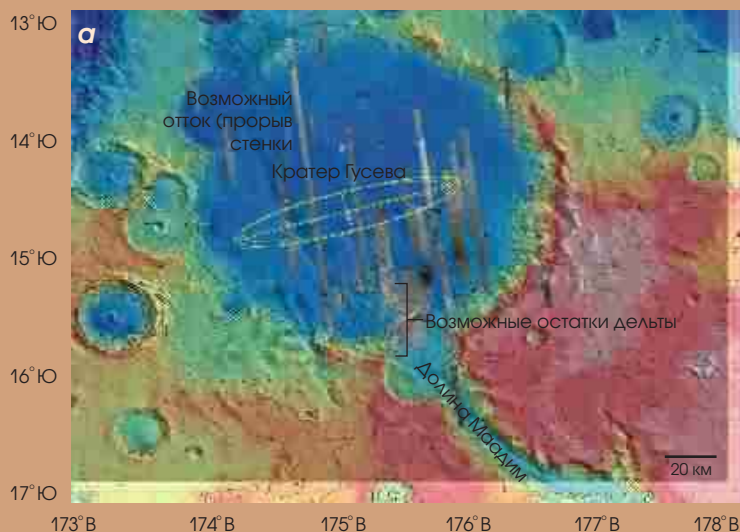
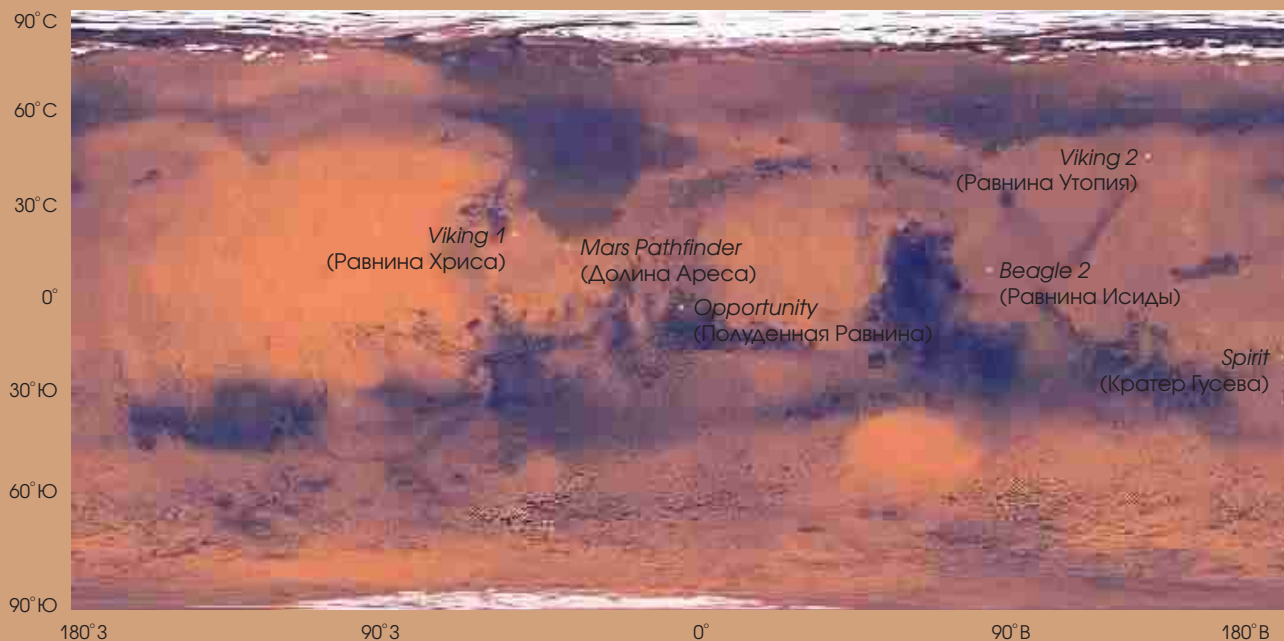
В 1987 г. Сквайрз собрал команду, спроектировал фотокамеру и предложил NASA задействовать ее в проекте *Mars Pathfinder*. Однако от нее отказались, поскольку она имела неподходящие габариты. Тем временем Стив принял участие в разработке научного оборудования для станции *Mars Observer*. В сентябре 1992 г. она покинула околоземную орбиту, и – что бы вы думали? – радиосигнал исчез. Сквайрз, сидевший в зале управления запуском, ▶

ВОСТОЧНАЯ ПАНОРАМА, снятая с места посадки *Spirit'a*: левый край соответствует направлению точно на север, а правый – точно на юг. Первая задача марсохода – доехать до кратера, расположенного в 250 м к северо-востоку от места посадки. Затем *Spirit* может отправиться к Восточным холмам высотой около 100 м, расположенным на расстоянии 3–4 км.

НОВЫЙ ПЛАЦДАРМ НА МАРСЕ

КРАТЕР ГУСЕВА, место посадки *Spirit*'а, – четвертая область Марса, увиденная людьми в подробностях. Кратер находится на границе между южными высокогорьями и северными равнинами и является одним из шести возможных высохших озер, обнаруженных на Марсе.

Места посадки злополучного *Beagle 2* и *Opportunity*, близнеца *Spirit*'а, тоже когда-то могли быть озерами. Посланный раньше *Mars Pathfinder* исследовал устье большого протока. Спускаемые аппараты *Viking*'ов сели на равнины.



КРАТЕР ГУСЕВА находится на северной оконечности долины Маадим – каньона длиной 900 км. На обзорной топографической карте (а) вы видите полосы, для которых были получены изображения с высоким разрешением. Большая плотность кратеров говорит о преклонном возрасте этой территории, который составляет порядка 4 млрд. лет. На детальных изображениях (b и c) крупным планом показан район посадки аппарата. Эллипсами обозначена расчетная область приземления (которая со временем немного изменилась), а желтыми линиями – направления обзора севшего аппарата.



NASA/JPL/MALIN SPACE SYSTEMS; NASA PLANETARY DATA SYSTEM (top view)



СЦЕНАРИЙ ПОСАДКИ *Spirit* 'а был таким же, как и у аппарата *Mars Pathfinder* в 1997 г. *Spirit* вошел в атмосферу Марса со скоростью 5,4 км/с. Лобовое сопротивление теплового экрана затормозило аппарат до 430 м/с. Парашют помог снизить скорость до 70 м/с. Наконец тормозные ракеты погасили ее до нуля на высоте 7 м над поверхностью. (От применения ракет для торможения на всем пути отказались, так как оно потребовало бы исключительно точного измерения расстояний и сложной системы управления двигателями.) Защищенный надувными подушками, *Spirit* 28 раз отскочил от поверхности Марса и в итоге остановился в 300 м к юго-востоку от места первого касания.



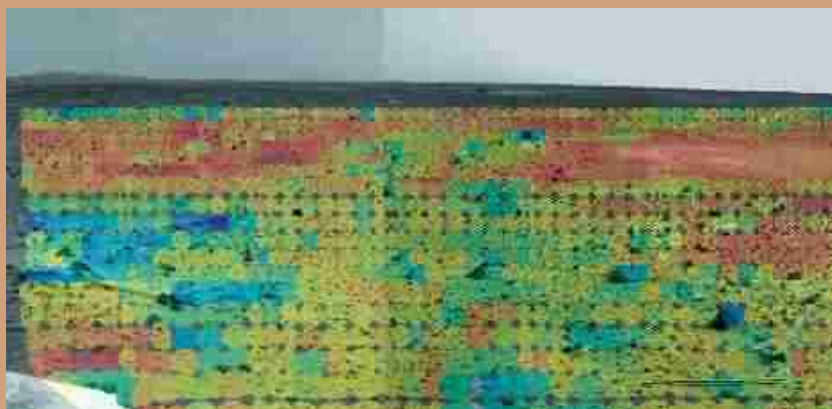
РОВНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ КАМНЕЙ могла быть отполирована переносимыми ветром песчинками. Это один из первых цветных снимков, сделанных *Spirit* 'ом.



ТЕМНЫЕ СЛЕДЫ, оставленные воздушными подушками, говорят о когезионности почвы: возможно, она представляет собой пыль, связанную электростатическими силами, или слабо сцементированную «корку» наподобие той, что обнаружил *Viking*.



СНИМКИ ВОСТОЧНЫХ ХОЛМОВ *E* (слева) и *F* (справа), сделанные с интервалом в несколько часов, иллюстрируют влияние пыли на видимость. Атмосфера над кратером Гусева оказалась более пыльной, чем прогнозировалось, поэтому марсоход нагревается сильнее, но получает меньше солнечной энергии. Холм *E* находится на расстоянии 3,1 км, а холм *F* – на расстоянии 4,2 км.



РЕЗУЛЬТАТ ТЕПЛОВЫХ СКАНИРОВАНИЙ области от группы Восточных холмов до Сонной долины. Пыль, тепловая инертность которой мала, теплее (красный цвет): она быстро нагревается солнцем. Камни обладают большей тепловой инерцией и дольше остаются холодными (синий цвет). Другие данные, полученные от инфракрасного спектрометра, свидетельствуют о присутствии карбоната магния и гидратированных минералов. Пока не ясно, как это связано с водяным прошлым кратера Гусева.

ALFRED T. KAMAJIAN; SOURCE: NASA/CORNELL UNIVERSITY (top); NASA/JPL/CORNELL UNIVERSITY (center/left and right; bottom left); NASA/JPL/ARIZONA STATE UNIVERSITY/CORNELL UNIVERSITY (bottom right)

закрыв лицо руками и произнес: «Похоже, мы потеряли его». Через 40 минут космический аппарат вновь дал знать о себе, но когда в следующем году он достиг Марса, связь оборвалась навсегда.

В 1993 г. Сквайрз и его команда предложили еще один комплект приборов, который снова был отвергнут. В разгар работы над проектом мобильной геологической лаборатории *Athena* в прессе появилось сообщение о том, что найденный в Антарктиде метеорит содержит признаки жизни, существовавшей на Марсе в далеком прошлом. Поднятая шумиха разожгла всеобщий интерес к исследованию Красной планеты. В 1997 г. экспедиция *Mars Pathfinder* показала, на что способен марсоход, и в ноябре того же года руководство NASA одобрило план по созданию лаборатории *Athena*. Сквайрз стал руководителем 170 ученых и 600 инженеров.

Двумя годами позже NASA потеряло *Mars Climate Orbiter* и *Mars Polar Lander*. Хотя команда Сквайрза не принимала непосредственного участия в злополучных проектах, это подорвало веру в успех очередной марсианской программы. Ученые сетовали на недостаточное финансирование и излишнюю самоуверенность. В ответ NASA выделило дополнительные средства на создание марсоходов, увеличив стоимость проекта до \$ 820 млн. Нако-

нец прошлым летом доработанные и усовершенствованные *Spirit* и его близнец *Opportunity* отправились в полет. «Нужно быть большим оптимистом, чтобы пройти через все то, что выпало нам, – заметил Сквайрз. – А чтобы подготовиться к любым неожиданностям, приходится заодно быть законченным пессимистом».

Сухая морозная планета

Пока велась разработка двух марсоходов, в области научных знаний о Марсе произошли большие перемены. Экспедиции *Mariner* и *Viking* 60-х и 70-х гг. обнаружили холодный, сухой и безжизненный мир, сохранивший следы былой активности: изящную сеть древних долин и более молодые обширные промоины. Ученые надеялись, что новые спускаемые аппараты обнаружат на Марсе минералы, для образования которых необходима вода, – карбонаты, глины и соли.

Спутники *Mars Global Surveyor* и *Mars Odyssey*, оснащенные теми же приборами, что и злополучный *Mars Observer*, занимались поисками этих веществ в течение шести с половиной лет, но практически ничего не нашли. Зато они обнаружили пласты оливина – минерала, который жидкая вода должна была разрушить. Вместе с тем были замечены промоины, ложа древних озер и образующийся в жидкой воде железоксидный

минерал серый гематит (не путать с красным гематитом, т.е. ржавчиной). На планете существуют обширные резервуары льда и присутствуют следы геологической и ледниковой активности. Ученые в полном недоумении.

«Сейчас идут ожесточенные споры о том, каковы были условия на молодом Марсе, – пояснил геолог из JPL Мэтт Голумбек (Matt Golombek), возглавлявший научную группу проекта *Pathfinder*. – Запуск марсоходов – это первая попытка оказаться непосредственно на поверхности планеты и окончательно разобраться в ее прошлом».

Крайне осторожные разработчики проекта *Viking* послали два спускаемых модуля в самые скучные области Марса. (Справедливости ради нужно сказать, что, располагая аппаратом за \$ 3,5 млрд, который легко может опрокинуться, вы, вероятно, поступили бы так же.) Более смелая экспедиция *Pathfinder'a*, в сущности, тоже была всего лишь испытательным полетом. Команда Голумбека просто хотела исследовать как можно больше горных пород и мало заботилась о том, где сядет их детище. *Spirit* и *Opportunity* – первые спускаемые аппараты, которые предполагалось доставить в места, действительно интересующие ученых.

С орбиты кратер Гусева (новый дом *Spirit'a*) выглядит как дно высохшего озе-

ЗАПАДНАЯ ПАНОРАМА: угол обзора – 180° от южного до северного направления. Светлый участок – неглубокая Сонная лощина диаметром около 9 м, находящаяся на расстоянии 12 м. Темные пятна на пыльной поверхности могут быть следами, которые оставил кувыркающийся спускаемый аппарат.

ра с присущей ему тонкой слоистостью, остатками речного устья и извилистыми террасами. Он расположен у северной оконечности долины Маадим, одной из самых больших на Марсе. *Opportunity* отправился на поиски серого гематита, который сосредоточен на Полуденной равнине. Геолог Фил Кристенсен (Phil Christensen) из Аризонского университета недавно исследовал топографию обнажений гематита и установил, что минерал образует тонкий плоский пласт. Таким образом, Полуденная равнина тоже могла быть дном озера.

Проверить эти предположения можно только на месте. Так, поскольку ветер не может переносить песчинки больше 5 мм, обнаружение более крупных зерен будет свидетельствовать о действии другого фактора эрозии – возможно, воды. Когда гематит образуется в озере (а не, скажем, в горячем источнике), зачастую в химической реакции участвует другой минерал – гетит, который могут обнаружить спектрометры марсоходов. Так шаг за шагом мы разберемся, почему Марс напоминает Землю и вместе с тем сильно отличается от нее.

Марс глазами землян

3 января, в 23:30 по тихоокеанскому времени, примерно через три часа после посадки, *Spirit* начал передавать первые дан-

ные, ретранслируемые искусственным спутником Марса *Odyssey*. Увиденное поразило наблюдателей, привыкших по опыту прежних экспедиций, что изображения строятся постепенно, строка за строкой, как будто поднимается занавес, скрывающий новый мир. На экране вспыхнули первые картины, и в зале управления появился кратер Гусева.

Основные камеры *Spirit*'а установлены на мачте высотой около 1,5 м, поэтому принимаемое изображение соответствует тому, что вы увидели бы, стоя на поверхности Марса. И все же кое к чему предстояло привыкнуть. Джим Белл (Jim Bell), работавший над цветной панорамной камерой с 1994 г., пояснил: «В ходе проводившихся нами испытаний я понял важную вещь: то, что видит марсоход, значительно отличается от того, что вы увидели бы своими глазами. Плоское изображение на экране мешает вам воспринимать глубину. К тому же в том чужом мире нет ничего, что помогало бы определять расстояния и габариты объектов: ни деревьев, ни домов, вообще ничего привычного». Перед наблюдате-

лями возник зловещий ландшафт: камни, впадины, холмы и столовые горы. Красота пейзажа завораживала.

Однако космические исследования подобны гаданию на ромашке: работает, не работает, работает, не работает... Никогда не знаешь, чем все кончится. Ранним утром 21 января ученые готовили *Spirit* к проведению анализа горных пород в скалах Адирондак. Аппарату была дана команда проверить инфракрасный спектрометр. *Spirit* подтвердил ее получение, но затем замолчал. За двое суток инженеры предприняли больше десятка попыток оживить его. Когда им наконец удалось восстановить связь, положение оказалось серьезным. Хотя неотвратимой опасности не было, *Spirit* перезагружался больше 60 раз, пытаясь устранить сбой, который не удавалось диагностировать. Руководитель проекта Пит Тейзинджер (Pete Theisinger) объявил: «Шансы на то, что аппарат полностью восстановится, невелики. Но и вероятность его окончательного выхода из строя тоже мала». А для космических исследований это уже успех. **п**

Об авторе:

Джордж Массер (George Musser), штатный корреспондент журнала, в начале 90-х гг. был аспирантом Стива Сквайрза. Последние сведения о работе *Spirit*'а и *Opportunity* доступны на www.sciam.com.



САСИМИ

АДИРОНДАК

НАПРАВЛЕНИЕ СЪЕЗДА

СОННАЯ ЛОЩИНА

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ХОЛМ

роботы НА СТАРТЕ

Уэйт Гиббз

13 марта 2004 г., в 6.30, началась гонка «Крепкий орешек»: 15 автономных роботов-автомобилей с интервалом в 5 минут пересекли стартовую линию и умчались в пустыню Мохаве. Ни одна из машин не дошла до финиша 320-километрового пробега. Десять месяцев я следил за подготовкой одной из команд и могу со всей ответственностью заявить: чтобы робот добрался хотя бы до старта, его создатели должны быть не только талантливыми инженерами, но и настоящими фанатиками.

Питтсбург, 10 декабря 2003 г. Дождь лил как из ведра. Между двумя заброшенными металлургическими заводами стоял робот-автомобиль *Sandstorm*. Над ним колдовал продрогший и насквозь промокший Крис Эрмсон (Chris Urmson). Усталые руки проверяли брезент, который защищал металлический кожух, набитый компьютерами и специальной электронной аппаратурой, – мозг фантастического робота с телом старого армейского вездехода *Hummer*.

Месяцем раньше Эрмсон и его товарищи по команде поклялись, что к полуночи 10 декабря *Sandstorm* завершит самостоятельный пробег. Тогда цель выглядела вполне осуществимой: 240 км по сравнительно ровной местности без подъемов и спусков казались всего лишь первым шагом к 320-километровой гонке «Твердый оре-

шек» (*Grand Challenge*). Команду-победителя ожидала престижная награда от министерства обороны США и приз в размере \$1 млн.

Но 20 часов отладки прошли впустую: навигационная система почему-то отказывалась работать. Двумя днями раньше машина самостоятельно проехала без остановок несколько километров, но предыдущей ночью протаранила забор, а сегодня остановилась, сделав всего несколько кругов по испытательной площадке. Под установленным на скорую руку навесом с десятком промокших, замерзших и измученных членов команды склонились над портативными компьютерами.

Всего час назад, когда Уильям Ред Уиттейкер (William Red Whittaker), глава «Красной команды» и научный руководитель Эрмсона, собрал всех на совещание, ребята согласились продолжать

поиск неисправностей всю ночь, весь день и, если понадобится, всю следующую ночь. В который раз прозвучал девиз команды: «Сказано – сделано!» На кон были поставлены репутация команды, а для студентов – и оценки за выпускные экзамены. Однако сейчас Уиттейкера с ними не было, и за все отвечал Эрмсон, технический директор. Глядя на ручейки, бегущие по брезенту, он думал о том, сколько недель работы могут пойти насмарку всего из-за одного короткого замыкания, которое может вызвать попавшая внутрь вода. В итоге Крис отменил испытания и отправил всех спать.

Следующий день принес уйму неприятностей. Как разгневанный тренер в перерыве между таймами, Уиттейкер учинил команде разнос: «Вы зациклились на 240-километровом пробеге, а между тем кузов машины



2 ДЕКАБРЯ 2003 г. «Красная команда» готовит автомобиль-робот *Sandstorm* к первой поездке. Пока Ник Миллер (Nick Miller) ведет машину по испытательному маршруту между заброшенными металлургическими заводами в Питтсбурге, бортовые компьютеры регистрируют пройденный путь. Через пять дней робот пройдет его самостоятельно.

не покрашен, веб-сайт не обновлен, электроника датчиков не готова. Сможем ли мы выиграть основную гонку, если не улучшим амортизацию? Нет. В конце концов, вы посмотрите, что творится в мастерской!» Оглядев свалку из инструментов и деталей, разбросанных где ни попадя, ребята отвели глаза. «Мы просто потеряли голову, – продолжал Уиттейкер. – Все происходящее – генеральная репетиция гонок, полное подобие 13 марта».

Завершая подбадривающую речь, Уиттейкер попросил поднять руки тех, кто готов посвятить каждую минуту последующих четырех суток еще одной попытке заставить машину самостоятельно проехать 240 км за 15 часов. Поднялось четырнадцать рук. Каждый из присутствующих давно решил, что обратной дороги нет.

Поистине крепкий орешек

30 апреля 2003 г., конференц-зал Института робототехники Университета Карнеги–Меллона. Встал высокий человек и с самоуверенностью боксера-тяжеловеса заговорил: «Разрешите представиться: Ред Уиттейкер, директор центра полевой робототехники. Я намерен возглавить одну из команд и в следующем году привести ее к победе в Лас-Вегасе». В феврале нынешнего года Уиттейкер побывал на конференции, где представители Управления перспективных исследований и разработок министерства обороны США (*DARPA*) объявили конкурс на участие в гонке автомобилей-роботов от Барстоу (шт. Калифорния) до Лас-Вегаса (шт. Невада) (см. схему на стр. 32). Состязание должно было стимулировать разработку автономного транспортного средства, кото-

рое могло бы доставлять боеприпасы или эвакуировать раненых с поля боя.

У Уиттейкера были две веские причины, чтобы возглавить одну из команд. Во-первых, состязание должно вызвать в обществе интерес к робототехнике. Во-вторых, по сложности задачу можно сравнить с первым трансатлантическим перелетом Линдберга. «Современные технологии не годятся для этой гонки, и многие специалисты уверены, что выиграть ее в наше время невозможно», – писал Уиттейкер потенциальным добровольцам и спонсорам.

Сделать автомобиль-робот не так уж сложно. В Институте робототехники Уиттейкеру уже приходилось строить самоуправляющиеся машины для оттачивания каменных глыб, уборки урожая, составления карт ▶

горных выработок и поиска метеоритов в Антарктиде. Что делает «Крепкий орешек» действительно крепким, так это требование к скорости движения робота по неровной и незнакомой местности и короткий срок, отведенный на его создание. Чтобы выиграть, *Sandstorm* должен двигаться со средней скоростью не менее 10 м/с (36 км/ч), т.е. примерно в 10 раз быстрее экспериментальных роботов, созданных в ходе четырехлетней программы DARPA по разработке наземных транспортных

средств, функционирующих без вмешательства человека, на которую было потрачено \$22 млн.

Планы «Красной команды»

24 июня 2003 г. «В прошлый раз речь шла о трехколесном экипаже с гигантскими колесами диаметром больше двух метров, – сказал Уиттейкер на третьем заседании команды. – Был рассмотрен и полноприводный четырехколесный вездеход с изменяемой формой шасси. Изучив оба варианта, мы пришли к выводу, что они слиш-

ком сложны для проекта, на который отведен всего год».

За три месяца работы команда так и не решила, что взять за основу для робота – армейский вездеход *Hummer*, пикап или военный багги *Chenoweth*. Уиттейкер представил математический анализ поведения каждого автомобиля на трассе, состоящей в основном из проселочных дорог и бездорожья. «Вездеход сможет одолеть 400 км за 9,3 ч., спринтеру для этого понадобится 10,6 ч.», – заключил он. Выбор казался очевидным, однако *Hummer M998*

ГОНКА «КРЕПКИЙ ОРЕШЕК»

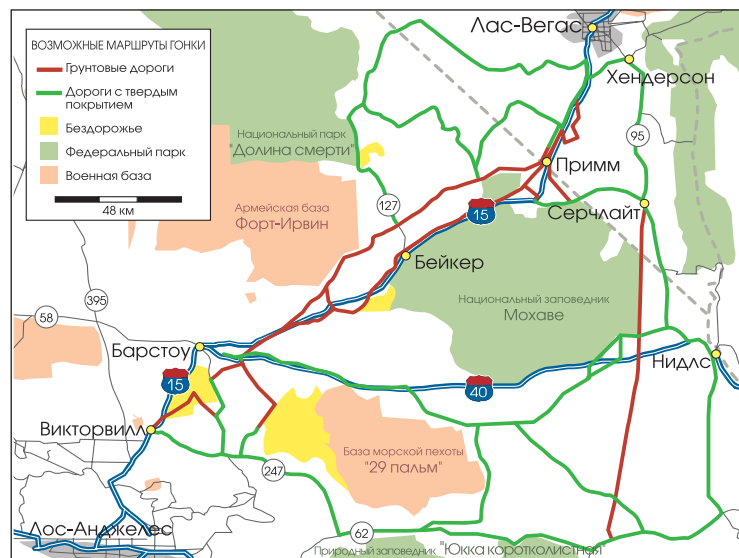
В ФЕВРАЛЕ 2003 г. DARPA объявило о проведении 13 марта 2004 г. гонки автомобилей-роботов «Крепкий орешек». Без вмешательства человека машины должны были преодолеть 320 км по незнакомой пересеченной местности не более чем за 10 часов. Ни один созданный к тому времени робот не смог бы справиться с заданием.

ПРИЗ в \$1 млн. предназначался команде, чья машина пройдет всю дистанцию быстрее всех и затратит не более 10 часов.

ПРАВИЛА: Роботы должны быть полностью автономными. В ходе заезда они не могут получать от человека никаких сигналов (кроме команды аварийной остановки). Машины должны оставаться в пределах отведенной полосы движения. Ни один робот не имеет права умышленно соз-

давать препятствия своим соперникам. Гонка проводится с отдельным стартом, порядок которого определяется в квалификационных заездах. Если в 2004 г. ни одна машина не выполнит условий, гонка будет повторяться ежегодно, пока не будет выявлен победитель или не закончится финансирование (после 2007 г.).

РЕГЛАМЕНТ: За 2 часа до начала гонки представители DARPA выдают каждой команде компакт-диск с записью последовательности GPS-координат контрольных точек, расстояние между которыми составляет от 45 до 300 м. Ширина полосы движения между контрольными точками непостоянна: на некоторых участках машины должны оставаться в пределах узкого трехметрового коридора. Общая длина трассы может составлять от 240 до 336 км.



НА ТРАССЕ могут встречаться песчаные участки дороги, узкие проезды под мостами, мачты ЛЭП и крутые повороты. «Красная команда» подготовила в Питтсбурге не менее сложный испытательный маршрут.

LUCY READING; SOURCES: WDEP BLM, SRA/DARPA (map); COURTESY OF THE RED TEAM, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY (top left and bottom left); ALEX GUERRER (top right); JASON DIVENERE (bottom right)

1986 г. выпуска вкатили в мастерскую команды только в сентябре.

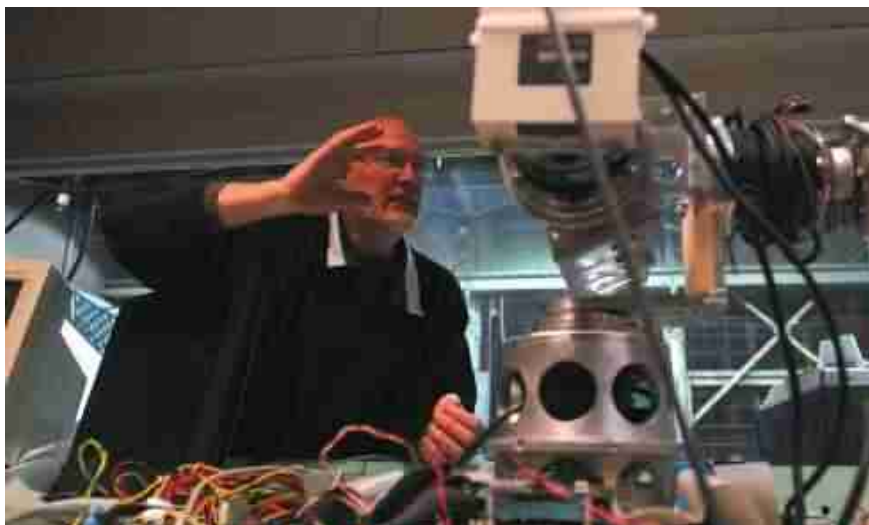
Тем временем ребята подготовили 58-страничное техническое описание того, как *Sandstorm* будет отслеживать свое местоположение, планировать маршрут, обнаруживать и объезжать преграды. Его раздали представителям *SAIC*, *Boeing*, *Caterpillar*, *Seagate* и других компаний-партнеров.

«В течение 8 месяцев мы будем составлять подробную карту района, в котором пройдет гонка, – объявил Уиттейкер. – Когда за два часа до старта *DARPA* вручит нам ее маршрут, мы используем нашу карту для расчета оптимального пути и промоделируем заезд (см. врезку на стр.34). Полученный список из нескольких тысяч *GPS*-координат загрузим в память робота, который сможет ориентироваться по этим виртуальным точкам».

На тот момент затраты достигли \$3 539 491. Сам автомобиль обошелся в \$725 тыс., а чеки подписали пока только *Caterpillar* и местные фонды. Правда, многие фирмы подарили ценное оборудование и поделились опытом и знаниями.

В частности, компания *Applanix* предоставила навигационную систему за \$60 тыс., которая позволит машине не только отслеживать свое местоположение, но и видеть дорогу. На подвижных платформах будут установлены радиолокатор, лазерный радар и стереокамера, которую предоставила фирма *SAIC*. Все перечисленные устройства будут соединены с системой *Applanix*. Карданные подвесы будут сглаживать тряску не хуже мышц шеи (см. стр.36–37).

Похожие планы и у многих команд-соперниц. Например, группа аспирантов из Калифорнийского технологического института отказалась от радиолокатора и основные надежды возлагает на четыре видеокамеры, установленные в передней части модифицированного *Chevrolet Tahoe*. Купленный «Красной командой» радар стоит потраченных \$47 тыс.: он позволяет видеть через пылевую завесу, ослепляющую другие датчики. ▶



29 НОЯБРЯ: Ред Уиттейкер помогает устранить главные недостатки карданного подвеса, чтобы обеспечить роботу стабильное поле зрения в условиях тряски.



2 ДЕКАБРЯ: *Sandstorm* за полчаса проехал 6,4 км, разогнавшись до 24 км/ч.



8 ДЕКАБРЯ: Успешно проехав 74 км за 4 часа, *Sandstorm* сбился с пути и въехал в ограду.

Команда Университета штата Огайо *Team Terramax* установила на огромном трехосном грузовике два радара, шесть видеокамер и четыре лазерных сканера. Однако увеличение количества датчиков может и навредить: каждый из них посылает мощный поток информации, и компьютеры робота могут не справиться с ее обработкой. Поскольку машина подпрыгивает и трясется, результаты локационных обзоров могут показаться роботу противоречивыми и сбить его с толку. К тому же совсем не просто объеди-

нить данные от воспринимающих устройств разных типов: лазерные сканеры генерируют облака точек, радары выдают прямоугольные отметки, а стереокамера формирует так называемую карту несоответствий. Нужно быть очень осторожным, чтобы совместить достоинства датчиков, а не их недостатки.

Полевые испытания

6 ноября 2003 г. Уиттейкер, Эрмсон и Филипп Кун (Philip Koon) из *Boeing Phantom Works* проводили телекон-

ференцию с партнерами. «Сегодня мы на полпути к цели, но впервые отстали от графика, – сообщил Уиттейкер. – Радар застрял на таможне по пути из Великобритании, за сто с лишним часов работы геодезическая группа составила менее 4% карты, деньги закончились, нам не хватает \$950 тыс., а продать место для рекламы на капоте и багажнике пока не удалось».

Через две недели команда столкнулась с новыми трудностями. Сверхточный одометр никак не удавалось

ПУТЬ К ПОБЕДЕ

«КРАСНАЯ КОМАНДА» сразу поняла, что для победы в гонке важнее всего предоставить роботу предельно подробную и точную навигационную карту. Но поскольку истинный маршрут станет известен только за два часа до старта, ребята провели тысячи часов, собирая и комбинируя карты, модели и аэрофотографии всей потенциальной области гонки (она в 400 раз больше показанного здесь участка).

От Геологической службы США команда получила довольно грубые трехмерные модели рельефа местности и аэрофотографии, на которых можно было различать предметы размерами от 1 м. К ним они присоединили сделанные на заказ карты дорог и растительности и поместили всю информацию в единую базу географических данных объемом несколько терабайт.

Компьютерная программа использовала накопленные сведения для расчета сложности преодоления каждого

квадратного метра поверхности. Некоторые участки, например обрывы и границы коридора, были отмечены как непреодолимые для робота. Ровным участкам, в частности ложам высохших озер, приписали нулевую степень сложности.

В день гонки данные о фактической трассе (показана на карте внизу кружками и голубыми линиями) были переданы по высокоскоростной линии связи центру управления «Красной команды», где армия компьютеров рассчитала оптимальный маршрут, опираясь на предварительные оценки сложности рельефа. Затем ребята разделили трассу на участки и отладили компьютерный план таким образом, чтобы исключить ошибки, из-за которых робот может пойти по опасному пути. Окончательные указания по навигации (желтые точки) были переданы роботу перед самым началом гонки.

ДОРОГИ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ



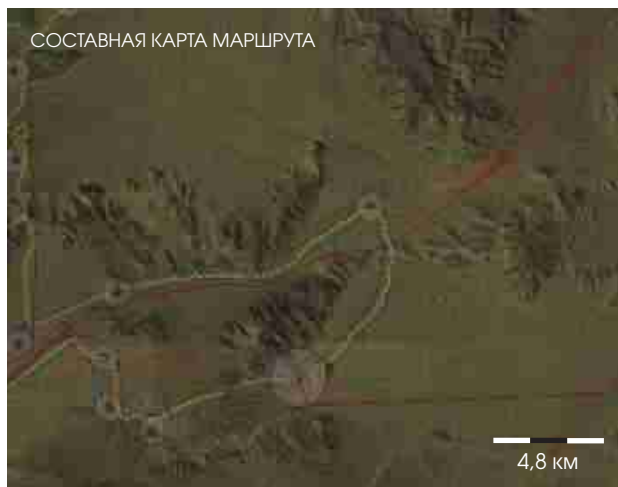
АЭРОФОТОСНИМОК



МОДЕЛЬ РЕЛЬЕФА



СОСТАВНАЯ КАРТА МАРШРУТА



установить на оси джипа, а при переезде через железнодорожную шпалу на скорости 8 км/ч датчик ускорения электронного блока показал целых 7g. Конструкцию его подвеса пришлось доработать, чтобы перегрузка не превышала 3g – жесткие диски и прочая электроника больше не выдержат.

Сроки начали поджимать: сто дней, выделенные на разработку, истекали, а еще предстояло установить все бортовые компьютеры, проверить электрические соединения, изготовить карданные подвесы, доделать программное обеспечение и смонтировать датчики. «Вы обещали, что через две недели машина проедет 240 км, а она еще и метра не прошла. Вот уже второй год команда профессионалов из Университета Карнеги–Меллона работает над пятимиллионным проектом автомобиля-робота *Spinner*. Наибольшее пройденное им расстояние на сегодня составляет 24 км. Те, кто не верит, что 10 декабря наша машина проедет 240 км, поднимите руку». Ни одной руки.

1 декабря 2003 г. На работе были смонтированы некоторые датчики, и зачатки его нервной системы заработали. После установки карданного подвеса, стабилизирующего видеокамеру и лазерные радары дальней зоны, выяснилось, что барахлят оптоволоконные гироскопы. В результате подвес, который должен подавлять тряску, сам провоцировал ее. Всю следующую неделю ребята переписывали программное обеспечение с учетом принципиальных дефектов конструкции гироскопов.

На следующий день *Sandstorm* был отправлен в первое самостоятельное путешествие. Он ехал вслепую, просто следуя списку *GPS*-координат контрольных точек, определяющих овальную траекторию. Машиной управлял компьютер, но для подстраховки в ней ехал Эрмсон. За полчаса *Sandstorm* прошел 6,4 км, а затем замер, получив из мастерской радиокоманду остановки. Ночью работа над ним возобновилась. ▶



9 ДЕКАБРЯ: Команда собралась в мастерской, чтобы подготовить машину к очередным испытаниям.



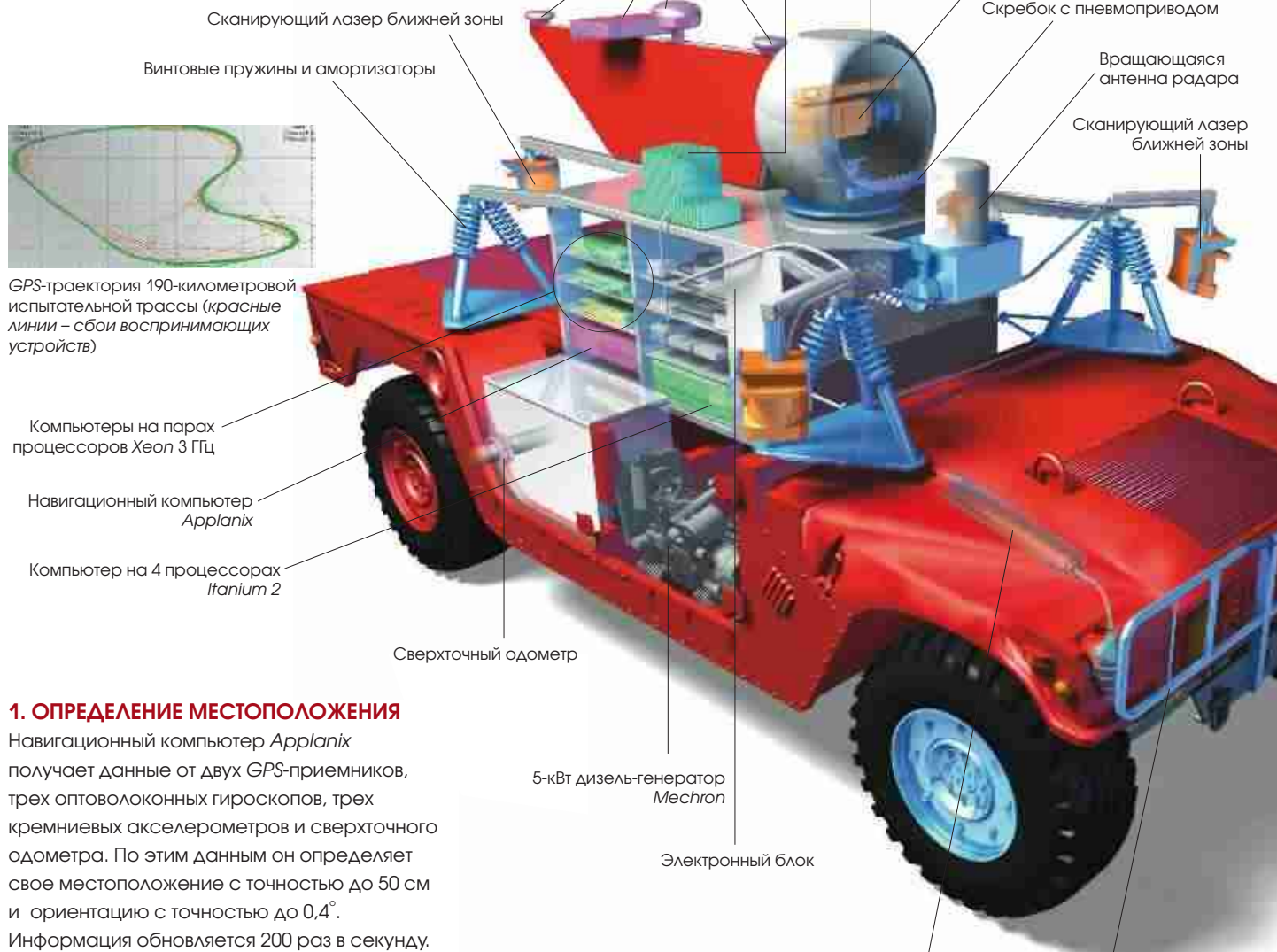
10 ДЕКАБРЯ: Невыспавшиеся и измученные Крис Эрмсон и Кевин Питерсон отлаживают оборудование и программное обеспечение робота.



18 ДЕКАБРЯ: Инженеры *Boeing Phantom Works* присоединились к команде в пустыне Мохаве для испытания новой радарной системы.

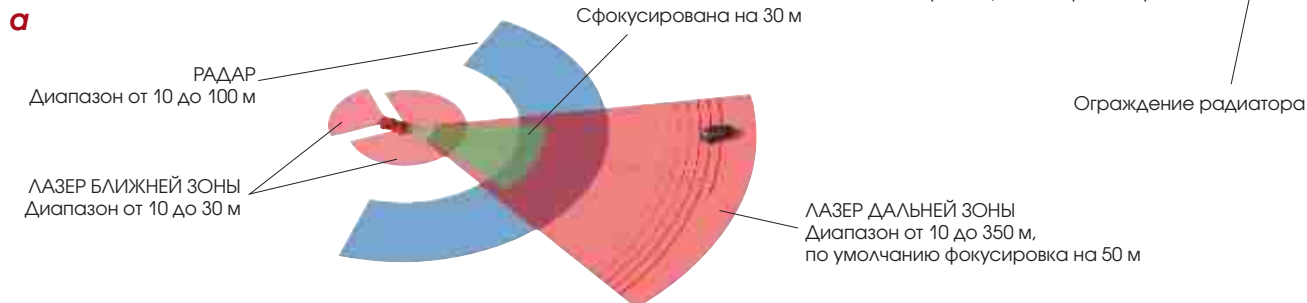
КАК РАБОТАЕТ SANDSTORM

ПЕРЕД НАЧАЛОМ гонки «Красная команда» рассчитывает наилучший маршрут и передает роботу подробные указания (в форме географических координат каждого метра пути). В соответствии с ними робот движется от старта до финиша, обходя неожиданные препятствия (например, остановившиеся машины). Чтобы успешно преодолеть трассу, нужно уметь решать четыре сложные задачи:



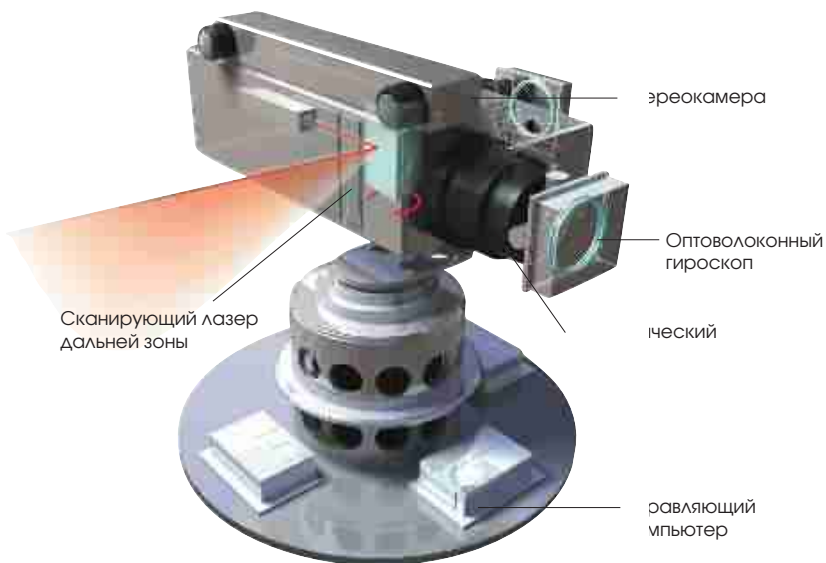
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

Навигационный компьютер *Applanix* получает данные от двух GPS-приемников, трех оптоволоконных гироскопов, трех кремниевых акселерометров и сверхточного одометра. По этим данным он определяет свое местоположение с точностью до 50 см и ориентацию с точностью до $0,4^\circ$. Информация обновляется 200 раз в секунду.



2. ОБНАРУЖЕНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ

Для обнаружения препятствий Sandstorm использует четыре вида датчиков (рис. а). Лазер дальней зоны 50 раз в секунду регистрирует профиль местности, и на основе ряда последовательных профилей компьютер строит трехмерную модель рельефа (рис. б). Лазеры ближней зоны ведут наблюдение во все стороны от робота. Стереокамера посылает видеосигнал на специальный компьютер, который по полученным изображениям рассчитывает наклон и степень неровности местности. Вращающаяся антенна радара позволяет обнаруживать препятствия (рис. в) даже тогда, когда пыль или прямой свет ослепляют другие датчики.



3. КОРРЕКЦИЯ МАРШРУТА

Даже самые лучшие карты быстро устаревают, поэтому на борту робота имеются три компьютера на процессорах Хеол, использующие информацию от всех датчиков для обновления данных о степени сложности каждого квадратного метра местности. Дорогам с твердым покрытием приписывается нулевая степень сложности, а обрывам и роботам-соперникам – бесконечно большая. Несколько раз в секунду процессоры Itanium 2 проверяют, не проходит ли намеченный маршрут (желтые точки на схеме d) через участки повышенной сложности (красные кружки). При необходимости программа-планировщик рассчитывает другие возможные пути (голубые линии) и переносит точки привязки на кратчайший из них (рис. е).

4. СТОЙКОСТЬ К ПЫЛИ И УДАРАМ

Команда оснастила Hummer гоночными рессорами, амортизаторами и защитным ограждением радиатора, а также понизила давление в шинах. Для защиты компьютеров электронный блок подвешен на пружинных треножниках с амортизаторами и закреплен сверхпрочными упругими стропами. 12 упрочненных жестких дисков блока объединены в избыточные пары. Когда Sandstorm будет трястись со скоростью 48 км/ч по «стиральной доске» из грязи, смотрящие вперед датчики смогут сохранять устойчивое положение. Поэтому инженеры «Красной команды» сконструировали и построили карданный подвес с компьютерным управлением (вверху), который обеспечивает фокусировку и стабилизацию видеокамеры и лазера дальней зоны. Для измерения и компенсации крена, тангажа и рыскания машины предусмотрены три оптоволоконных гироскопа и три прецизионных привода. Радар подобным же образом закреплен болтами на одноосном карданном подвесе.



«С этого момента все должны быть здесь круглые сутки, чтобы, как только машина будет возвращаться с полигона, приступать к очередной доработке, – сказал утром Уиттейкер. – В ближайшие пять дней *Sandstorm* должен проехать 240 км, руководствуясь информацией от датчиков. Это будет последний экзамен».

8 декабря 2003 г. «Красная команда» раскинула лагерь возле пустых доменных печей, чтобы следить за безостановочной 15-часовой самостоятельной поездкой робота. Сначала была задана траектория в форме восьмерки, но на пересечении машина сбивалась: иногда поворачивала налево, а иногда направо. Поэтому пришлось вернуться к овальной трассе.

Перед самым началом испытаний произошло короткое замыкание в радиоприемнике экстренного торможения, с помощью которого руководители гонки могут остановить любого взбесившегося робота. Эрмсон привез серводвигатель от радиоуправляемого самолета и занялся отладкой аварийной системы, но в приемнике снова произошло короткое замыкание. Остался только программный способ остановки. Программисты Кевин Питерсон (Kevin Peterson) и Мартин Столл (Martin Stolle) убеждали Уиттейкера не полагаться на контроллер: если зависнет бортовой компьютер, команда полностью потеряет контроль над машиной, и она будет ехать куда ей вздумается, пока не врежется во что-нибудь.

Солнце село, и грязь на дороге стала подмерзать. Уиттейкер настоял, чтобы два члена команды стояли вне помещения и наблюдали за всеми 792 кругами по короткому испытательному маршруту. Тарахтя и выбрасывая серый дым, *Sandstorm* двинулся в путь. Когда, сделав первые два круга, он вышел на прямой участок траектории, из ходовой части полетели искры. Остановив робота радиоконмандой, ребята бросились к нему с огнетушителем. Причина оказалась безобидной: кто-то забыл снять джип с ручного тормоза. Когда машину попытались завести, оказалось, что сели аккумуляторы.

Так продолжалось несколько дней: неполадки возникали то тут, то там. Когда Смит и Като отладили кардан-

СОПЕРНИКИ

ЗАЯВКИ НА УЧАСТИЕ в гонке «Крепкий орешек» подали более 100 команд, 86 из них отправили в *DARPA* технические описания. Управление утвердило только 45. Позднее были отобраны 25 экипажей, но в гонке участвовали только 15 машин.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ВЕЗДЕХОДЫ



Достоинства: Недороги, оснащены стандартной внедорожной подвеской; останавливаются, поворачиваются и разгоняются быстро; малые размеры обеспечивают маневренность в узких коридорах.

Недостатки: Легко переворачиваются; датчики расположены низко, поэтому дальность их действия ограничена; высок риск серьезных повреждений при столкновениях; ограниченная возможность выработки электроэнергии; топливные баки невелики.

Команды: *ENSCO*, *Phantasm* (на фото), *Virginia Tech*.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФУРГОНЫ



Достоинства: Высокий клиренс; много места для электронного оборудования; мощные двигатели; возможность высоко закрепить датчики.

Недостатки: Дороговизна; легко опрокидываются; сложность электрической системы; подвеска рассчитана на дороги с твердым покрытием, а не бездорожье.

Команды: *Arctic Tortoise*, *Axion Racing* (на фото), *Caltech*, *Digital Auto Drive*, *Insight Racing*, *Navigators*, *Overbot*, *Palos Verdes Road Warriors*.

БАГГИ С ШИРОКОПРОФИЛЬНЫМИ ШИНАМИ



Достоинства: Очень низкий центр тяжести предотвращает опрокидывание; рама и подвеска приспособлены для гонок по пустыне; малый вес; маневренность и проходимость.

Недостатки: Низкое расположение датчиков, что делает их уязвимыми для столкновений и пыли; маленькие колеса; малая масса и мощность источников электропитания ограничивают возможности бортовых компьютеров.

Команды: *AI Motorvator*, *CyberRider* (на фото), *LoGHlQ*, *Sciautronics* (создала два робота).

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ВОЕННЫЕ МАШИНЫ



Достоинства: Очень высокий клиренс; устойчивость и прочность; мощные двигатели и большие шасси легко позволяют нести множество компьютеров и другой электронной аппаратуры; возможность установки датчиков на значительной высоте.

Недостатки: Дороговизна и трудность приобретения; трудности с запчастями; жесткая подвеска создает проблемы для датчиков; большой радиус поворота; плохая приемистость и сравнительно медленное торможение.

Команды: *The Red Team* («Красная команда»), *Terramax* (на фото).



20 ЯНВАРЯ: *Sandstorm* становится быстрее и надежнее чуть ли не с каждым днем. Однако Уиттейкер оценивает его шансы на победу всего в 40%.

ный подвес и заставили один из трех его элементов проработать 15 часов подряд, злые духи сглазили остальных членов команды и направили *Sandstorm* на сетчатую ограду, которую он и протаранил. К раннему утру 13 декабря робот прошел всего 190 км и направился к холмам, так что его пришлось остановить.

Подготовка к старту

21 декабря 2003 г. «Мы не одолели 240 км, – признал Уиттейкер, когда команда упрямцев собралась, чтобы подвести итоги. – Но мы не сдадимся!»

Через две недели *Sandstorm* был готов к демонстрации. Несмотря на то что команда отстала от графика на

целый месяц, робот абсолютно уверенно следовал по цепочке контрольных *GPS*-точек. В открытом поле он спокойно мог ехать без помощи человека со скоростью более 50 км/ч, но пока не умел уверенно объезжать препятствия. Хотя на ней установлено 10 самых мощных процессоров *Intel*, компьютеры принимают решения на треть медленнее, чем нужно. В феврале роботу еще предстояло

проехать 16 тыс. км по пустыне, а затем, в марте, должен был наступить решающий момент.

Тогда Уиттейкер еще не знал, что в этом году приз не достанется никому и на 2005 г. будут намечены новые состязания. Как-то раз он спросил ребят: «Если никто не выиграет эту гонку и мы возьмемся за подготовку к новой в следующем году, кто примет участие?» Лес рук. **n**

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Веб-сайт «Красной команды»: redteamracing.org
- О других командах: www.darpa.mil/grandchallenge/teams.htm
- О гонке «Крепкий орешек»: www.darpa.mil/grandchallenge/

глобальное

Катастрофических последствий глобального потепления можно избежать.

Ледник Сан-Рафаэль в Чили, разрушающийся под напором айсберга.

ПОТЕНПЛЕНИЕ

МОЖНО ЛИ ОБЕЗВРЕДИТЬ

«БОМБУ
ЗАМЕДЛЕННОГО
ДЕЙСТВИЯ»?

Джеймс Хансен

Парадоксальность утверждения, что глобальное потепление – это дело рук человека, показалась мне особенно очевидной летним днем 1976 г., когда я с семьей отдыхал на пляже в Лонг-Айленде. Было очень жарко, и, чтобы не обжечься о раскаленный песок, мы расположились поближе к воде. После полудня жара спала, подул свежий ветер. Мы с сыном носились взад-вперед вдоль кромки океана, а потом долго наблюдали за набегающими волнами и совсем продрогли.

Как раз тем летом я и мои коллеги из Института космических исследований Годдарда оценивали влияние парниковых газов на климат Земли. Мы уже знали, что образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека газы, в первую очередь углекислый газ и хлорфторуглероды, накапливаются в атмосфере и влияют на энергетический баланс планеты. Они окутывают Землю, подобно одеялу, и задерживают идущее от нее тепловое (инфракрасное) излучение, которое в противном случае рассеивалось бы в космосе. По нашим оценкам, газовый экран создает тепловой эффект, равный двум ваттам на квадратный метр. Такой же результат мы бы получили, если бы опутали всю Землю сетью елочных гирлянд – по две круглосуточно горящих лампочки мощностью 1 Вт на каждый квадратный метр.

Ситуация казалась парадоксальной: неужели ничтожно малый тепловой эффект может породить ветры и волны или согреть меня и сына, продрогших на берегу? Даже когда поверхность океана чуть-чуть нагревается, тепло тут же

рассеивается в океанских глубинах, и должны пройти годы, а возможно – века, чтобы на Земле произошло ощутимое потепление. Однако всесторонние климатические исследования показали, что даже слабые, но долговременные воздействия могут привести к ощутимым изменениям: к таянию ледников по всему земному шару, уменьшению толщины арктических льдов, наступлению весны на неделю раньше, чем это было в 1950-х гг., и т.д. Потепление на Земле в последние десятилетия идет со скоростью, предсказываемой теми моделями, которые учитывают накопление «рукотворных» парниковых газов в атмосфере Земли.

Однако объективный анализ проблемы глобального потепления невозможен без количественной оценки трех факторов: чувствительности климатической системы к воздействиям; вклада в них человека; времени, за которое система начинает реагировать на воздействия. Построение глобальных климатических моделей может прояснить картину, но самую точную оценку дает анализ эмпирических данных, полученных при изучении истории Земли.

Уроки истории

Земля за последние несколько миллионов лет прошла несколько последовательных ледниковых эпох, сменявшихся периодами глобального потепления. Свидетельства этих процессов донесли до нас антарктические льды, которые (за исключением краевых частей) не таяли даже на пике температур в межлед-

никовые периоды. (Нынешнее межледниковье, Голоцен, длится уже 12 000 лет.)

Естественные периодические изменения климатических условий на Земле связаны с медленными вариациями ее орбиты под действием гравитации со стороны других планет, в первую очередь Юпитера и Сатурна (поскольку они очень массивные) и Венеры (поскольку она периодически приближается к Земле). Эти вариации приводят к 20%-ному изменению сезонного и географического распределения солнечной энергии, получаемой Землей (инсоляции). Долговременные изменения инсоляции в ту или другую сторону сопровождаются таянием ледников или, напротив, их утолщением.

Палеонтологические исследования также подтверждают, что все это влияет на состояние поверхности Земли и ее атмосферы (на поглощение и высвобождение растениями, почвой и водой углекислого газа и метана) и, таким образом, на энергетический баланс планеты.

Методы количественных оценок этих процессов и анализа лежащих в их основе механизмов только разрабатываются учеными, но уже ясно, что основной источник информации – палеоклиматические данные.

Наиболее важным моментом представляется эмпирическая оценка чувствительности климатической системы к этим изменениям. Состав атмосферы в ледниковые эпохи точно известен из результатов анализа газового состава пузырьков воздуха, сохранившихся в толще ледникового щита Антарктиды и обрзовавшихся в слоях многочисленных высокогорных ледников. Также установлено географическое распределение ледового покрова и растительности, положение береговой линии во время ледниковых периодов. Из этих данных следует, что воздействие на климат за время, прошедшее от окончания ледникового периода до наших дней, изменилось на 6 Вт/м^2 , что обусловило повышение глобальной температуры на 5°C . Из вышесказанного следует, что чувствительность климатической системы равна $0,75 \pm 0,25^\circ\text{C}$ на 1 Вт/м^2 . Сходную величину дают климатические модели. Однако

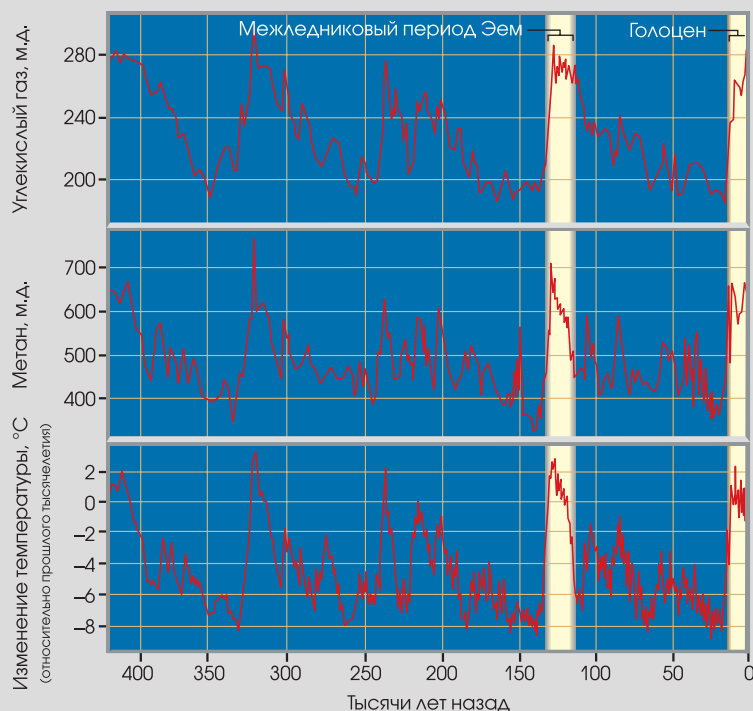
ОБЗОР: ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

- Наиболее достоверную информацию о чувствительности климатических систем к воздействиям дает изучение истории Земли. Научные данные свидетельствуют о том, что даже небольшие, но долгосрочные воздействия могут вызвать значительные климатические изменения.
- Сегодня антропогенные факторы (в первую очередь повышение концентрации парниковых газов и продуктов полного сгорания ископаемого топлива) перевешивают природные, и потепление идет со скоростью, предсказываемой климатическими моделями.
- Необходимость сохранения ледникового покрова Гренландии и Антарктиды налагает жесткие ограничения на степень глобального потепления, которые задают опасный уровень антропогенного воздействия на климат.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПРОТЯЖЕНИИ 400 ТЫС. ЛЕТ

Льды Антарктиды хранят информацию о температуре на Земле и содержании углекислого газа и метана в ее атмосфере за 400 000-летний период. Чтобы получить сведения, ученые определяют газовый состав пузырьков воздуха, закупоренных в ледяной толще. Для этого они бурят

в леднике скважину и извлекают из нее ледяной керн (фото внизу). Ледниковая летопись позволяет получить два типа крайне важных данных. Сравнивая условия на Земле в нынешний межледниковый период (Голоцен) и предыдущий (20 тыс. лет назад), можно судить о восприимчивости климата к воздействиям. А сопоставление температуры в предыдущий межледниковый период, когда уровень Мирового океана на несколько метров превышал теперешний, с температурой в наши дни позволяет оценить масштаб потепления, который можно рассматривать как опасный для человечества, и определить допустимый уровень воздействия на климат антропогенных факторов.



более надежными представляются оценки, основанные на эмпирических данных, поскольку они включают все реально действующие процессы, даже те, о которых мы пока ничего не знаем.

Что влияет на климат в наши дни

Содержание в атмосфере парниковых газов, образующихся в результате хозяйственной деятельности человека, неизменно возрастает. Они поглощают тепловое излучение, идущее от Земли, в результате чего изменяется энергетический баланс на планете и климат становится теплее. Вследствие высокой теплоемкости океанов новое положение равновесия достигается лет за сто и, конечно, соответствует более высоким температурам. Среди парниковых газов наибольшее воздействие на климат оказыва-

ет углекислый газ; его источник – сжигаемое ископаемое топливо (уголь, нефть, газ). Немного отстают и другие газы. Они (в первую очередь *тропосферный озон* и его предшественники, в числе которых метан) входят в состав губительного для человека и растений смога.

Изменению климата способствуют и аэрозольные частицы, правда, характер их воздействия более сложный. Например, если частички сульфатов (соединений серы, содержащейся в ископаемом топливе), хорошо отражающие солнечный свет, способствуют понижению температуры, то аэрозоли, образуемые частичками сажи (продукта неполного сгорания ископаемого топлива, древесины и другого биологического материала), напротив, эффективно поглощают солнечное излучение и способствуют повышению температуры атмо-

сферного воздуха. Влияние аэрозолей на климат можно оценить с точностью лишь до 50%, поскольку их количество точно не известно. Действие аэрозолей может быть и не столь прямым. Так, установлено, что они воздействуют на свойства облачного покрова Земли, способствуя образованию облаков, хорошо отражающих солнечный свет.

Однако такие естественные процессы, как извержение вулканов и флуктуации яркости Солнца, вряд ли заметно сказываются на климатических условиях Земли даже в масштабе тысячелетия. Так, уменьшение яркости Солнца, отмечаемое за последние 150 лет, соответствует изменению теплового эффекта на величину порядка нескольких десятых ватта на квадратный метр. Всего же за период с 1850 г. до наших дней тепловой эффект возрос на $1,6 \pm 1,0$ Вт/м². ▶

Долгосрочные воздействия могут привести к значительным изменениям климата.

Несмотря на невысокую точность этой оценки, есть основания полагать, что она справедлива. На это указывает соответствие наблюдаемых за последние десятилетия глобальных температур тем значениям, которые дают расчеты, основанные на приведенной оценке.

Глобальное потепление

С конца 1800-х гг. до наших дней глобальная температура повысилась на 0,75°C, причем большая часть этого повышения (0,5°C) приходится на период после 1950 г. Начиная с 1970-х гг. появилась возможность с помощью спутника измерять солнечную активность и содержание в атмосфере аэрозольных частиц и озона. По оценкам специалистов, до 70% повышения количества парниковых газов, образовавшихся в результа-

те хозяйственной деятельности человека, приходится на период после 1950 г.

Наиболее важная количественная характеристика – степень энергетического дисбаланса планеты, величина которого в настоящий момент составляет 0,5–1 Вт/м² (см. врез на стр.47). Даже если состав атмосферы останется таким, как сегодня, температура поверхности Земли только за счет этого повысится на 0,4–0,7°C.

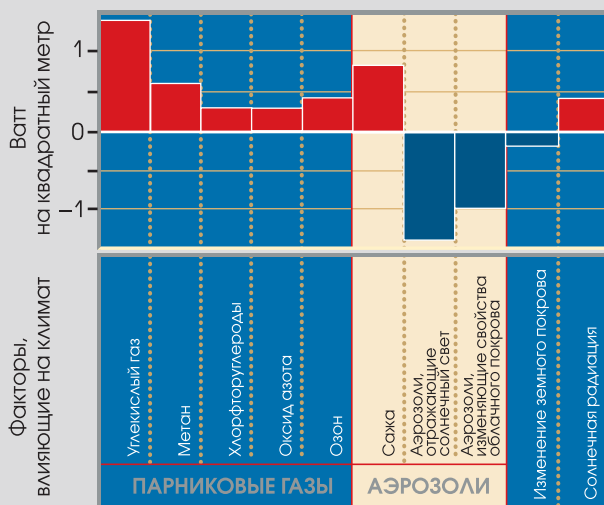
Сидни Левитус (Sydney Levitus) из Национальной администрации по океану и атмосфере проанализировал изменение средней температуры океана за последние 50 лет и обнаружил, что его теплосодержание возросло на 10 Вт-год на квадратный метр, что согласуется с нашей оценкой энергетического дисбаланса Земли (0,5–1 Вт/м²). Интересен следую-

щий факт: для того чтобы растопить лед в количестве, достаточном для подъема уровня Мирового океана на 1 метр, нужно 12 Вт-год (в среднем по планете), т.е. при энергетическом дисбалансе 1 Вт/м² необходимое количество тепла может накопиться за 12 лет.

Соответствие между наблюдаемыми и предсказанными изменениями температуры и запасов тепла Мирового океана подтверждает, что глобальные климатические процессы регулируются и природными, и антропогенными факторами. Но ключевой момент, важный для всей планеты, – текущее изменение запасов тепла Мирового океана, которое не только определяет скорость глобального потепления, но и указывает, насколько необходимо уменьшить пагубное воздействие на климат, чтобы сохранить нынешнее положение вещей.

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЛИМАТ

А **climate forcing** – это механизм, изменяющий глобальный энергетический баланс. На климат влияют естественные факторы (например, флуктуации земной орбиты) и антропогенные (парниковые газы, аэрозольные частицы и т.д.). Сегодня преобладающими стали последние. Наиболее сильное воздействие на климат оказывает углекислый газ, чуть меньше – загрязняющие вещества (сажа, озон, метан).



Бомба замедленного действия

В 1989 г. в Рио-де-Жанейро было принято Рамочное соглашение ООН по климату, цель которого состояла в стабилизации состава атмосферы и предотвращении опасного антропогенного воздействия на климатическую систему.

Под эгидой ООН была создана Межправительственная группа по изучению изменения климата (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*), которой были разработаны сценарии развития событий в XXI веке и оценено влияние глобального изменения температуры на сельское хозяйство, природные экосистемы, диких животных и т.д. По оценкам IPCC, если в течение ближайших 100 лет средняя температура по всему земному шару повысится на несколько градусов, то уровень Мирового океана поднимется на несколько десятков сантиметров. При этом повышение будет определяться тепловым расширением океанской воды, а объем ледников почти не изменится.

Существует мнение, что антропогенное воздействие на климат (даже при



Антропогенные факторы воздействия на климат (в первую очередь парниковые газы) создают тепловой эффект примерно 2 Вт/м^2 . Подобный эффект можно было бы получить, если покрыть всю Землю сетью миниатюрных электрических лампочек мощностью 1 Вт – по две лампочки на каждый квадратный метр. Потепление климата на Земле сдерживают океаны, поглощающие огромное количество тепла. Их поверхность, прогреваясь, тут же отдает тепло глубинным слоям, поскольку массы океанской воды постоянно перемешиваются. По мнению ученых, пройдет не менее 100 лет, прежде чем средняя температура Мирового океана достигнет нового равновесного уровня.

условии быстрого увеличения количества парниковых газов) далеко от опасной черты. Я же уверен, что мы находимся от нее очень близко и что все наши усилия должны быть направлены на снижение негативного влияния на климат, а не на адаптацию к нынешним условиям.

Я убежден, что самое опасное в глобальном потеплении – изменение уровня Мирового океана и скорость разрушения ледникового покрова. Значительная часть населения земного шара живет на территориях, расположенных на высоте всего несколько метров над уровнем моря. Поэтому необходимость сохранения береговой линии в глобальном масштабе очевидна.

Характер изменений температуры в Антарктиде за последние 50 лет свидетельствует о том, что глобальные температурные процессы идут вспять, приближая нас к пройденному ранее максимуму нынешнего межледникового периода

(Голоцена). Более того, мы можем достичь температурного пика, характерного для предыдущей межледниковой эпохи, когда средний уровень Мирового океана был на 5–6 метров выше, чем сегодня. Для этого достаточно одного дополнительного ватта на квадратный метр.

Как быстро будет уменьшаться толщина ледникового покрова Земли? По оценкам *IPCC*, перемены за 100 лет будут несущественными, однако следует учесть, что постепенно может измениться количество выпадающих осадков, в том числе снега, интенсивность испа-

рения и таяния. В реальности же характер разрушения ледникового покрова далек от линейного, а кроме того, нужно учитывать наличие в климатических системах разного рода обратных связей. В межледниковый период, предшествовавший Голоцену, таяние льда происходило со скоростью 14 тыс. кубических метров в год, уровень Мирового океана поднимался на 1 м каждые 20 лет – и все это длилось несколько веков.

В условиях нынешнего необычайно быстрого потепления можно ожидать, что территории летнего таяния льда ▶

ОБ АВТОРЕ:

Джеймс Хансен (James Hansen), кандидат физических наук и астрономии (Ph. D.), возглавляет Институт космических исследований Годдарда и работает в Институте Земли при Колумбийском университете. Получил широкую известность благодаря своим выступлениям на заседаниях постоянных комитетов в Конгрессе в 1980-х гг.; эти выступления помогли привлечь внимание к проблеме глобального потепления.



Ледниковая мельница – отвесная шахта, образованная в ледниковом покрове Гренландии тальми поверхностными водами, которые стекают через трещину во льду. Проникая к основанию ледника, вода смачивает лежащий под ним грунт. По этой «смазке» ледяные массы легко расползаются. Процесс образования ледника – это медленный «сухой» процесс, зависящий от интенсивности снегопадов. Разрушение же – «мокрый» процесс, в нем принимают участие разнообразные механизмы с положительной обратной связью.

будут охватывать большую часть Гренландии и краевые части Антарктиды. Повышение уровня Мирового океана вызовет подъем шельфовых ледников, которые будут наползать на материковый лед, нарушая его целостность. По мере разрушения шельфового льда сползание материкового льда в океан будет все более ускоряться. В отличие от процессов образования ледников, идущих очень медленно, разрушение ледового щита будет происходить лавинообразно.

Энергетический дисбаланс на нашей планете, обусловленный антропогенными факторами, приводит к таянию льдов. Кроме того, в результате выпадения частиц сажи и образования на поверхности ледников луж пресной воды поверхность ледников становится более темной и поглощает все больше солнечного тепла.

Дальнейшее разрушение ледников займет много времени, не исключено, что на это уйдут века, но первые признаки ускорения этого процесса удастся заметить с помощью спутника *ICESat*, запущенного недавно *NASA*. Однако я полагаю, что если тепловой дисбаланс планеты будет повышаться и дальше, то ощутимый подъем уровня океана произойдет уже в течение нескольких десятилетий. А как только начнется крупномасштабное разрушение ледового щита, процесс остановить будет невозможно. Какие-то территории (например, Манхэттен или Нидерланды) удастся защитить от затопления с помощью дамб, но большинство прибрежных регионов окажется под водой.

Основываясь на палеоклиматических данных, я полагаю, что максимально допустимое глобальное повышение температуры составляет 1°C – это эквивалентно добавочному тепловому эффекту в $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Возможные сценарии развития событий

Межправительственная группа представила ряд сценариев изменения климата в XXI веке исходя из разных предположений об увеличении численности населения, темпах роста экономики, развитии энергетики. При построении моделей допускалось, что в ближайшие

Масштабы антропогенного воздействия на климат гораздо ближе к опасной черте, чем думают многие.

50 лет вклад углекислого газа в тепловой эффект составит $1-3 \text{ Вт/м}^2$, а если учесть другие газы и аэрозоли, то $2-4$. Даже при таких небольших воздействиях ожидаемые последствия для климатической системы будут очень серьезными.

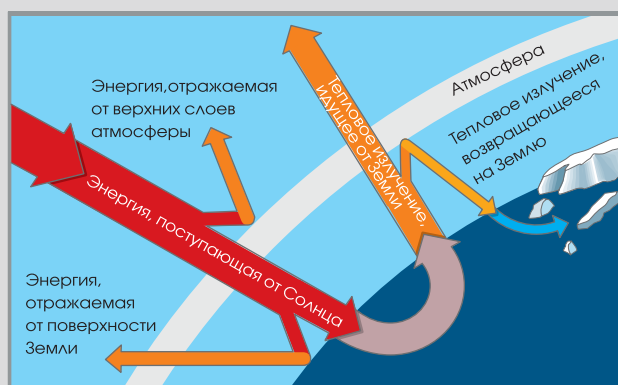
Однако есть основания полагать, что большинство прогнозов слишком пессимистично. Во-первых, в них не учитываются происходящие сегодня изменения в количестве выбросов вредных химических веществ. Во-вторых, предполагается, что ситуация с загрязнением воздуха будет только ухудшаться и в 2050 г. содержание в нем озона, метана и сажи будет больше, чем сейчас. В-третьих, недооценивается роль технологических инноваций, которые позволят в ближайшие полвека уменьшить выбросы. Один из альтернативных путей уточнения возможных сценариев мог бы состоять в оценке нынешних тенденций в изменении количества агентов, влияющих на климат, в выяснении причин этих тенденций, в поисках ответа на вопрос, можно ли повернуть протекающие процессы в нужную сторону.

Эффект парниковых газов, который в начале 1980-х гг. увеличивался со скоростью $0,5 \text{ Вт/м}^2$ за 10 лет, к началу 1990-х гг. замедлил темпы роста и стабилизировался на уровне $0,3 \text{ Вт/м}^2$ за 10 лет. Основная причина такого снижения кроется в уменьшении выбросов хлорфторуглеродов, производство которых было резко сокращено в связи с разрушительным воздействием на озоновый слой. Два других наиболее опасных парниковых газа – углекислый газ и метан. Концентрация в атмосфере первого из них, резко увеличивавшаяся в период между 1945 г. и серединой 1970-х гг., теперь нарастает линейно, со скоростью 2 мд. в год. Что касается метана, то за последние 20 лет скорость его накопления упала на $2/3$.

Происходящие изменения отчетливо коррелируют с динамикой глобального расходования ископаемого топлива. ▶

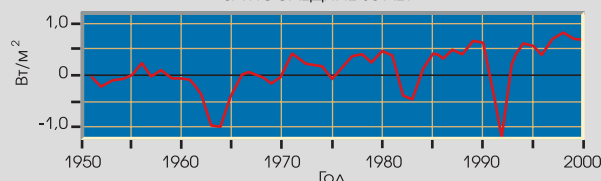
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ДИСБАЛАНС

Энергетическое равновесие – это состояние, при котором Земля получает от Солнца ровно столько энергии, сколько отдает. Сегодня «энергетический бюджет» нашей планеты не сбалансирован. Эффект отражения солнечных лучей, порождаемый «рукотворными» аэрозольными частицами, с избытком компенсируется эффектом улавливания отражаемой Землей энергии парниковых газов. Возникающий в результате избыток энергии (примерно 1 Вт/м^2) приводит к нагреву океанов и таянию ледников. Результаты моделирования динамики энергетического дисбаланса (график в нижней части рисунка) совпадают с данными о количестве тепла, запасенного океанами. Глобальный энергетический дисбаланс – очень важный фактор. Он характеризует масштабы суммарного воздействия на климат и предсказывает дальнейший ход процесса потепления.



Суммарная получаемая энергия	340 Вт/м^2
Суммарная отдаваемая энергия	339 Вт/м^2
ОТРАЖЕННАЯ ЭНЕРГИЯ (от верхних слоев атмосферы и от поверхности) 100 Вт/м^2 – естественные процессы 1 Вт/м^2 – аэрозоли, образовавшиеся в результате хозяйственной деятельности человека	101 Вт/м^2
ТЕПЛОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (от материков и поверхности океана) 240 Вт/м^2 – естественные процессы 2 Вт/м^2 – парниковые газы, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека	238 Вт/м^2
РЕЗУЛЬТАТ 1 Вт/м^2 – избыточная энергия, идущая на нагрев океанов и расплавление ледников	1 Вт/м^2

ДИНАМИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДИСБАЛАНСА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ



Наши усилия должны быть направлены на сдерживание изменений климата, а не на адаптацию к нынешним условиям.

Со времен окончания Второй мировой войны и до 1975 г. его с каждым годом сжигалось все больше – прирост составлял 4% в год, но затем упал до 1%. Снижение было связано с более экономным расходованием сырья, поскольку цены на нефть с середины 1970-х гг. стали расти. Поступление метана стало уменьшаться также благодаря его эффективному улавливанию (например, на свалках или при проведении рудничных работ).

Если нынешние тенденции сохранятся, то в ближайшие полвека энергетический эффект парниковых газов составит 1,5 Вт/м². К этому нужно еще добавить суммарный эффект атмосферного озона и аэрозолей, что в результате через 50 лет даст ~2 Вт/м². Эта величина совпадает с нижней оценкой IPCC (1–2 Вт/м²). Верхняя оценка (4 Вт/м²) предполагает ежегодный 4%-ный рост содержания диоксида углерода в течение 50 лет, что весьма маловероятно.

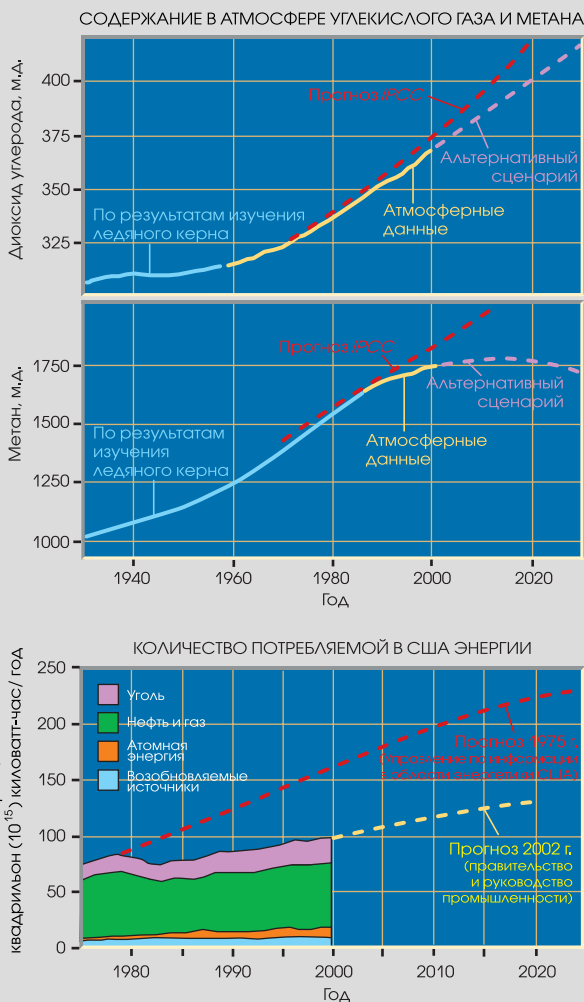
Но даже нижняя оценка вдвое превышает тот уровень, который мы сочли максимально допустимым для антропогенного воздействия на климат. Возникает вопрос: а существует ли реальный прогноз?

Будущее не столь мрачно

Мой сценарий развития событий на ближайшие полвека предполагает, что добавочное воздействие на климат останется на уровне 1 Вт/м². Предусма-

УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ

Реальное содержание углекислого газа и метана (два верхних графика) ниже тех оценочных значений, которые следуют из моделей IPCC. Альтернативный сценарий, предложенный Дж. Хансенем, ближе к реальности, но, чтобы нынешний ход событий сохранился, необходимо принять меры к уменьшению выбросов CO₂ и метана. Благодаря повышению эффективности производства потребление энергии в США выросло в гораздо меньшей степени, чем прогнозировалось (нижний график). Другая возможность – строительство атомных электростанций нового поколения и использование возобновляемых источников энергии.



JEN CHRISTIANSEN; SOURCE: JAMES HANSEN (graphs); MARK BOULTON/Photo Researchers, Inc. (photograph)

триваются две вещи: во-первых, сохранение на нынешнем уровне или снижение содержания в воздухе таких агентов, как сажа, атмосферный озон и метан; во-вторых, выбросы в атмосферу углекислого газа, образующегося при сжигании ископаемого топлива, останутся на нынешнем уровне.

Что касается первого пункта, то здесь нужно обратить особое внимание на агенты, чей вклад в потепление наиболее значителен. Например, сознательное уменьшение выбросов метана в атмосферу будет способствовать понижению температуры и частично компенсирует повышенную концентрацию диоксида углерода. А уменьшение выбросов сажи возместит тот тепловой эффект, который дает параллельное уменьшение выбросов сульфатов (сульфатные аэрозоли отражают солнечный свет, а потому способствуют понижению температуры). Для того чтобы уменьшить содержание в атмосфере озона (основного компонента смога), необходимо устранить другие его предшественники – метан, оксиды азота и летучие органические соединения.

Меры, направленные на снижение количества атмосферного метана, дают экономический эффект, частично компенсирующий затраты на их проведение. Иногда собранный метан используют как топливо, и затраты на его улавливание с лихвой окупаются. Хороший результат могут дать и меры по уменьшению содержания сажи. Речь идет об увеличении продолжительности и качества жизни (мельчайшие частицы сажи, проникающие глубоко в легкие, содержат токсичные органические вещества) и повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Основные источники сажи – дизельное топливо и сжигаемая биомасса. Чтобы сгорание стало более полным, нужно использовать новые технологии, а еще лучше перейти с дизельного топлива на водородное.

Теперь что касается второго пункта. В краткосрочной перспективе количество углекислого газа, выбрасываемого в окружающую среду, можно уменьшить, повысив эффективность промышленных производств и используя возобнов-

ЧТО ВЫ НА ЭТО СКАЖЕТЕ...

«Прошедшая зима была такой холодной! О каком потеплении может идти речь!» Глобальное потепление – это процесс, затрагивающий весь земной шар, но пока можно говорить о повышении средней годовой температуры лишь на 0,6°С. Даже после сезонного усреднения естественная вариабельность температуры год от года составляет несколько градусов, так что глобальное потепление вовсе не означает, будто погода в каждый данный сезон обязательно будет теплее, чем несколько десятилетий назад. Но оно уже привело к повышению вероятности того, что то или иное время года будет теплее, чем обычно, до 60% по сравнению с 30% для периода с 1950 по 1980 г.

«Потепление, наблюдавшееся в прошлом веке, – это просто отход от малого ледникового периода». Любой отход от «Европейского малого ледникового периода», пик которого приходится на 1650–1750 гг., должен был закончиться с наступлением XX века. Если бы не антропогенные факторы, естественные долговременные климатические процессы уже привели бы к существенному похолоданию.

«Потепление поверхности Земли связано с эффектом городского «теплого острова», где и расположены метеостанции». Вовсе нет. Максимальное потепление отмечается в отдаленных регионах, таких как Центральная Азия и Аляска. Наиболее обширные области потепления располагаются над океанами, далеко от городов. Температурные профили для континентальной коры, полученные по результатам измерений в сотнях буровых скважин по всему земному шару, указывают на повышение температуры на 0,5–1°С за последние 100 лет.

поскольку, строя прогнозы, я отталкиваюсь от реального положения вещей. За два года, прошедших со времени создания сценария, альтернативного *IPCC*, это соответствие ни разу не нарушалось. Но я вовсе не думаю, что оно сохранится и дальше, если не принимать усилий по снижению антропогенных эффектов.

Что позволяет мне быть оптимистом? Если мы сравним нынешнюю ситуацию с той, что была 10–15 лет назад, то увидим, что основные факторы, необходимые для сдерживания климатических изменений, стали реальностью. Я понимаю, что поддерживать стабильную концентрацию парниковых газов совсем не просто, но у меня есть надежда, что по мере накопления информации об изменении климата и его последствиях этот вопрос будет все больше волновать простых людей, общественные организации, руководителей промышленных предприятий, органы власти. Вопрос лишь в том, сможем ли мы действовать достаточно быстро. **n**

ляемые источники энергии. С перспективами на далекое будущее дело обстоит сложнее, поскольку со временем потребность в энергии возрастает. В любом случае, на первое место в борьбе с выбросами диоксида углерода выходит научно-технический прогресс, повышение эффективности, все более широкое использование нетрадиционных источников энергии и новых технологий, не дающих столько выбросов. Важную роль может сыграть создание атомных электростанций нового поколения.

Если проанализировать тенденции в изменении выбросов углекислого газа и метана за последние годы, то станет очевидно, что реальное положение дел лучше, чем предсказывает Межправительственная комиссия. Остается доказать, что это различие не возникло в результате случайного стечения обстоятельств, а носит долговременный характер. С моим же сценарием развития событий наблюдаемые тенденции согласуются очень хорошо. Это и неудивительно,

поскольку, строя прогнозы, я отталкиваюсь от реального положения вещей. За два года, прошедших со времени создания сценария, альтернативного *IPCC*, это соответствие ни разу не нарушалось. Но я вовсе не думаю, что оно сохранится и дальше, если не принимать усилий по снижению антропогенных эффектов.

Что позволяет мне быть оптимистом? Если мы сравним нынешнюю ситуацию с той, что была 10–15 лет назад, то увидим, что основные факторы, необходимые для сдерживания климатических изменений, стали реальностью. Я понимаю, что поддерживать стабильную концентрацию парниковых газов совсем не просто, но у меня есть надежда, что по мере накопления информации об изменении климата и его последствиях этот вопрос будет все больше волновать простых людей, общественные организации, руководителей промышленных предприятий, органы власти. Вопрос лишь в том, сможем ли мы действовать достаточно быстро. **n**



МОЗГ наркомана

Эрик Нестлер и Роберт Маленка

Злоупотребление наркотиками вызывает **стойкие изменения** в различных отделах мозга. **Понимание** клеточных и молекулярных механизмов адаптации поможет разработать новые методы лечения наркомании.

Белые дорожки порошка. Шприц и ложка. Таблетки. Многих наркоманов один только вид наркотика или даже предметов, ассоциирующихся с ним, бросает в дрожь от предвкушаемого удовольствия. А после его приема наступает ни с чем не сравнимое блаженство: по телу разливается тепло, все проблемы исчезают, и кажется, что вся Вселенная лежит у ваших ног. Однако после неоднократного употребления наркотика начинается происходить нечто непонятное.

Человеку, чтобы вновь почувствовать себя окрыленным, необходимо понюхать, проглотить или вколоть препарат. Если этого не сделать, начинается депрессия, а часто и физическое недомогание, в том числе ломка. Но начальной дозы уже не хватает, и постепенно развивается зависимость, человек теряет контроль над собой и испытывает непреодолимую тягу к наркотику. Вскоре пагубное пристрастие начинает сказываться на здоровье, финансовом состоянии и личной жизни.

Нейробиологам давно известно, что эйфория, наступающая под влиянием наркотических веществ, связана с их стимулирующим действием на мозговую систему вознаграждения. Система представляет собой сложную сеть нервных клеток (нейронов), вызывающую чувство удовольствия после еды или за-

нятий сексом, т.е. форм активности, необходимых для выживания и продолжения рода. Стимуляция системы вознаграждения доставляет наслаждение и побуждает снова и снова прибегать к тем формам активности, которые его обеспечили.

Однако последние исследования показали, что постоянный прием наркотиков вызывает структурные и функциональные изменения нейронов системы вознаграждения, сохраняющиеся недели, месяцы и даже годы после прекращения употребления препаратов. Таким образом, с одной стороны, адаптации ослабляют положительные эмоции, возникающие при приеме наркотика, с другой – они усиливают болезненную тягу человека к наркотическому веществу. Понимание молекулярных и клеточных механизмов действия наркотиков может привести к разработке новых методов лечения наркомании.

Смертельное пристрастие

Привыкание людей к различным наркотическим воздействиям опосредуется одними и теми же механизмами – к такому выводу ученые пришли в результате длительной экспериментальной работы, начавшейся 40 лет назад. Мыши, крысы и низшие приматы получали наркотические вещества, пользующие-

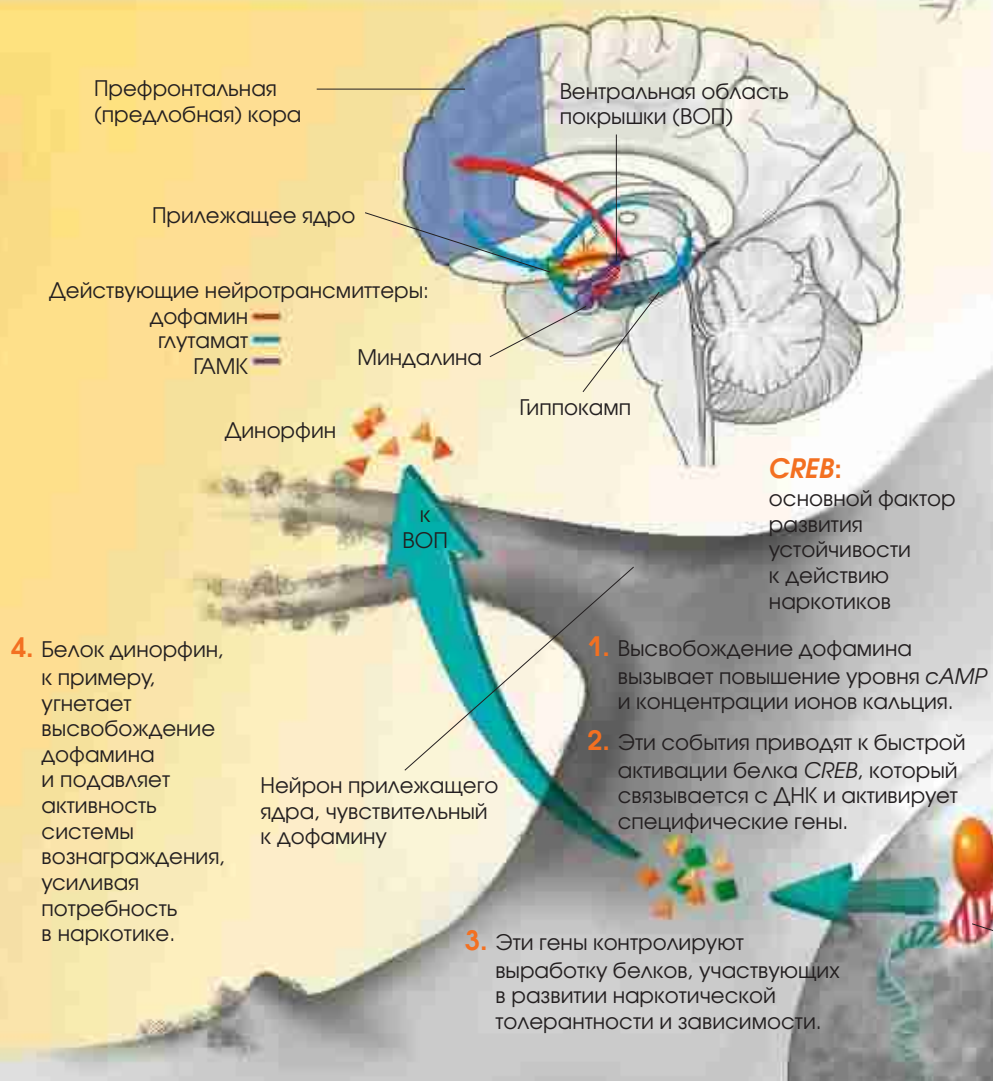
ся большой популярностью среди людей. Препараты животным вводились внутривенно. Когда наступало привыкание, их обучали нехитрой процедуре: чтобы получить инъекцию наркотика, грызуны должны были нажать на один рычаг; чтобы получить «неинтересную» инъекцию физиологического раствора – на другой, а корм – на третий. Через несколько дней животные с удовольствием вводили себе кокаин, героин, амфетамин и другие вещества.

Обнаружилось, что отдельные особи злоупотребляли наркотиками в ущерб жизненно важным формам активности – например, еде и сну. Некоторые даже погибали от истощения. Чтобы получить очередную дозу кокаина, грызуны были готовы сотни раз нажимать на рычаг. Кроме того, они отдавали явное предпочтение обстановке, ассоциирующейся с наркотиком: например, держались по преимуществу в той части клетки, где могли получить возжеланную дозу.

Если подача наркотика прекращалась, животное вскоре оставляло бесплодные попытки получить «химическое удовольствие». Но стоило крысе, в течение нескольких месяцев не получавшей кокаин, почуять его запах или даже оказаться в клетке, ассоциирующейся с наркотиком, она тут же начинала нажимать на заветный рычаг. ▶



Постоянный систематический прием наркотиков может вызывать изменения основного звена мозговой системы вознаграждения – нервного пути, соединяющего нейроны вентральной области покрышки (ВОП), вырабатывающие дофамин, и чувствительные к этому веществу нейроны прилежащего ядра (*nucleus accumbens*). Эти изменения отчасти обусловлены молекулярными механизмами и играют ключевую роль в возникновении устойчивости к действию наркотика, зависимости от него и непреодолимого желания получить новую дозу. Цветными стрелками показаны некоторые нервные пути, связывающие прилежащее ядро и ВОП с другими структурами мозга. Эти структуры могут нести ответственность за чрезмерную чувствительность наркоманов к воспоминаниям о бывших наркотических удовольствиях, неспособность контролировать поведение, направленное на поиск наркотика, и возобновление его приема под влиянием стресса.

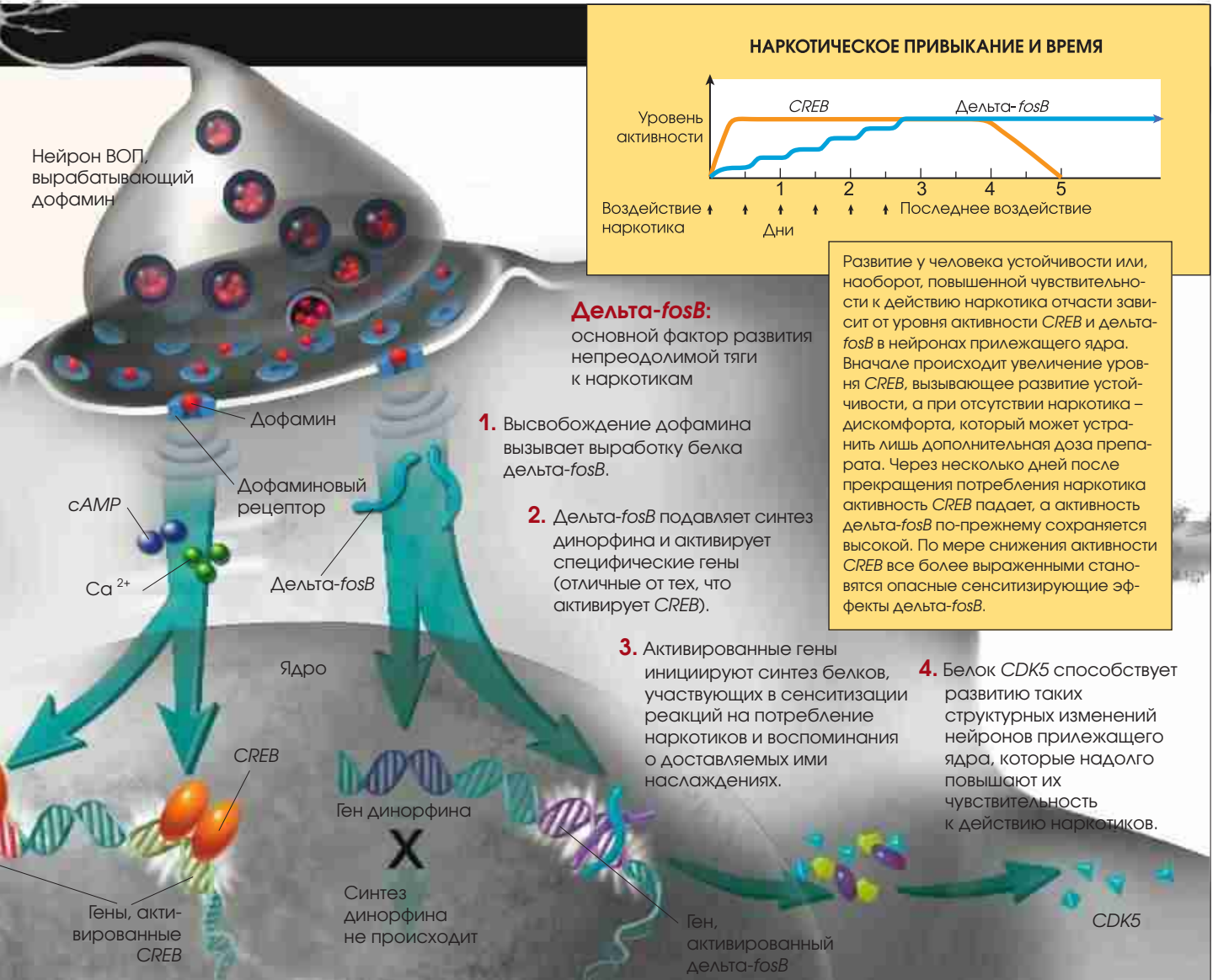


ОБЗОР: ПРИВЫКАНИЕ

- Наркотики и другие вещества, потребление которых легко вызывает у людей болезненное привыкание (кокаин, алкоголь, опиаты, амфетамин и др.), влияют на деятельность мозговой системы вознаграждения. Стимуляция этой системы порождает чувство удовлетворения и заставляет человека повторять те формы поведения, которые способствовали его достижению.
- Повторное воздействие наркотиков вызывает стойкие биохимические и структурные адаптации в мозге, изменяет процессы переработки информации и характер взаимодействия нейронов мозговой системы вознаграждения.
- Понимание природы клеточных и молекулярных изменений в этой системе может привести к разработке новых, более эффективных подходов к лечению людей с болезненным пристрастием к наркотическим препаратам.

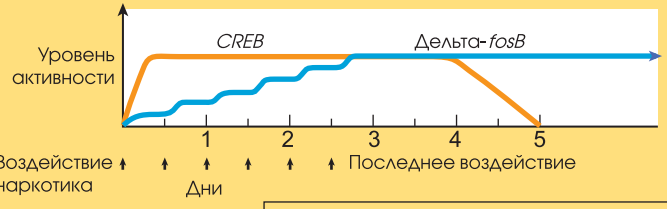
С помощью описанной методики внутривенного самовведения препаратов и некоторых других экспериментальных приемов исследователям удалось идентифицировать области головного мозга, ответственные за развитие наркотического привыкания. Ученые показали, что на мозговую систему вознаграждения наркотические вещества оказывают более сильное и глубокое стимулирующее действие, нежели какие-либо естественные факторы вознаграждения.

Ключевым звеном мозговой системы вознаграждения является сеть мезолимбических дофаминовых нейронов – нервных клеток, расположенных в вентральной области покрышки (ВОП) у основа-



Нейрон ВОП, вырабатывающий дофамин

НАРКОТИЧЕСКОЕ ПРИВЫКАНИЕ И ВРЕМЯ



Дельта-fosB:
основной фактор развития непреодолимой тяги к наркотикам

1. Высвобождение дофамина вызывает выработку белка дельта-fosB.
2. Дельта-fosB подавляет синтез динарфина и активирует специфические гены (отличные от тех, что активирует CREB).
3. Активированные гены инициируют синтез белков, участвующих в сенситизации реакций на потребление наркотиков и воспоминания о доставляемых ими наслаждениях.
4. Белок CDK5 способствует развитию таких структурных изменений нейронов прилежащего ядра, которые надолго повышают их чувствительность к действию наркотиков.

Развитие у человека устойчивости или, наоборот, повышенной чувствительности к действию наркотика отчасти зависит от уровня активности CREB и дельта-fosB в нейронах прилежащего ядра. Вначале происходит увеличение уровня CREB, вызывающее развитие устойчивости, а при отсутствии наркотика – дискомфорта, который может устранить лишь дополнительная доза препарата. Через несколько дней после прекращения потребления наркотика активность CREB падает, а активность дельта-fosB по-прежнему сохраняется высокой. По мере снижения активности CREB все более выраженными становятся опасные сенситизирующие эффекты дельта-fosB.

ния мозга и посылающих проекции в различные отделы передней части мозга, главным образом в прилежащее ядро (*nucleus accumbens*). Нейроны ВОП высвобождают из терминалей аксонов нейротрансмиттер дофамин, связывающийся с соответствующими рецепторами нейронов прилежащего ядра. Дофаминовый нервный путь из ВОП в прилежащее ядро играет важную роль в развитии наркотического привыкания: животные с повреждением этих мозговых структур полностью утрачивают интерес к наркотикам.

Реостат вознаграждения
Система вознаграждения – эволюционно древнее образование мозга. У млеко-

питающих она устроена сложно и связана с областями мозга, придающими эмоциональную окраску ощущениям и направляющими поведение животных и человека на достижение вознаграждения – пищевого, полового, социального и т.д. Миндалины, к примеру, помогает определить, было ли ощущение приятным или неприятным, и сформировать связи между ним и прочими факторами окружающей среды. Гиппокамп принимает участие в формировании памяти о событии (ощущении) – где, когда и при каких обстоятельствах оно произошло (возникло). Лобные (фронтальные) области коры головного мозга перерабатывают и интегрируют всю эту

информацию и определяют окончательное поведение особи. А путь ВОП-прилежащее ядро тем временем действует как реостат вознаграждения: он сообщает другим мозговым центрам, в какой степени активность особи способствует достижению вознаграждения. Чем выше эта оценка, тем больше вероятность того, что организм запомнит эту форму активности и повторит ее впоследствии.

Хотя основные представления о деятельности мозговой системы вознаграждения сложились в результате экспериментов на животных, исследования, проведенные за последние 10 лет методами нейровизуализации, показали, что ▶

TERESE WINSLOW

СКАНОГРАММЫ МОЗГОВЫХ СТРУКТУР



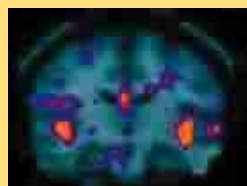
Прилежащее ядро



Миндалины



Субленткулярная часть миндалины

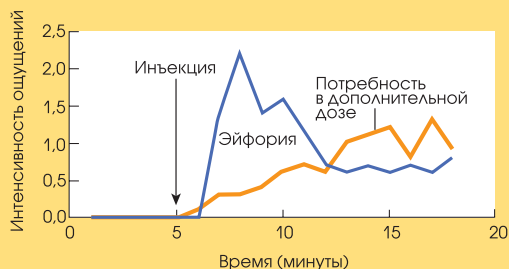


Вентральная область покрышки



Префронтальная кора

Томографические изображения мозга кокаинистов (справа) подтверждают результаты опытов на животных, свидетельствующие о том, что разовый прием наркотика может вызывать глубокие изменения нейронной активности в некоторых мозговых областях. Области, в которых отмечается значительное увеличение нейронной активности после инъекции кокаина, окрашены в различные цвета (желтым цветом выделены структуры, где отмечаются наиболее выраженные изменения активности). Во время томографии испытуемые оценивали интенсивность вызванных наркотиком приятных ощущений и потребности в дополнительной дозе вещества. Сопоставление этих отчетов со сканограммами показало, что в возникновении наркотической эйфории ключевую роль играет миндалина, а потребности в новой дозе наркотика – прилежащее ядро. По мере ослабления эйфории эта потребность усиливается (см. график).



аналогичные нервные структуры контролируют поведение, связанное с естественным или наркотическим вознаграждением, и у человека. С помощью магнитно-резонансной и позитронной эмиссионной томографии было установлено, что предложение понюхать кокаин вызывало у наркоманов рост нейронной активности в прилежащем ядре. Точно также это ядро (а кроме него – миндалина и некоторые области коры) отреагировало и на демонстрацию испытуемым видеоклипа, где кокаин нюхали другие люди. А у заядлых игроков эти области мозга активизировались в ответ на предъявление фотографий игровых автоматов. Таким образом, можно предположить, что нервный путь ВОП–прилежащее ядро играет важную роль в развитии болезненного привыкания и ненаркотической зависимости.

Участие дофамина

Почему на мозговую систему вознаграждения одинаково воздействуют кокаин, который, как известно, увеличивает частоту сердечного ритма, и героин, являющийся по сути дела обезболивающим седативным средством? Причина

ясна: прием всех наркотиков вызывает усиленный приток дофамина (а иногда и сигналов, имитирующих его действие) к прилежащему ядру.

Когда нейроны ВОП возбуждаются, они посылают по своим аксонам электрические сигналы к прилежащему ядру. Те, в свою очередь, стимулируют высвобождение дофамина из кончиков аксона в крошечное пространство – синаптическую щель, разделяющую аксонную терминаль и нейрон прилежащего ядра. Здесь дофамин связывается соответствующими рецепторами в мембране нейронов прилежащего ядра, и сигнал поступает внутрь клетки. Когда сигналы нужно «выключить», нейрон ВОП удаляет избыток дофамина из синаптической щели и сохраняет его в аксоне до тех пор, пока вновь не возникнет необходимость послать сигнал нейронам прилежащего ядра.

Кокаин и прочие наркотики-стимуляторы на какое-то время выводят из строя белок, транспортирующий дофамин из синаптической щели в аксонную терминаль нейрона ВОП. Таким образом, в синаптической щели остается избыток дофамина, продолжающий действовать на

нейроны прилежащего ядра. Героин и другие опиаты ведут себя иначе. Они связываются с нейронами ВОП, ответственными за «отключение» других нейронов этой же области – тех, что высвобождают дофамин. Последние начинают бесконтрольно изливать избыточное количество дофамина на нейроны прилежащего ядра. Кроме того, опиаты способны порождать мощный сигнал вознаграждения, непосредственно воздействуя на прилежащее ядро.

Однако действие наркотиков не ограничивается стимуляцией выброса дофамина, вызывающего эйфорию. Чтобы приспособиться к воздействию наркотиков, система вознаграждения постепенно изменяется – так возникает наркотическое привыкание.

Привыкание

На ранних стадиях потребления наркотиков у животных и людей развивается устойчивость к их действию (т.е. организм привыкает к дозе, и она не оказывает того действия, как раньше) и зависимость от них. Чтобы поднять настроение, наркоману каждый раз приходится незначительно увеличивать дозу препара-



Микрофотографии прилежащего ядра животных, находящихся под воздействием ненаркотических веществ: дендриты с обычным количеством шипиков – выростов, улавливающих нервные сигналы (слева и в центре). У животных, пристрастившихся к кокаину, шипиков на дендритах гораздо больше (справа). Ученые предполагают, что подобные перестройки повышают чувствительность нейронов к сигналам из ВОП и других структур мозга и таким образом повышают чувствительность к наркотикам. Как показывают последние исследования, определенную роль в образовании дополнительных дендритных шипиков играет дельта-*fosB*.

ющая потребность в наркотике. Неослабевающая тяга сохраняется даже после длительных периодов воздержания. Чтобы понять природу сенситизации, необходимо в первую очередь выяснить, какие молекулярные изменения могут сохраняться в течение периода, превышающего несколько дней. В голову тут же приходит мысль о другом факторе транскрипции – дельта-*fosB*.

Наркотический срыв

Дельта-*fosB* связан с развитием наркотического привыкания совсем иначе, нежели *CREB*. В опытах на мышах и крысах было установлено, что постоянное систематическое потребление наркотиков приводит к постепенному и стабильному увеличению концентрации этого белка в прилежащем ядре и других структурах головного мозга. Кроме того, поскольку дельта-*fosB* отличается необычайной устойчивостью, он остается активным в нейронах этих структур спустя недели и месяцы после приема препаратов. Такая активность вполне могла бы позволить белку поддерживать изменения в экспрессии генов еще долгое время после прекращения приема наркотиков.

Как показывают исследования мутантных мышей с чрезмерной выработкой дельта-*fosB* в прилежащем ядре, эти животные сверхчувствительны к наркотикам. Они с необычайной легкостью возобновляли прием препарата после его длительной отмены. Интересно отметить, что дельта-*fosB* вырабатывался у экспериментальных мышей и в ответ на повторные вознаграждения ненаркотической природы (например, быстрый бег в беличьем колесе или потребление сахара). Таким образом, вполне вероятно, что дельта-*fosB* принимает ▶

рата, что неизбежно порождает абстинентный синдром. Таким образом систематическое потребление наркотиков подавляет отдельные звенья мозговой системы вознаграждения.

В этом процессе участвует белок, связывающийся с *cAMP*-зависимым элементом (*cAMP response element-binding protein, CREB*). *CREB* представляет собой фактор транскрипции – белок, регулирующий экспрессию (активность) генов, а значит, и поведение нервных клеток в целом. Когда вводится наркотик, концентрация дофамина в прилежащем ядре повышается, что заставляет нервные клетки, чувствительные к нему, усиливать выработку циклического аденозинмонофосфата (*cAMP*) – вещества-посредника, активирующего *CREB*. Активированный *CREB* связывается со специфическими участками генов, инициируя синтез кодируемых ими белков. Но в подавлении мозговой системы вознаграждения участвует не только *CREB*. Через несколько дней после прекращения приема наркотика этот фактор транскрипции инактивируется. Поэтому действием *CREB* нельзя объяснить, например, изменения, заставляющие наркоманов возобновлять прием

препаратов после многих лет и даже десятилетий воздержания. Рецидивы во многом обусловлены сенситизацией – усилением действия наркотиков.

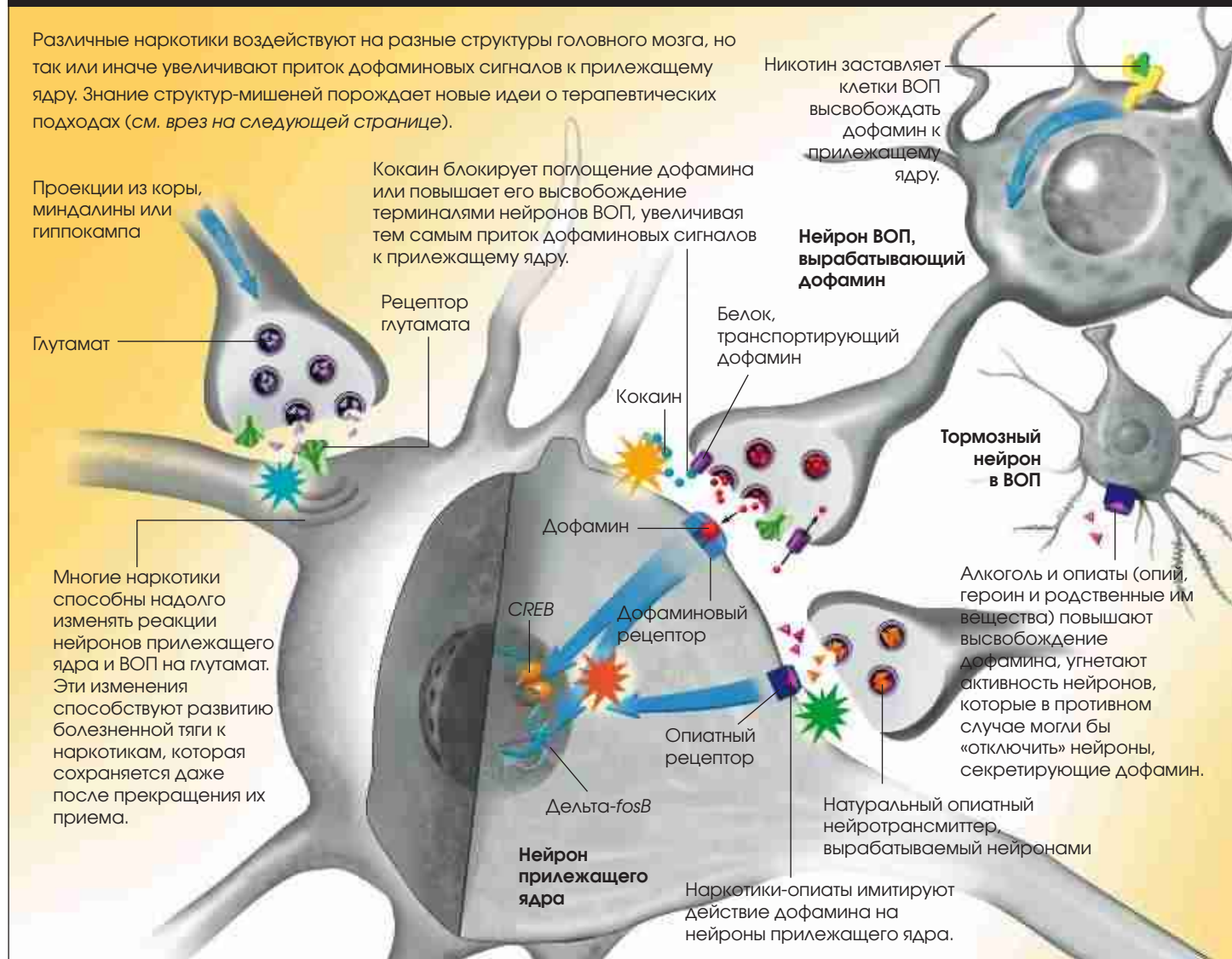
Канни парадоксально, но в отношении одного и того же препарата у человека и животного может развиваться как снижение восприимчивости организма к наркотику, так и сенситизация. Вскоре после приема наркотического вещества возрастает активность *CREB* и повышается устойчивость к его действию: в течение нескольких дней для стимуляции системы вознаграждения организму требуется все большее количество наркотического препарата. Но если его прием прекращается, активность *CREB* падает, в результате чего развивается сенситизация, порождая

ОБ АВТОРАХ:

Эрик Нестлер (Eric J. Nestler) и **Роберт Маленка** (Robert C. Malenka) изучают молекулярные механизмы наркотического привыкания. Нестлер – профессор и декан психиатрического факультета Юго-Западного медицинского центра Техасского университета в Далласе. Маленка – профессор психиатрии и этологии Медицинской школы Стэнфордского университета, бывший директор Центра нейробиологии наркотического привыкания Калифорнийского университета в Сан-Франциско.

РАЗНЫЕ ПРЕПАРАТЫ – ОДИНАКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ

Различные наркотики воздействуют на разные структуры головного мозга, но так или иначе увеличивают приток дофаминовых сигналов к прилежащему ядру. Знание структур-мишеней порождает новые идеи о терапевтических подходах (см. врез на следующей странице).



участие в развитии привыкания к гораздо более широкому спектру удовольствий, чем наркотические препараты.

Недавние исследования позволяют объяснить длительную сохранность сенситизации после возвращения концентрации дельта-*fosB* в норму. Известно, что постоянное систематическое воздействие кокаина и других наркотиков приводит к тому, что на дендритах нейронов прилежащего ядра образуются дополнительные шипики, с помощью которых клетка контактирует с другими нейронами. У грызунов этот процесс может продолжаться в течение нескольких месяцев после отмены наркотика.

Можно предположить, что ответственность за образование дополнительных дендритных шипиков несет дельта-*fosB*.

Участие глутамата

До сих пор речь шла только об изменениях в мозговой системе вознаграждения, связанных с дофаминовым обменом. Однако в развитии наркотического привыкания принимают участие и другие структуры – миндалина, гиппокамп и лобная кора. Все они взаимодействуют с системой вознаграждения (ВОП и прилежащее ядро), высвобождая нейротрансмиттер глутамат. Как было установлено в опытах на животных,

наркотики вызывают изменение чувствительности к глутамату системы вознаграждения, повышают как высвобождение дофамина из ВОП, так и чувствительность к дофамину прилежащего ядра. В результате увеличивается активность *CREB* и дельта-*fosB*.

Кратковременные стимулы определенного типа могут повышать реакции нейронов гиппокампа на глутамат. Феномен, получивший название долговременной потенциации, лежит в основе образования следа памяти и, по-видимому, опосредован перемещением некоторых рецепторов глутамата в мембраны нервных клеток, где они начина-

ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

С помощью гипотетического антикокаинового агента можно было бы уменьшить приток дофаминовых сигналов к прилежащему ядру, мешая кокаину блокировать поглощение дофамина терминалями нейронов ВОП.

С помощью гипотетического агента широкого спектра действия можно было бы подавлять эффекты дофамина, мешая *CREB* или дельта-*fosB* активировать гены-мишени.

С помощью гипотетического агента широкого спектра действия можно было бы устранять изменения выработки глутамата нейронами прилежащего ядра при хроническом потреблении наркотиков.

Уже имеющиеся в продаже опиатные антагонисты (например налтрексон) блокируют рецепторы опиатов. Они используются для борьбы против алкоголизма и курения, поскольку алкоголь и никотин стимулируют выработку мозгом веществ, подобных опио.

тельного потребления наркотиков и в течение короткого времени после его прекращения отмечается изменение концентрации *cAMP* и активности *CREB* в мозговой системе вознаграждения. Это обуславливает рост толерантности к наркотику и зависимости от него и одновременное снижение восприимчивости человека к препарату, что ввергает наркомана в депрессию и апатию. Длительное воздержание от потребления наркотика приводит к изменению активности белка дельта-*fosB* и глутаматных систем мозга. Эти перемены повышают чувствительность наркомана к эффектам наркотика, когда по прошествии длительного времени он пробует его снова, и порождают у него сильные эмоциональные реакции как при воспоминаниях о былых наслаждениях, так и при воздействии внешних факторов, воскрешающих эти воспоминания.

Общие терапевтические подходы

Понимание молекулярных механизмов, стоящих за развитием наркотического привыкания, открывает новые перспективы для медикаментозной терапии. Злоупотребление наркотиками наносит серьезный вред физическому и психическому состоянию людей и служит одной из главных причин заболеваний внутренних органов. Среди алкоголиков очень высок риск цирроза печени, среди курильщиков – рака легких, среди наркоманов, пользующихся общими шприцами, – СПИДа. Экономический ущерб от злоупотребления наркотическими веществами в США ежегодно составляет более \$ 300 млрд. Если же расширить понятие «наркомания» и включить в него другие формы патологически навязчивого поведения (например, обжорство и азартные игры), эта цифра станет неизмеримо выше. Таким образом, разработка терапевтических подходов, способных корректировать аномальные реакции людей на стимулы-вознаграждения (будь то кокаин, пирожные или игровой автомат), могла бы принести обществу огромную пользу.

Лечение наркомании современными методами в большинстве случаев оказывается неэффективным. Существуют ле-

карства, не позволяющие наркотику достичь соответствующей структуры мозга, однако они не вызывают ни нормализации мозгового биохимизма пациента, ни ослабления его тяги к наркотику. Другие препараты имитируют эффекты наркотиков и, ослабляя тягу к ним человека, дают ему время отвыкнуть от пагубного пристрастия. Но их использование чревато тем, что пациент попросту может поменять одну привычку на другую. Хотя многим помогают немедикаментозные реабилитационные программы. Однако значительный процент их участников через какое-то время возобновляет прием наркотиков.

Раскрыв биологические механизмы наркотического привыкания, исследователи, возможно, преуспеют в создании лекарств нового поколения. Вырвать человека из смертоносных объятий наркотиков помогут соединения, способные специфически реагировать с рецепторами глутамата или дофамина в прилежащем ядре, или вещества, мешающие *CREB* или дельта-*fosB* воздействовать на соответствующие гены в этой структуре головного мозга.

Кроме того, необходимо научиться распознавать людей, склонных к злоупотреблению наркотиками. Хотя в развитии этой привычки огромную роль играют психологические, эмоциональные, социальные и средовые факторы, статистические исследования показывают, что риск пристраститься к наркотику на 50% обусловлен генами. Эти гены пока не идентифицированы, но если ученые научатся диагностировать наркотическую предрасположенность в раннем возрасте, людям, входящим в группу риска, может быть оказана своевременная помощь.

Если учесть все обстоятельства, вряд ли когда-либо появятся лекарства, способные обеспечить полное лечение этого синдрома. Однако можно надеяться, что новые терапевтические подходы позволят хотя бы ослабить его биологическую составляющую (наркотическую зависимость) и откроют новые возможности для физической и психической реабилитации больных психо-социальными методами. [n](#)

ют реагировать на глутамат, высвобождаемый в синаптические щели. Наркотики влияют на включение глутаматных рецепторов в мозговую систему вознаграждения, а также воздействуют и на синтез некоторых из них.

В совокупности все эти изменения мозговой системы вознаграждения приводят к развитию устойчивой реакции организма на действие наркотических препаратов, зависимости от них и сложных форм поведения, связанных с их поиском. Многие аспекты этих сдвигов до сих пор остаются для ученых загадкой, но механизмы некоторых процессов изучены уже досконально. Во время дли-



Землетрясения, происходящие тихо и медленно, таят в себе опасность. Они могут порождать цунами или сильные толчки, потрясающие земную кору.

Гигантский оползень (сверху, слева), произошедший в результате тихого землетрясения, может вызвать цунами высотой в сотни метров (внизу).



тихие ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Питер Сервелли

В ноябре 2000 г. на острове Гавайи произошло самое крупное за последние десять лет землетрясение. При магнитуде 5,7 около 2 тыс. куб. км южного склона вулкана Килауэа дало крен в сторону океана. Часть подвижек произошла в том месте, где каждый день останавливаются сотни туристов.

Каким образом столь знаменательное событие прошло незамеченным? Оказывается, содрогание присуще не всем землетрясениям. Произошедшее на Килауэа было впервые определено как проявление тихого землетрясения – мощного тектонического движения, ставшего известным науке лишь несколько лет назад. Мои коллеги из Гавайской вулканической обсерватории Гео-

логической службы США, проводившие наблюдения за вулканической деятельностью, обнаружили сотрясение. Заметив, что южный склон Килауэа сдвинулся на 10 см вдоль тектонического разлома, я обнаружил, что перемещение масс продолжалось около 36 часов – для обычного землетрясения скорость черепашья. Как правило, противоположные стенки разлома вздымаются за счи-

танные секунды, порождая сейсмические волны, вызывающие гул и сотрясение поверхности.

Землетрясения, происходящие медленно и тихо, таят в себе не меньшую опасность. Молчаливое землетрясение на Килауэа предвещало беду. Если огромное скопление обломочного материала, отделившись от вулкана, превратится в гигантский оползень, ▶



Обрушения вулканов происходят раз в десять тысяч лет.

устремившийся в океан, то последствия могут быть непредсказуемы. Обрушившиеся в море массы пород могут вызвать цунами, способные нанести серьезный ущерб прибрежным городам всего Тихоокеанского кольца. Такой катастрофический обвал склона опасен для многих островных вулканов во всем мире.

Неожиданный толчок

Вероятность возникновения крупномасштабных обвалов невелика, а приборы, регистрирующие беззвучные землетрясения, способны заблаговременно оповестить об опасности. Новые данные помогают разработать стратегию, позволяющую предотвратить обрушение склонов. Тихие землетрясения регистрируются также в тех местностях, где угрозы обвала не существует. Таким образом, наблюдение за одним молчаливым землетрясением позволяет прогнозировать другие.

В Японии и северо-западной части Тихоокеанского региона США, где в зонах субдукции тектонические плиты опускаются, исследователи давно изучают деятельность вулканов и землетрясений. С начала 90-х гг. XX в. в районах вулканической активности, в том числе и Килауэа, геологи стали вести наблюдения, используя непрерывно записывающие приемники системы глобального позиционирования (*GPS*). Получая сиг-

налы с более чем 30 навигационных спутников, *GPS* могут определить местоположение объекта в любое время с точностью до миллиметра.

Ученые регистрируют как медленные, непрерывные движения земной коры, тектонических плит, так и быстрые смещения, вызванные землетрясениями и вулканической деятельностью. Когда приемники зафиксировали некоторое тектоническое движение, не связанное ни с одним известным землетрясением или извержением вулкана, исследователи нанесли на карту смещения масс земной коры. Если бы наблюдения проводились в течение года или двух, то ученые объяснили бы перемещение медленным, устойчивым процессом оползания. Но скорость таинственных передвижений, достигавшая нескольких сантиметров в день, была в сотни раз больше скорости движения оползня. Кроме того, молчаливые землетрясения имеют одно общее свойство со своими шумными собратьями: они действуют не постоянно, а прерывисто, возникая и заканчиваясь внезапно.

Столь стремительное начало событий, когда действие происходит на склонах вулканического острова, чревато катастрофическими последствиями. Большинство типичных землетрясений зарождается вдоль тектонических разломов, обладающих внутренним тормозным механизмом: движение пре-

кращается, как только ослабевает напряжение между двумя перемещающимися друг относительно друга массами земной коры. Но оно может и продолжиться, если сила тяжести станет главным двигателем. В худшем случае часть вулкана, лежащая над разломом, может приобрести такое неустойчивое положение, что возникнет вероятность обвала, горный склон под действием силы тяжести рухнет вниз, а обломки пород лягут на дно океана. Если лава, возникающая в результате извержений, не выветривается, склоны вулканов становятся крутыми. Открытие бесшумного землетрясения на Килауэа позволяет сделать вывод, что его южный склон может обрушиться, причем окончательно.

Пока аварийным тормозом в зоне разлома служит сила трения. Но сила тяжести не раз играла решающую роль, о чем свидетельствуют гигантские нагромождения горных обломков, рассыпанные в мелководье вокруг вулканических островов (на Мальорке в Средиземном море и на Канарских островах в Атлантическом океане). На Гавайских островах геологи обнаружили следы 75 катастроф, произошедших более 5 млн. лет назад.

Обычно при обвалах обломочный материал, попадающий в океан, в тысячи раз превышает по объему часть горы св. Елены, обрушившуюся во время извержения в 1980 г. и вызвавшую разрушительные цунами.

Готовясь к худшему

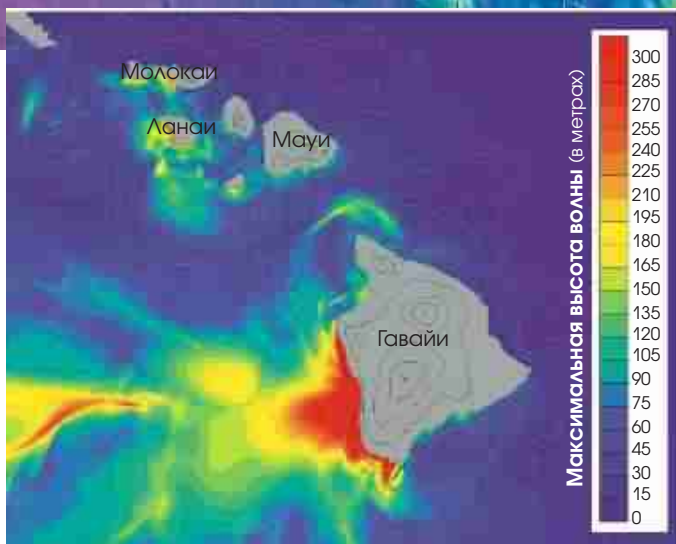
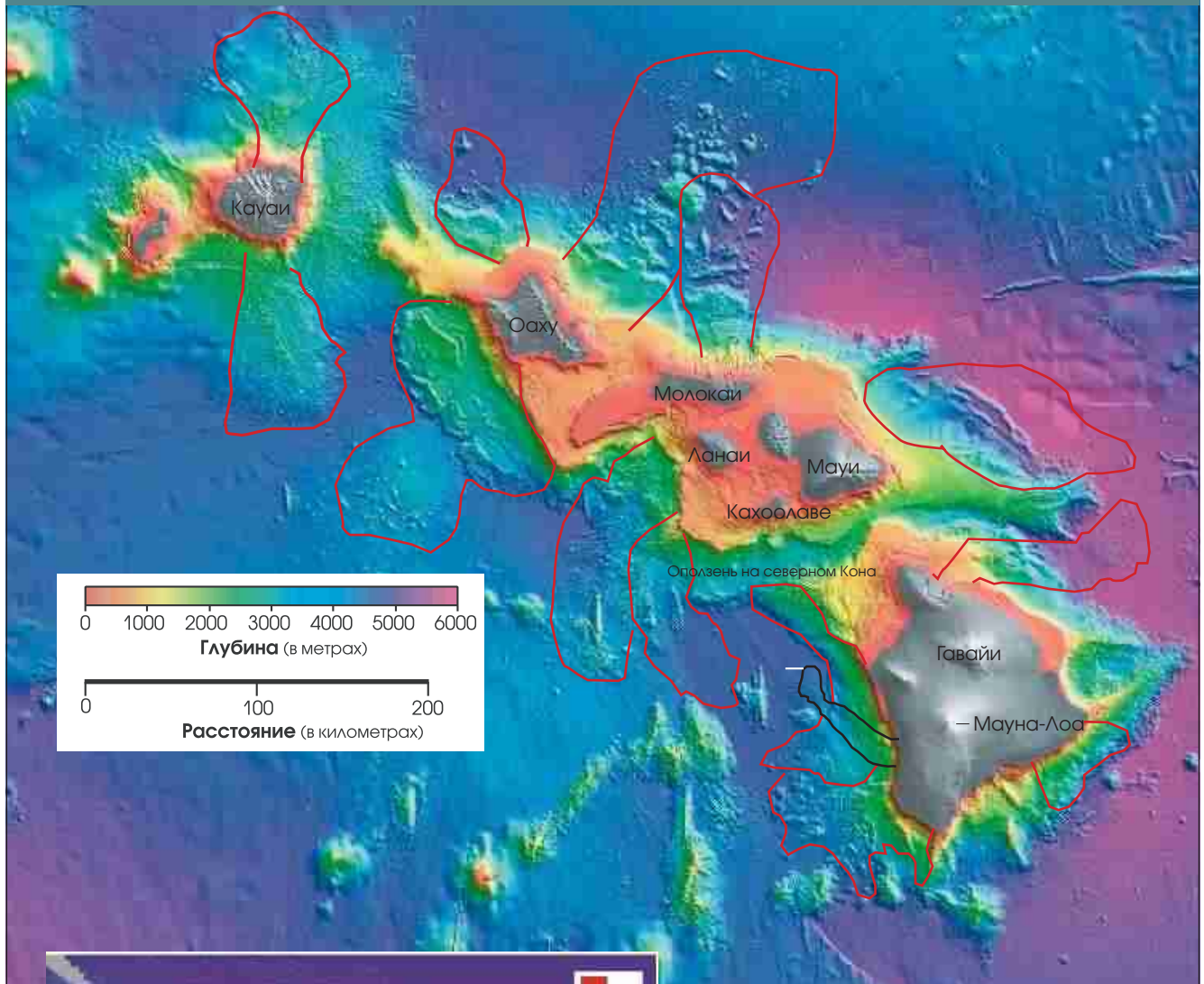
В масштабе человеческой жизни катастрофические обвалы вулканических склонов случаются сравнительно редко, в отличие, скажем, от угрозы падения на Землю больших комет или астероидов. Обрушения, способные вызвать гигантские цунами, происходят на Гавайских островах приблизительно раз в 100 тыс. лет. Аналогичные бедствия во всем мире – каждые 10 тыс. лет.

Для того чтобы определить деформацию островов, ведущих себя беспокой-

ОБЗОР: НЕУСТОЙЧИВЫЙ СКЛОН

- Не все землетрясения вызывают содрогание земли. Исследование тихих землетрясений позволило ученым переосмыслить весь механизм разрывных движений.
- В редких случаях тихие землетрясения, затрагивающие склоны океанических вулканов, могут вызвать гигантские оползни, которые, низвергаясь в море, порождают цунами.
- Тихие землетрясения, происходящие в зонах разломов, образованных поддвигом одной тектонической плиты под другую, могут увеличить возможность ударов.
- Однако тихие сбросы могут уменьшить вероятность разрушительных сотрясений, поскольку они снимают напряжение в разломах.

ГИГАНТСКИЕ ОПОЛЗНИ И ОГРОМНЫЕ ЦУНАМИ



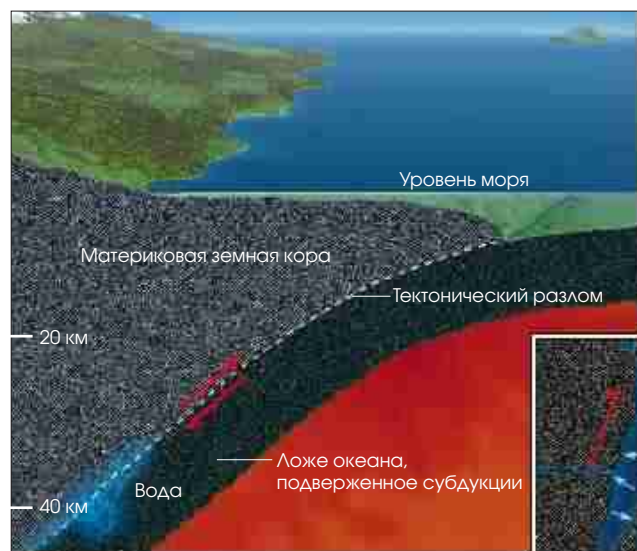
Подводные поля, сложенные из грубого обломочного материала (обведены красным цветом), говорят о том, что в прошлом большие массы вулканов на Гавайских островах обрушивались в воды океана не один раз. Геологи считают, что один из обвалов западного склона вулкана Мауна-Лоа (черная линия) породил гигантские цунами, которые разбросали обломки раковин и горных пород вдоль берега на высоте 800 м. Компьютерные модели (слева) показывают, что подобные оползни могут вызывать волны высотой в 300 м. В течение недолгого времени Мауи мог быть разделен на две части, а ложе океана к западу от Молокаи могло быть сушей.

КАК ПРОИСХОДЯТ ТИХИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Вода может спровоцировать тихие землетрясения, если она проложит свой путь к уязвимому тектоническому разлому. Под давлением горных пород она может раздвинуть

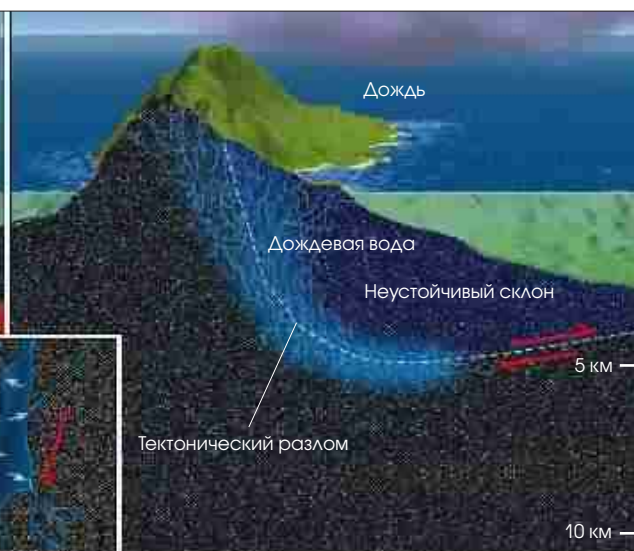
обе стенки разлома (врезка), облегчая их смещение (красные стрелки). Сдвиги такого рода могут происходить в зонах субдукции и на вулканических островах.

ЗОНА СУБДУКЦИИ



Вода, выходящая из водосодержащих минералов и поступающая на древнее ложе океана, может проникнуть в тектонические трещины, возникающие при погружении и подведении одной плиты под другую.

ОСТРОВНОЙ ВУЛКАН



Заполненный водой разлом

Дождевая вода может просочиться сквозь землю и заполнить поверхностные трещины, отделяющие неустойчивый склон от остальной части вулкана.

но, были развернуты сети слежения на островах Реюньон в Индийском океане, Фоге в группе островов Зеленого мыса, на Галапагосском архипелаге и др. Установленные на Килауэа станции *GPS* (их более 20) уже выявили, что наряду с зарождением обычных сильных землетрясений на вулкане происходят и медленные, тихие. Однако некоторые ученые полагают, что сейчас вулкан защищен от катастрофических обвалов

подводными скоплениями ила и обломками горных пород, которые подпирают южный склон. Возможно, они остались от древних обвалов. Результаты исследований склонов Килауэа помогут разработать методики изучения других вулканических островов, которые могут и не иметь аналогичных укрепительных структур.

Независимо от условий, переход от тихого сброса к внезапному обруше-

нию обычно сопровождается резким ускорением склоновых процессов. При неблагоприятном развитии событий ускорение может нарастать с головокружительной быстротой, не оставляя времени для того, чтобы оповестить людей об опасности. В лучшем случае ускорение может нарастать рывками, когда каскад тихих землетрясений постепенно переходит в обычные гудящие. Постоянно работающая сеть *GPS* позволяет проследить возрастание ускорения за долго до самого землетрясения и, таким образом, предупредить о возможном возникновении цунами. Несколько часов вполне достаточно, чтобы эвакуировать жителей. Основной вопрос – в состоянии ли власти претворить в жизнь превентивные меры. Укрепление неустойчивых склонов океанических вулканов потребует огромных усилий. Если удалить грубый материал с верхних склонов беспокойного вулкана, то система

ОБ АВТОРЕ:

Питер Сервелли (Peter Cervelli), геофизик, работает в Гавайской вулканической обсерватории Геологической службы США, которая расположена на краю кальдеры вулкана Килауэа, на острове Гавайи. Как ведущий специалист проекта по изучению деформаций земной коры Сервелли отвечает за анализ данных, получаемых почти с 50 установок, измеряющих углы наклона, деформации и малейшие движения на самых активных вулканах – Мауна-Лоа и Килауэа. Сервелли обнаружил тихое землетрясение, ударившее по южному склону Килауэа в ноябре 2000 г.

Тихие землетрясения происходят регулярно и могут прогнозироваться.

не будет разрушаться, по крайней мере, в течение нескольких сотен тысяч лет. Другой путь – вызвать ряд небольших землетрясений, медленно снижая уровень неустойчивого склона. Это обойдется гораздо дешевле, но чревато непредвиденными геологическими изменениями.

За девять дней до последнего тихого землетрясения на Килауэа почти 36 часов шел проливной дождь. Всего за это время выпало более 1 м осадков. А как известно, вода, попадающая в тектонические трещины, может спровоцировать землетрясение. По подсчетам геологов, нескольких дней было вполне достаточно, чтобы вода прошла сквозь трещины и поры в базальтовых породах Килауэа на глубину 5 км, где и зародилось бесшумное землетрясение.

Возможно, верхние слои горных пород сдавили дождевые осадки. Стенки разлома раздвинулись, облегчив их скольжение. Это заключение согласуется с предположением о том, что можно инициировать землетрясения, закачав воду в трещины, лежащие в основании неустойчивого склона. Подобные искусственно вызываемые сбросы постоянно происходят в меньших масштабах на геотермальных станциях или других сооружениях, где практикуется откачка воды в землю. Но в вулканы трудно закачать в строго определенное место заданный объем жидкости, поскольку существует вероятность обвала, который необходимо избежать. Некоторые геофизики считали, что такая стратегия поможет снизить напряжения внутри калифорнийского сдвига Сан-Андреас, но постепенно они отказались от этой идеи.

Воздействие воды

Открытие тихих землетрясений заставило ученых пересмотреть различные аспекты разрывных движений, а также оценку сейсмической безо-

пасности. На северо-западе Тихоокеанского региона США было исследовано множество молчаливых землетрясений в зоне Каскадного разлома между Северо-Американской плитой и подвижной плитой Хуана де Фука. Тихие землетрясения происходят с завидным постоянством, что позволяет ученым делать успешные прогнозы.

Вода, изливающаяся в зонах субдукции, может служить достоверным показателем того, где и когда происходят бесшумные сбросы. По мере погружения плиты температура и давление увеличиваются, при этом высвобождается большое количество воды, содержащейся в минералах, входящих в состав плиты. Тихое землетрясение может произойти в результате того, что из недр земли поднимается жидкость, которая как бы снимает зажимы в зоне разрыва, облегчая медленный сброс.

Гарри Роджерс (Garry Rogers) и Герб Дрэдджер (Herb Dragert) из Геологической службы Канады считают, что бесшумные сотрясения могут быть предвестниками сильных толчков в регионе. Медленные сбросы, происходящие на глубине через определенную промежуток времени, регулируют скорость накопления напряжения в зоне разлома, находящейся ближе к поверхности земли, где движение

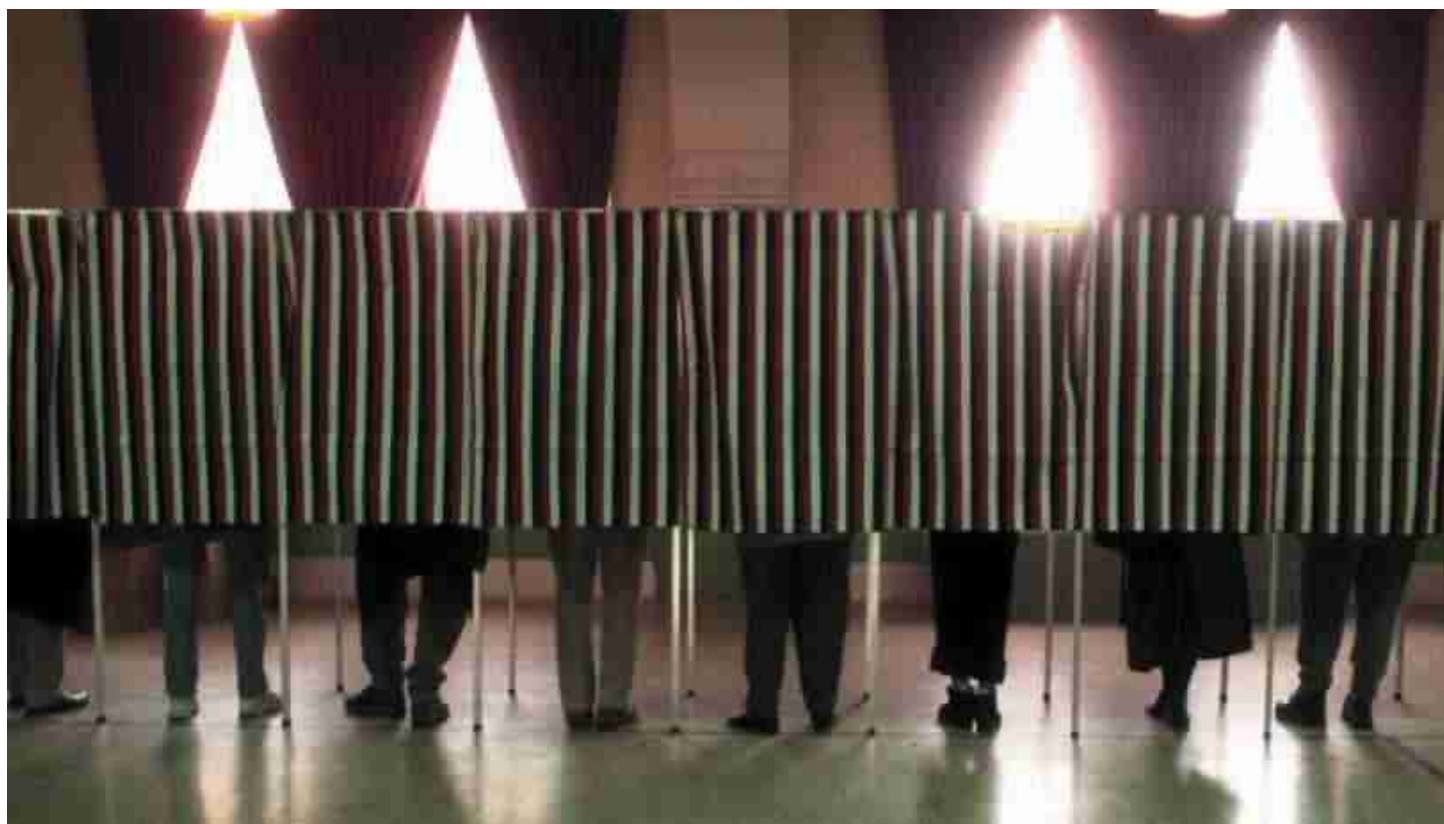
идет рывками. В течение года в зоне сжатой части разлома скапливается напряжение, дающее начало главному толчку. Роджерс и Дрэдджер полагают, что бесшумные сбросы могут значительно ускорить процесс накопления напряжения и повысить риск возникновения обычных землетрясений, следующих за тихими через несколько недель или месяцев.

Тихие землетрясения вынуждают ученых пересмотреть многие прогнозы. Считалось, что районы Японии, где ожидаемые землетрясения случаются реже, чем в других сейсмически активных областях, с большим запозданием получают удар. Однако если бесшумные сбросы на самом деле сняли напряжение в данных тектонических разломах, то в действительности регион может быть менее опасен, чем представлялось ранее. Кроме того, обнаружив бесшумные сбросы по оси тектонических разломов, которые до сих пор считались неактивными, следует провести тщательную переоценку этих тектонических структур и определить возможность возникновения бедственных землетрясений.

Если исследования покажут, что тихие землетрясения присущи большинству крупных тектонических разломов, то ученым придется пересмотреть всю теорию землетрясений. **n**

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Sudden Aseismic Fault Slip on the South Flank of Kilauea Volcano, Hawaii. Peter Cervelli, P. Segall, K. Johnson, M. Miklius in *Nature*, Vol.415, pages 1014–1017; February 28, 2002.
- Episodic Tremor and Slip on the Cascadia Subducti on Zone: The Chatter of Silent Slip. Garry Rogers and Herb Dragert in *Science*, Vol 300, pages 1942–1943; June 20, 2003.
- Giant Landslides, Mega-tsunamis, and Paleo-sea Level in the Hawaiian Islands. G.M. McMurty, P.Watts, G.J.Fryer, J.R. Smith and F. Imamura in *Marine Geology*. Available online at www.sciencedirect.com/science/journal/00253227.
- Visit the U.S. Geological Survey Hawaiian Volcano Observatory online at <http://hvo.wr.usgs.gov>.



Партха Дасгупта и Эрик Маскин

Честные выборы

Большинство граждан США и Франции, наиболее демократических стран мира, не слишком задумывались над своими избирательными системами, перекладывая эту заботу на аналитиков и политологов. Но в последние годы ситуация изменилась. Во Франции для всех стало полной неожиданностью, что в 2002 г. ничем не выдающийся беспринципный политик вышел в финал президентских выборов. Избиратели в США были озадачены, почему самый популярный кандидат в президенты проиграл на выборах в 2000 г.

Оставим дискуссию о технологических просчетах, коллегии выборщиков, а также о Верховном суде США на откуп политическим комментаторам. Основываясь на проведенных нами исследованиях, постараемся понять, какие сис-

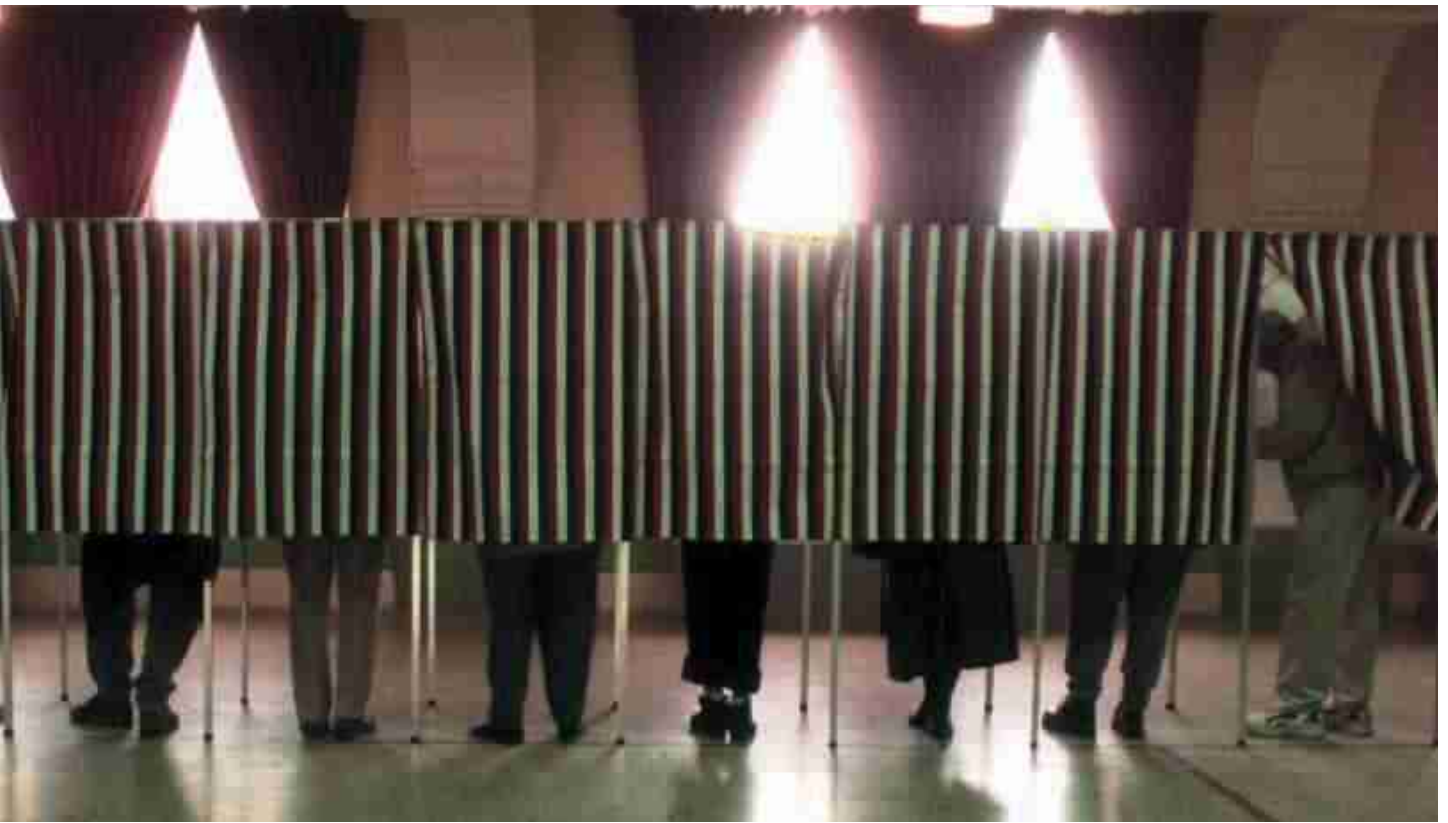
темы – будь то выборы в федеральные органы или советы учащихся – лучше всего отвечают чаяниям избирателей и могут быть использованы при проведении выборов в США, Франции и других странах.

Важность ранжирования кандидатов

В большинстве стран избиратель голосует за одного кандидата в президенты, а не выстраивает ряд предпочтений по всем кандидатурам. При участии в выборах двух кандидатов такое ограничение не имеет значения, но оно становится важным при выдвижении трех или более кандидатур.

Так, на президентских выборах 2000 г. во Франции в первом туре избиратели

могли проголосовать за 1 из 9 кандидатов. Самыми известными из них были тогдашний президент Жак Ширак, сторонник политических принципов Шарля де Голля, лидер социалистов Лионель Жоспен (Lionel Jospin) и кандидат от Национального фронта Жан Мари Ле Пен (Jean-Marie Le Pen). Согласно установленным правилам, если ни один из кандидатов не набирает очевидного большинства голосов, то в последнем туре встречаются два кандидата, получившие наибольшее число голосов. Ширак был первым, набрав 19,9% голосов. Поистине стало сюрпризом, что второе место занял Ле Пен (16,9%), ярый представитель правых, в то время как Жоспен, который вместе с Шираком уверенно шел к финишу, оказался лишь



Все избирательные системы имеют **слабые стороны**. Но одна из них, где за кандидатов голосуют в порядке их предпочтения, **наиболее полно** отражает взгляды избирателей.

на третьем месте (16,2%). Во втором туре Ширак нанес сокрушительное поражение Ле Пену.

Очевидно, что, несмотря на третье место, Жоспен мог бы с легкостью победить Ле Пена, встретившись с ним один на один. Вполне вероятно, что, попав во второй тур, он мог бы выиграть и у Ширака. Избирательная система Франции, дающая право голосовать только за одного избранника, лишает кандидатов, не имеющих шансов на выигрыш, возможности влиять на исход выборов.

В 2000 г. на президентских выборах США также была продемонстрирована очевидная слабость избирательной системы.

Рассмотрим четыре главных кандидата и предположим, что на результат по-

влияло народное голосование, а не коллегия выборщиков (в ее адрес поступило много нареканий, но даже если бы прошли прямые выборы, все равно остались бы серьезные проблемы). Предположим также, что голосовали только четыре группы избирателей: первая группа предпочла Ральфа Надера (Ralph Nader) Элу Гору (Al Gore), Гора – Джорджу Бушу, Буша – Пэту Бьюкенену (Pat Buchanan) («избиратели Надера»); вторая группа выстроила ряд приоритетов следующим образом: Гор, Буш, Надер, Бьюкенен («избиратели Гора»); третья группа: Буш, Бьюкенен, Гор, Надер («избиратели Буша»); четвертая группа: Бьюкенен, Буш, Гор, Надер («избиратели Бьюкенена»).

Предположим, что избиратели Надера составляют 2%, избиратели Гора – 49%,

Буша – 48%, Бьюкенена – 1%. Если каждый избиратель голосует за одного кандидата, Гор получает 49%, а Буш 48% (реальное процентное соотношение было 48,4:47,9). Учитывая, что ни один из кандидатов не имеет абсолютного большинства голосов (т.е. более 50%), как же определить победителя? Гор получает относительное большинство голосов (менее 50%), следовательно, он должен был выиграть.

Однако в американской конституции говорится, что при отсутствии на выборах абсолютного большинства победитель должен определяться палатой представителей. Так как в 2000 г. в палате преобладали члены республиканской партии, то они должны были бы проголосовать за Буша. Итак, избиратели США, имея право голосовать исключительно ▶

за одного кандидата, не располагают теми возможностями, которые предоставляют иные избирательные системы.

Во французской избирательной системе из подобной ситуации вышли бы, используя списки всех кандидатов, составленных избирателями в порядке предпочтения. И хотя Гор был выбран только 49% избирателей, такое ранжирование показывает, что очевидное большинство, 51%, составляют объединенные избиратели Гора и Надера, поставившие Гора впереди Буша и Бьюкенена. Таким образом, Гор становится победителем в системе, определяемой истинным, или простым, большинством, по правилам которой избиратели располагают всех кандидатов в приоритетном порядке, а выигрывает тот, кто в организованном согласно данному ранжированию состязании, лицом к лицу побеждает каждого оппонента.

Ранжирование используется также и в других избирательных системах. Рассмотрим, что бы произошло при использовании преференциальной системы, часто применяемой при избрании в члены комиссий и комитетов. Такая процедура была предложена для решения вопросов, возникших на президентских выборах в США и Франции. Если выдвигаются 4 кандидата, то каждый избиратель присуждает от 4 до 1 очка всем кандидатам в приоритетном порядке. Выигрывает набравший наибольшее суммарное число очков. Подобный метод подсчета был предложен в XVIII в. французским инженером Жаном Чарльзом Борда (Jean-Charles Borda) и назван его именем.

Представим, что в США участие в выборах принимают 100 млн. человек. Основываясь на наших предыдущих

расчетах, мы можем сказать, что из них 49 млн. на первое место поставят Гора, то есть он получит 196 млн. очков (4 x 49 млн.). От избирателей Надера, присудивших ему второе место, он наберет 6 млн. очков. Наконец, от голосующих за Буша и Бьюкенена, поставивших его на третье место, Гор приобретет 98 млн. очков. Итого его общий балл – 300 млн. Сделав аналогичные расчеты, мы получим для Надера 155 млн. и для Бьюкенена 199 млн. Удивительно, но Буш набирает 346 млн., хотя большинство избирателей отдали предпочтение Гору (см. сценарий А на стр. 67). Только 2% голосующих не поставили Буша на первое место, что не помешало избрать его в данной преференциальной системе.

Таким образом, мы видим разительное расхождение результатов в системах голосования, построенных по принципу простого большинства и преференциального ранжирования. Трудно сказать, какой из методов наиболее результативен и в большей степени отражает взгляды избирателей. Можно оценить обе эти системы по основополагающим принципам, которым должен отвечать любой метод проведения выборов. Кеннет Эрроу (Kenneth J. Arrow) из Стэнфордского университета разработал в 1951 г. концепцию выборов, опубликовав ее в монографии.

Большинство аналитиков считает, что любой приемлемый для выборов метод должен соответствовать нескольким аксиомам. Первый принцип консенсуса, или принцип Парето, названный по имени итальянского социолога Вильфредо Парето (Vilfredo Pareto), гласит, что если все согласны, что кандидат А лучше

кандидата Б, то второй не будет избран. Данная аксиома не позволяет разграничивать методы, основанные на принципе простого большинства и преференциального ранжирования, но коль оба отвечают данному утверждению, то, стало быть, в обоих случаях проиграет Б. Данный принцип не всегда применим; так, в нашем примере с выборами в США нет единодушного предпочтения какого-либо одного кандидата.

Следующая аксиома, или принцип равенства, заключается в том, что все избиратели имеют равное право голоса: одно лицо, один голос. Теоретики называют его также принципом анонимности.

Однако третий критерий позволяет выявить различия в этих двух методах. Аксиома беспристрастности, или нейтралитета, имеет две составные части. Первая, симметрия, означает, что правила выборов не должны давать преимуществ ни одному из кандидатов. Во второй выдвинуто требование, чтобы выбор между двумя кандидатами А и Б не зависел от мнений избирателей по поводу некоего третьего кандидата В. Что произойдет, если в нашем примере США избиратели Буша выстроят ряд приоритетов «Буш, Гор, Бьюкенен, Надер» вместо «Буш, Бьюкенен, Гор, Надер»? Исходя из метода простого большинства, никаких серьезных изменений не будет: большинство снова предпочтет Гора Бушу. А в вышеупомянутой преференциальной системе Гор наберет суммарный балл в 348 млн., в то время как Буш останется при своих 346 млн. (см. сценарий В на стр. 67). Стало быть, вместо Буша выигрывает Гор.

Очевидно, использование преференциальной системы может нарушить принцип нейтралитета. Предпочтение Гора или Бьюкенена – кандидата, не имеющего шансов на победу, определяет избрание Буша или Гора – конечный результат выборов. Напротив, метод простого большинства всегда обеспечивает сохранность нейтралитета. Последнее утверждение может привести в замешательство тех, кто помнит, что в действительности велись широкие дискуссии о том, повлияют ли голоса Надера на состязание Буша с Гором. Оглядываясь назад, скажем, что Надер благодаря бюлле-

ОБЗОРЫ: ВЫБОР ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

- Совершенной избирательной системы не существует, каждая имеет тот или иной недостаток.
- Система, построенная по так называемому принципу истинного, или простого, большинства, содержит информацию о ранжировании кандидатов и позволяет точно учитывать и представлять волеизъявление избирателей.
- Теоретические исследования показывают, что метод простого большинства помогает избежать трудностей, возникающих при проведении выборов другими способами.

СЦЕНАРИИ ГОЛОСОВАНИЯ В ПРИОРИТЕТНОМ ПОРЯДКЕ

По правилам данной избирательной системы кандидаты распределяются по местам, которым соответствуют определенные баллы. Если даже кандидат оказывается победителем в системе простого большинства, как Гор в сценарии А, то он не обязательно выиграет при голосовании в рассматриваемой системе. Небольшие изменения в ранжировании, как видно на примере Буша по сценарию Б, могут повлиять на исход выборов, в данном случае привести к победе Гора.

Сценарий А



Преференциальное ранжирование кандидатов	Балл, присуждаемый кандидату	Суммарный балл (в миллионах)
ИЗБИРАТЕЛИ ГОРА – 49% (Всего 100 млн. голосов)		
Гор	4	$4 \times 49 = 196$
Буш	3	$3 \times 49 = 147$
Надер	2	$2 \times 49 = 98$
Бьюкенен	1	$1 \times 49 = 49$
ИЗБИРАТЕЛИ НАДЕРА – 2%		
Надер	4	$4 \times 2 = 8$
Гор	3	$3 \times 2 = 6$
Буш	2	$2 \times 2 = 4$
Бьюкенен	1	$1 \times 2 = 2$
ИЗБИРАТЕЛИ БУША – 48%		
Буш	4	$4 \times 48 = 192$
Бьюкенен	3	$3 \times 48 = 144$
Гор	2	$2 \times 48 = 96$
Надер	1	$1 \times 48 = 48$
ИЗБИРАТЕЛИ БЬЮКЕНЕНА – 1%		
Бьюкенен	4	$4 \times 1 = 4$
Буш	3	$3 \times 1 = 3$
Гор	2	$2 \times 1 = 2$
Надер	1	$1 \times 1 = 1$
Всего:		Гор – 300 Буш – 346

Сценарий В



ИЗБИРАТЕЛИ БУША – 48%		
Буш	4	$4 \times 48 = 192$
Гор	3	$3 \times 48 = 144$
Бьюкенен	2	$2 \times 48 = 96$
Надер	1	$1 \times 48 = 48$
Всего:		Гор – 348 Буш – 346

тениям во Флориде и, возможно, даже избирателям Бьюкенена мог способствовать тому, что голоса Гора «перекачивались» в пользу Буша. Такой результат был возможен только потому, что избирательная система США имеет свои особенности и не четко следует принципу простого большинства.

Принцип истинного, или простого, большинства и выборы во Франции

Рассмотрим выборы во Франции 2002 г., руководствуясь принципом простого большинства, который далее для краткости будем называть принципом большинства. Представим, что были выдвинуты только Ширак, Жоспен и Ле Пен и весь электорат разделен на три группы. Избиратели первой группы (30%) распределили места следующим образом: Жоспен, Ширак, Ле Пен; второй группы (36%) – Ширак, Жоспен, Ле Пен; третьей группы (34%) – Ле Пен, Жоспен, Ширак. В финал выйдут Ширак (36%) и Ле Пен (34%), где Ширак с легкостью выигрывает у Ле Пена, поскольку за него уже 66% избирателей.

Такой же результат получился бы при голосовании и в еще одной преференциальной системе, применяемой в Ирландии и Австралии, которая может быть названа «третий лишний» и наряду с выше рассмотренной выставляется в качестве альтернативы системам, практикуемым в США и Франции. В этой системе ранжирование используется электоральными чиновниками для того, чтобы исключить кандидатов, занимающих последнее место (и разделить голоса, набранные ими, между более удачливыми кандидатами). Данная процедура повторяется, пока не останется только два кандидата.

Эта система, равно как и французская система, находятся в противоречии с принципом большинства. Изучая картину распределения голосов, можно отметить, что Жоспен действительно располагает большим преимуществом: 64% избирателей предпочли его Шираку, и 66% – Ле Пену. По принципу большинства Жоспен должен был победить с подавляющим большинством голосов (см. врезку стр. 68).

ВЫБОРЫ ВО ФРАНЦИИ, 2002 г.



Напомним, что правило принятия решений большинством голосов позволяет избирателю зафиксировать политическое волеизъявление без всякого ущерба любому кандидату, участвующему в выборах. Тот, кто предпочел Жоспена Шираку и знал, что Ле Пен не имеет шансов выиграть, но в порядке протеста хотел поставить его первым, мог это сделать без опасения нанести вред Жоспену (за исключением крайне нежелательной ситуации, когда большинство избирателей сделали бы то же самое). В аналогичном положении окажется избиратель, который предпочел Гора Бушу, но оказал символическую поддержку Надеру.

Однако помимо данного преимущества правило принятия решений большинством голосов имеет слабые стороны. Оно не соответствует еще одному общепринятому принципу транзитивности, который гласит: если предпочте-

ние получает кандидат А, а не Б, но Б опережает В, то А получает преимущества перед В. Оставив в стороне Бьюкенена, предположим, что 35% избирателей предпочли Гора Бушу и затем Надеру, 33% – Буша Надеру и затем Гору, 32% – Надера Гору и далее Бушу. 67% избирателей поставили Гора на место выше Буша, 68% – Буша выше Надера, 65% – Надера выше Гора. Другими словами, не важно, кто из кандидатов был выбран, по крайней мере, 65% избирателей могут предпочесть кого-либо еще. В этом случае принцип большинства не позволяет определить победителя.

Вероятность такого результата получила название парадокса Кондорсе (Condorcet), названного по имени сформулировавшего его французского просветителя, политического деятеля XVIII в., а также коллеги и критика Борды. Три ряда кандидатов, расположенных в приоритетном

порядке: Гор–Буш–Надер; Буш–Надер–Гор; Надер–Гор–Буш – все вместе составляют так называемый цикл Кондорсе.

Сравнение систем, где решения принимаются большинством голосов и в порядке предпочтений избирателей, закончилось вничью: первая соответствует всем принципам, за исключением транзитивности, во второй не соблюдается только принцип нейтралитета. В таком случае напрашивается вопрос: а существует ли система, которая не вступает в противоречие со всеми названными положениями? Знаменитая «теорема невозможности» Эрроу дает отрицательный ответ. В ней утверждается, что при использовании любого из методов организации выборов один из основополагающих принципов может нарушаться.

За гранью возможного

По Эрроу, метод проведения выборов должен соответствовать данной аксиоме, невзирая на реальные приоритеты избирателей. Кроме того, при таком подходе некоторые построения ранжирования оказываются неудовлетворительными. В частности, парадокс Кондорсе, который может завести в тупик метод большинства, на деле оказывается не всегда столь серьезной проблемой. Отдавая свои предпочтения, избиратели часто исходят из идеологических предпочтений.

Чтобы увидеть идеологическую подоплеку принципа большинства, рассмотрим позицию каждого кандидата с точки зрения приверженности к правым или левым. Проследивая переход от левых к правым взглядам, мы, вероятно, построим кандидатов президентской кампании 2000 г. в следующем порядке: Надер, Гор, Буш, Бьюкенен. Если принять, что идеологическая мотивировка движет выбором избирателей, то тот, кто предпочтет Надера Гору, скорее всего поставит Гора выше Буша, а Буша выше Бьюкенена. Аналогичным образом избиратель, симпатизирующий Бушу больше, чем Гору, скорее всего предпочтет и Гора Надеру. Мы вряд ли найдем избирателя, построившего следующий ряд приоритетного выбора: Буш–Надер–Гор–Бьюкенен.

ОБ АВТОРАХ:

Партха Дасгупта (Partha Dasgupta) и **Эрик Маскин** (Eric Maskin). Профессор Дасгупта преподает экономику в Кембриджском университете, в прошлом президент Королевского экономического общества. Профессор Маскин преподает социальные науки в Институте специальных исследований в Принстоне, Нью-Джерси, в прошлом президент Эконометрического общества.

JACK GUEZ, AFP/Corbis (Chirac); DANIEL JANIN, AFP/Corbis (Chirac); FRANÇOIS GUILLOT, Reuters (NewMedia/Corbis) (Le Pen)

В исследованиях, опубликованных в 40-х гг. XX в., Дункан Блэк (Duncan Black) из колледжа Университета Северного Уэльса утверждал, что если выбор избирателей идеологически обоснован, то метод большинства отвечает принципу транзитивности. Это положило начало политическим разработкам, так как, принимая во внимание идеологическую подоплеку выбора избирателей, исследователи могли обойти парадокс Кондорсе и сделать прогнозы по исходу выборов в системе, работающей по принципу большинства.

Безусловно, выбор избирателей не всегда может быть объяснен их левыми или правыми взглядами. Однако другие ситуации также подтверждают наличие свойства транзитивности. Снова обратимся к выборам во Франции. Хотя Ширак и Жоспен возглавляли две ведущие партии, справедливости ради отметим, что вокруг них не кипели страсти. Зато Ле Пен, придерживающийся крайних взглядов, вызывал у людей антипатию или восторг: значительное большинство избирателей ставило его на 1-е или 3-е место среди тройки лидеров, но мало кто отводил ему 2-е место. Можно поспорить, хорошо или плохо существование такой поляризации для Франции, но не остается сомнений в пригодности правила большинства. Если избиратели не выдвигают одного из трех кандидатов на 2-е место, то соответствие принципу транзитивности обеспечено. Понятие, характеризующее данное положение и называемое ценностным ограничением, было введено в 1966 г. Аматыя Сенем (Amartya Sen) из Гарвардского университета.

Следует сказать, что избирательная система хороша для определенного типа ранжирования, когда она отвечает четырем выше указанным аксиомам и все предпочтения избирателей относятся к данному типу. Например, правило принятия решений большинством голосов работает хорошо, когда приоритетность выбора кандидатур диктуется идеологической мотивацией. Оно также хорошо работает в ситуации «ценностного ограничения». Действительно, этот метод проведения выборов практически всегда хорош и применим



Избирательный бюллетень первых свободных выборов в Южной Африке, 1994 г. 62% избирателей проголосовали за Нельсона Манделу и партию Африканский национальный конгресс.

там, где не годятся другие способы. Мы назвали такое положение теоремой доминирования принципа большинства.

Представим трехстороннее состязание Гора, Буша и Надера. Положим, что все избиратели выразили свои предпочтения в виде Гор–Буш–Надер или Буш–Гор–Надер. Такое распределение предпочтений отвечает принципу нейтралитета, так как отношение избирателей к Надеру не повлияет на избрание Буша или Гора. Принцип большинства также подходит для данной ситуации, отвечая требованиям транзитивности.

Но в несколько осложненной ситуации предпочтительная система уже не годится. Если добавить третий ряд приоритетности выбора: Гор–Надер–Буш, принцип большинства сохраняет свои позиции. Все три ряда предпочтений не образуют цикла Кондорсе. Однако предпочтительная система уже не удовлетворяет принципу нейтралитета. Положим, что 51% избирателей ранжировал кандидатов в следующем порядке приоритетности: Буш–Гор–Надер. Если остальные 49% предпочтут Гора Надеру, а последнего Бушу, то выиграет Гор. А если они вместо этого остановятся на выборе ряда Гор–Буш–Надер, то выиграет Буш, хотя они и остались верны Гору.

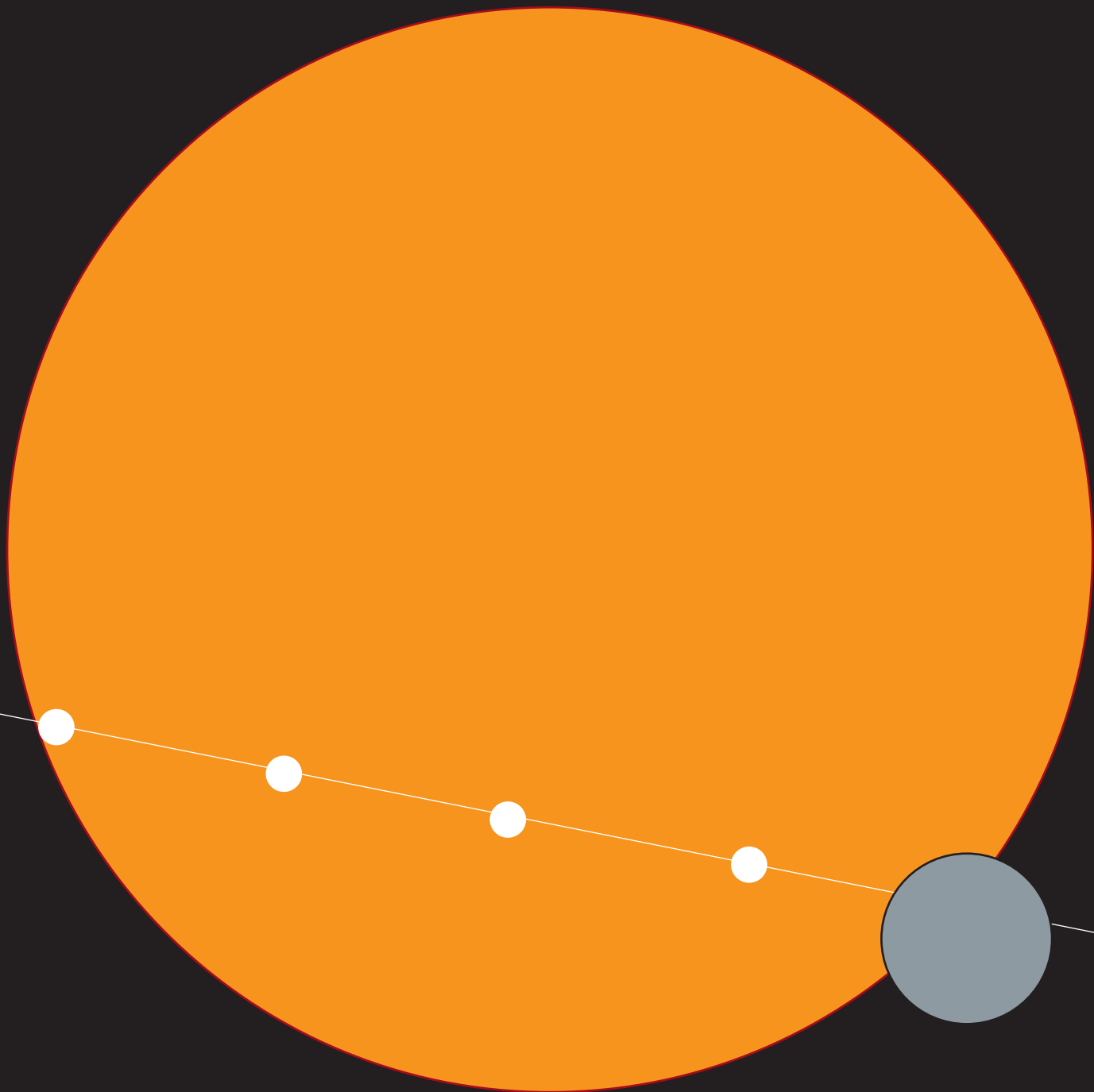
Принцип большинства иногда может сдавать свои позиции, как в случае парадокса Кондорсе. В таких ситуациях приходится изменять правила. Это можно сделать разными способами. Наиболее простой следующий: если никто не набирает большинства голосов, тогда среди кандидатов, кто нанес поражение большему числу оппонентов в соревновании один на один, выбирается победитель по наивысшему баллу, полученному в процессе ранжирования.

Совершенствование системы выборов

Системы, которые использует большинство стран для выборов президента, не совершенны. Как президентским выборам 2000 г. в США, так и выборам 2002 г. во Франции был нанесен ощутимый вред кандидатами, не имеющими реальных шансов на победу. Они смогли оказать влияние на исход голосования, поскольку в каждом из этих случаев учитывались голоса избирателей, имеющих право голосовать только за одного кандидата, которому они отдали свое предпочтение. Мы уверены, что если бы им была дана возможность выбора более чем двух кандидатов, они представили бы списки кандидатов в порядке приоритетности, и тогда решение большинством привело бы к определению победителя. Как и любой другой метод, принцип большинства не совершенен, но он ближе других на пути к отражению чаяний избирателей. n

«Сейчас мы накануне второго прохождения Венеры из нынешней пары, и другого уже не будет, пока на Земле не наступит двадцать первое столетие и не расцветут июньские цветы 2004 года... Каким будет состояние науки в эпоху следующего прохождения, одному Богу известно».

*Астроном Морской обсерватории США
Уильям Харкнесс (William Harkness),
1882 г.*



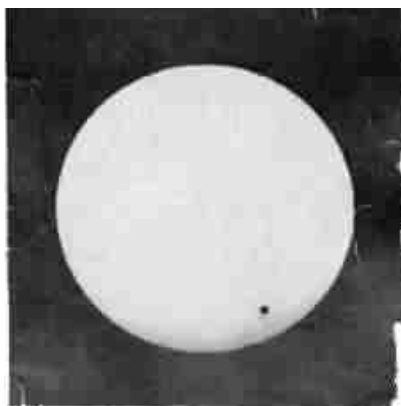
ПРОХОЖДЕНИЕ ВЕНЕРЫ

Стивен Дик

Когда в июне нынешнего года Венера **пересечет диск Солнца**, ученые отметят одно из самых выдающихся событий в истории астрономии.

8 июня 2004 г. рассвет будет таким же, как и в любой другой день, но многим людям по всему миру посчастливится стать свидетелями редчайшего астрономического явления. Обладатели биноклей и телескопов, оснащенных специальными светофильтрами, в течение почти шести часов смогут наблюдать черный кружок Венеры, пересекающий огненный диск Солнца. Полностью прохождение Венеры будет видно в Европе и в большей части Азии и Африки. В Австралии люди до заката успеют увидеть только его начало, а на восточных побережьях США и Южной Америки Венера успеет пройти три четверти пути к моменту восхода Солнца. Жителям западного побережья США и юго-западной части Южной Америки не повезет – они не смогут воочию наблюдать редкое явление (см. рис. на стр. 76).

Прохождение Венеры по диску Солнца не так зрелищно, как солнечное затмение. Хотя по размеру Венера превосходит Луну в три с половиной раза, она так далека от Земли, что на фоне Солнца кажется пятнышком, размер которого составляет всего 3% от диаметра дневного светила. Возникает вопрос: почему ученые, педагоги и любители астрономии так взволнованы предстоящим событием? Ответ довольно прост. Во-первых, оно случается очень редко. Астрономы наблюдали всего пять про-



ЧЕРНАЯ ТОЧКА на диске Солнца – Венера, сфотографированная при последнем прохождении в 1882 г.

хождений Венеры. Последнее состоялось 6 декабря 1882 г. Если наблюдатели упустят прохождение 2004 г., у них будет еще один шанс в 2012 г., но затем придется передать эстафету нашим потомкам в 2117 г.

Во-вторых, всеобщий интерес подогревается захватывающей историей аналогичных наблюдений в XVII, XVIII и XIX вв., в которой мы найдем все составляющие научного триллера: международную конкуренцию, таинственные наблюдательные эффекты и спорные результаты, связанные с одной из самых запутанных проблем в астрономии.

От Кеплера до капитана Кука

Прохождение любой планеты подчиняется простой геометрии: небесное тело должно оказаться между наблюдателем и Солнцем. С Земли на фоне Солнца можно увидеть Меркурий и Венеру, а с Марса – еще и саму Землю. Такие события довольно редки, поскольку орбиты планет не лежат в плоскости эклиптики (видимого с Земли пути Солнца по небесной сфере). Например, орбита Венеры на $3,4^\circ$ наклонена к орбите Земли, и поэтому даже когда Венера находится в соединении, т.е. в том же направлении, что и Солнце, в большинстве случаев она видна выше или ниже эклиптики и не проецируется на солнечный диск (см. рис. на стр. 73). Луна ведь тоже не затмевает Солнце каждый месяц, поскольку обычно проходит по небу выше или ниже дневного светила.

Прохождение Венеры происходит только тогда, когда Земля и Венера находятся в соединении близ точек пересечения плоскостей их орбит, т.е. четырежды за 243 года. Второе прохождение следует за первым через восемь лет, после чего через 105,5 лет происходит третье, а еще через восемь лет – четвертое. Новый цикл начинается через 121,5 года. Прохождения группируются парами с интервалом в восемь лет, потому что Венера совершает один оборот вокруг Солнца за 224,7 дня и 13 венерианских лет равны ▶

восьми земным годам. Спустя восемь лет после первого прохождения в паре Венера и Земля возвращаются почти к тем же точкам на своих орбитах и вновь оказываются почти на одной прямой с Солнцем. Угловой диаметр Солнца на нашем небе равен примерно половине градуса, что дает возможность небольшого дрейфа: если первое прохождение наблюдалось у одного края Солнца, то второе будет у другого. Правда, иногда происходит только одно из них, потому что второе в паре немного «промахивается». Последнее одиночное прохождение Венеры было в XIV в., а следующее будет 18 декабря 3089 г.

Поскольку прохождение Венеры трудно увидеть невооруженным глазом, большую часть своей истории человечество прожило, не замечая его. Первым это явление предсказал немецкий астроном XVII в. Иоганн Кеплер. Его «Рудольфовы таблицы» позволяли весьма точно прогнозировать движение планет. Кеплер определил, что Меркурий пройдет по диску Солнца 7 ноября 1631 г., а Венера проделает то же самое 6 декабря того же года. Великий ученый не дождался этого момента и не смог убедиться в правильности своих расчетов. Но, по крайней мере, три человека наблюдали прохождение Меркурия. Самым известным из них был французский философ Пьер Гассенди, который оставил его подробное описание. Он оценил видимый диаметр Меркурия в 20 угловых секунд, что само по себе стало значительным научным достижением. К сожалению, предсказанное Кеплером прохождение Венеры не было видно в Европе, а сведений, что кто-то наблюдал его в других частях света, нет.

Английский астроном Джеремайя Хоррокс (Jeremiah Horrocks, 1618–1641) рассчитал, что в следующий раз Венера пройдет по солнечному диску 4 декабря 1639 г. (на самом деле он указал дату 24 ноября, т. к. англичане перешли на грегорианский календарь только в 1752 г.). В своем доме в Мач-Хуле близ Ливерпуля Хоррокс установил маленький телескоп и, сфокусировав собранный им свет на листе бумаги, наблюдал увеличенное изображение Солнца. До полудня астроном не замечал ничего необычного, а затем вынужден был уйти на церковную службу. Вернувшись в четвертом часу дня, он увидел Венеру на диске Солнца! Хоррокс наблюдал лишь начальную стадию прохождения в течение получаса перед закатом и оценил видимый диаметр Венеры примерно в одну угловую минуту, что втрое больше диаметра Меркурия, измеренного Гассенди. В Манчестере, в 25 милях к юго-востоку от Мач-Хула, аналогичные наблюдения проводил друг Хоррокса Уильям Крабтри (William Crabtree). Насколько известно, оба астронома были тогда единственными свидетелями редкого явления.

В 1761 и 1769 г. его изучали гораздо серьезнее. К этому времени британский королевский астроном Эдмонд Галлей, чьим именем наречена знаменитая комета, предложил использовать прохождение Венеры для определения расстояния между Землей и Солнцем (теперь его называют астрономической единицей). Видимая траектория Венеры представляет собой хорду, соединяющую края солнечного диска. Ее длина зависит от географической широты места, с которого ведется наблю-

дение (см. рис. на стр. 75). Таким образом, сравнивая продолжительность прохождений в разных точках земного шара, астрономы могли бы определить угловое расстояние между траекториями, т.е. параллакс Венеры. Далее можно было бы вычислить расстояние от Земли до Венеры, поскольку оно обратно пропорционально параллаксу последней. (При обсуждении расстояний в пределах Солнечной системы под параллаксом понимают горизонтальный параллакс, т.е. угол, под которым от объекта виден экваториальный радиус Земли. – Прим. пер.)

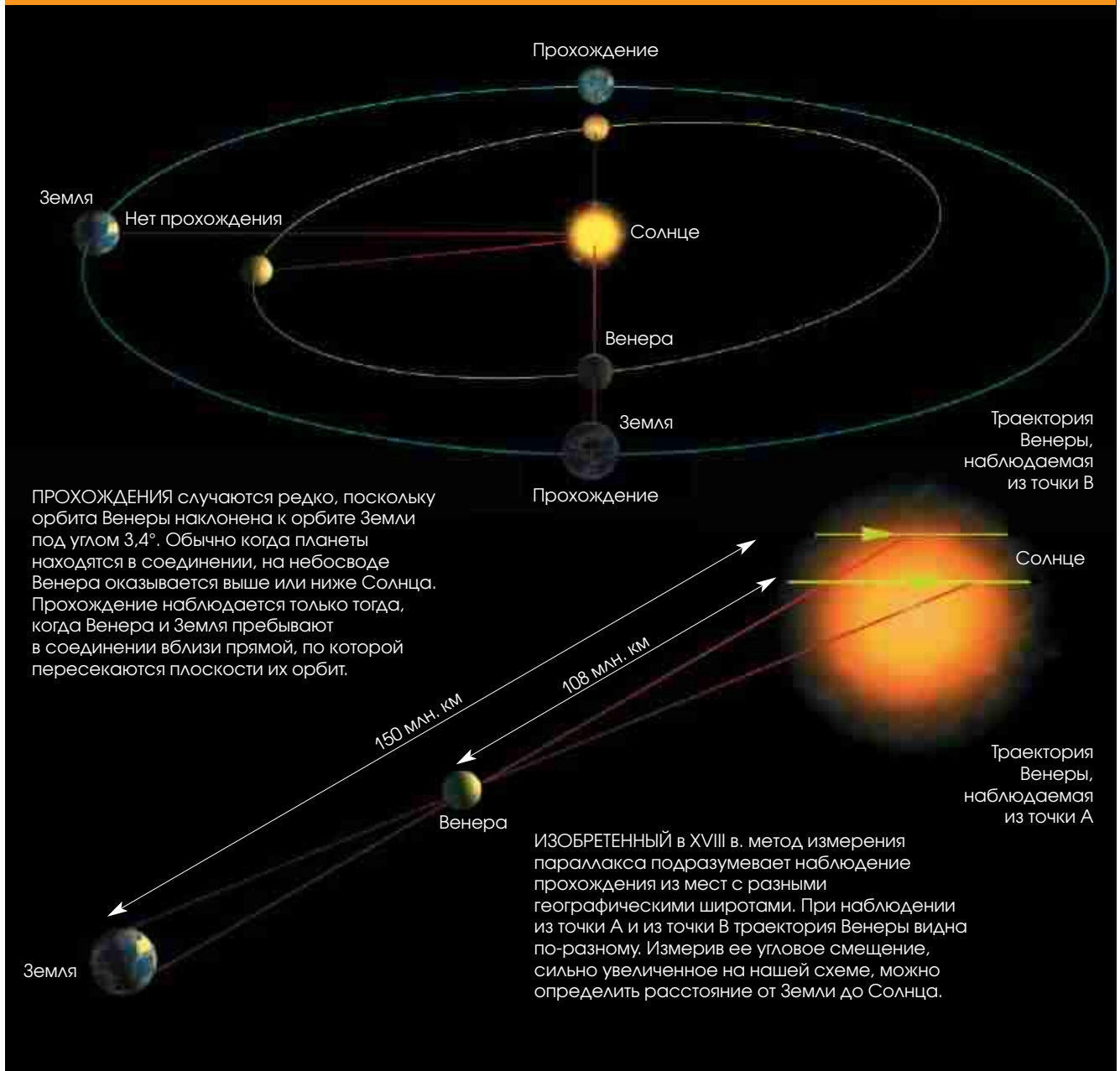
Меркурий совершает 13 или 14 прохождений каждое столетие, но находится очень далеко от Земли, и его параллакс слишком мал для точного измерения методом Галлея. Даже при прохождении Венеры, которая намного ближе к нашей планете, определить параллакс очень сложно: нужно знать точные географические координаты мест наблюдения и точное время четырех контактов Венеры с Солнцем. (Первый и второй происходят на входе, когда диск планеты касается Солнца сначала своей внешней, а затем внутренней стороной; третий и четвертый – на выходе.) И все же успех этих измерений означал бы большой прорыв. В то время астрономы уже вычислили соотношения радиусов планетарных орбит, используя законы Кеплера. Поэтому по параллаксу Венеры можно было определить параллакс Солнца, астрономическую единицу и вообще все расстояния в Солнечной системе.

К сожалению, результаты наблюдений прохождения 1761 г. не оправдали ожиданий. Полученные значения солнечного параллакса лежали в диапазоне от 8,3 до 10,6 угловых секунд. В 1769 г. удалось сузить интервал до 8,43''–8,8'', что соответствует астрономической единице в пределах от 149 млн. км до 156 млн. км. В тот год среди наблюдателей был и выдающийся американский ученый Дэвид Риттенхаус (David Rittenhouse). Первое путешествие знаменитого капитана Джеймса Кука было предпринято в значительной степени для того, чтобы проследить за прохождением из южной час-

ОБЗОР: ВЕНЕРА НА ФОНЕ СОЛНЦА

- Прохождение Венеры случается, когда планета оказывается прямо перед Солнцем (при наблюдении с Земли). Как правило, каждые 243 года происходит четыре таких события.
- Поскольку прохождение Венеры трудно заметить невооруженным глазом, астрономы наблюдали его только пять раз. В XVIII–XIX вв. ученые пытались использовать это явление для измерения расстояния между Землей и Солнцем.
- Ученые и любители астрономии с нетерпением ждут, когда Венера очередной раз пройдет по солнечному диску. Этим интересуются и специалисты, готовящие экспедиции для обнаружения планет у других звезд.

ГЕОМЕТРИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ



ти Тихого океана. Кук провел успешные наблюдения в трех точках на о. Таити, но столкнулся с проблемой, которая досаждала и другим астрономам: определить точный момент контакта оказалось непросто, поскольку лимбы Венеры и Солнца как бы сливаются на несколько секунд (см. рис. на стр. 75). Отважный капитан решил, что так называемый эффект черной капли обусловлен «атмо-

сферой или темным облаком вокруг тела планеты». (Напомним, что еще до Кука это отметил М.В. Ломоносов (1711–1765), следивший за прохождением Венеры в 1761 г. с помощью телескопа. В работе «Явление Венеры на Солнце, наблюденное в С.-Петербургской императорской Академии наук мая 26 дня 1761 года» Ломоносов детально описал этот эффект и правильно истолковал за-

меченное им помутнение края солнечного диска при первом контакте и образование светящегося «пупыря» при третьем контакте как результат наличия атмосферы у планеты. – *Прим. пер.*)

Анализируя результаты обоих прохождений XVIII в., немецкий астроном Иоганн Энке (Johann Franz Encke) в 1824 г. оценил параллакс Солнца в $8,58''$, а расстояние до него в 153,3 млн. км. ▶

«Я созерцал тогда самое **дивное зрелище**... пятно необычного размера и совершенно круглой формы...»

Английский астроном Джеремайя Хоррокс,
1639 г.

Однако тридцать лет спустя датчанин Питер Хансен (Peter Andreas Hansen), основываясь на возмущениях в движении Луны, вызванных притяжением Солнца, заключил, что оно должно быть ближе. Это подтвердилось в 1862 г., когда измерение параллакса Марса путем сравнения его положений при наблюдении из разных мест на Земле дало оценку астрономической единицы в 147–149 млн. км. Таким образом, накануне прохождения Венеры в XIX в. расстояние до Солнца было известно не совсем точно. В середине девятнадцатого столетия Королевский астроном Джордж Эри (George B. Airy) отметил, что определение параллакса Солнца – «важнейшая задача астрономии». Тогда же историк астрономии Агнесса Кларк (Agnes Clerke) писала, что параллакс Солнца – это «стандартная мера Вселенной... основная величина в астрономии... единица измерения пространства, любая ошибка в которой множится и отражается в данных о планетных и звездных системах».

Отчаянные поиски параллакса

К 1857 г. Эри сформулировал общий план наблюдений прохождения Венеры в 1874 г., а к 1870 г. в Великобритании уже были созданы все необходимые приборы. Готовились ученые и в других странах. По мере приближения события бы-



ло снаряжено не менее 26 экспедиций в России, 12 в Великобритании, 8 в США, по 6 во Франции и в Германии, 3 в Италии и 1 в Голландии. Кларк писала, что каждая уважающая себя страна стремилась к сотрудничеству в большом международном мероприятии по изучению прохождения. История этих экспедиций, их успехов и неудач заняла бы целую книгу.

Саймон Ньюком (Simon Newcomb) из Морской обсерватории США – в то время ведущего астрономического учреждения Америки – обратился в Национальную академию наук с просьбой о помощи в организации экспедиций для наблюдения уникального явления, которое должно было произойти

в 1874 г. конгресс сформировал Американскую комиссию по прохождению Венеры, которая снарядила восемь экспедиций: три в Северное полушарие и пять в Южное. На это было выделено \$177 тыс., что соответствует нынешним \$2 млн.

Каждая экспедиция была хорошо оснащена. Для визуальных наблюдений моментов контакта Венеры и Солнца использовались лучшие по тем временам рефракторы с объективом в пять дюймов (127 мм). Для фотографирования Солнца использовался фотогелиограф, изобретенный двумя десятилетиями раньше. Медленно вращающееся зеркало направляло солнечный свет в неподвижный горизонтальный телескоп с фокусным расстоянием 12 м. Он давал неподвижное изображение Солнца диаметром 10 см, позволяя астрономам следить за движением Венеры по солнечному диску.

Журнал *Scientific American*, внимательно следивший за работой экспедиций, сообщил в номере за 26 сентября 1874 г., что судно *Swatara*, перевозившее оборудование для наблюдений в Южном полушарии, прошло расстояние от Нью-Йорка до Бразилии всего за 35 дней. Большинство европейцев выбрало различные фотографические установки, изготовленные из небольших телескопов с коротким фокусным расстоянием. С их помощью можно было получить высококачественные фотографии. Но поскольку изображения на снимках были меньше, чем в телескопах американцев, измерять положение Венеры на фоне Солнца по ним было сложнее.

Наконец 9 декабря 1874 г. состоялось прохождение. Плохая погода нарушила планы многих экспедиций. Более того, анализируя визуальные наблюдения контактов, астрономы обнаружили, что их результаты не лучше, чем в XVIII в.

ОБ АВТОРЕ:

Стивен Дик (Steven J. Dick) – главный историк NASA. 25 лет он работал астрономом и историком науки в Морской обсерватории США, руководившей экспедициями по наблюдению прохождений Венеры в 1874 и 1882 г. Автор книг «Биологическая Вселенная», «Жизнь в иных мирах» и «Соединяя океан и небо: Морская обсерватория, 1830–2000 гг.», он был президентом комиссии Международного астрономического союза по истории астрономии. Сейчас Дик руководит рабочей группой по прохождению Венеры.

И так по всему миру. Уильям Харкнесс (William Harkness), астроном Морской обсерватории США, который проводил наблюдения на острове Тасмания, заявил что «эффект черной капли, а также влияние атмосфер Венеры и Земли вновь привели к ряду сложных явлений, продолжавшихся многие секунды и сделавших невозможным точное определение моментов истинного контакта».

Поэтому фотографические наблюдения приобретали особую ценность, но и здесь всех постигло разочарование. Как вспоминал Харкнесс, вскоре поползли слухи, что наблюдения европейских астрономов оказались неудачными. Согласно официальному британскому сообщению, после тщательных лабораторных измерений было решено отказаться от публикации результатов, полученных фотографическим методом, который по точности оказался сопоставим с визуальным. Харкнесс отмечал, что определить точное положение Венеры на фоне Солнца было невозможно, поскольку не удавалось четко обозначить границу солнечного диска: «Хотя на фотографии лимб Солнца хорошо виден невооруженным глазом, при использовании микроскопа он становится размытым; когда наводишь на него нить микрометра, он полностью пропадает». Французы опубликовали свои результаты, но их точность была низкой.

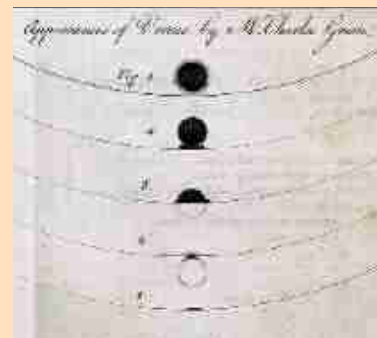
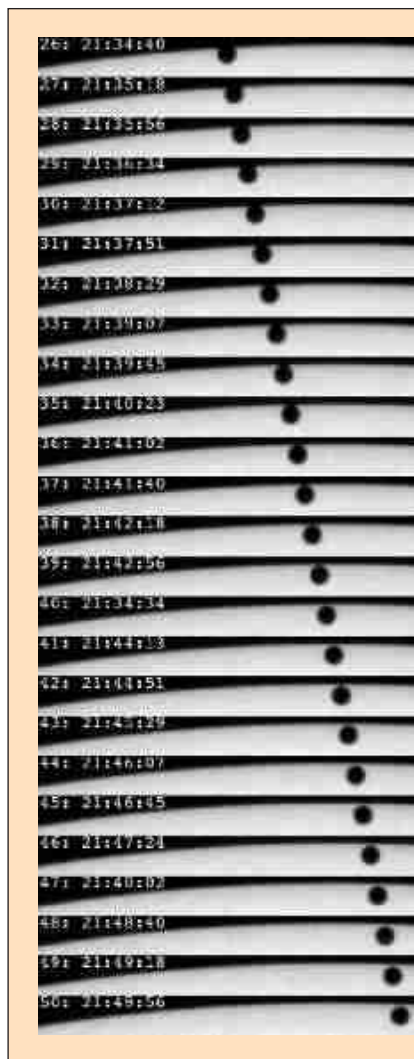
Оставалось надеяться на американские экспедиции, получившие на длиннофокусных фотогелиографах около 220 пригодных для измерения фотопластинок. Значение солнечного параллакса, равное $8,883''$, было опубликовано в 1881 г., накануне следующего прохождения. Но точность оказалась низкой, и многие астрономы, включая Ньюкома, утверждали, что прохождение Венеры вообще не позволяет определить астрономическую единицу. Однако Харкнесс не терял надежды, и США оснастили еще восемь экспедиций для наблюдений прохождения 1882 г. Более десяти лет Харкнесс анализировал фотоснимки и пришел к выводу, что наилучшая оценка солнечного параллакса равна $8,809''$ и соответствует расстоя-

нию до Солнца 149,34 млн. км с погрешностью в 96 тыс. км. Современное высокоточное значение среднего расстояния до Солнца равно 149 597 870 км (ему соответствует параллакс $8,794148''$).

Какую роль сыграли наблюдения прохождений Венеры для развития астрономии? Ньюком, чья система астрономических постоянных использовалась во всем мире на протяжении почти всего прошлого века, вывел параллакс Солнца из других данных, и он оказался очень близок к значению Харкнесса. И все же Ньюком считал другие методы гораздо более эффективными, поскольку эффект черной капли и другие трудности усложняют использование прохождения для определения астрономической единицы.

Интересно, что причина эффекта черной капли все еще не выяснена. Астрономы XVIII–XIX вв. возлагали ответственность на различные факторы, включая атмосферы Земли и Венеры. Но космический аппарат TRACE, наблюдая прохождение Меркурия в 1999 г., тоже зарегистрировал этот эффект. А ведь у Меркурия нет атмосферы, и наблюдения велись из открытого космоса (см. рис. внизу). Хотя влиянием атмосферы пренебрегать не стоит, основная причина остается неизвестной.

Участники группы TRACE Гленн Шнайдер (Glenn Schneider) из Аризонского университета, Джей Пасахофф (Jay M. Pasachoff) из Обсерватории Голкинса и Леон Голуб (Leon Golub) из Смитсоновской обсерватории ▶



ЭФФЕКТ ЧЕРНОЙ КАПЛИ наблюдал капитан Джеймс Кук во время прохождения Венеры в 1769 г. На рисунке, сделанном по наблюдениям Кука (вверху), показано «слияние» лимба Венеры с краем Солнца, не позволяющее определить точный момент контакта. Кук считал виновницей этого атмосферу Венеры. Но в 1999 г. космическая обсерватория TRACE зафиксировала подобное явление во время прохождения Меркурия, вообще не имеющего атмосферы (слева). Причина возникновения эффекта черной капли все еще не ясна.

полагают, что «черная капля» частично обусловлена оптическим смазыванием дисков планеты и Солнца. Чтобы увидеть подобное явление, подведите большой и указательный пальцы близко друг к другу и посмотрите в узкий промежуток между ними на ярком фоне: между пальцами появится темная связка еще до того, как они соприкоснутся. Кроме того, потемнение солнечного края – резкое снижение яркости на краю Солнца – также способствует эффекту черной капли. Сотрудники *TRACE* попытаются компенсировать его с помощью современной аппаратуры во время предстоящего прохождения Венеры.

Главное – безопасность!

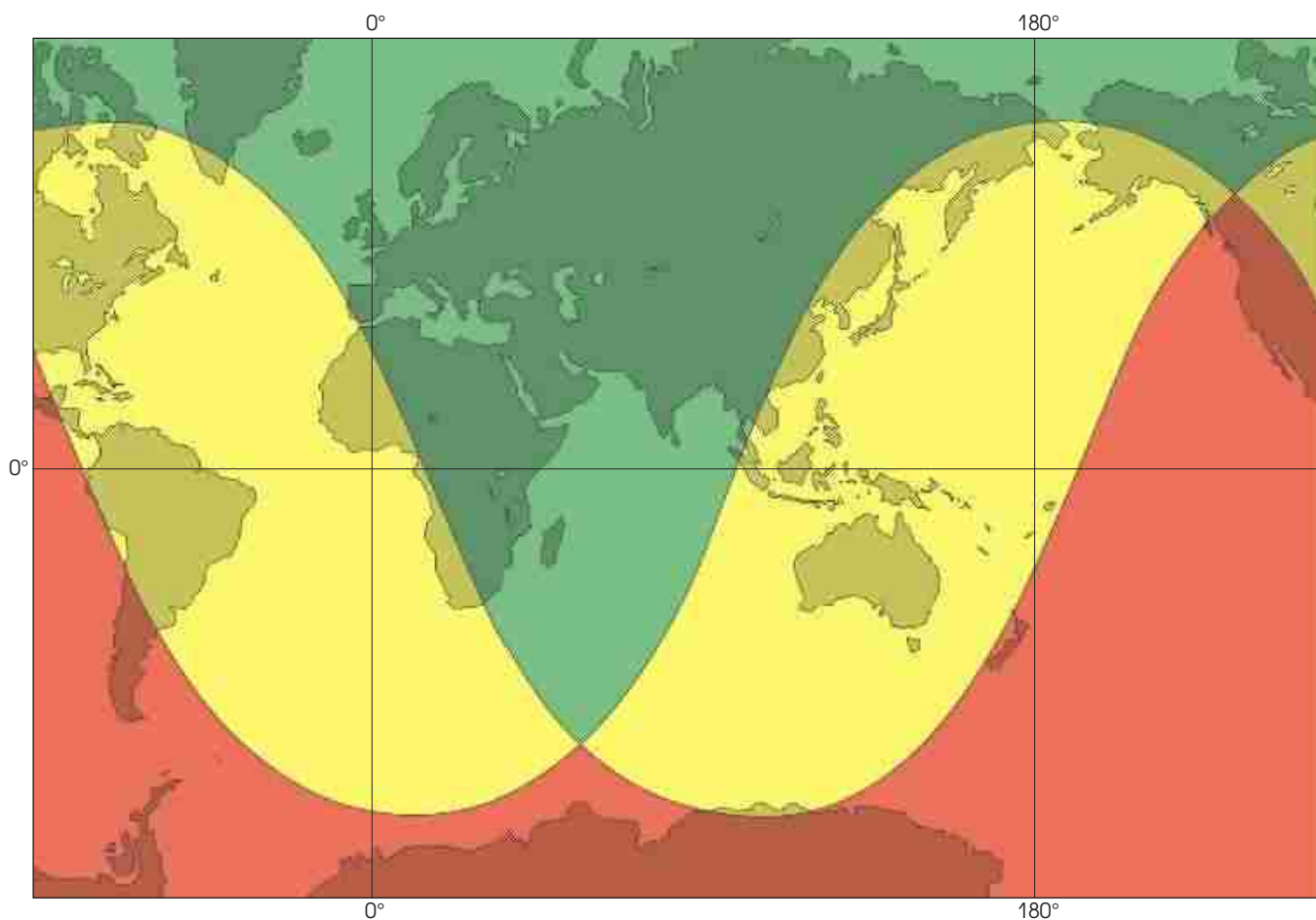
Хотя прохождение Венеры утратило свою роль для определения астрономической единицы, событие этого года станет одним из самых наблюдаемых в истории астрономии. Увидеть Венеру на фоне Солнца можно будет без особых усилий в бинокль или маленький телескоп. Но при этом следует соблюдать те же меры предосторожности, что и при наблюдении солнечного затмения. Глянув на Солнце в телескоп без соответствующего фильтра, вы можете серьезно повредить глаза и даже ослепнуть.

Один из самых безопасных способов – спроецировать изображение

Солнца на лист белой бумаги. Используя обычные методы наблюдения покрытий, астрономы-любители могут с пользой для науки зафиксировать моменты контактов. Эти данные (наряду со своими географическими координатами) можно послать в секцию прохождений Меркурия и Венеры Американской ассоциации наблюдателей Луны и планет. После прохождения 1882 г. многие любители астрономии прислали свои результаты в Морскую обсерваторию США, и они до сих пор хранятся в Национальном архиве.

Канадский «Справочник наблюдателя на 2004 г.» взял на себя труд описать среднюю частоту облачности в различ-

ЛУЧШИЕ МЕСТА для наблюдения прохождения Венеры 8 июня 2004 г. находятся в Европе, Африке и Азии (слева). Наблюдатели Австралии и восточных районов США смогут увидеть только часть прохождения, а жители западных районов США пропустят его полностью. Чтобы не повредить глаза, следует пользоваться не простыми темными очками, а специальными солнечными светофильтрами. О мерах безопасности читайте на сайте www.transitofvenus.org/safety.htm



NINA FINKEL

«Когда наступило время последнего прохождения, культурный мир проснулся от вековой спячки...»

Уильям Харкнесс,
1882 г.

ных уголках земного шара во время прохождения. Оказалось, что лучшие места для наблюдений находятся в Ираке, Саудовской Аравии и Египте, где велика вероятность ясной погоды.

Так же как прохождение 1882 г. пробудило интерес к науке у двух выдающихся астрономов XX в. Джорджа Хейла (George Ellery Hale) и Генри Рассела (Henry Norris Russell), возможно, ближайшие прохождения Венеры подтолкнули молодых людей к изучению астрономии. Стремясь максимально использовать это событие в образовательных целях, NASA финансирует множество мероприятий для привлечения учащихся и широкой публики. В Европе разработаны аналогичные программы. Кроме того, после ста лет забвения все чаще и чаще исполняется произведение легендарного американского композитора, автора множества маршей, Джона Соузы (John Philip Sousa) «Марш прохождения Венеры», написанное по этому случаю в 1882 г.

Прохождения в других планетных системах

Астрономы с нетерпением ждут прохождения Венеры, надеясь подробно изучить его. А пока ученые настраивают наземные телескопы и приборы космических обсерваторий, Международный астрономический союз (МАС) организует свой съезд вблизи того места, где Хоррокс наблюдал прохождение в 1639 г.

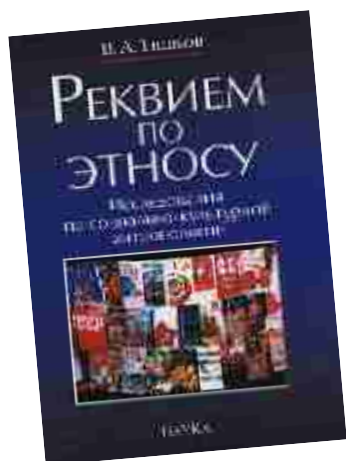
Нынешнее прохождение Венеры особенно интересует астрономов, поскольку оно дает редкую возможность разработать технику и методы обнаружения и изучения планет вблизи других звезд. Большинство из 120 планет, обнаруженных к настоящему времени за пределами Солнечной системы, было найдено потому, что их гравитация



вызывает небольшие периодические движения звезд, вокруг которых они обращаются. Однако в 1999 г. на расстоянии в 153 световых года астрономы обнаружили планету, которая ослабила яркость своей звезды на 1,7% во время трехчасового прохождения между нею и Землей. В отличие от иных методов поиска, наблюдение прохождения позволяет уточнить орбитальную плоскость далекой планеты и определить ее массу. А так как величина ослабления яркости указывает на размер планеты, ученые получают возможность оценить и ее плотность.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- June 8, 2004: Venus in Transit. Eli Maor. Princeton University Press. 2000.
- The Transit of Venus: The Quest to Find the True Distance of the Sun. David Sellers. Magavelda Press, 2001.
- The Transits of Venus. William Sheehan and John Westfall. Prometheus, 2003.
- Дополнительную информацию о прохождении Венеры можно найти по адресу www.transitofvenus.org and sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/transit/transit.html.
- Образовательная программа NASA изложена на sunearth.gsfc.nasa.gov/sunearthday/2004/index_vthome.htm.
- Европейские программы описаны на www.eso.org/outreach/eduoff/vt-2004/index.html.



Тишков В.А. Реквием по этносу: Исследования по социально-культурной антропологии. – М.: Наука, 2003.

Автор книги, известный историк и антрополог, директор Института этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая В.А. Тишков предлагает нетрадиционный взгляд на теорию этноса. По его мнению, общественно-исторические явления следует рассматривать как результат человеческих действий, представлений

КРИТИКА ТЕОРИИ ЭТНОСА

и намерений. Он считает, что истории в чистом виде не существует – оценка событий всегда обусловлена субъективными представлениями о них и несет определенную смысловую нагрузку в зависимости от того, кто и когда пишет летопись, – недаром история государств неоднократно перекраивалась в зависимости от политического императива.

Традиционная наука склонна рассматривать этносы как некие организмы, проходящие тем же путем, что и все живые существа: от рождения к расцвету, упадку и гибели. Тишков же оценивает этнические образования скорее как социальный конструкт, а этническая психология зачастую оказывается не порождением индивидуального сознания того или иного народа, а позицией, искусственно созданной лидерами, учеными и СМИ. Таким образом, этническая идентичность формируется в контексте социального опыта. Развивая свою мысль, Тишков делает неожиданные, часто парадоксальные выводы. В частности, ученый считает, что нации суть вооб-

ражаемые конструкции, которые становятся жесткой реальностью и основой для коллективного действия.

Ученый рассматривает с позиции «социальной антропологии» понятия времени и пространства, а также столь актуальные сегодня вопросы, как терроризм, экстремизм, национализм, сепаратизм, диаспоры, национальные меньшинства и т.д. Он убежден, что в основе региональных противоречий лежат не исторические или этнические причины, а «современные конфликты современных участников социального пространства по поводу современных проблем», при этом национальная рознь и агрессия подогреваются искусственно и намеренно.

Автор живо и эмоционально полемизирует как со своими современными оппонентами, так и с выводами таких крупных фигур, как Н. Бердяев и Л. Гумилев.

В работе много спорных концепций, однако она представляет безусловный интерес не только для историков и этнографов, но и для широкого круга образованных читателей. **п**

НОВЫЙ СПРАВОЧНИК О НОВОЙ СТРАНЕ

Том «Россия», открывающий новый издательский проект «Новая российская энциклопедия», восстанавливает прерванную в начале XX в. традицию выпуска общедоступного справочника, в котором история страны излагается без политической подоплеки. Структура издания практически повторяет энциклопедии рубежа XIX–XX вв.

«Новая российская энциклопедия» будет состоять из 10 основных томов и одного дополнительного. Избранный метод изложения материала сочетает доступность изложения с тща-

тельным подбором фактических данных. Текст дополнен схемами, диаграммами, таблицами, большим количеством иллюстраций и библиографией.

Примечательно, что данная энциклопедия является весьма удачной премьерой нового издательства «Энциклопедия». **п**

Новая российская энциклопедия в 12-ти т. Т. 1. Россия. – М.: Энциклопедия, 2003. – 960 с.



НОВЫЙ ВЕК ЭРМИТАЖА

К 300-летию Петербурга издательство «Слово» выпустило книгу об Эрмитаже, вошедшую в серию «Музеи мира». Несмотря на огромное количество литературы на эту тему, история музея до сих пор не получала всестороннего освещения. Между тем она неразрывно связана с судьбой России и отражает все нюансы культурной политики и отношения к ценностям мирового искусства.

Автор книги, директор Эрмитажа М.Б.Пиотровский, возможно, единственный человек, способный написать подобный труд и увлекательно рассказать о разных сторонах деятельности музея.

Книга посвящена в первую очередь коллекциям произведений искусства от

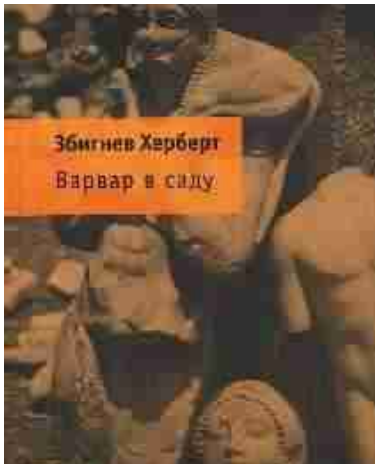
фаюмских портретов до живописи XX века. Автор рассказывает не только о наиболее интересных экспонатах и их судьбе, но и о связанных с ними событиях и интригах. Он повествует о строительстве зданий музея и этапах его развития, а также о драматичных страницах его жизни, связанных с разграблением музейных коллекций и продажей ценных экспонатов в 20–30-е годы.

История коллекций Эрмитажа сложна и поучительна, она выходит за рамки искусствоведческого труда или летописи музейной жизни. Эрмитаж – сокровищница не только русской, но и мировой культуры. Поэтому интерес к ней не ослабевает. [n](#)



Пиотровский М.Б. Эрмитаж. – М.: Слово, 2003. – 616 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРОГУЛКИ



Херберт З. Варвар в саду. – СПб.: Изд-во Ивана Лимбаха, 2004.

Впервые на русском языке вышла книга крупного польского поэта, драматурга и эссеиста З.Херберта «Варвар в саду». Это лишь первая часть трилогии о культурном наследии европейской цивилизации, написанной в милом сердце русского интеллигента жанре путевых заметок. Образованный «варвар» из Восточной Европы с благоговением бродит по райскому саду европейского искусства, который долгие годы был запретным для человека из социалистической Польши. Но прикосновение к истории Франции и Италии для него – не столько знакомство, сколько узнавание, поскольку всякий мыслящий человек вскормлен блистательным наследием единой европейской культуры. Пещера Ласко во Франции, очаровательные французские городки, «через которые прошла

история», трагедия тамплиеров и еретиков-альбигойцев, Сиена и Орвьето с их великолепными полосатыми соборами, божественная Италия и звучные имена ее великих сынов – художников, архитекторов, кардиналов, поэтов – таков культурный ландшафт «сада», в который приглашает Херберт своих читателей. Писателя привлекает не только великое и вечное. Особое обаяние повествованию придают милые детали, бытовые подробности, жанровые сценки: глоток кьянти в траттории, дождь в Париже, дома «цвета задымленного кирпича» в Сиене...

Книга украсит библиотеку интеллектуала и очарует тех, кому близки «Образы Италии» П. Муратова и «Гений места» П. Вайля. [n](#)

ИТОГ ИЛИ РУБЕЖ?



Начиная с 60-х годов XX в. ученые всего мира активно исследуют процессы глобализации и порождаемые ими явления, кризисы и противоречия. К настоящему времени сформировалась обширная область междисциплинарных знаний – глобалистика. Однако ни в России, ни в других странах до сих пор не было справочника, в котором бы раскрывались основные понятия, концепции и тенденции ее развития. Настоящее издание, над которым работало четыреста сорок пять крупнейших ученых из двадцати восьми стран мира, восполняет этот пробел.

К сожалению, работа над изданием продолжалась так долго, что авторы не смогли проанализировать литературу последних лет и ограничились в основном материалами середины 90-х годов. Поэтому издание скорее отмечает определенный рубеж в развитии глобалистики как науки, нежели подводит какие-то итоги. [n](#)

Глобалистика: Энциклопедия. Центр научных и прикладных программ «Диалог». – М.: Радуга, 2003. – 1328 с.

ТАЙНЫ ДРЕВНОСТИ



Серия книг «Загадки древних цивилизаций» впервые знакомит отечественных читателей с оригинальными трудами крупнейших европейских историков культуры. Начало XX века по праву считается «золотым веком» мировой археологии. Именно в тот период были опубликованы основополагающие работы, определившие на последующие десятилетия развитие науки о древних культурах.

Для западноевропейских исследователей характерен фактографический подход, основанный на тщательном подборе археологических находок и документальных свидетельств. Ученые как бы соревновались друг с другом, стремясь привести как можно больше фактов, детально описать древние культуры. Каждая книга, вошедшая в серию, не потеряла своего научного значения и для современного поколения ученых и читателей. Кроме того, они привлекают блестящей манерой изложения, широтой и глубиной обоб-

щений, богатым иллюстративным рядом.

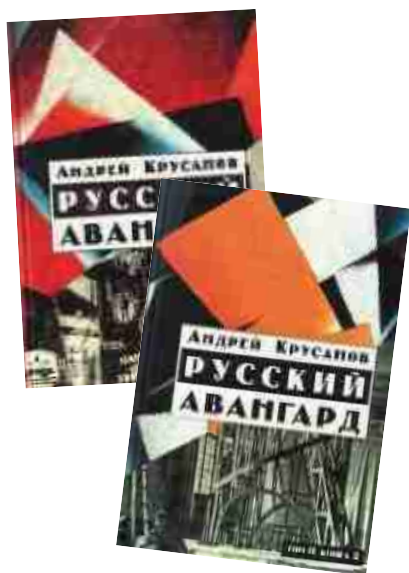
Авторы книг – не только известные ученые, но и талантливые популяризаторы науки, которые воссоздали увлекательную и сложную картину развития цивилизации на примере стран Ближнего Востока, юга и севера Европы. [n](#)

Крамер С. Шумеры. Первая цивилизация на Земле. – М.: Центрполиграф, 2003. – 383 с.

Блеген К. Троя и Троянцы. Боги и герои города-призрака. – М.: Центрполиграф, 2003. – 363 с.

Гарни О. Хетты. Разрушители Вавилона. – М.: Центрполиграф, 2003. – 267 с.

Гимбутас М. Славяне: дети Перуна. – М.: Центрполиграф, 2003. – 363 с.



Крусанов А. Русский авангард: 1917–1932 (исторический обзор). В 3-х т. Т. 2. Футуристическая революция (1917–1921). Кн. 1, 2. – М.: Новое литературное обозрение, 2003.

СУДЬБА РУССКОГО АВАНГАРДА

Выход второго тома обширного труда А. Крусанова «Русский авангард» (первый вышел в 1998 г.) показывает, что изучение данного движения в искусстве отнюдь не закончено.

А. Крусанов пытается обобщить огромное количество материала и на этой основе выстраивает в единый хронологический поток события, связанные с историей русского авангарда. В первом томе «Боевое десятилетие» анализируются истоки движения. Автор полагает, что русский авангард – «общественное движение с определенной идейно-художественной системой взглядов», существовавшее с 1907 по 1932 г. и обозначающее левое, нетрадиционное, неформальное искусство.

Наиболее плодотворный период развития авангарда представлен во втором томе и охватывает события художест-

венной жизни 1917–1921 г. А. Крусанов рассказывает и о государственных выставках отдела изобразительных искусств, и об агитационно-пропагандистской, лекционной и литературно-издательской деятельности отдела ИЗО Наркомпроса, и о музейном строительстве. Он подробно характеризует различные группы, такие как имажинисты, ничевки, экспрессионисты, заумники, беспредметники, люминисты и т.д. Автор анализирует и «революцию в театре» – насильственное изгнание из истории искусства Камерного театра. Отдельные главы посвящены гастролям и выступлениям ведущих деятелей авангарда.

Об истории гонений на авангард речь пойдет в третьем томе, который и завершит фундаментальное исследование. n



Вышли первые две книги из «четырёхкнижия» ведущего русского социолога, доктора философских наук Б.А. Грушина «Четыре жизни России в зеркале опросов общественного мнения: эпоха Хрущева и Брежнева». Готовятся тома, посвященные периоду правления Горбачева и Ельцина. Это уникальная работа, основанная на 250 эмпирических исследованиях, проводимых на протя-

40 ЛЕТ В ЗЕРКАЛЕ СТАТИСТИКИ

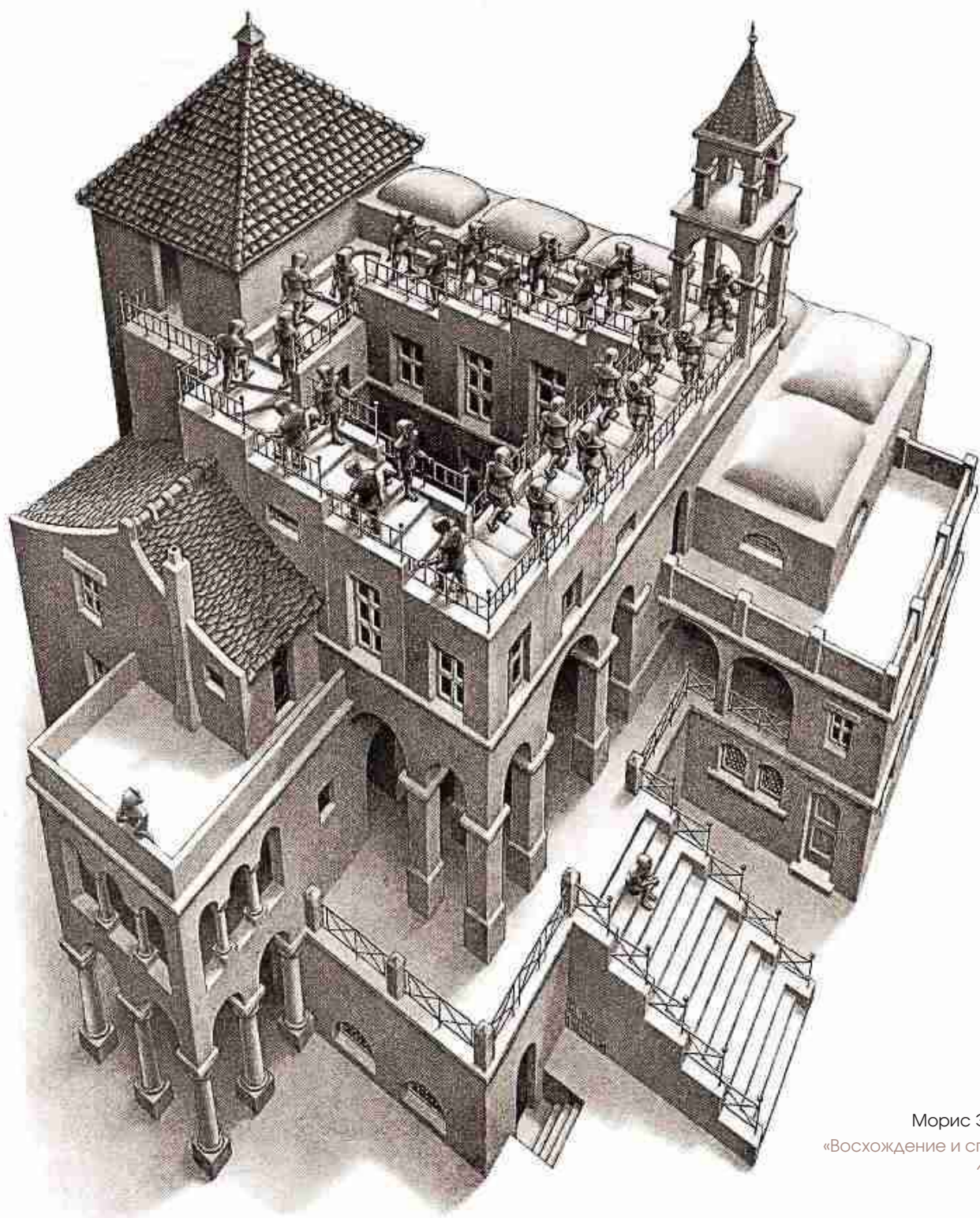
жении 40 лет. В книгах представлены результаты опросов общественного мнения, касающиеся самых разных аспектов общественной жизни нашей страны: экономики и политики, идеологии и религии, работы и семьи и т.д. Затронуто также множество «частных» вопросов, которые характеризуют процессы, происходящие в умах наших современников, возможно, более ярко, чем привычные «общественно-политические»: «Как вы проводите свободное время?», «Главное событие XX в.», «Когда вы в последний раз меняли мебель?» и т.д. Автор книг не только приводит статистические данные, но и анализирует их, пытаясь «умом понять» Россию, вопреки оправдывающему любые общественные катаклизмы классическому утверждению, что у России «особенная статья». Уникальность исследования в том, что перед

нами проходят четыре поколения, четыре эпохи, каждая из которых по своему значима, читатель может проследить, как постепенно менялся менталитет наших соотечественников, приоритеты, система ценностей, уровень благосостояния, образ мыслей, политические пристрастия и т.д.

Книга будет интересна не только историкам, социологам и политологам, но и широкому кругу читателей, неравнодушных к судьбе своей страны. n

Грушин Б.А. Четыре жизни России в зеркале опросов общественного мнения. Очерки массового сознания россиян времен Хрущева, Брежнева, Горбачева и Ельцина. В 4-х кн. – М.: Прогресс-Традиция, 2003.

ИЛЛЮЗИИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ



Морис Эшер
«Восхождение и спуск»,
1953 г.

Мы воспринимаем окружающее нас как данность: солнечный луч, играющий бликами на поверхности воды, переливы красок осеннего леса, улыбку ребенка... Мы не сомневаемся, что реальный мир именно таков, каким мы его видим. Но так ли это на самом деле? Почему иногда зрение нас подводит? Как мозг человека интерпретирует воспринимаемые объекты? Ответы на эти и многие другие вопросы зрители передачи «Очевидное—невероятное» узнали из беседы профессора Сергея Петровича Капицы со старшим научным сотрудником факультета психологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Галиной Яковлевной Меньшиковой.

Иллюзорен ли видимый мир?

Человек воспринимает большую часть информации об окружающем мире благодаря зрению, но мало кто задумывается о том, как именно это происходит. Чаще всего глаз считают похожим на фотоаппарат или телекамеру, проецирующую внешние объекты на сетчатку, которая является светочувствительной поверхностью. Мозг «смотрит» на эту картинку и «видит» все, что нас окружает. Однако не все так просто. Во-первых, изображение на сетчатке перевернуто. Во-вторых, из-за несовершенных оптических свойств глаза, таких как абберация, астигматизм и рефракция, картинка на сетчатке расфокусирована или размазана. В-третьих, глаз совершает постоянные движения: скачки при рассматривании изображений и при зрительном поиске, мелкие произвольные колебания при фиксации на объекте, относительно медленные, плавные перемещения при слежении за движущимся объектом. Таким образом, изображение находится в постоянной динамике. В-четвертых, глаз моргает приблизительно 15 раз в минуту, а это значит, что изображение через каждые 5–6 секунд перестает проецироваться на сетчатку. Так что же «видит» мозг? Поскольку человек обладает бинокулярным зрением, то фактически он видит два размытых, дергающихся и периодически ис-

чезающих изображения, а значит, возникает проблема совмещения информации, поступающей через правый и левый глаз. Следует отметить еще один парадокс нашего зрения. Представьте себе инженера, перед которым поставлена задача создать прибор, отображающий световую информацию о внешнем мире. Как бы он расположил светочувствительные элементы? Скорее всего они были бы ориентированы по направлению к падающему свету. Инженер по имени «Природа» ориентировал наши светочувствительные элементы – палочки и колбочки сетчатки – не «лицом», а «спиной» к падающему свету. Зачем? Таких вопросов возникает достаточно много при анализе исследований зрительного восприятия. Существует много научных направлений, которые, используя различные экспериментальные методики, пытаются понять, каким образом мы воспринимаем окружающий мир. Один из самых интересных способов изучения – исследование зрительных иллюзий.

Оптико-геометрические иллюзии

Иллюзии – это искаженное, неадекватное отражение свойств воспринимаемого объекта. В переводе с латыни слово «иллюзия» означает «ошибка, заблуждение». Это говорит о том, что иллюзии с давних времен интерпретировались как некие сбои в работе зрительной системы. Изучением причин их возникновения занимались многие исследователи. Основной вопрос, интересующий не только психологов, но и художников, – как на основе двухмерного изображения на сетчатке вос создается трехмерный видимый мир. Возможно, зрительная система использует определенные признаки глубины и удаленности, например, принцип перспективы, предполагающий, что все параллельные линии сходятся на уровне горизонта, а размеры объекта по мере его удаления от наблюдателя пропорционально уменьшаются. Мы не осознаем, насколько сильно изменяется проекция объекта на сетчатке по ме-

ре его удаления. Если посмотреть на *рис. 1*, то кажется, что оба изображенных на нем человека одинакового роста. Но если одного, стоящего в отдалении, поставить рядом с другим, находящимся на переднем плане, первый покажется карликом.

Одна из самых известных оптико-геометрических иллюзий – иллюзия Мюллера–Лайера (*см. рис. 2*). Посмотрев на этот рисунок, большинство наблюдателей скажет, что левый отрезок со стрелочками наружу длиннее правого со стрелочками, направленными внутрь. Впечатление настолько сильное, что, согласно экспериментальным данным, испытуемые утверждают, что длина левого отрезка на 25–30% превышает длину правого. Еще один пример оптико-геометрических иллюзий – иллюзия Понцо (*рис. 3*) – также иллюстрирует искажения восприятия размера. Левый отрезок кажется значительно больше правого. Было предложено множество теорий, объясняющих подобные искажения. Одна из наиболее интересных гипотез (Gregory, 1968; Day, 1972; Leibowitz et al. 1966) предполагает, что человек интерпретирует обе картинку как плоские изображения в перспективе. Стрелочки на концах отрезков, а также схождение косых лучей в одной точке создают признаки перспективы, и человеку кажется, что отрезки расположены на разной глубине относительно наблюдателя. Учитывая эти признаки, а также одинаковую проекцию отрезков на ▶

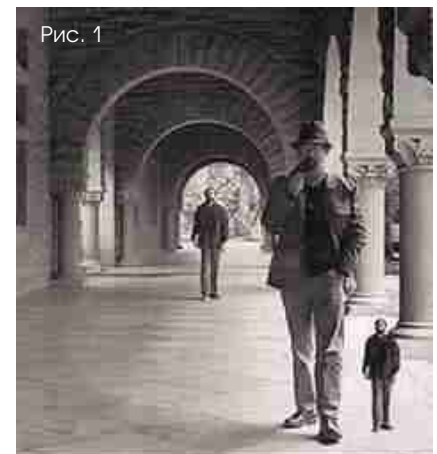


Рис. 1

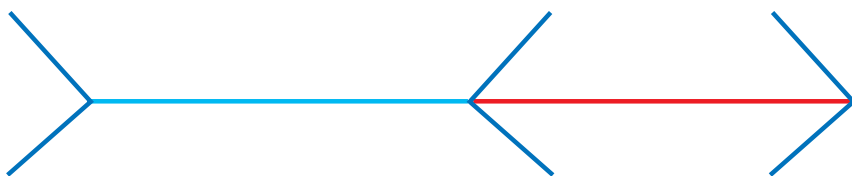


Рис. 2. Иллюзия Мюллера–Лайера

согласованности между отдельными ее фрагментами. Раз за разом мы следуем взором за ступеньками, ведущими вверх, пытаясь найти способ решения этой проблемы, и не находим его.

Иллюзии восприятия ДВИЖЕНИЯ

Если человек, сидя в вагоне поезда, фиксирует взгляд на пейзаже за окном, ему кажется, что объекты, находящиеся ближе точки фиксации, движутся на него, причем настолько быстро, что ему порой не удастся различить детали. А предметы, расположенные на заднем плане, т.е. за точкой фиксации, движутся вместе с наблюдателем достаточно медленно. Это явление называется движательным параллаксом.

Существуют динамические иллюзии, возникающие при использовании этого явления для плоских изображений. На рис. 6 мы видим кружки разных размеров. Но если большие кружки будут быстро двигаться вправо, а маленькие медленно влево, то наблюдателю покажется, что плоская картинка превращается в объемную: большие кружки кажутся нам более близкими, чем маленькие.

Еще одна динамическая иллюзия – автокинетическое движение. Если вы смотрите на светящуюся точку в темной комнате, то можете наблюдать удивительное явление. Эксперимент предельно прост: нужно зажечь сигарету и положить ее в пепельницу. Непременные условия возникновения иллюзии – в комнате должно быть так темно, чтобы, кроме этого светового пятнышка, ничего больше не было видно. При этом взгляд нужно тщательно фиксировать на светящейся точке в течение нескольких минут. Вы, зная, что сигарета неподвижно лежит в пепельнице, через некоторое время вдруг обнаружите, что ее огонек перемещается, совершая размашистые движения, резкие скачки, описывает круги по комнате. Амплитуда движений может быть довольно большой. Причем понимание того, что это – иллюзия, никак не влияет на результаты наблюдения. Гипотезы, объясняющие этот феномен движениями

сетчатке, зрительная система вынуждена сделать вывод, что они разного размера. Те фрагменты рисунка, которые кажутся более удаленными, воспринимаются большими по размеру. Значение перспективы для восприятия иллюзии Мюллера–Лайера иллюстрирует рис. 4. В повседневной жизни нас окружает множество прямоугольных предметов: комнаты, окна, дома, типичные очертания которых можно видеть на рис. 4а, 4б. Поэтому изображение, на котором линии расходятся, можно воспринимать как угол здания, расположенный дальше от наблюдателя, в то время как рисунок, на котором линии сходятся, воспринимается как угол здания, расположенный ближе. Аналогично можно объяснить иллюзию Понцо. Косые линии, сходящиеся в одной точке, ассоциируются либо с длинным шоссе, либо с железнодорожным полотном, на котором лежат два предмета. Зрительные шаблоны, сформированные таким «прямоугольным» окружением, и заставляют нас ошибаться при взгляде на рис. 2, 3. Но при введении в рисунок элементов ландшафта иллюзия исчезает.

Анализ предложенного объяснения оптико-геометрических иллюзий показывает, что, во-первых, все параметры зрительного образа взаимосвязаны, благодаря чему и возникает целостное восприятие, воссоздается адекватная картина внешнего мира. Во-вторых, на восприятие влияют сформированные повседневным опытом стереотипы, например, представления о том, что мир трехмерен, начинающие работать, как только в картинку вносятся признаки, указывающие на перспективу.

Примером того, как можно разрушить целостный образ объекта, служат

так называемые «невозможные», противоречивые фигуры, картины с нарушенной перспективой (см. рис. 5б). «Невозможная» лестница Пенроуза (рис. 5а) и ее интерпретация в картине Эшера «Восхождение и спуск» (см. стр. 84) хорошо это иллюстрирует. Посмотрите на рис. 5а и ответьте на вопрос: движется ли человек вверх? Каждый отдельный пролет лестницы говорит нам о том, что он поднимается вверх, однако, пройдя четыре пролета, он оказывается в том же месте, с которого начал свой путь. «Невозможная» лестница не воспринимается как единое целое, поскольку нет

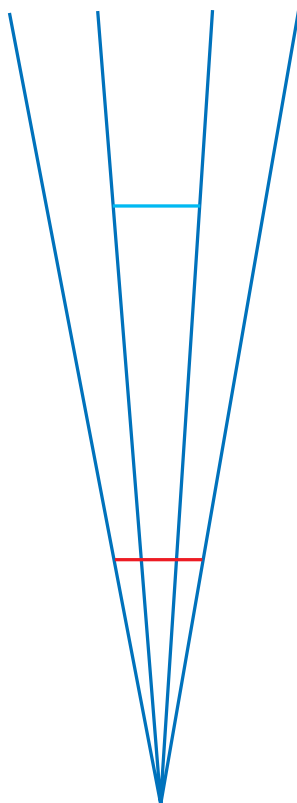


Рис. 3. Иллюзия Понцо

глаз, были опровергнуты экспериментами, в которых одновременно регистрировались движения глаз и отчет наблюдателя о том, в каком направлении перемещается световое пятно. Сопоставление полученных данных показало, что соответствия между реальными движениями глаз и видимым движением объекта не существует. Было предложено много гипотез, пытающихся объяснить автокинетическую иллюзию. Например, отсутствие других зрительных стимулов в поле зрения (И. Рок, 1980) или необычные корректирующие сигналы из центра управления движениями глаз для поддержания фиксации (Р.Л. Грегори, 1970). Однако ни одна из предложенных теорий не получила общего признания.

Но, пожалуй, величайшая зрительная иллюзия – это кино и телевидение. Мы можем каждый понедельник смотреть передачу «Очевидное—невероятное» благодаря стробоскопическому эффекту, основанному на одном из важнейших свойств зрительной системы – инерционности. Наблюдателю в течение нескольких секунд предъявляют статичную светящуюся точку в одном месте экрана, а через 60–80 мс показывают ее в другом месте. Человек видит не два разных объекта, вспыхнувших в разных местах, а перемещение объекта из одного положения в другое. Зрительная система интерпретирует последовательные и связанные между собой изменения как движение. Именно благодаря этому эффекту мы видим на экранах не ряд быстро сменяющихся

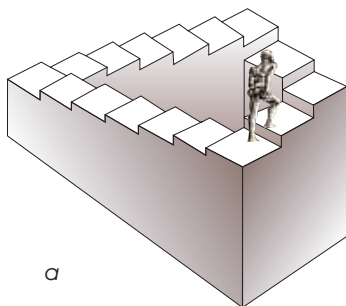


Рис. 5. «Невозможная» лестница Пенроуза (а); Морис Эшер «Относительность», 1953 г. (б)

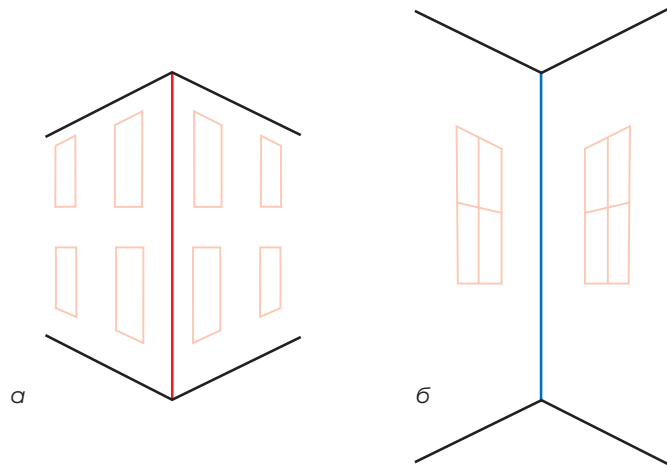


Рис. 4

друг друга кадров, а единую движущуюся картину.

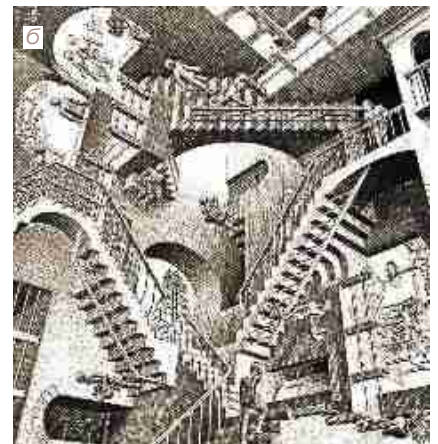
Известно, что первые шаги кинематографа сопровождал курьезный эпизод: когда зрители увидели на экране приближающийся поезд, они вскочили и с криком убежали – им показалось, что он несется прямо на них. Этот феномен называется лумингом. Если человеку продемонстрировать световое пятно, которое вдруг начнет расширяться во все стороны, ему покажется, что оно движется прямо на него, а не увеличивает свой размер. Причем иллюзия будет настолько сильной, что заставит невольно отстраниться от экрана, как от объекта, представляющего угрозу. Нечто похожее можно увидеть, наблюдая за любителями компьютерных игр: кто-то наклоняется в сторону, пытаясь спрятаться от летящих в него пуль, кто-то отшатывается от несущегося в него огненного шара. Очевидно, что в случае, когда нет однозначной информации об изменении формы объекта, зрительная система предпочитает увеличение сетчаточного изображения трактовать как приближение объекта, а не как увеличение его размеров.

Иллюзии переработки информации

Некоторые иллюзии возникают в связи с переработкой поступающей информации. Человек иногда видит мир не таким, каков он есть на самом деле, а та-

ким, каким хотел бы его увидеть, поддаваясь сформированным привычкам, потаенным мечтам или страстным желаниям. Он ищет нужную форму, цвет или другое отличительное качество объекта среди представленных во внешнем мире. Это свойство избирательности называется феноменом перцептивной готовности. Посмотрите на рис. 7. Символ в центре – буква или цифра? Если рассматривать горизонтальный зрительный ряд, состоящий из букв, в центре будет «В» – к этому наблюдатель подготовлен буквенным рядом. Если смотреть на вертикальный ряд, окажется, что это вовсе не буква, а цифра 13 – к такому решению подтолкнули цифры.

Подобные иллюзии обусловлены более высоким уровнем обработки ▶



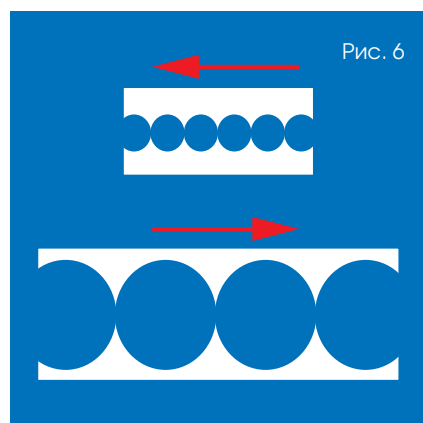


Рис. 6

информации, когда характер решаемой задачи определяет то, что воспринимает человек в окружающем мире. Интересны особенности избирательности восприятия. Если сказать человеку: в этой книге есть твоя фамилия, — то он сможет, очень быстро пролистав страницы, найти упоминание о себе. Причем ни о каком прочтении текста речи не идет. Такими навыками обладают корректоры, непостижимым образом вычлещающие в тексте ошибки, незаметные обычному читателю. В данном случае речь идет о профессиональных навыках, приобретаемых в процессе деятельности.

Восприятие работает очень избирательно, когда дело доходит до значимых, слишком важных для нас событий. Например, человеческое лицо воспринимается по-особому. Негатив снимка лица практически не опознается, кажется совершенно неинформативным. Если геометрические объекты, в зависимости от того, как ложатся тени, могут казаться как выпуклыми, так и вогнутыми, то человеческое лицо выпукло всегда (даже маску невозможно

увидеть вогнутой). Парадоксально восприятие перевернутого изображения лица (рис. 8) Если рассматривать две фотографии лиц, повернутые вверх ногами, кажется, что они не различаются: глаза, нос, губы, волосы — все идентично. Но, перевернув эти портреты, можно убедиться, что они абсолютно разные. На одном — спокойная и милая улыбка Джоконды, на другом — ужасная гримаса. Дело, видимо, в том, что человеческое лицо слишком значимо, его невозможно воспринимать в необычном ракурсе.

Влияет ли культура на восприятие иллюзий?

Очень интересен вопрос о различиях восприятия иллюзий в различных культурах. Психологи из разных стран провели множество кросс-культурных исследований с использованием классической иллюзии Мюллера–Лайера (см. рис. 2). Как будут восприниматься иллюзии в культурах, где признаки перспективы отличны от западной, где дома и комнаты прямоугольные, дороги длинные с параллельной разметкой? Эксперименты проводились в племенах зулусов, живущих в Африке. Культура их весьма своеобразна: свои дома они строят не квадратными, а круглыми, двери тоже имеют округлую форму. Даже поля они распахивают не прямоугольными линиями, а закругленными. Можно сказать, что для зулусов характерна культура круга. У них спрашивали: какая же из линий длиннее в иллюзии Мюллера–Лайера? Оказалось, что они видят эту иллюзию лишь в очень малой степени — отрезки воспринимаются ими почти как рав-

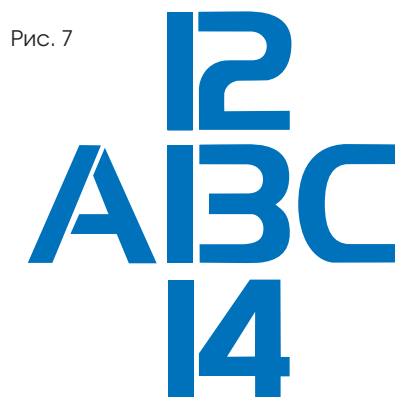


Рис. 7

ные. Выяснилось также, что и в других культурах, обедненных перспективой, типичной для западной, восприятие зависит от особенностей окружения. Исследования проводились в племенах, живущих в густом лесу, где далекая перспектива отсутствует, поле зрения ограничено, нет сходящихся линий на горизонте (а это одно из правил перспективы). Оказалось, что, когда людей, привыкших к такому ограниченному обзору, выводили на открытые пространства, они неадекватно воспринимали размеры объектов, находящихся вдалеке. Они могли воскликнуть, глядя на стадо коров, пасущихся вдалеке: «Смотрите, какие там маленькие коровки...», — не учитывая того, что размеры предметов на расстоянии уменьшаются.

Тем не менее влияние культуры на восприятие иллюзий — вопрос спорный. Видят ли иллюзии животные? Оказывается, что они так же попадают под их воздействие, как и человек. Проводились эксперименты, направленные на изучение восприятия иллюзии Мюллера–Лайера рыбами и голубями. Голубей сначала учили различать длину отрезков. Если они выбирали более длинный, то им давали зерно. Выработывался условный рефлекс, и из двух вариантов они предпочитали тот, за который их вкусно накормят. Когда птицам предъявили картинку с двумя отрезками, то они, так же как и люди, выбирали тот, который кажется длиннее. Выяснилось, что животные подвержены не только иллюзии Мюллера–Лайера. Они способны воспринимать стро-

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Gregory R.L. Perceptual illusions and brain models. Royal Society, 1968.
 Day R.H. Visual spatial illusions: a general explanation. Science, 1972.
 Leibowitz H., Brislin R., Perlmutter L., Henessy R. Ponzo perspective illusion as a manifestation of space perception. Science, 1966.
 Рок И. Введение в зрительное восприятие. М.: Педагогика, 1980.
 Грегори Р.А. Глаз и мозг. М.: Прогресс, 1970.
 Грегори Р. Разумный глаз. М.: Мир, 1972.
 Шиффман Х. Ощущение и восприятие. СПб.: Питер, 2003.

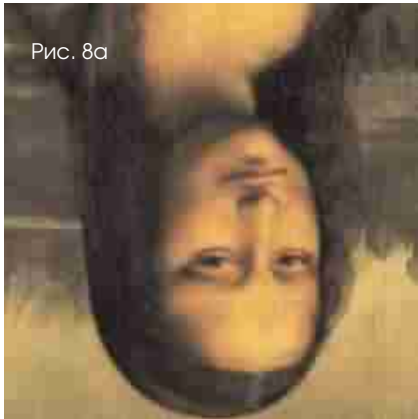


Рис. 8а

боскопический эффект, а также явление луминга. Когда их помещали перед экраном и показывали расширяющееся световое пятно, они реагировали по-разному: крабы припадали к земле,

лягушки отпрыгивали, черепахи прятали голову в панцирь, то есть все они пытались уклониться от пятна как от грозящей опасности. Можно предположить, что в основе восприятия иллюзий лежат врожденные зрительные реакции, связанные с физиологическими механизмами зрительных систем.

Человеку окружающий мир кажется стабильным и надежным, но восприятие может сыграть с ним злую шутку. Иллюзии – результат работы зрительной системы, некий тест. Очень часто люди видят то, что они хотят увидеть. Ищите иллюзии вокруг, и вы больше узнаете о себе.

Если вас заинтересовал рассказ о зрительных иллюзиях, то вы можете увидеть большое количество самых разно-

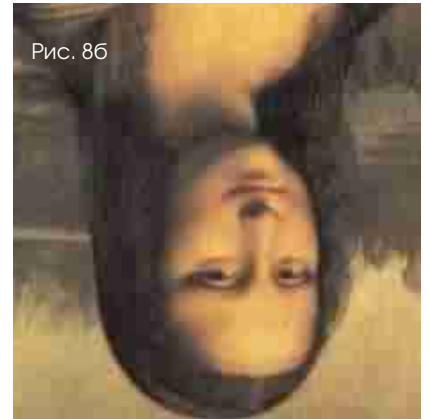


Рис. 8б

образных иллюзий на сайте факультета психологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова www.psy.msu.ru



НА КАНАЛЕ ТВЦ ПО ПОНЕДЕЛЬНИКАМ в 00:30

программа С.П. Капицы

ОЧЕВИДНОЕ - НЕВЕРОЯТНОЕ

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

А. Пушкин

Кварцевые часы

Марк Фишетти

Кристаллы кварца буквально лежат у нас под ногами. Стоит только обработать этот кристалл, и он превратится в кварцевый генератор – основной элемент современных часов.

Почти 90% часов имеют электронные системы управления. Батареи обеспечивают энергией жидкокристаллический дисплей или механизм, перемещающий стрелки на циферблате. Кварцевый генератор вырабатывает электрические колебания высокой стабильности. «Даже дешевые кварцевые часы имеют точность хода \pm две секунды в месяц, чем не могут похвастаться их дорогие механические собратья», – говорит Луи Галье (Lou M. Galie), вице-президент компании *Timex*.

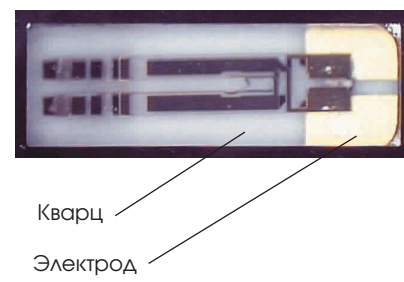
С давних времен механизмы, состоящие из часовых колес и шестеренок, пе-

ремещали стрелки на циферблатах. Основным элементом механических часов был маятник, пружина или гирия на цепи. Такая конструкция заводилась вручную. В начале XIX в. в продажу в основном поступали механические часы швейцарского производства. Первые кварцевые часы появились в 40-х гг. XX в., а в 60-х начали завоевывать рынок. Производители хронометров расценили новую технологию лишь как забавную диковину. Швейцарские компании, такие как *Swatch* и *Bulova*, занялись разработкой дизайна. Зато японские производители сумели миниатюризировать электронную и механическую части кварцевых часов, и в 70-х гг. прошлого века их продукция заполонила прилавки магазинов. Низкая цена кварцевых изделий достигается за счет дешевой электроники

и генератора, вырабатывающего 32 768 (2^{14}) колебаний в секунду вместо пяти колебаний механического маятника.

Кварцевый генератор был создан в 30-х годах военными специалистами для навигационного оборудования. Сейчас компания *Swatch* и несколько японских фирм являются основными поставщиками кварцевых генераторов для производства часов. Сырьем для них служит искусственный кварц, который подвергается фотолитографической обработке. Этот метод был разработан в 1968 г. Йоргеном Штауте (Juergen Staudte), работавшим в корпорации *Rockwell International*.

Изготовителям механических часов потребовалось 20 лет, чтобы восстановить свои позиции на рынке. Сейчас они выпускаются только известными фирмами. **n**



В МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСАХ

источником энергии является пружина, которая заводится вручную вращением головки. Эта энергия приводит в движение стрелки. Маятник обеспечивает стабильность хода.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ,

или часы с автоподзаводом. В таких часах на оси закреплен металлический груз, обычно выполненный в форме сектора. При движениях руки он поворачивается вокруг оси и заводит пружину либо через электрический генератор тока подзаряжает батарею.

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР

имеет форму камертона и изготавливается из искусственного кварца методом фотолитографии. Раньше его делали из природного кварца с помощью лазера. Так как кварц обладает пьезоэлектрическими свойствами, то при подаче напряжения на электроды он генерирует колебания.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ ...

БЕЗ БАТАРЕЙ? Более 95% кварцевых часов используют батареи в качестве источника энергии. В прошлом срок службы батареи составлял 18 месяцев, сейчас – 10 лет. В тех моделях, где есть солнечные батареи, электрическая энергия идет на подзарядку аккумулятора или накапливается в конденсаторах большой емкости.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Микропроцессор современных часов стоимостью \$10 мощнее микропроцессора знаменитого персонального компьютера *Apple II* выпуска 1980 г. По словам вице-президента компании *Timex* Луи Галье, программисты составляют более половины штата специалистов компании.

СОВЕРШЕНСТВО. Звуковой сигнал и индикацию текущей даты производители называют дополнениями. В 1783 г. возлюбленный Марии Антуанетты заказал для дамы своего сердца самые сложные из существовавших тогда часов. В 1927 г. автомобильный магнат Джеймс Паккард (James Packard) заплатил \$16 тысяч Патеку Филиппу (Patek Philippe) за часы, циферблат которых был украшен движущимися по небу звездами.

КВАРЦ ВЕЗДЕ. Кристаллы рукотворного кварца обеспечивают работу компьютерных процессоров, мобильных телефонов, радиопередатчиков и музыкальных синтезаторов. Чем меньше кварцевый кристалл, тем выше частота его колебаний.

АНАЛОГОВЫЕ часы управляются кварцевым кристаллом, который при подаче на него электрического напряжения, генерирует колебания. Делитель преобразует их в два импульса в секунду, которые передаются на шаговый двигатель, приводящий в движение стрелки часов.



ЭЛЕКТРОННЫЕ часы имеют тот же кварцевый генератор и электронную схему, что и аналоговые часы, управляющиеся кварцевым кристаллом, который генерирует колебания при подаче на него электрического напряжения. Эти колебания стабилизируются генератором на частоте 32 768 колебаний в секунду. Управляющий сигнал передается с микропроцессора на жидкокристаллический дисплей, который заменяет стрелки на циферблате.

В ПОИСКАХ прошлого

Маргерит Холлоуэй



Полуденное солнце, раскинувшееся над бескрайними просторами пустыни Аризоны, нещадно припекало спины людей, пробирающихся через колючий кустарник и заросли мескитового дерева. Наткнувшись на круг из врытых в землю камней, следопыты останавливались и, окружив сооружение, внимательно прислушивались к объяснению эксперта.

Скотт Вуд (J. Scott Wood), старший археолог из Национальной лесной службы Торонто, дал профессиональную оценку находки: «По размерам постройка соответствует зернохранилищу, однако поверхность земли почему-то не утрамбована». Хохокамы, саладо и другие народности, жившие в этих местах в период с 850 г. до конца XIII в., не использовали каменные плиты для пола, но, по его словам, все равно земля должна была быть утоптана. Вуда и трех других археологов из Службы охраны лесов США сопровождали волонтеры, отпускники, пенсионеры – участники программы министерства сельского хозяйства США «Пропуск во время» (*Passport in Time, PIT*), которые помогают ученым проводить исследования, развернувшиеся в некоторых областях еще в 1989 г., а в 1991 г. ставшие общенациональными. Ежегодно около 2,5 тыс. человек принимают участие в исторических и археологических проектах, занимаясь описанием петроглифов на острове Костюшко на Аляске, восстанавливая старые пожарища в штате Вашингтон, производя поиски зауропод в Колорадо.

В общей сложности более 12,8 тыс. человек из 38 штатов в возрасте от 18 до 80 лет уже внесли свой вклад в развитие той или иной программы. В отличие от других проектов, участники *PIT* платят только за дорогу и прожи-

вание. Волонтеры могут останавливаться в мотелях, на кордонах Службы охраны лесов и в палаточных лагерях. «Некоторые люди просто переходят из одного проекта *PIT* в другой», – говорит Стефен Джермик (Stephen Germick), археолог из Национальной лесной службы Торонто. Они прибывают в мае и возвращаются домой только в сентябре.

Затем мы обследовали участок *Armer Complex*, названный в честь семьи, основавшей здесь ранчо в 1870-х гг. Сотни лет на этой земле обитали племена коренных американцев. Периоды активного заселения сменялись этапами запустения. Как и почему происходили эти процессы, помогают выяснить археологические исследования.

Проводить исследования можно не всегда. Когда заполняется водохранилище озера Руселвелы, все руины оказываются под водой. Но благодаря сильнейшей засухе на Юго-Западе отдельные участки *Armer Complex* были осушены, и волонтеры *PIT* картировали остатки строений различного назначения – сараев, зернохранилищ, жилых построек, а также места захоронений и сельскохозяйственные участки. Местонахождение многих из них можно только угадать по вросшим в землю камням.

В первый же день полевых работ волонтеры нашли разнообразные керамические черепки, и Вуд провел анализ состава и окраски, определив их возраст и происхождение. Ученый предполо-



Северный берег озера, на котором в октябре прошлого года волонтеры *PIT* обнаружили и картировали остатки строений различного назначения.

жил, что они происходят из северо-восточной, центральной и южной Аризоны, из Анасази, Моголлана и Хохокама. Один из участников проектов *PIT*, капитан пожарной службы из Калифорнии, нашел фрагмент с узором, напоминающим нотный стан: комбинация черных квадратов и полос на красном фоне. Изучив находку, Вуд определил, что она относится к черно-красному стилю пинадел, характерному для 1275–1350 гг. Нас окружали горы Сьерра-Анча, Мазатал и Апачи, обрамляющие долину, но мы были так заняты поиском остатков

древних поселений, что совсем не замечали красоты пейзажей. Мы не могли оторвать глаз от земли, где нам попадались каменные зернотерки, рубила, скребки и другие предметы утвари.

Джермик и Дженифер Берк (Jennifer Berke), этноисторик из Лесной службы Торонто, поручили мне сделать план большого участка. Джермик обозначил красными флажками углы и указал на торчащие из земли камни, на которые когда-то укладывались бревна основания построек. Мы измерили рулеткой расстояние от одного угла до другого. Затем с помощью компаса определили направление и нанесли на графическую бумагу положение стены. Для новичка работа не простая, но я старался изо всех сил. Джермик и Берк уже отошли. Они что-то измеряли, а затем обсуждали, устанавливая флажки и добродушно споря о том, чем все это могло быть раньше. Вскоре я тоже начал видеть окружающие меня предметы так же, как они. Перед моим мысленным взором предстали дома-землянки, плантации агавы и торговцы, привозившие из-за гор разнообразные ткани и гончарные изделия. И я понял, как становятся руководителями проектов *PIT*. z

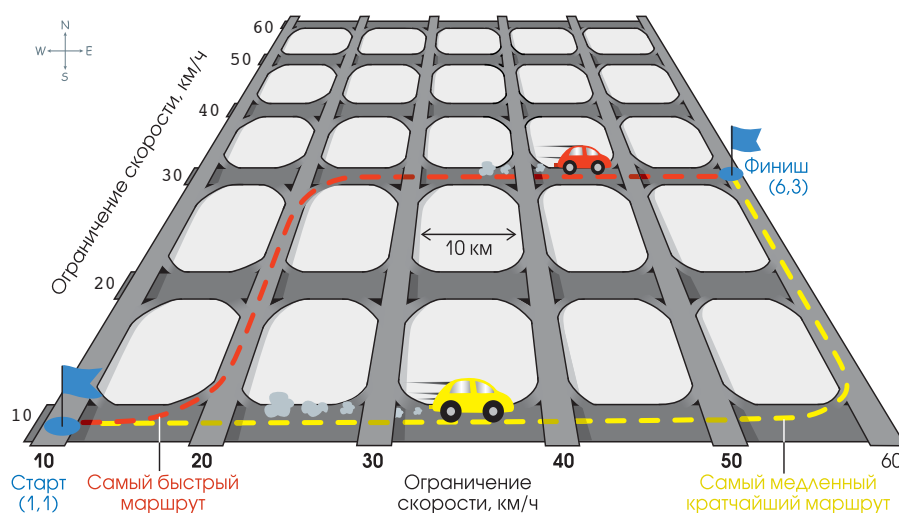
Вросшие в землю камни обозначили границу древнего поселения.



MARGUERITE HOLLOWAY (top); U. S. FOREST SERVICE AP Photo (bottom)

СКОРОСТНАЯ сетка

Дэннис Шаша



ДВИЖЕНИЕ ПО ДОРОЖНОЙ СЕТКЕ: красной линией показано одно из решений разминочной задачи, а желтой – самый долгий маршрут кратчайшей длины. А каковы самые быстрые пути от (1,1) до всех остальных перекрестков?

ОТВЕТ НА ГОЛОВОЛОМКИ ИЗ ПРЕДЫДУЩЕГО НОМЕРА

Пусть число, в котором зашифровано ваше сообщение, станет координатой x точки P в трехмерном пространстве. Две другие координаты выберите произвольно. Затем задайте 5 плоскостей, пересекающихся в этой точке, и присвойте каждую из них одному из курьеров, определив тремя точками, отличными от P .

Пересечение двух непараллельных плоскостей определяет прямую, а любая непараллельная ей плоскость пересекает ее в искомой точке. Знание двух плоскостей для врага бесполезно, т.к. они не помогут найти заветную точку. Но любые три курьера легко отыщут ее, узнают координату x и расшифруют сообщение.

Ответ на головоломку этого номера ищите на www.sciam.com

Представьте себе шесть параллельных дорог, идущих с севера на юг и разнесенных с шагом 10 км, и шесть перпендикулярных им шоссе, разделенных таким же расстоянием. В местах пересечения автострад построены эстакады с въездами и съездами (см. рис. вверху). Поскольку светофоры отсутствуют, повороты с одной дороги на другую осуществляются без задержек.

Помните, что местная полиция строго следит за соблюдением необычного скоростного режима. Предел скорости на самом южном шоссе, идущем с востока на запад, равен 10 км/ч, на втором с юга – 20 км/ч и т.д. На самой северной дороге можно разогнаться до 60 км/ч.

Аналогично на самой западной автостраде, бегущей с севера на юг, ограничение скорости составляет 10 км/ч, на второй с запада – 20 км/ч и т.д. до 60 км/ч на самой восточной дороге.

Перекрестки дорог будем указывать порядковыми номерами шоссе, ставя впереди номер дороги, идущей с севера на юг, а за ним – номер перпендикулярного ей пути. Юго-западному углу сетки будет соответствовать обозначение (1,1), юго-восточному – (6,1), северо-западному – (1,6), а северо-восточному – (6,6).

Для разминки попытайтесь определить самый быстрый маршрут от перекрестка (1,1) до перекрестка (6,3) с учетом скоростного режима.

Оказывается, таких маршрутов несколько. Один из них таков: от (1,1) до (2,1) за 1 час, далее до (2,3) еще за 1 час и затем до (6,3) за 1 час и 20 мин. Самый долгий путь такой же длины тянется от (1,1) до (6,1) за 5 часов, а затем от (6,1) до (6,3) еще за 20 мин.

Попробуйте найти самые быстрые маршруты от (1,1) до всех остальных перекрестков. А есть ли такой перекресток, от которого пути до всех остальных перекрестков будут занимать меньше всего времени? По-моему, нет, но мне будет приятно ознакомиться с самым изящным доказательством этого. **п**

почему ПЕРЕЛИТАЯ КРОВЬ ОТТОРГАЕТСЯ ОРГАНИЗМОМ ГОРАЗДО РЕЖЕ, ЧЕМ ПЕРЕСАЖЕННЫЕ ОРГАНЫ?

Отвечает **Робертсон Давенпорт**, доцент патофизиологии и заведующий медицинским отделом Банка крови при Мичиганском университете в г. Анн-Арбор.

Донорская кровь отторгается гораздо реже, чем трансплантируемые органы, по трем основным причинам. Во-первых, кровь вводится непосредственно в кровеносную систему, и реакция организма на антигены (чужеродные агенты) в этом случае выражена в меньшей степени, чем при других способах их попадания в организм. Во-вторых, трансплантаты содержат иммунные клетки, стимулирующие защитную реакцию реципиента; из крови же такие клетки удаляются фильтрацией. В-третьих, время жизни эритроцитов перелитой крови не превышает трех месяцев, и организм не успевает отреагировать на них как на чужеродных агентов; а пересаженный орган может находиться в организме реципиента многие годы.

Отторжение перелитой крови происходит редко: частота острой гемолитической реакции составляет 1 на 80 000 трансфузионных единиц. Чтобы понять, в чем тут дело, обратимся к основам иммунологии. Существуют два типа иммунного ответа: клеточный и гуморальный. При гуморальном ответе в организме об-

разуются антитела к чужеродному антигену. Они связываются с этим антигеном и обезвреживают его. Комплексы «антиген-антитело» могут также активировать систему комплемента, обеспечивающую разрушение мембран бактериальных и других клеток, покрытых специфическими антителами. Гемотрансфузия обычно вызывает гуморальный ответ, а трансплантация – преимущественно клеточный, при котором в организме вырабатываются цитотоксические лимфоциты (элементы, растворяющие чужеродные клетки-мишени).

Исходя из набора специфических антигенов эритроцитов, кровь всех людей подразделяют на группы в рамках так называемой системы ABO. Кровь может относиться к группе A (эритроциты несут только A-антигены, но не B), к группе B (эритроциты содержат только B-антигены), к группе AB (на эритроцитах есть и A- и B-антигены) или к группе O (A- и B-антигены отсутствуют). Антитела к антигенам системы ABO появляются у человека в первые месяцы после рождения и остаются в организме на протяжении всей жизни. Кровь донора должна быть совместимой по групповым факторам с кровью больного, иначе при пере-



ливании могут возникнуть серьезные осложнения (разрушение эритроцитов и острая воспалительная реакция, сопровождающаяся нарушением работы почек, а иногда и летальный исход).

Помимо антигенов системы ABO существуют антигены группы Rb (*Rhesus* – резус). В зависимости от наличия или отсутствия Rb-фактора людей разделяют на две группы – резус-положительные и резус-отрицательные. Если при переливании не соблюдается совместимость по Rb-фактору, то спустя несколько дней или даже недель после трансфузии развивается отсроченная гемолитическая реакция (ее частота гораздо выше, чем для острой гемолитической реакции: 1 на 5 000 трансфузионных единиц). В этом случае вырабатываемые в организме антитела не активируют систему комплемента, клетки перелитой крови не разрушаются, а удаляются с помощью селезенки. В результате развивается воспалительная реакция средней тяжести, иногда приводящая к повреждению почек. **п**

МОЖНО ЛИ ВОССТАНОВИТЬ УДАЛЕННЫЕ ФАЙЛЫ?

Свое объяснение предлагает **Клэй Шилдс**, профессор информатики Джорджтаунского университета.

Удаленные файлы подлежат восстановлению, поскольку из памяти компьютера стираются не сразу. Вся информация в компьютере разбита на части – сектора. Один файл может быть распределен по нескольким секторам, разбросанным по диску. Операционная система создает указатель распределения файлов и папок по секторам. Когда пользо-

ватель хочет удалить какой-то файл, то его наименование либо помечается как изъятое, либо действительно изымается. Таким образом, удаленный файл может быть законсервирован до тех пор, пока указатель и секторы, занятые файлом, не будут использованы повторно.

Восстановление не составляет никакого труда, если операционная система лишь помечает файл как удаленный. Специальная программа обеспечивает сканирование соответствующих секто-

ров диска, отыскивает наименования, помеченные как уничтоженные, и выдает меню файлов для восстановления. Если наименования файлов утрачены, то найти их становится труднее. Программа восстановления должна обеспечить просмотр всей содержащейся в указателе информации и собрать единый файл из отдельных секторов. Может случиться так, что ряд секторов уже использован повторно, тогда будет восстановлена только часть исходного файла. **п**



Читайте в следующем выпуске журнала:

- Другая часть мозга**
- Тайные члены планетарных систем**
- Тирания выбора**
- Первые наночипы**
- Закодированная эволюция**
- Космический туризм**

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

- по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; периодических изданий для библиотек, подписной индекс Б392; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970;
- подписка на **Украине** по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 10729
- через редакцию (**только по России**), перечислив деньги через Сбербанк или по почте, отправив копию квитанции (**с указанием Ф.И.О., точного адреса и индекса подписчика**) в РосНОУ по почте, по факсу: (095) 105-03-72 или по e-mail: red_nauka@rosnou.ru. Стоимость подписки на полугодие – 390 руб., на год – 780 руб.

Подписаться можно со следующего номера, в квитанции обязательно указать номер, с которого пойдет подписка.

Бланк подписки можно взять в любом номере журнала; получить в редакции; высылаем по факсу или по e-mail.

Где купить журнал (текущие номера):

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;
- в павильоне у метро «Тимирязевская»;
- в киосках г. Зеленограда.

Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу ул. Радио, дом 22

	<p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в АКБ «Ист-Бридж Банк» ЗАО, г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 ИНН 7714082749; КПП 770901001</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Вид платежа</th> <th style="width: 30%;">Дата</th> <th style="width: 40%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки»</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки»			Плательщик		
Вид платежа	Дата	Сумма								
Подписка на журнал «В мире науки»										
Плательщик										
	<p>Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет» Расчетный счет 40703810200000010014 в АКБ «Ист-Бридж Банк» ЗАО, г. Москва БИК 044579128 Корреспондентский счет 30101810500000000128 ИНН 7714082749; КПП 770901001</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Фамилия, И.О., адрес плательщика</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Вид платежа</th> <th style="width: 30%;">Дата</th> <th style="width: 40%;">Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Подписка на журнал «В мире науки»</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Вид платежа	Дата	Сумма	Подписка на журнал «В мире науки»			Плательщик		
Вид платежа	Дата	Сумма								
Подписка на журнал «В мире науки»										
Плательщик										