

В МИРЕ НАУКИ

scientific american

WWW.SCIAM.COM

№4 2003

ПО ТОНКОМУ ЛЬДУ

- Ледники как двигатель прогресса
по следам передачи "Очевидное-невероятное"
- Гамма-всплески и
невидимое вещество
- Пища для размышления
- Искусный хаос
- Загадка хореи Гентингтона

ISSN 0208-0621



9 770208 062001 >

ежемесячный научно-информационный журнал

СОДЕРЖАНИЕ

АПРЕЛЬ 2003

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 25** **ГОРДОСТЬ НАУКИ**
50 ЛУЧШИХ УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ
Поздравляем выдающихся деятелей науки и техники, включенных редакцией SCIENTIFIC AMERICAN в список пятидесяти лучших ученых и инженеров 2002 года
- 32** **АСТРОНОМИЯ**
ЯРЧАЙШИЕ ВЗРЫВЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ
Нейл Герелс, Луиджи Пиро и Питер Леонард
Каждый раз, когда происходит всплеск гамма-излучения, рождается черная дыра
ГАММА-ВСПЛЕСКИ И НЕВИДИМОЕ ВЕЩЕСТВО
Сергей Блинников
- 42** **БИОТЕХНОЛОГИИ**
ЗАГАДКА ХОРЕИ ГЕНТИНГТОНА
Элена Каттанео, Доротея Ригамонти и Киара Цуккато
До сих пор неясно, как мутантный ген, нарушения в котором приводят к развитию страшной болезни, оказывает свое опустошающее воздействие
- 48** **КЛИМАТ**
ПО ТОНКОМУ ЛЬДУ
Роберт Биндшадлер и Чарлз Бентли
Насколько быстро будет разрушаться огромный ледяной щит Западной Антарктики? В случае его катастрофического разрушения уровень моря стремительно поднимется, и прибрежные области на всей планете окажутся под водой
- 56** **ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ**
ЛЕДНИКИ КАК ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА
По следам передачи
- 60** **ЭВОЛЮЦИЯ**
ПИША ДЛЯ РАЗМЫШЛЕНИЯ
Уильям Леонард
Переход наших предков на новую диету дал очередной толчок в эволюции человека. Тучность современных людей можно рассматривать как вполне закономерное последствие событий, начавшихся еще миллионы лет назад
- 70** **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
ИСКУСНЫЙ ХАОС
Ричард Тейлор
Загадка шедевров американского живописца Джексона Поллока раскрыта с помощью компьютерного анализа. Выяснилось, что свойственные стилю художника красочные завихрения и потоки образуют фрактальные узоры
- 84** **БИОЛОГИЯ**
ЖИЗНЬ БЕЗ СОЛНЦА
Владимир Малахов
Исследователи совершенно не ожидали обнаружить в рифтовых зонах богатую фауну. Но первые же фотографии показали изобилие живых существ в составе гидротермальных сообществ

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

Научные консультанты:

доктор физико-математических наук
С. В. Блинные
почетный президент
Русского географического общества,
академик В. М. Котляков
доктор физико-математических наук,
профессор А. А. Сорокин
Н. Н. Шафрановская

Над номером работали:

М. М. Агафонов, С. В. Блинные, О. А. Василенко,
А. В. Зернов, Э. Е. Кожанова, В. В. Малахов,
А. А. Рогова, В. В. Свечников, А. А. Сорокин,
В. Г. Сурдин, Н. Н. Шафрановская,
Н. А. Шурыгина

Корректур: И. Е. Кроль

Препресс: P-studio

Отпечатано Федеральным государственным
унитарным издательско-полиграфическим
предприятием «Кострома» Заказ №2120

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

© В МИРЕ НАУКИ РосНОУ, 2002

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

Тираж: 15000 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.
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, Georg Musser

Art director: Edward Bell

Publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer:
Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director:
Charles McCullagh

Vice President: Frances Newburg

© 2002 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

СКЕПТИК

21 ПРИНЦИП КАПИТАНА КИРКА

Майкл Шермер

Интуиция – ключ к познанию

ПРОФИЛЬ

22 ПРЕВЗОЙТИ ЭЙНШТЕЙНА

*Если соединить теорию относительности
с квантовой теорией поля, то удастся пролить
свет на природу пространства и времени*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НЮАНСЫ

90 ПРИБЛИЖАЯСЬ К РЕАЛЬНОСТИ

*Каков следующий шаг в технологии компьютерных
дисплеев? Глубина и тени*

ОБЗОРЫ

ОТ РЕДАКЦИИ

3 МЫ ВЕРИМ В НАУКУ

4 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ

- Ископаемые сокровища Аляски
- Поможем иммунной системе
- Климат – убийца цивилизаций?
- Вернись, Грегор, мы все простили!
- Спортивные авто не так уж безопасны
- Нобелевская премия–2002

76 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

Нелегкий путь к двойной спирали

ЗНАНИЕ – СИЛА

80 СВЕРХГОРЯЧИЕ ТОЧКИ

*Секретами струйной печати делятся специалисты
ведущих фирм – производителей принтеров*

ИННОВАЦИИ

82 ПЕЧАТАЙТЕ ГДЕ УГОДНО

Майкл Мей

94 ГОЛОВОЛОМКА

КАК ПРЕДОТВРАТИТЬ УТЕЧКУ ИНФОРМАЦИИ

95 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

*Как венерина мухоловка переваривает насекомых?
Как устроены перезаписываемые компакт-диски?*

МЫ ВЕРИМ В НАУКУ

Ученых всего мира волнуют вопросы авторитета науки, истинности научных знаний, достоверности результатов исследований и их интерпретации, необходимости открытых публикаций, противостояния мистическим и лженаучным представлениям, господствующим в мире проблем морально-этического характера, и в конечном итоге – вопросы взаимодействия науки и общества.

2002 год отмечен значительными научными достижениями, многие из которых связаны с именами тех, кто включен в инаугурационный список *Scientific American 50*, публикуемый в этом номере журнала. Но прошлый год запомнился и целым рядом ударов по репутации науки: фальсификация результатов исследований физиками, работающими в области полупроводниковых технологий, отмена открытия 118-го элемента, неудачи в применении гормональной терапии для лечения женщин в период после менопаузы и ряд других.

Скандалы и аршинные заголовки в прессе подрывают авторитет науки как источника достоверной информации.

Безусловно, ученые могут ошибаться, интерпретируя результаты изысканий. Деятели науки не более безупречны, чем представители других профессий; им не чужды сомнения, карьеризм, корыстолюбие и предубеждения. Однако в конце концов наука эффективно исправляет свои ошибки, используя такой инструмент, как открытая публикация результатов и методов исследования.

Научное знание временно. Даже самые надежные факты и обоснованные теории подвергаются проверке по мере поступления новой информации, и что-то неизбежно отверга-

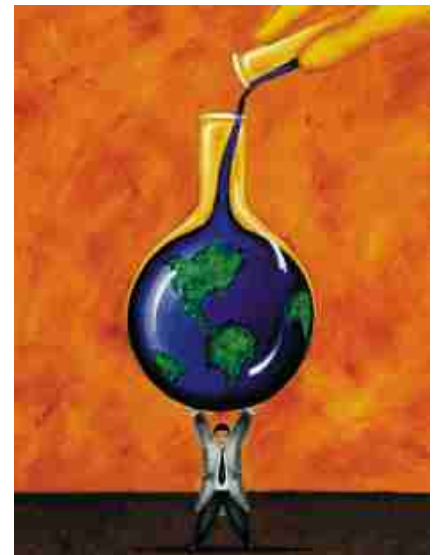
ется. Но это свидетельствует не о слабости, а о силе науки. Ничто не может остановить ее поступательное движение ко все более полному пониманию окружающего мира.

Сообщения об открытиях, публикуемые в профессиональных журналах, всегда сопровождаются количественными и качественными оценками их достоверности. Однако в публикациях в массовой прессе они отсутствуют, так как неспециалисты не могут их интерпретировать. Вместе с тем большинство людей принимает содержание непрофессиональных статей за чистую монету. Подобное заблуждение обусловлено поверхностными знаниями о развитии науки.

К сожалению, научному просвещению общества препятствуют те, кто стремится использовать пробелы в научном знании. «Видите, – говорят они, – ученые сами не знают, о чем толкуют. Они даже не могут договориться друг с другом, так что вы можете принимать за истину все, что вам заблагорассудится». Так, люди, не верящие в глобальное потепление, игнорируют достижения исследователей климата, ссылаясь на разногласия между ними, и пренебрегают необоснованностью собственных доводов. Антиэволюционисты спекулируют на неполноте палеонтологических данных, хотя неокреацио-

нисты, которых они превозносят, зачастую подтасовывают факты и выдвигают непоследовательные теории.

Как общество должно оценивать рекомендации ученых? Самой большой ошибкой было бы ожидать стопроцентного согласия, так как оно никогда не будет достигнуто. Выводы, к которым приходит научное сообщество, могут оказаться неверными, но они представляют собой наиболее обоснованные на данный момент взгляды. Можно пренебрегать ими, но это не самый разумный путь. Необходимо считаться с наукой, несмотря на все ее недостатки. ■



50, 100, 150 ЛЕТ НАЗАД

Наша Земля • Новый мир • Лунный воздух •

МАРТ 1953

НЕДОСТАТОК АЗОТА. С азотом связан неразрешимый парадокс: в пище всех живых существ на нашей планете – животных и растений – должен присутствовать азот. Однако свободный азот чрезвычайно трудно внедрить в продукты питания, и человеку приходится приложить усилия, чтобы сохранить то небольшое количество азота, которое содержится в почве. Но начиная с 1949 года был открыт ряд микроорганизмов, способных удерживать свободный азот. Вероятно, вскоре появится возможность использовать эти организмы для обогащения почв. ■

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ НЕ ИСКЛЮЧЕНИЕ. Харлоу Шейпли (Harlow Shapely) из Обсерватории Гарвардского колледжа высказал мнение, что Вселенная, возможно, вдвое больше и вдвое старше, чем предполагали астрономы. Если каждая галактика вдвое дальше от нас, чем мы думали, то она должна быть в два раза больше. Следовательно, Млечный Путь, который считался самой большой галактикой, должен иметь приблизительно такой же размер, как туман-

ность Андромеды и многие другие галактики. Новая оценка размеров нашей галактики устраняет и другое противоречие. Ранее возраст Вселенной оценивался в два миллиарда лет, а геологические данные указывали на то, что возраст Земли превышает три миллиарда. Согласно новым данным, ее возраст может достигать четырех миллиардов лет. ■

МАРТ 1903

ПРИГЛАШАЕМ ВСЕХ. В прошлом году в порту Нью-Йорка сошли на берег 139 848 пассажиров, ехавших в каютах, плюс 574 276 тех, кто занимал самые дешевые места на нижних палубах и в трюмах. Представьте себе! Более полумиллиона иностранцев, в основном из беднейших и малообразованных слоев населения, легко и естественно поглощаются Америкой, причем все это множество людей никак не влияет на повседневное течение жизни. Способность ассимилировать эти разношерстные массы обусловлена нашей великолепной школьной системой. Это, несомненно, главное учреждение, превращающее детей иммигрантов в истинных американцев. ■

БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ. Сконструированные для железных дорог автоматические средства безопасности уменьшают вероятность аварий, но железные кони управляются человеком, который иногда может оплошать. Это чудо, что машинист с мокрым от дождя лицом и потным от жара топки телом, часами с напряжением следящий за дорогой, совершает так мало ошибок. На иллюстрации показано крушение в Белфасте в Ирландии. В ненастный день паровоз пробил стену депо. ■

МАРТ 1853

ЛУННЫЙ ВОЗДУХ. Недавно итальянский селенолог М. Декуппи пришел к выводу, что Луна обладает атмосферой, хотя и весьма скромной. Ее высота всего около четверти мили, т.е. в двести раз меньше земной атмосферы. Некоторые ученые считают, что она может быть сходна с атмосферой Земли в период ее формирования, когда она состояла в основном из углекислого газа, а населявшие Землю организмы были приспособлены к жизни в таких условиях. ■

СВИНСКИЕ ШТУЧКИ. Происхождение поддельного американского сала легко объяснимо: при перегонке стад свиней с Запада на восточные рынки уставших животных приходится забивать на месте. Чтобы получить хоть какой-то доход с их туш, их прессуют и тем самым превращают в некую субстанцию, продаваемую под видом сала. Поскольку она не перетапливается, то в ней неизбежно присутствует большое количество инородных включений. ■

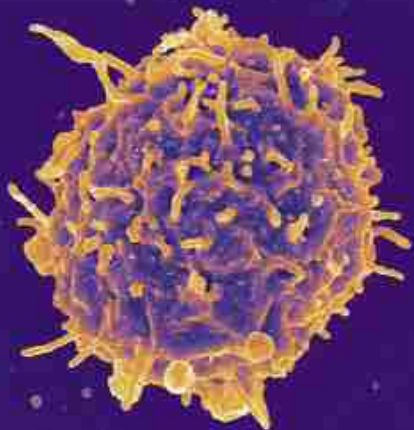


**В БОРЬБЕ ЗА БЕЗОПАСНОСТЬ
НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ. 1903.**

ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ

Ослабление деятельности некоторых клеток иммунной системы поможет справиться с болезнью.

Лиза Мелтон



Регуляторная Т-клетка (на этом снимке – мышиная) – ключевой элемент инициации иммунного ответа.

Ученые давно ищут способы активизации и сдерживания иммунокомпетентных клеток. Недавно обнаружены регуляторные лимфоциты, называемые супрессорными Т-клетками (разновидность белых кровяных телец). Они ограничивают активность иммунной системы, и если удастся взять их под контроль, то появится возможность справиться с трудно уловимыми патогенами, вызывающими гепатит С, СПИД, туберкулез и рак.

В 70-х годах было открыто явление иммунологической супрессии. Но тогда не удавалось отличить клетки-супрессоры от прочих Т-лимфоцитов. Лишь в 1996 г. Шимон Сакагучи (Shimon Sakaguchi) из Киотского университета (Япония) показал, что регуляторные клетки – разновидность *CD4* Т-лимфоцитов, известных как хелперные Т-клетки. Сакагучи идентифицировал маркер поверхности супрессорных клеток – молекулу *CD25*. Механизм их действия пока не выяснен, но уже известно, что они защищают организм от аутоиммунных заболеваний, подавляя те клетки иммунной системы, которые реагируют на компоненты собственного организма как на чужеродные.

Полезная для здорового организма деятельность Т-супрессоров становится вредной при наличии раковой опухоли или хронической инфекции. Этан Шевач (Ethan Shevach) из Национального института здоровья США считает проблему динамического равновесия ключевой для иммунологии. В определенных ситуациях Т-супрессоры причиняют вред. Например, при хроническом инфекционном процессе возрастающая численность Т-супрессоров мешает киллерным Т-лимфоцитам уничтожить вторгшиеся

в организм микробы. Чтобы восстановить равновесие, регуляторные клетки необходимо взять под контроль.

Ким Хейзенкраг (Kim J. Hasenkrug) из Рокки-Маунтинской лаборатории Национального института здоровья в Гамильтоне предложил использование антител к компонентам клеточной поверхности супрессорных Т-лимфоцитов. Заражение мышей лейковирусом «френд» приводило к росту численности клеток-супрессоров, а введение антител к рецепторам *TGF- β* (фактора роста опухолей) и интерлейкина-10 (эти факторы необходимы для активности регуляторных клеток) вызывало уменьшение количества клеток с маркером *CD25*. У мышей восстанавливалась способность к отторжению опухолей. Сходных результатов добился Шевач: у лабораторных животных, зараженных лейшманиозом, популяция *CD25*-лимфоцитов истощалась благодаря внедрению определенных антител.

Для клинических целей нужно не полностью подавлять, а лишь ограничивать активность супрессоров. Сакагучи получил моноклональные антитела, которые действовали именно так: они не опустошали запас супрессорных Т-лимфоцитов, а блокировали их деятельность, связываясь с определенными компонентами их клеточной поверхности, а именно с молекулами *GITR* – рецепторами *TNF* (фактора некроза опухолей), индуцируемыми глюкокортикоидами.

В июне 2002 г. на симпозиуме, организованном Фондом Новартиса в Лондоне, Сакагучи сообщил, что введение антител к *GITR* вызывает у мышей с опухолями усиление иммунного ответа и уменьшает возможность воз-

Вакцины: Т-цель

Многие экспериментальные вакцины, особенно против СПИДа, малярии и туберкулеза, пока не гарантируют полноценной иммунной защиты и не могут применяться в клинической практике. Их эффективность возрастет, если на время прививки избавиться от *CD25*-клеток, – таково мнение Этана Шевача из Национального института здоровья США.

никновения злокачественных новообразований. Результаты экспериментов на животных выглядят весьма обнадеживающими.

Соблазнительно использовать подавление супрессоров для лечения рака, но, как считает Жак Баншеро (Jacques Banchereau) из Бейлоровского научно-исследовательского института иммунологии в Далласе, данных пока недостаточно. В клинических испытаниях Баншеро использовал для лечения поздних стадий меланомы вакцину, полученную из регуляторных лимфоцитов (дендритных клеток) больного, нагруженных фрагментами опухоле-

вого белка. В результате удалось добиться усиления иммунного ответа на опухолевую ткань. Из десяти испытуемых у девяти наступила ремиссия на 10 недель, а четверо живут уже 4 года после лечения. Такие вакцины оказались эффективны для лечения опухолей кожи, печени, мозга, легких.

Конечно, пройдет какое-то время, прежде чем исследования оправдают себя. По словам Шевача, иммунологи многое узнали, но пока польза от знаний невелика. Но если принять во внимание 30 лет бесплодных поисков, то регуляторным Т-лимфоцитам пора выйти на сцену. ■

ПЕРЕМЕНЫ К ЛУЧШЕМУ

Роджер Дойл

Совсем недавно у душевнобольных было два пути: для обеспеченных – психотерапия, для всех остальных – государственные психиатрические лечебницы, известные плохим обращением с пациентами. Сегодня выбор гораздо богаче: амбулаторное лечение, трудоустройство, социальная поддержка и т. п.

Преобразования начались в 50-х гг, когда психиатры сошлись во мнении, что людям с психическими расстройствами полезнее находиться со своими близкими и не бросать работу, проходя амбулаторное лечение. Появление антипсихотических препаратов избавило многих больных от необходимости жить в сумасшедших домах. В середине 60-х начался перевод пациентов из больниц в общественные центры здоровья, пансионаты и другие учреждения. Число больных в частных психиатрических лечебницах и стационарных отделениях неспециализированных больниц увеличивалось, но гораздо стремительней росло количество амбулаторных услуг.

Вначале ситуация осложнялась отсутствием проработанной теории

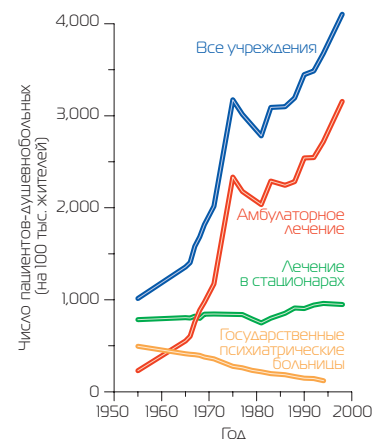
реабилитации, да и общество не было готово считаться с интересами душевнобольных. В результате люди, страдающие психическими расстройствами, увеличили армию бездомных в полтора-два раза. Более того, около 280 тыс. несчастных сидят в тюрьмах, где на психиатрическую помощь надеяться не приходится, а еще 400 тыс. находятся в пансионатах, где лечение либо оставляет желать лучшего, либо вообще отсутствует. Наконец, многие больные либо не знают о возможности лечения, либо не обладают соответствующей медицинской страховкой, либо просто не желают носить клеймо душевнобольного.

Трудностей по-прежнему много, но положение дел меняется в лучшую сторону. Многочисленные исследования показывают, что психически нездоровые люди в состоянии жить вне стационаров, если им будут предоставлены необходимые услуги и социальная поддержка. Но самый серьезный аргумент в пользу современной системы – это желание самих больных быть частью общества. ■

Основные заболевания

Среди взрослых в возрасте от 18 до 54 лет:

- 21% страдают психическими расстройствами;
- 5,4% страдают тяжелыми психическими заболеваниями (кроме злоупотребления наркотиками), которые длятся больше года и сопровождаются серьезными осложнениями;
- 2,6% страдают тяжелыми хроническими психическими заболеваниями.



Источник: Информационный центр департамента общественного здоровья.

ПОД МИКРОСКОПОМ

Не повредит ли «здравая наука» закону о видах, находящихся под угрозой?

Дэниель Дюпон

Река смерти

Возможно, именно из-за неверного решения, принятого на основании доклада Национального совета по исследованиям, в сентябре прошлого года в реке Кламат погибло десятки тысяч лососей.



Закон о находящихся под угрозой видах (*ESA – Endangered Species Act*), которому уже больше 20 лет, – один из самых противоречивых законодательных актов, когда-либо принимавшихся конгрессом США. В законе описаны строгие правовые инструменты, используемые государственными органами для охраны более 1 300 редких видов растений и животных. Однако применение ряда правовых норм зависит от их научного обоснования, всегда порождавшего множество споров. Критики закона обоснованно отмечают, что он не содержит четких критериев для включения видов в список защищаемых.

В июне прошлого года в палате представителей США на заседании комитета по ресурсам обсуждался билль о научном обосновании *ESA*. Председатель комитета Джеймс Хэнсен (James V. Hansen) считает, что этот закон придаст больший вес эмпирическим данным, полученным в полевых исследованиях. Будут выработаны жесткие критерии определения редких видов, а землевладельцы получат дополнительную свободу, когда речь пойдет об охране экотопов (ареалов обитания). Хэнсен назвал использование «здоровой науки» в научной экспертизе первым шагом к повышению действенности *ESA*.

Что же такое «здравая наука»? Совет правительств штатов определяет ее как «исследования, проводимые квалифицированными специалистами с использованием утвержденной методологии и обеспечивающие надежность результатов и выводов». По мнению Вильяма Хогарта (William T. Hogarth), специалиста по рыболовству Национальной океанической и атмосфер-

ной администрации, наряду с полевыми методами должны использоваться компьютерные модели и статистический анализ.

Однако развернувшаяся дискуссия вокруг возникающих противоречий и приближающиеся выборы в конгресс задержали принятие закона. Многие считают, что в ужесточении научной экспертизы заинтересованы прежде всего те, кому включение того или иного вида в список исчезающих экономически невыгодно. Например, прошлой осенью в реке Кламат в штате Орегон погибло более 30 тыс. лососей, так как было решено направить воду на орошение ферм. Такое решение было принято на основании заявления Национального совета по исследованиям об отсутствии «здорового научного обоснования» того, что повышение уровня воды в реке пойдет рыбе на пользу.

По мнению Роберта Ирвина (Robert Irvin), руководителя проектов США во Всемирном фонде дикой природы (*WWF*), стремление доказать научную необоснованность закона об исчезающих видах – просто дымовая завеса для тех, кто желает ослабить его. ■

ВОЗВРАЩЕНИЕ МЕНДЕЛЯ

Подвергнутый остракизму, отец генетики наконец дождался своего часа.

Люба Вихански

Имя Грегора Менделя и его классические работы по наследованию признаков известны каждому студенту-биологу. По мере того как росла роль генетики, росла и слава ее создателя – но только не на родине ученого. В Советском Союзе и других странах социалистического лагеря он был занесен в «черный список» как автор «реакционного» учения, а генетика была объявлена лженаукой. И лишь сейчас предпринимаются попытки наверстать упущенное и отдать дань уважения великому ученому в городе, где он жил и работал почти всю свою жизнь.

Мендель был монахом-августинцем, а затем настоятелем монастыря Св. Фомы в Брно – когда-то это была Австро-Венгрия, а ныне – Чешская Республика. Он открыл законы наследственности, скрещивая разновидности гороха и анализируя распределение признаков у их потомков. Результаты экспериментов, проводившихся в монастырском саду, легли в основу современной генетики и были опубликованы в 1866 г. Тогда труды Менделя не получили признания. И только в 1900 г., уже после смерти ученого, его непонятая и забытая работа привлекла всеобщее внимание. Основное положение учения Менделя, касающееся наследования признаков, пришлось не по вкусу Сталину и другим коммунистическим лидерам. Они насаждали противоположную точку зрения, согласно которой наследуются не генетически обусловленные, а приобретенные признаки. Эта «теория» разрабатывалась советским ученым Лысенко. Даже после того как в 1965 г. с лысенковщиной официально было покончено, на родине уче-

ного, в Чехии, о Менделе предпочитали не говорить – ведь он был священнослужителем, а это не приветствовалось коммунистическим правительством, которое рухнуло только в 1989 г.

«Начиная с 1990 г. я не раз говорил о том, что пришло время увековечить память ученого, но не встречал поддержки, – пишет Эмиль Паличек (Emil Palecek), профессор Института биофизики в Брно Чешской академии наук, – Большинству людей, я не имею в виду ученых, казалось, что с менделизмом и в самом деле не все в порядке».

Но вот группа энтузиастов вознамерилась расставить все по своим местам и вернуть отца генетики на родину, откуда он был изгнан. Среди поборников этой идеи – нынешний настоятель монастыря Св. Фомы, чешские и иностранные ученые, президент Чешской Республики Вацлав Гавел (Vaclav Havel) и лауреаты Нобелевской премии Пол Нерс (Paul M. Nurse), Джеймс Уотсон (James D. Watson) и Эрик Вишаус (Eric F. Wieschaus).

Первым шагом стало проведение в монастыре научных конференций. Первая из них, рабочая встреча под названием «Генетика после генома», прошла в мае 2002 г. под эгидой Европейской организации молекулярных биологов. В сентябре в отреставрированной монастырской трапезной состоялось открытое заседание конференции по хемометрии, а в августе текущего года пройдет Международный симпозиум по генетике сердечно-сосудистых заболеваний. В монастыре открыта выставка «Гений генетики», объединяющая науку и искусство. Она продлится до мая (см. www.mendel-museum.org). Планируется организовать ▶



Предметные стекла для микроскопа и другие инструменты Грегора Менделя экспонируются в монастыре Св. Фомы.

Мендель вне стен монастыря

Монастырь Св. Фомы – не единственное место в Брно, где чтут память Менделя. Самым первым музеем, посвященным ученому, стал «Менделианум». Он был основан в 1965 г. небольшой группой чешских генетиков и размещался сначала в пустовавшем здании, а теперь переехал в новое помещение, предоставленное правительством. В «Менделиануме» две новые экспозиции: одна откроется осенью 2003 г. и будет посвящена опровержению теории расизма с позиций генетики; со второй, названной «Научная атмосфера в эпоху Менделя», уже сейчас можно ознакомиться в одном из филиалов Моравского музея на центральной площади в Брно.

Записки на манжетах истории

«Когда я впервые был в Брно в 1958 году, то видел памятник Менделю на площади его имени. Правда, экскурсовод пояснил, что этот исследователь развил и укрепил учения советского деятеля науки Лысенко. У истории свои причуды».

Сергей Капица

еще одну выставку, восстановить сад, где Мендель проводил свои эксперименты, а также создать постоянно действующий музей и Центр наук о жизни.

Большие средства на осуществление этих планов выделила одна из венских благотворительных организаций – Венское научное сообщество (VFG). Для реализации более масштабных проектов были учреждены два гранта Грегора Менделя: один в Великобритании, другой – в США. Аскетичные монахи-августинцы представить себе не могли, что часть затрат будет возме-

щать магазин при выставке в монастыре: огромным спросом пользуются карандаши, блокноты и кружки с портретом Менделя. Появился даже особый сорт пива «Мендель». Идут разговоры о том, чтобы восстановить пасеку отца генетики и продавать «мед Менделя».

Больше всего возвращению Менделя способствовало бы возрождение чешской науки. Помогают и власти Брно, заинтересованные в развитии туризма. Но главное уже сделано – долговому забвению пророка науки в его отечестве положен конец. ■

ПАРК МЕЛОВОГО ПЕРИОДА

В арктическом заповеднике найдены ископаемые останки динозавров.

Соня Сенковски



Экспедиция Университета штата Аляска г. Фэрбанк и Южного методистского университета под руководством Энтони Фьорило (Anthony R. Fiorillo), куратора наук о земле в Далласском музее естественной истории, обнаружила на Аляске, на крутых берегах реки Колвилл, севернее Полярного круга, огромное количество ископаемых останков рогатых динозавров *pachyrhinosaurus* семейства *Ceratopsidae*. Например, на участке площадью менее 4,5 м² было найдено восемь динозавров. Скорее всего, их гибель произошла во время массовой миграции. Фьорило считает, что все найденные динозавры были ровесниками и погибли в результате какой-то катастрофы, например наводнения. Удивительная находка доказывает, что рогатые динозавры Северной Аляски были стадными животными. До сих пор все знания об этой группе древних пресмыкающихся ограничивались только фактом их присутствия в Арктике. Теперь можно будет узнать кое-что об их образе жизни. ■

На север за динозаврами

Урочище Кикак-Тегусиак расположено между 69-м и 70-м градусами северной широты, примерно в 30 км от того места, где в 1961 г. геолог компании *Shell Oil* Роберт Лискомб (Robert Liscomb) нашел первые кости динозавра. На следующий год Лискомб погиб при обвале скалы, и его открытие осталось незамеченным. В середине 80-х гг. палеонтологи наконец подтвердили, что динозавры жили в Арктике.

И вот появилась беспрецедентная возможность изучить целую группу арктических рогатых динозавров и разобраться, как динозавры приспосабливались к условиям Арктики мелового периода. Климат тогда был более умеренным, подобным современному климату Южной Альберты в Канаде.

ДЕЛАТЬ ДЕЛО

Как натуралисты третьего мира справляются с недостаточным финансированием.

Гэри Стикс

Несмотря на скромные размеры и небольшой штат, Национальный музей Намибии сделал весомый вклад в науку о природе. Его сотрудникам удалось добыть живые экземпляры нового отряда насекомых *mantophasmotodea*, более известных как гладиаторы (см. статью «Гладиаторы: новый отряд насекомых» в мартовском номере «В мире науки»). В 1999 г. старший куратор отдела естественной истории Юджин Мараис и четверо его коллег разработали новую стратегию своей научной деятельности в отсутствие книг, оборудования и фондов для зарубежных командировок. Натуралисты решили отказаться от собственных исследований и в дальнейшем выступать в качестве ассистентов других институтов. Они будут поставлять ученым мира собранные ими образцы насекомых, змей, пауков, скорпионов и других представителей редкой фауны Намибии без таксономической классификации.

По словам Мараиса, если бы не новая политика музея, он вряд ли откликнулся на запрос немецкого Института лимнологии им. Макса Планка в Плене о покупке живых экземпляров гладиаторов. А благодаря своевременным нововведениям музей оказался единственным африканским институтом, немедленно предоставившим насекомых.

Новый подход оказался весьма плодотворным: каждый год Мараис и его коллеги содействуют каталогизации примерно 30 новых видов. Этого удалось достичь благодаря ежегодной рассылке 8000 тыс. экземпляров в 30–40 институтов мира, в которых они классифицировались.

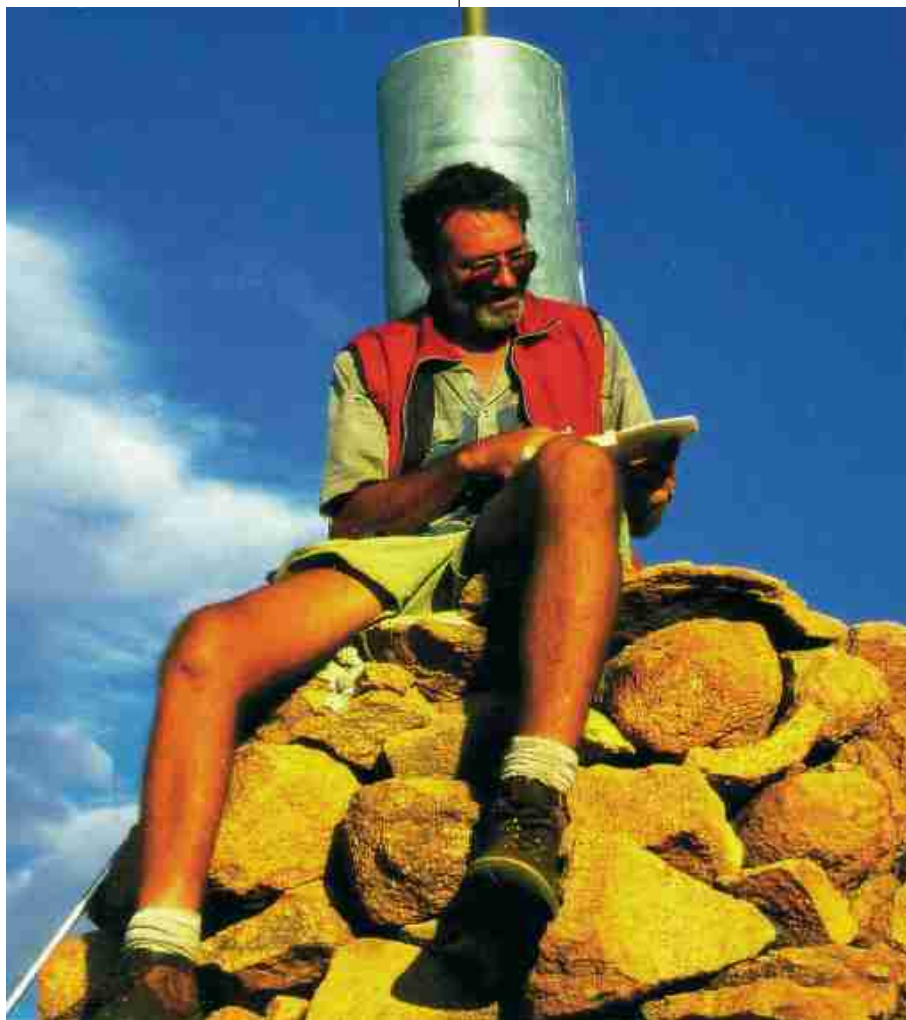
Ампула исследователей-разведчиков подразумевает большую свободу в проведении междисциплинарных исследований. Мараис заинтересовался бушменской классификацией насе-

комых, которая хотя и лишена научной строгости, но дает ученым намек, где можно найти новые виды. Например, в языке бушменов с северо-востока Намибии есть названия для восьми видов пчел, в то время, как энтомологам известны только два вида. Так что натуралистам есть над чем работать. ■

Энтомология часто приводит Юджина Мараиса на Брандберг, самую высокую гору Намибии.

Свободные странники

Ученые из Национального музея Намибии странствуют по своим просторам более свободно, чем их коллеги из европейских и североамериканских институтов. Вместе с коллегами из американских университетов энтомолог Юджин Мараис изучает изменения засушливого климата Намибии, произошедшие за последние 130 тыс. лет. Сотрудничая с австралийскими учеными, он написал статью о том, какой микроклимат выбирают для гнездования летучие мыши, живущие в пещерах Намибии.



НАСТУПЛЕНИЕ ЗАСУХИ

Вызывали ли изменения климата коллапс цивилизаций?

Даниель Гросман



Пирамида, полуостров Юкатан
Неужели засуха вынудила народ майя покинуть свои прекрасные города?

Бросая вызов стихиям

Мысль о влиянии природных факторов на историю человечества возникла столетие назад. В 1909 г. географ Элсворт Хантингтон (Ellsworth Huntington) возглавил экспедицию Йельского университета в Палестину для исследования древних культур. В книге «Природные стихии и эволюция» он утверждал, что «развитие предков человека в большой степени определялось климатическими условиями». Идеи Хантингтона оказали значительное влияние на целое поколение ученых, но были во многом ошибочны, так как тогда еще не существовало ни углеродного датирования, ни анализа кернов льда и осадочных пород. Хантингтон не мог определить точные даты природных катаклизмов и оценить количество осадков и температуру воздуха, характерные для минувших эпох. К середине XX в. климатические гипотезы вышли из моды, и ученые стали склоняться к мнению, что развитие древних цивилизаций определялось культурными факторами.

Геолог Лонни Томсон (Lonnie G. Thomson) из Университета штата Огайо сообщил в журнале *Science*, что крупнейшая за последние 12 тыс. лет засуха произошла приблизительно в 2200 г. до н.э. Этот вывод, сделанный на основании изучения кернов из ледника горы Килиманджаро, обрадовал Харви Вейса (Harvey Weiss), археолога из Йельского университета: он давно утверждал, что именно сильнейшая засуха привела к падению цивилизаций в Египте и Индии. Однако ему никак не удавалось убедить в этом своих коллег-историков. Результаты, полученные на Килиманджаро, подтверждают гипотезу Вейса и подливают масло в огонь в спорах о роли климатических изменений в формировании цивилизаций.

Десятилетиями господствовало мнение, что расцвет и крах древних цивилизаций объясняются такими факторами, как войны, религиозные распри, торговля и дворцовые интриги. Согласно этой точке зрения, человечество приспосабливается к происходящим изменениям климата. Карл Батзер (Karl W. Butzer), археолог и географ из Университета штата Техас в Остине, объясняет это невероятной стойкостью человека.

Новые данные о климатических изменениях, происходивших с конца последнего ледникового периода – голоцена, качнули маятник в пользу геофизических факторов. В 1988 г. США начали бурение в Гренландии и добыли самый глубокий ледяной керн. Лед и заключенный в нем газ пронесли сведения о климате через многие тысячелетия. При анализе гренландского керна выяснилось, что для голоцена были характерны резкие изменения влажности и тем-

пературных режимов. Воодушевленные открытием, исследователи принялись бурить ледяные панцири, морские и озерные отложения по всему миру в надежде пополнить знания о древнем климате. Археологи же попытались сопоставить резкие климатические изменения с кризисами цивилизаций.

В начале 90-х годов Алан Колата (Alan L. Kolata), археолог из Чикагского университета, изучил керн, добытый из самого большого в Перу ледника Куилкая, и обнаружил, что цивилизация Тиванаку с берегов озера Титикака погибла в XII в. из-за трехсотлетней засухи. В своей книге «Великие засухи эпохи майя» Ричардсон Гилл (Richardson B. Gill) высказал предположение, что череда жестоких засух погубила государство майя где-то между IX и XII вв. Результаты анализа озерных отложений, проведенного геологами из Флоридского университета на полуострове Юкатан, подтверждают этот тезис: в этот период уровень осадков был самым низким по сравнению с предыдущими 7 тыс. лет.

Многочисленным критикам климатической гипотезы Гилл отвечает, что гибель цивилизации майя объясняется достаточно просто: для выращивания урожая нужна вода, и продолжительная засуха превращается в настоящую катастрофу. Археолог Майкл Мозли (Michael E. Mosely) убежден, что учет климатических изменений займет достойное место в исследованиях истории человечества. ■

НОБЕЛЕВСКИЕ ПРЕМИИ 2002 ГОДА



Шведская королевская академия наук назвала имена 11 ученых, которые в декабре 2002 г. удостоились чести пожать руку королю Швеции.

Сара Грэхем, Тарик Малик

ФИЗИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

Круглый червь *Caenorhabditis elegans* состоит всего из 959 клеток, но изучение его жизненного цикла обеспечило трем ученым Нобелевскую премию. Им удалось разобраться в принципах генетической регуляции развития органов и гибели клеток (апоптоза) этого существа. Открытие поможет найти новые способы борьбы с различными заболеваниями человека. В 60-х гг. мысль об использовании крошечного прозрачного создания в качестве модельного организма впервые пришла в голову Сидни Бреннеру (Sydney Brenner) из Института молекулярных исследований в Беркли, штат Калифорния. Он исследовал влияние мутаций, возникающих под воздействием токсичных веществ, на развитие органов червя. В 70-х гг. Джон Салстон (John E. Sulston) из Института Сангера в Кембридже продолжил ранние работы Бреннера. Он разработал метод, позволяющий исследовать процесс деления клеток *Caenorhabditis elegans*, и показал, что некоторые из них подвержены апоптозу. В 1986 г. Роберт Хорвиз (Robert Horvitz) из Массачусетского технологического института выделил два ключевых гена, отвечающих за исполнение «смертного приговора» клеткам *Caenorhabditis elegans*. Позже выяснилось, что такие же гены есть у человека.

ХИМИЯ

Благодаря работам нобелевских лауреатов у химиков появились новые мето-

ды исследования конформации и структуры белков, ДНК и других макромолекул. В 1988 г. Джон Фенн (John V. Fenn) из Университета Содружества Вирджиния и Коичи Танака (Koichi Tanaka) из *Sbimadzu Corporation* в Киото разработали новые методы структурного анализа белков с помощью масс-спектрометрии. Фенн фрагментировал белковые молекулы, испаряя их в вакуум из водного раствора в мощном электрическом поле, а Танака «дробил» молекулы на части с помощью лазера. В обоих случаях фрагменты приобретали электрический заряд, и их можно было исследовать масс-спектрометрическими методами. В 80-х гг. Курт Вюртрих (Kurt Wütrich) из Исследовательского института Скриппса в Ла-Холья, штат Калифорния, и Швейцарского федерального технологического института применил ЯМР-спектроскопию для определения трехмерной структуры биологических макромолекул. Он разработал метод «последовательной интерпретации», основанный на точном определении расстояний между группами атомов водорода в молекуле, и с помощью компьютера воссоздал ее трехмерную структуру.

ФИЗИКА

В 1969 г. Реймонд Дейвис-младший (Raymond Davis) из Брукхейвенской национальной лаборатории доказал существование солнечных нейтрино – неуловимых частиц, образующихся на Солнце в ходе термоядерного синтеза. Чтобы обнаружить

нейтрино, Дейвис поместил 615-тонный резервуар с жидким тетрахлорэтиленом в рудник в Южной Дакоте, где когда-то добывали золото. Попадая в резервуар, нейтрино реагировали с атомами хлора с образованием аргона, который можно было зарегистрировать. В 1987 г. Масатоши Кошиба (Masatoshi Koshihba) из Токийского университета использовал подземный детектор Камиоканде – тоже огромный резервуар, но наполненный чистой водой. При взаимодействии нейтрино с атомами водорода и кислорода испускались кванты света, регистрируемые приборами. В том же году во время взрыва сверхновой ученому удалось «поймать» 12 нейтрино. Рикардо Джакони (Riccardo Giacconi) из Вашингтонской Корпорации объединенных университетов является основателем рентгеновской астрономии. С 1959 г. он занимался созданием рентгеновских телескопов и впервые обнаружил источник рентгеновского излучения вне Солнечной системы. Ему удалось зарегистрировать фоновое рентгеновское излучение Вселенной и несколько источников X-лучей, которые, по мнению большинства астрономов, представляют собой черные дыры.

ЭКОНОМИКА

Премия 2002 года присуждена Дэниелу Канеману (Daniel Kahneman), психологу из Принстонского университета, и экономисту Вернону Смиту (Vernon L. Smith) из Университета Джорджа Мейсона. Канеман совместно с ныне ▶

покойным Эймсом Тверски (Amos Tversky) показал, что участники рынка в момент принятия решения далеко не всегда руководствуются мотивами, которые изучает экономическая наука; большую роль играют чисто психологические факторы – эмоции, ассоциации и т.д. В 1979 г. Канеман и Тверски создали теорию перспектив, в рамках которой можно вычислить, как люди ведут свои финансовые дела. Например, почему многие считают, что совершили выгодную покупку, сэкономив \$5 на товаре стоимостью \$15, и думают иначе, если экономят те же \$5 на более дорогом товаре. Смит стал пионером экспериментальной экономики, которая позволяет провести лабораторное тестирование альтернативных рыночных схем и механизмов до их воплощения в жизнь. В частности, он впервые поставил экономический эксперимент, смоделировав поведение рынка в случае отсутствия государственного регулирования цен на электроэнергию. ■

мив \$5 на товаре стоимостью \$15, и думают иначе, если экономят те же \$5 на более дорогом товаре. Смит стал пионером экспериментальной экономики, которая позволяет провести лабораторное тестирование альтернативных рыночных схем и механизмов до их воплощения в жизнь. В частности, он впервые поставил экономический эксперимент, смоделировав поведение рынка в случае отсутствия государственного регулирования цен на электроэнергию. ■

ДОЛОЙ ПРОТЕЗЫ!

Не мечите бисер перед свиньями – и бисеру, и свиньям можно найти более полезное применение.

Чарльз Чой



Интересный эксперимент поставила молекулярный биолог Памела Йелик (Pamela C. Yelick) вместе с коллегами из Института Форсита в Бостоне. Сначала ученые обработали ферментами моляры (коренные зубы) шестимесячных поросят и получившийся «зубной суп» зафиксировали на биodeградируемой пластиковой подложке. Затем ее имплантировали в стенку брюшной полости иммуносупрессированной крысы вблизи обильно снабжаемых

кровью тканей. Спустя 30 недель появились коронки моляров шириной 2 мм – с полостью, корнями, слоями дентина и даже покрытые эмалью. Сообщение об этом удивительном феномене опубликовано в октябрьском номере *Journal of Dental Research*. Биологи полагают, что через каких-нибудь десять лет можно будет выращивать живые человеческие зубы взамен утраченных, возможно, даже нужных форм и размеров. ■

НУКЛЕОТИДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Тарик Малик

Теперь нанотрубки можно изготавливать не только из углерода, но и из компонентов молекулы ДНК. Ученые из Университета Пердью используют для этого синтетические аналоги гуанина и цитозина. Органические нанотрубки изготавливаются проще, чем углеродные. Кроме того, можно изменять их свойства, «пришивая» к ним разные молекулы. Например, присоединяя к поверхности таких трубок молекулы нейлона, можно получить длинные гибкие

нейлоновые волокна и использовать их для упрочнения тканей, а также материалов, из которых изготавливают фюзеляжи самолетов, бронжилеты и купола парашютов. Поскольку трубки полые, они могут заменить некоторые антибиотики, принцип действия которых заключается в прокальвании и опустошении клеток бактерий. Результаты исследований опубликованы 18 сентября 2002 г. в *Journal of American Chemical Society*. ■

КЛАВИАТУРНАЯ ПОЛИЦИЯ

Чарльз Чой

Программы защиты сверхсекретных сетей от хакеров для выявления чего-то подозрительного в трафике системы опираются только на статистику, и их надежность составляет 60–80%. Как утверждает программист Шамбу Упадхайа (Shambhu Upadhyaya) из Университета Буффало, ему и его коллегам удалось разработать более надежный и эффективный способ защиты. Их программа отслеживает команды пользователя и сравнивает их с командами, которые обычно используют штатные

сотрудники. Затем она сопоставляет подозрительное поведение с профилями активности всех легальных пользователей и таким образом выявляет несанкционированное проникновение в сеть. «Система обнаружения аномалий на уровне пользователей» была представлена в Анахайме, штат Калифорния, на конференции по военным средствам связи MILCOM в октябре 2002 г. Авторы программы утверждают, что ее надежность составляет 94%, а через пару лет приблизится к 100%. ■



Нарушителя выдаст ввод с клавиатуры.

НОВОСТИ ОДНОЙ СТРОКОЙ

Ученые определили нуклеотидную последовательность геномной ДНК возбудителя малярии и его основного переносчика – малярийного комара. Это поможет разработать более эффективные способы лечения и борьбы с распространением инфекции.

Nature (3.10.02 г.), *Science* (4.10.02 г.).

Кваоар – это не герой из «Властелина колец», а космический объект диаметром 1 300 км, обнаруженный в Поясе Койпера за орбитой Плутона. Его официальное название – *KBO 2002 LM60*.

<http://science.nasa.gov/headlines>
(7.10.02 г.).

Может ли возникнуть аллергия на собственную ДНК? Проведенные на дрозофилах исследования показали, что если при естественном разрушении клеток происходит неправильная фрагментация ДНК, то развивается иммунная реакция на эти фрагменты.

Genes & Development (15.10.02 г.).

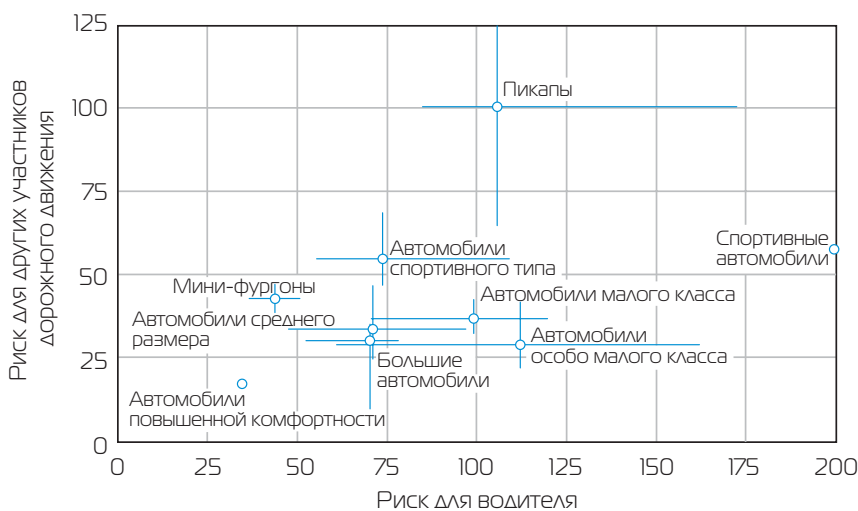
На основе магнетрона обычной микроволновой печи создана микроволновая дрель. По коаксиальному кабелю энергия направляется к месту высверливания и расплавляет материал.

Science (18.10.02 г.).

НА ЗАМЕТКУ

ОПАСНЫЙ КУРС

Автомобили спортивного типа пользуются популярностью у покупателей отчасти потому, что считаются более безопасными. Однако последние исследования показали, что они ничуть не безопаснее обычных средних и крупных авто и стоят в одном ряду с компактными *Honda Civic* и *Volkswagen Jetta*. Если учесть угрозу, которую представляет автомобиль определенного класса для других участников дорожного движения (см. диаграмму внизу), то станет очевидно, что спортивные автомобили более опасны. Величину риска определяют, исходя из числа погибших водителей в течение года в расчете на 1 млн. транспортных средств. Голубыми линиями указана область риска. ■



ИСТОЧНИК: Марк Росс (Mark Ross) и Том Вензель (Tom Wenzel). «Анализ летальных ДТП». Американский совет по энергосберегающей экономике, март 2002 г.

ПАГУОШ: ДИАЛОГ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Высокообогащенный уран представляет серьезную опасность для человечества.

Михаил Лебедев

19–21 февраля 2003 г. в Москве состоялось международное совещание экспертной группы Пагуошского движения ученых по проблемам ликвидации излишков российского высокообогащенного урана.

Пагуошское движение – международная неправительственная организация ученых, политических и общественных деятелей за мир, разоружение, безопасность и научное сотрудничество. Оно получило название от канадского местечка Пагуош, где в начале июля 1957 г. состоялась первая встреча, на которой обсуждались важнейшие аспекты мировой политики, в частности, угроза ядерной войны. Базовым документом движения явился известный Манифест Рассела–Эйнштейна (1955 г.), содержавший призыв к крупнейшим ученым мира объединиться для предотвращения глобальных конфликтов. В первой конференции приняли участие 22 делегата из 10 стран мира, в том числе СССР и США. С тех пор в рамках Пагуоша в разных странах состоялось более 270 встреч.

Среди достижений движения – выработка рекомендаций к таким важным международным соглашениям, как Договор о нераспространении ядерного оружия, Договор по ПРО, конвенции по биологическому и химическому оружию. Ученые активно выступали против войны во Вьетнаме. Сегодня наиболее значимыми представляются вопросы, связанные с терроризмом и ликвидацией оружия массового уничтожения, а также проблемы экологической и сельскохозяйственной безопасности, региональных конфликтов, социальной ответственности ученых. В 1995 г. Пагуошское движение было удостоено Нобелевской премии мира за вклад в борьбу с ядерной угрозой.



В работе движения активное участие принимают российские ученые, такие, как академики Н.А. Платэ, Ю.А. Рыжов, Н.П. Лаверов, Е.П. Велихов, Ю.А. Трутнев, Б.В. Литвинов, профессора С.П. Капица, А.И. Никитин и многие другие.

Встреча рабочей группы, организованная в феврале этого года Российским Пагуошским комитетом при президиуме РАН и международной Федерацией мира и согласия, была призвана разработать политические, научно-технические и экономические предложения по утилизации российского высокообогащенного урана (ВОУ).

Участники подчеркивали важность международного сотрудничества в обеспечении безопасности хранения и транспортировки ядерных материалов. В условиях активизации международного терроризма контроль за этими веществами приобретает особое значение, ибо они могут использоваться для создания взрывных устройств. Еще в 1994 г. между США и Россией было заключено соглашение о переработке избытков российского высокообогащенного урана в низкообогащенный.

Однако процесс идет медленно, поэтому возникло предложение задействовать европейский проект финансирования данных работ. Один из вариантов излагается в виде формулы: «10+10 за 10». Это означает предоставление США \$10 млрд. плюс 10 млрд. евро, выделяемых Европейским союзом, для целевого использования в России в течение 10 лет.

Постоянный контроль необходим также за запасами плутония и отработанными материалами, оставшимися в атомных реакторах, отслуживших свой век подводных лодок. Было высказано мнение, что выделяемых средств недостаточно для нейтрализации всего избытка ядерных материалов в России, оцениваемого примерно в 1000 т. По оценке экспертов, в мире накоплено свыше 1700 тонн ВОУ, из них может быть произведено более 17 тыс. ядерных зарядов. Попадание хотя бы небольшой части ВОУ в руки террористов подвергнет мир колоссальной опасности. Ученые ставят перед собой задачу определить весь спектр бюрократических, технологических и политических препятствий, мешающих осу-

ществлению программы переработки излишков урана в России.

Звучали предложения рассмотреть вопрос о списании части внешнего российского долга в счет проведения этих работ. По мнению российской стороны, часть средств необходимо использовать на социальные нужды, в том числе открытие новых рабочих мест для высококвалифицированных специалистов, которые будут уволены в результате закрытия предприятий,

производящих высокообогащенные ядерные материалы.

По итогам московской встречи международная экспертная группа Пагуошского движения планирует внести в июне этого года предложения по утилизации российского избыточного ВОУ в правительство Швеции, которое намерено представить конкретный план финансовой помощи России в этой области на рассмотрение Европейского союза.

ОБ АВТОРЕ:

Михаил Александрович Лебедев – ответственный секретарь Российского Пагуошского комитета при президиуме РАН, секретарь-координатор программы «Международное сотрудничество за мир» Федерации мира и согласия.

ИНЖЕНЕР ГОДА

В январе 2003 г. были подведены итоги заключительного тура ежегодного Всероссийского конкурса «Инженер года–2002». Жюри, в состав которого вошли ведущие ученые, инженеры, специалисты различных отраслей народного хозяйства, определило победителей по каждой номинации и наградило их дипломами и памятными медалями «Лауреат конкурса». Наград удостоились 132 участника. К сожалению, у нас нет возможности назвать каждого победителя. Отметим лишь несколько имен. В частности, в номинации «Техника военного и специального назначения» лауреатом стал Л.Б. Рошаль, заместитель генерального конструктора Государственного предприятия «Конструкторское бюро приборостроения»; в номинации «Нефтяная и газовая промышленность» победу одержал Н.Г. Ибрагимов, главный инженер ОАО «Татнефть»; в номинации «Химия» победителем признан А.М. Митрохин, заместитель директора Научно-производственного центра по науке ОАО «Каустик».

Участники конкурса, прошедшие в финал, были аттестованы на звание «Профессиональный инженер России» с вручением соответствующего сертификата и занесением в реестр победителей конкурса на Web-сайте Российского союза научных и инженерных организаций в Интернете.

Конкурс проводится с 2000 г. и направлен на пропаганду достижений и опыта лучших инженеров страны, а также – привлечение внимания государства к проблемам отраслей. По мнению организаторов, именно научно-техническая интеллигенция призвана стать носителем, хранителем и созидателем инженерной культуры в России.

Мероприятие проходит под эгидой Российского союза научных и инженерных общественных организаций, объединяющей отраслевые и региональные союзы ученых и инженеров, а также при участии Международного союза НИО и Академии инженерных наук РФ. По своему масштабу конкурс является крупнейшим социальным проектом в нашей стране.

Доброй традицией стало посвящение каждого конкурса памяти кого-либо из выдающихся российских ученых. Так, «Инженер года–2002» связан с именем А.М. Прохорова (1916–2001) – академика, лауреата Нобелевской премии. Следующий конкурс по итогам 2003 г. организаторы предлагают посвятить 150-летию со дня рождения выдающегося ученого и талантливого инженера В.Г. Шухова. Положение о проведении очередного конкурса будет принято в апреле 2003 г. ■



ЧЕРЕЗ 5–7 ЛЕТ СВЕРХЗВУКОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ПРЕКРАТЯТСЯ

Алла Рогова

В скором времени ресурс единственных в мире сверхзвуковых самолетов, эксплуатирующихся в гражданской авиации – англо-французских «Конкордов», – будет исчерпан, их спишут.

4 января 1969 г. во всех газетах было напечатано официальное сообщение: «Впервые в мире 31 декабря 1968 г. в Советском Союзе совершил полет сверхзвуковой пассажирский самолет «Ту-144». Этот полет стал новым достижением советской науки и техники». Первый серийный самолет поднялся в воздух в июле 1971 года, второй собрали на следующий год, он получил регистрационный номер СССР 77102 и был представлен на авиасалоне в Ле Бурже. В 1973 г. на очередном авиасалоне во Франции «Ту-144» разрушился на глазах сотен тысяч зрителей, когда ему пришлось сделать крутой вираж, чтобы уйти от

внезапно появившегося французского истребителя «Мираж».

Сегодня основной проблемой гражданской авиации во всем мире стал непрерывный рост объема перевозок на дальних воздушных трассах (более 6 000 км). Если темпы роста сохранятся, то к 2005 году объем перевозок увеличится вдвое по сравнению с 1990 г., а к 2015-му еще раз удвоится. Наиболее перспективный выход из сложившейся ситуации – разработка сверхзвуковых пассажирских самолетов нового поколения, которые имеют в 2–3 раза большую скорость полета, чем современные дозвуковые.

Россия, Англия и Франция имеют свои действующие сверхзвуковые самолеты. В США же проект был приостановлен из экономических соображений, поскольку программа требовала больших затрат, чем проект экспеди-

ции на Луну. Но в самом начале 1990-х гг. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA) совместно с Boeing и McDonnell-Douglas возобновило исследования в этом направлении. Под проект сверхзвукового самолета нового поколения для перевозки 300 пассажиров на дальность более 6 000 км было выделено \$440 млн. Чтобы значительно снизить затраты было принято решение взять за основу чужие готовые методики.

Долго не утихала полемика: какой самолет взять за основу – «Конкорд» или «Ту-144»? Дело в том, что в США влиятельные политические силы считали, что средства, выделенные американской стороной на создание сверхзвуковой летающей лаборатории, не надо направлять в Россию. Но «Ту-144» по многим параметрам превосходил европейский аналог и наиболее полно отвечал цели программы. Поэтому 18 октября 1993 г. американская сторона решила привлечь к проекту ОАО «Туполев», чтобы проверить на летающей лаборатории, которая есть только в России, применяемые технологические решения и методики. Началась работа по модификации летающей лаборатории под эксперимент (одного из трех действующих «Ту-144»), а второй самолет был использован как наземный стенд.

В ходе программы были выполнены: 27 исследовательских полетов, 8 летных и несколько наземных уникальных экспериментов. В результате были получены аэродинамические, прочностные, акустические характеристики, а также сведения, которые позволяют оценить воздействие сверх-



«Заячьи уши» – уникальная находка туполевских конструкторов. Это крылышко позволяет значительно снизить взлетно-посадочную скорость и абсолютно незаметно на сверхзвуке.

звукового пассажирского самолета на окружающую среду. Посредством «Ту-144ЛЛ» осуществлялись проверки расчетных методик таких сложных процессов, как, например, замер температуры нагреваемой обшивки бака, заполненного холодным топливом, или расчет интенсивности прогрева топлива, подступающего к насосу двигателя. Для этих целей требуется летающий натурный стенд, позволяющий в условиях реального сверхзвукового полета получить самые точные данные. Каждый полет летающей лаборатории приносил массу ценнейших знаний, важнейших данных, полученных в условиях реального полета, а не в аэродинамических трубах или стендах.

В 1999 г. программа совместных исследований для уточнения множества параметров, необходимых для создания американского сверхзвукового пассажирского самолета нового поколения, была успешно завершена. Однако американская сторона вновь свернула проект. «Комиссия пришла



к выводу, что современная мировая наука пока не готова к созданию сверхзвукового самолета второго поколения. Необходимо еще работать в этом направлении, улучшить аэродинамику, повысить параметры силовой устойчивости, поднять температуростойкость материалов на 15–20%», – рассказал главный конструктор, руководитель работ по сверхзвуковым пассажирским самолетам, профессор А.Л. Пухов.

Осенью 2000 г. один «Ту-144» был продан за \$500 тысяч частному музею в Гер-

мании. Летающая лаборатория после завершения исследований находится на базе, на ней проводятся регламентные работы, прогоняются двигатели.

«Но мировая гражданская авиация не может остаться без сверхзвукового самолета, поэтому ОАО «Туполев» подготовил проект «Ту-444» – самолет административного значения небольших размеров, на 10 человек, который в ближайшее время представим на суд мировой общественности», – сказал А.Л. Пухов. ■

НЕДЕЛЯ НАУКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

С 1 по 6 апреля в Петербурге пройдет Неделя науки. В рамках Недели будет организована серия публичных лекций на научные темы и семинар «Великобритания и Россия. Инновационный путь развития».

Ожидается, что в мероприятиях примут участие лауреат Нобелевской премии, академик Жорес Алферов, председатель Комиссии по устойчивому развитию Государственной думы РФ, академик М.Ч. Залиханов, академики РАЕН О. Л. Кузнецов, В. С. Петросян, В.В. Худoley, академики РАН Д.С. Львов, К.Я. Кондратьев. Ведущими семинаров будут первый заместитель Министра промышленности, науки

и технологий РФ А.А. Фурсенко и ученый секретарь Совета по науке и высоким технологиям при Президенте РФ М.В. Ковальчук; с британской стороны – главный научный советник правительства Великобритании Дэвид Кинг.

Неделя науки проводится в рамках британской программы *UK@SPB*, посвященной 300-летию Санкт-Петербурга. Программа рассчитана на год и включает мероприятия и визиты, которые дополняют общий список городских событий, посвященных празднику.

К Неделе науки приурочена выставка интерактивных научных моделей

и игрушек. Она откроется в Петербурге в мае и продлится два месяца.

Организаторами Недели науки в Петербурге выступают Британский совет и посольство Великобритании.

Основными партнерами по Неделе являются Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», Фонд содействия развитию малых предприятий в научно-технической сфере, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и журнал «Ломоносов». ■

Информация предоставлена интернет-изданием CNews.ru

ПРИНЦИП КАПИТАНА КИРКА

Интуиция – ключ к познанию.



Майкл Шермер

Звездная дата: 1672.1. Земная дата: 6.10.1966. Сериал «Звездный путь» (Star Trek), эпизод 5-й, «Внутренний враг».

С планеты Альфа 177 при помощи нуль-транспортировки доставлен капитан Джеймс Кирк (James T. Kirk). Магнитные аномалии вносят неисправность в работу транспортатора, и Кирк материализуется на корабле сразу в двух ипостасях: спокойный и разумный капитан, и он же, но агрессивный и нерациональный. Рассудительный, но безвольный Кирк как командир корабля должен принять решение и спасти команду, но парализован нерешительностью. Он сетует на свою вторую сущность: «Я не смогу выжить без него, но я не хочу брать его с собой. Он похож на животное – бездумное, жестокое. И все же – это я!»

Психологическая схватка интеллекта с интуицией разыгрывается практически в каждом эпизоде «Звездного пути». Сверхрациональный мистер Спок противостоит гиперэмоциональному доктору Маккою, и капитан Кирк – золотая середина между ними. Таким образом, баланс между интеллектом и интуицией я назвал принципом капитана Кирка: интеллектом движет интуиция, интуицией, в свою очередь, управляет интеллект.

Для большинства ученых интуиция – ярый противник рациональной жизни, внутренний враг, который поражает быстрее фазера с усиленным зарядом (тип лазерного оружия, используемого героями сериала). Принцип капитана Кирка изложен в книге «Интуиция – ее сила и опасность» психолога Дэвида Майерса из Колледжа Хоуна Йельского университета (Intuition: Its Powers and Perils. David G. Myers. Hope College. Yale

University, 2002). Признаюсь, я был весьма скептически настроен, когда впервые взял в руки эту книгу. Тем не менее Майерс наглядно показал, что интуиция – «наша способность приобретать абсолютное знание, мгновенно проникать в суть вещей, не прислушиваясь к голосу разума и не проводя каких-либо наблюдений» – такая же неотъемлемая часть мышления, как и логика.

Налини Эмбади (Nalini Ambady) и Роберт Розенталь (Robert Rosenthal) из Гарвардского университета обнаружили, что характеристики преподавателей, данные студентами, просмотревшими 30-секундную видеозапись, сродни характеристикам, которые дали студенты, прослушавшие курс лекций у них же. Поразительный результат дал просмотр трех двухсекундных записей, где совпадения характеристик составили 72%.

Исследования показывают, как неосознанные раздражители влияют на наше восприятие. Моше Бар (Moshe Bar) и Ирвинг Бидерман (Irving Biederman) из Университета Южной Калифорнии провели следующий эксперимент: перед показом слайдов с изображением людей участникам эксперимента в течение 47 миллисекунд демонстрировали эмоционально положительные образы (котенок, влюбленная пара) и отрицательные (оборотень, труп). Хотя испытуемые утверждали, что видели лишь вспышку света перед кадрами, было зарегистрировано больше положительных отзывов о людях, чьи фотографии предшествовали эмоционально положительным изображениям.

Интуиция – это не подсознательное, а скорее обостренное восприятие,

подкрепленное знаниями (способ постижения истины, опосредованный логическим мышлением и практикой). Шахматисты-профессионалы часто предчувствуют, какой необходим ход, хотя и не могут объяснить, откуда они это знают. Эксперты в области физиогномики по малейшим изменениям выражения лица могут достаточно достоверно определить, что собеседник говорит неправду.

Большинство из нас не способны распознавать ложь, так как мы привыкли полагаться скорее на слова чем на действия человека. Участники эксперимента, у которых наблюдалась афазия (нарушение речи), вызванная инсультом, более точно (в 73% случаев) могли выявить ложь, анализируя мимику. (Кто не страдал подобными нарушениями, набрали менее 50%.) Бывают случаи, когда люди целиком и полностью вынуждены полагаться на интуитивное мышление, поскольку при повреждении отдельных участков лобных долей мозга и миндалевидного тела (центра страха) возникает неадекватное восприятие взаимоотношений и теряется способность распознавать ложь в процессе общения с людьми.

В науке мы стараемся не прибегать к помощи интуиции, поскольку она таит в себе много опасностей (что также было отмечено Майерсом). Нам следует запомнить принцип капитана Кирка: интеллект и интуиция дополняют друг друга, но не конкурируют между собой. Интуиция может завести нас в дремучие дебри эмоционального хаоса, но без нее мы не сможем решить сложные социальные ситуации и моральные дилеммы. ■

ПРЕВЗОЙТИ ЭЙНШТЕЙНА

Если соединить теорию относительности с квантовой теорией поля, то удастся пролить свет на природу пространства и времени.

Аманда Гэфтер

Физика подобна кулинарии. Возьмем один ингредиент, потом другой и соединим их вместе. Главное – сочетать необходимые элементы таким образом, чтобы, как только зазвонит звонок в духовке, вселенная получилась такой, какой нужно, считает Фотини Маркопулу Каламара (Fotini Markopoulou

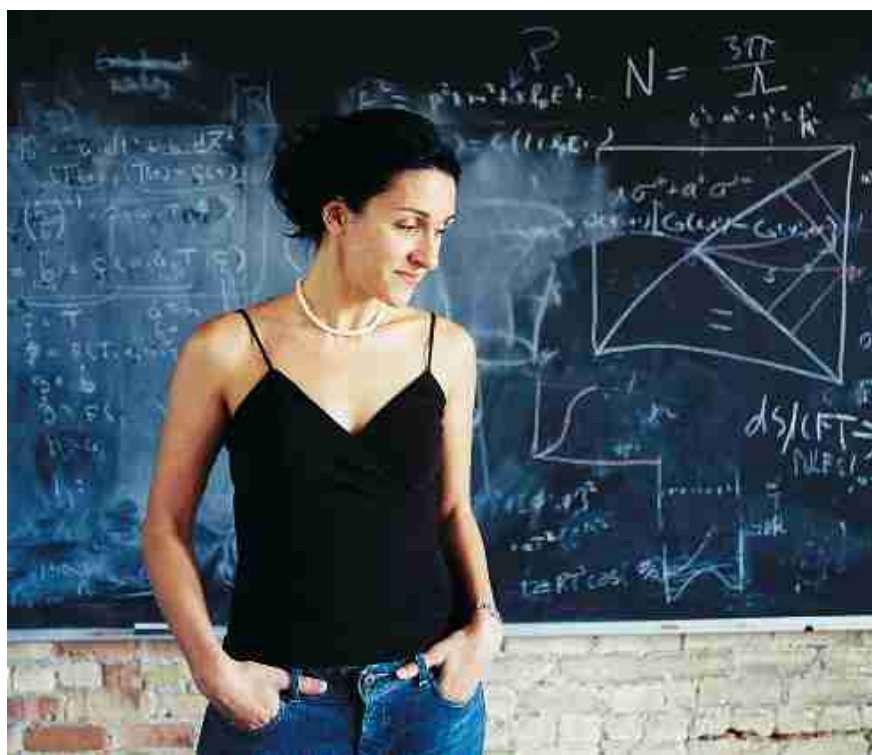
Kalamara), одна из самых многообещающих физиков в мире

Выдающиеся физики Роберт Майерс (Robert Myers), Ли Смолин (Lee Smolin) и Фотини надеются объединить общую теорию относительности Эйнштейна и квантовую теорию и таким образом найти объяснение при-

роде пространства и времени. Подобное объединение – величайшая задача современной физики. Предыдущим претендентом на эту роль была теория струн, в которой предполагалось, что строительный базис материи – крошечные одномерные струны, колебания которых, словно из музыкальных нот, создают знакомое попури из элементарных частиц.

Несмотря на то, что в теории струн гравитация включена в квантовое описание материи, некоторые физики полагают, что у нее есть недостатки, не позволяющие ей стать универсальной. Теория предполагает, что существуют 26 пространственных измерений – гораздо больше, чем можно обнаружить экспериментальным путем. Важнее то, что хотя струны великолепно подходят для описания материи, они не годятся для определения пространства, в котором совершают колебания. Проблема, возможно, будет решена при помощи новейших вариантов теории струн. Но небольшая группа физиков, в которую входят Смолин, Абхай Аштекар (Abhay Ashtekar) из Пенсильванского университета и Карло Ровелли (Carlo Rovelli) из Центра теоретической физики в Марселе, придают большее значение другому подходу: петлевой квантовой гравитации, или *LQG*.

В рамках *LQG* все сущее состоит из взаимодействующих и соединяющихся петель, образующих спиновые сети, впервые введенные английским математиком Роджером Пенроузом (Roger Penrose) в 60-х гг. прошлого века в виде абстрактных графов. Для квантования



ФОТИНИ МАРКОПУЛУ КАЛАМАРА

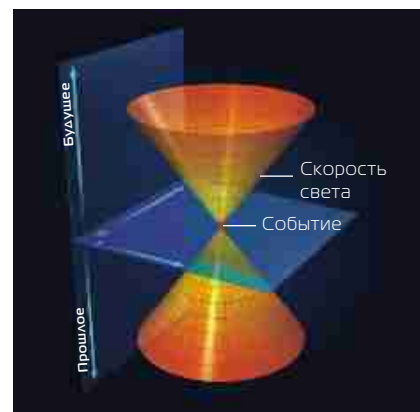
- Работает в Институте теоретической физики в Ватерлоо, Канада.
- Считает, что если каузальная теория спиновых сетей верна, то Вселенная подобна гигантскому квантовому компьютеру.
- Утверждает, что необходимо получать удовольствие от работы, иначе не избежать стресса. Можно заблуждаться, полагая, что Вселенная состоит из атомов! Надо мыслить свободно.

уравнений общей теории относительности Смолин и Ровелли воспользовались стандартной методикой и под грудой математических вычислений обнаружили сети Пенроуза. Узлы и грани графов содержат дискретные значения площади и объема, давая начало квантовому трехмерному пространству. Но так как теории исходили из релятивизма, у них оставалось некоторое подобие пространства и вне квантовых сетей.

В Лондонском имперском колледже Фотини Маркопулу Каламара прослушала курс лекций Криса Айшема (Chris Isham) и под его научным ру-

ководством изменяются в соответствии с простыми математическими правилами, увеличиваясь, усложняясь и превращаясь в итоге в огромное пространство, в котором мы существуем.

Проследивая эту эволюцию, Маркопулу Каламара постигает структуру пространства и времени. В частности, она утверждает, что абстрактные петли способны воспроизвести одно из наиболее важных положений теории Эйнштейна – световые конусы, области пространства-времени, внутри которых свет от некоторого события может достичь наблюдателя. Световые конусы обеспечивают соблюдение



Световые конусы определяют все прошлые и будущие причинно-следственные связи события.

Теоретическая физика во многом схожа с искусством. Соединение всех элементов воедино напоминает работу скульптора с куском глины.

ководством защитила кандидатскую диссертацию, посвященную теории квантовой гравитации. Позже она присоединилась к Смолину в Пенсильванском университете и занялась петлевой квантовой гравитацией. Она начала с вопроса: «Почему бы, оттолкнувшись от спиновых сетей Пенроуза (не входящих ни в одно существовавшее прежде пространство), не синтезировать их с некоторыми выводами *LQG*?» Так появились несуществующие в пространстве нематериальные сети, своей архитектурой определяющие пространство и материю. На доске (см. фото) не представлено ничего вещественного, лишь геометрические взаимосвязи. Пространство перестает быть местом, где сталкиваются и преобразуются частицы, и становится калейдоскопом постоянно изменяющихся структур и процессов.

Каждая спиновая сеть представляет собой моментальный снимок, застывшее состояние Вселенной. В реальности спиновые сети эволюционируют

последовательности причины и следствия различных событий. Наглядный пример – звездное небо: мы знаем, что есть бесчисленное количество звезд, света которых мы не видим, так как с момента рождения Вселенной прошло недостаточно времени, чтобы их свет осветил наш путь; они находятся за пределами нашего светового конуса.

Все это становится не столь очевидным при внедрении концепции световых конусов в теорию спиновых сетей, подчиняющихся законам квантовой механики. В странном мире неопределенности каждая сеть способна трансформироваться бесконечным количеством способов, не оставляя при этом и следа своего развития. «Мы не знали, как в рамках нашей теории ввести понятие причинности в *LQG*», – признался Смолин. Маркопулу Каламара предложила удачное решение, связав световые конусы с узлами сетей. В результате их эволюция приобрела законченность, и при этом сохранилась структура последовательности событий.

Проблема в том, что спиновая сеть представляет собой всю Вселенную. С позиций традиционной квантовой механики объекты и события остаются в царстве вероятности до момента их регистрации наблюдателем. Но ведь никто не способен оказаться за пределами Вселенной и обозреть ее извне. Каким же образом тогда может существовать Вселенная? «В этом-то и вопрос, – говорит Маркопулу Каламара. – Кто смотрит на Вселенную? Мы». Внутри Вселенной существуют свои собственные наблюдатели, представленные узлами сети. Идея проста: чтобы написать большую картину, нужен не один, а несколько художников. Световые конусы, использованные для переноса принципа причинности в квантовое пространство-время, точно определяют зону обзора каждого наблюдателя.

Из-за того, что скорость света конечна, мы наблюдаем только ограниченную часть Вселенной. Ваше положение в пространстве-времени ►

уникально, поэтому обозреваемый вами срез Вселенной немного отличается от среза любого другого наблюдателя. Несмотря на то, что не существует внешнего наблюдателя, имеющего доступ ко всей вселенской информации, мы можем воссоздать осмысленную картину Вселенной на основе частичной информации, которую получает каждый из нас. Прекрасная мысль: у любого из нас есть своя Вселенная! Не следует, однако, забывать о некоторых совпадениях, так как в основном мы видим одно и то же, то есть целостную Вселенную вместо квантованного пространства-времени.

«Теоретическая физика во многом схожа с искусством. Соединение всех элементов воедино напоминает ра-

боту скульптора с куском глины. Мне нравится, что здесь есть элемент творчества», – заключает Маркопулу Каламара.

Сейчас она работает над выводением одномерного времени из квантовой причинности. Фотини считает, что если основные положения теории спиновых сетей подтвердятся в ходе наблюдений, то удастся устранить и некоторые ее недочеты. Один из экспериментов может заключаться в наблюдении гамма-излучения

источника, удаленного на миллиарды световых лет. Если пространство-время действительно дискретно, то скорости единичных фотонов должны несколько различаться и зависеть от длины волны. Маркопулу Каламара пытается определить вид этой дисперсии.

Сегодня Маркопулу Каламара интенсивно работает, ожидая звонка духовки. Если ее предсказания сбудутся, то наше представление о структуре пространства изменится навсегда. ■

Фотини Маркопулу Каламара (Fotini Markopoulou Kalamara) родом из Греции, ей 31 год. Она – сотрудник Института теоретической физики в Ватерлоо, Канада (канадский аналог Института специальных исследований в Принстоне, штат Нью-Джерси).

«Очевидное–невероятное»

Смотрите в апреле по субботам в 15.00 на ТВЦ:

ОЧЕВИДНОЕ



НЕВЕРОЯТНОЕ

Солнце и солнечная активность.

В студии кандидат физико-математических наук, доцент МГУ

Э. В. Кононович.

Новые представления о строении нашей родной звезды помогают понять процессы, происходящие на Земле. Погаснет ли Солнце? Каковы современные представления о солнечной активности? Как от нее зависит климат на Земле и процессы в биосфере? Ответы на эти и другие вопросы вы узнаете из передачи «Очевидное–невероятное».

Каким мы видим наномир?

В студии доктор технических наук

В. А. Быков.

Нанотехнология – одно из самых динамичных направлений современной науки. Но мало кто знает, что уже сейчас можно не только увидеть отдельные атомы и молекулы, но и создавать новые материалы. Что из себя представляют углеродные нанотрубки и почему им уделяется такое внимание? Как выглядят кристаллы и как работает туннельно-зондовый микроскоп? Уникальные кадры и новая информация на эту актуальную тему – в передаче «Очевидное–невероятное».

Математика в нашей жизни.

В студии академик РАН

В. И. Арнольд.

Передача посвящена знаменитому советскому ученому Андрею Николаевичу Колмогорову, столетие со дня рождения которого отмечается в апреле этого года. Для многих математика – лишь сухие формулы и цифры. Однако академик Арнольд представляет ее как живую, эмоциональную и увлекательную науку. Его рассказ, насыщенный яркими метафорами и образами, позволит даже неподготовленному зрителю глубже понять значение этой важнейшей и необычной науки.

**SCIENTIFIC
AMERICAN**



50 ЛУЧШИХ УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ

Технический прогресс – это героические усилия многих людей: ученые и инженеры расширяют знания о физическом мире и возможности управлять им, промышленные корпорации мобилизуют силы для внедрения инноваций, в то время как законодатели формируют политику общества в области использования новых технологий. В этом номере журнала мы чествуем 50 ученых, исследовательских групп и компаний, выбранных американской редакцией, за их вклад в развитие 12 обширных областей науки и техники. Это – сельское хозяйство, химия и материаловедение, связь, вычислительная техника, оборона, энергетика, охрана окружающей среды, технология производства, медицина, медицинская диагностика, транспорт, высокие технологии. Речь пойдет о победителях в четырех номинациях: «Лучший исследователь», «Лучший бизнесмен», «Лучший политик» и «Лучшая компания 2002 г.».

Предлагаем вам познакомиться с несколькими участниками почетного списка *Scientific American 50*, информация о которых будет интересна не только американским, но и российским читателям.

Сельское
хозяйство

Химия и
материаловедение

Связь

Вычислительная
техника

Оборона

Энергетика

Охрана
окружающей
среды

Технология
производства

Медицина

Медицинская
диагностика

Транспорт

Высокие
технологии



СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ЛУЧШИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ

Стефен Гофф (Stephen Goff) из Исследовательского института Сингенты, а также Хуанминь Янг (Huanming Yang) из Института геномики в Пекине и Жун Ю (Jun Yu) из Центра генома Вашингтонского университета независимо друг от друга сообщили в одном из номеров журнала *Science* о построении карты генома риса – злака, которым питается более половины населения Земли. Янг и Ю исследовали сорт *indica*, а Гофф – *japonica*. Обе группы исследователей использовали прием, называемый *whole-genom shotgun* (дробью по всему геному), сочетающий в себе методы молекулярной биологии и компьютерного моделирования. В то время как построение геномной последовательности другими способами занимает годы, Янг с сотрудниками выполнили эту работу за 74 дня.

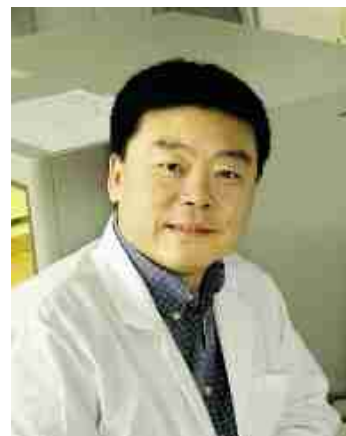
Данные о последовательности нуклеотидных оснований, образующих хромосому, помогут вывести улучшенные сорта риса и других злаков, устойчивые к заболеваниям, засухе и вредителям.



Стефен Гофф



Хуанминь Янг



Жун Ю

ЛУЧШИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ

Профессор биологии Эллисон Сноу (Allison A. Snow) из Университета штата Огайо изучала взаимодействие съедобного и сорного редиса. Полученные ею дикие гибриды унаследовали некоторые характерные для культурного сорта внешние признаки (например, окраску цветков), но оказались более продуктивными и отвоевали у своих собратьев посевную площадь. Исследования Сноу продемонстрировали опасность того, что созданные с помощью генной инженерии полезные качества трансгенных культурных сортов могут быть переданы их диким родственникам. Гибриды способны появиться за один сезон и быстро эволюционировать в агрессивных захватчиков.



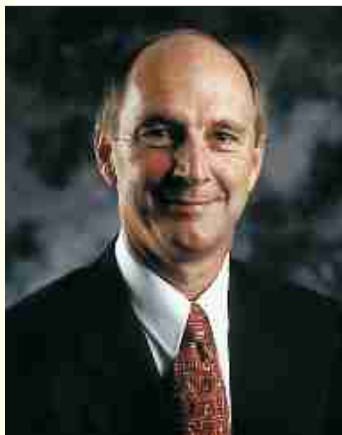
ЛУЧШАЯ КОМПАНИЯ

В этом году представители техасской компании *ProdiGene* заявили, что из выращиваемой ею генетически модифицированной кукурузы могут быть выделены химические соединения для производства вакцины против СПИДа. Этот злак вырабатывает белок *gp120*, который, как надеются исследователи, сможет инициировать производство антител к ВИЧ, таким образом побеждая вирус и предотвращая последующее инфицирование. В настоящее время действие *gp120* испытывается на животных.

ЛУЧШИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ

Ученые, работающие в области биомиметики (разработка материалов, имитирующих вещества, вырабатываемые живыми организмами), давно стремились разработать способ массового производства нитей из паутины, вырабатываемой пауками. Такая нить легче, прочнее и гибче аналогичных синтетических волокон.

Антула Лазарис (Anthoula Lazaris), старший научный сотрудник *Nexia Biotechnologies*, и Костас Каратзас (Costas Karatzas), первый вице-президент этой канадской компании, внедрили гены паука в клетки молочных желез коз специальной породы, отличающихся быстрым ростом и ранним наступлением лактации. Словно в прядильном органе паука, в вымени вырабатывалось и молоко, и тончайшие шелковые нити, которые оставалось лишь спрядать. Лазарис и Каратзас надеются, что новый материал будет применяться для изготовления искусственных связок, нитей для микрохирургии, струн для теннисных ракеток и даже бронежилетов.



ЛУЧШИЙ БИЗНЕСМЕН

В прошлом году компания *Cargill Dow* под руководством Рэнди Ховарда (Randy Howard) начала производство пластмасс из кукурузы, а не из нефти. Регенерируемый, компостируемый пластик полилактид (*polylactide*) уже вышел на рынок пищевых контейнеров, одноразовых стаканчиков и других изделий. Вскоре предполагается заменить зерно стеблями и другими отходами обработки кукурузы.



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

ЛУЧШИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ

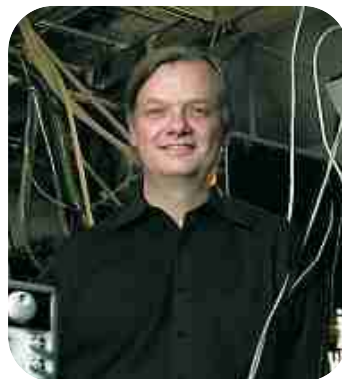
Стэнли Уильямс (R. Stanley Williams), Филип Кьюкс (Philip J. Kuekes), Йонг Чен (Yong Chen) из *Hewlett-Packard Laboratories* и Джеймс Хит (James Heath) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе занимаются исследованиями в области молекулярной электроники. Они заявили, что в *Hewlett-Packard Laboratories* созданы 64-разрядные кристаллы памяти размером менее квадратного микрона, в которых используются молекулярные триггеры. Плотность расположения элементов в новых микросхемах на порядок выше, чем в современных кремниевых чипах. Для производства кристаллов был разработан особый способ нанолитографии, а также новая методика предотвращения взаимного влияния электрических сигналов в сложных молекулярных логических схемах.



Стэнли Уильямс



Джеймс Хит



Филип Кьюкс



Йонг Чен

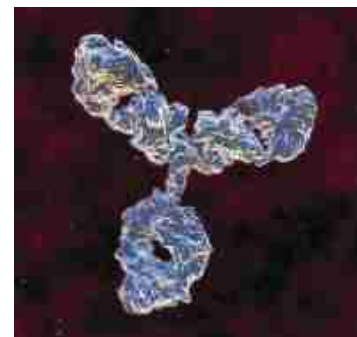


МЕДИЦИНА

ЛУЧШАЯ КОМПАНИЯ

IDEC Pharmaceuticals

Моноклональные антитела – это белки иммунной системы, которые связываются с определенными чужеродными клетками, в результате чего последние уничтожаются иммунными клетками. В 80-е годы они были разрекламированы как «волшебные пули», способные вылечить рак, однако не прошли испытаний на людях. В 1998 г. компания *Genetech* изготовила первый успешный препарат для лечения метастатирующего рака груди на основе моноклональных антител – *Herceptin*. Считается, что он блокирует рецепторы факторов роста на раковых клетках. Ученые долгое время стремились соединить моноклональные антитела с радиоизотопами или токсинами, с тем, чтобы они могли непосредственно убивать раковые клетки. В феврале 2002 г. *IDEC* в Сан-Диего начала продвижение на рынок препарата *Zevalin* (на основе моноклональных антител, соединенных радиоизотопом), предназначенного для лечения не-ходжкинской лимфомы.



ЛУЧШИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ

Энтони Атала (Anthony J. Atala), руководитель отдела тканевой инженерии, Детская клиника в Бостоне, и доцент хирургии, Гарвардская медицинская школа.

Целью исследований Энтони Аталы, которым он посвятил более пяти лет, было создание «запасных частей» для живого организма. Он показал, что методом тканевой инженерии можно выращивать функциональные органы и ткани, которые при имплантации не будут отторгаться организмом животного-хозяина. Ему удалось создать мочевой пузырь собаки, культивируя изолированные клетки на шарообразном полимерном шаблоне. Орган был имплантирован обратно собаке-донору и нормально функционировал. В настоящее время Атала ждет разрешения Управления по контролю за качеством пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств на проведение подобных операций пациентам, которым предстоит удаление тех или иных органов.

Для выращивания тканей Атала применил также клонирование. Совместно с исследователями из Центра современных клеточных технологий в Ворчестере, шт. Массачусетс, Клиники Майо и Медицинской школы университета Майами он вырастил трансплантаты сердечных и скелетных мышц и тканей почки. Для этого из яйцеклетки коровы было удалено ядро и вместо него введено ядро клетки, взятых из кожи уха другой коровы. После того как клетка достигла стадии деления, ее имплантировали в матку коровы, которой вводили гормоны. Образующиеся стволовые зародышевые клетки изолировали и инъецировали под кожу другой коровы.

Выращенные подобным образом «лоскуты» тканей сердечной мышцы были способны спонтанно сокращаться, а почечные ткани выделяли мочу. Никаких признаков отторжения трансплантатов не наблюдалось.

Работы Аталы позволяют говорить о перспективности терапевтического клонирования в применении к человеку. Для этого достаточно изолировать стволовые клетки на самых ранних стадиях эмбриогенеза. Такие клетки могут дать начало любым тканям. К сожалению, при культивировании они бесконтрольно дифференцируются в клетки мышц, печени, почек и т.д. И теперь нужно научиться управлять этим процессом, чтобы получать нужные ткани.

С помощью методов клонирования и тканевой инженерии можно будет создавать банк органов. В США постоянно около 80 000 человек ожидают операции по пересадке органов, взятых у умерших людей. Многие из них умирают, так и не дождавись донорского органа, или вследствие его отторжения. Даже если все условия совместимости были соблюдены, пациенту угрожает постоянная опасность, и он должен всю жизнь принимать препараты, препятствующие отторжению, а следовательно – подавляющие иммунитет.





ПРЕМИЯ «ТРИУМФ»

Премия «Триумф» ежегодно присуждается выдающимся деятелям общественной жизни России за весомый вклад в развитие культуры, науки, общества и государства. Мы представляем читателям номинантов премии в различных областях науки.

НОМИНАЦИЯ «ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ»

ЯНИН ВАЛЕНТИН ЛАВРЕНТЬЕВИЧ. Академик, заведующий кафедрой археологии МГУ им. Ломоносова, выдающийся историк современности, фундаментальные труды которого по русской истории и археологии являются гордостью отечественной науки и культуры. Основными направлениями его многогранной научной деятельности являются археология и источниковедение, генеалогия и метрология, эпиграфика и лингвистика, историческая топография и топонимика, монументальное и прикладное искусство, библиография и музыковедение, нумизматика и сфрагистика. Однако центральное место в его научной деятельности занимают исследования социально-политической истории феодальной Новгородской республики и письменности Древней Руси. Им впервые в историографии реконструированы политическая структура вечевых институтов Новгорода, принципы формирования и история феодальных вотчин, денежно-весовая система домонгольской Руси и ее эволюция.



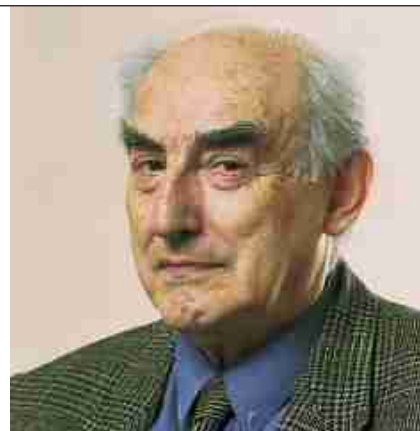
НОМИНАЦИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

БРЕХОВСКИХ ЛЕОНИД МАКСИМОВИЧ. Академик, член Национальной академии наук США и Польской академии наук, создатель и признанный лидер российской школы акустико-океанологов. С его именем связано открытие подводного звукового канала и глубокое изучение процесса распространения звука в океане. Бреховских – автор одного из самых выдающихся открытий XX века в области наук о Земле – открытия синоптических вихрей в океане, определяющих климатические изменения на нашей планете и объясняющих многие явления в Мировом океане.



НОМИНАЦИЯ «ФИЗИКА, ЭНЕРГЕТИКА»

ГИНЗБУРГ ВИТАЛИЙ ЛАЗАРЕВИЧ. Академик, принадлежит к числу уникальных физиков-универсалов. Область его научных интересов охватывает практически все основные разделы современной физики и астрофизики. Мировую известность и признание ему принесли такие фундаментальные труды, как теория черенковского и переходного излучения зарядов в анизотропных и неоднородных средах, разработка кристаллооптики и электродинамики сред с пространственной дисперсией, теория сегнетоэлектрических фазовых переходов, теория сверхпроводимости (Гинзбурга–Ландау), развитие теоретических основ радиоастрономии и распространения волн в плазме, ионосфере Земли и короне Солнца, решение многих проблем общей теории относительности, космологии, внегалактической астрономии, происхождения космических лучей.

**НОМИНАЦИЯ «НАУКИ О ЖИЗНИ, МЕДИЦИНА»**

КОНОВАЛОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ. Академик РАН и РАМН, главный нейрохирург Минздрава РФ, вице-президент Ассоциации нейрохирургов России, руководитель НИИ нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко. Выдающийся нейрохирург; Коновалов внес неопределимый вклад в развитие фундаментальных и прикладных аспектов нейрохирургии, неврологии и клинической физиологии нервной системы. Им научно обосновано, разработано и впервые в мире внедрено в практику новое направление – микронеурхирургия, позволяющая щадящее хирургическое вмешательство практически в любую область внутричерепного пространства. Им создано современное учение о компенсаторно-приспособительных процессах центральной нервной системы при очаговых поражениях головного мозга, которое является основой эффективной системы восстановительного лечения.

**НОМИНАЦИЯ «ХИМИЯ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ»**

МОИСЕЕВ ИЛЬЯ ИОСИФОВИЧ. Академик, член ряда международных академий, признанный в мире специалист в области металлокомплексного катализа, координационной химии переходных металлов. Им разработаны применяемые во всем мире оригинальные принципы конструирования каталитических систем. Он обнаружил палладиевые катализаторы, позволяющие в мягких условиях превращать дешевое сырье нефтяного происхождения в продукты тяжелого органического синтеза. Моисеевым создана отечественная технология производства муравьиной кислоты и оригинальные каталитические системы, позволяющие окислять перфторолефины. Он впервые синтезировал ряд представителей принципиально новых классов неорганических соединений.

**НОМИНАЦИЯ «МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА»**

МАСЛОВ ВИКТОР ПАВЛОВИЧ. Академик, математик широкого профиля. В квантовой математической физике ему принадлежит определение канонического оператора, вошедшего в мировую науку как «канонический оператор Маслова». В теории управления Маслов создал новый метод, названный им «идемпотентный анализ» и завоевавший большое число последователей. Наряду с трудами по математике и математической физике ему принадлежат также оригинальные идеи и работы по экономике и экологической безопасности.



ЯРЧАЙШИЕ ВЗРЫВЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Каждый раз, когда происходит всплеск гамма-излучения, рождается черная дыра.

Нейл Герелс, Луиджи Пиро и Питер Леонард





Еще 10 лет назад никто не знал, чем вызваны гамма-всплески – вспышки излучения высокой энергии, наблюдаемые на небе. Сейчас астрономы считают их лебединой песней умирающих звезд. Черная дыра, возникающая при коллапсе гигантской звезды, частично засасывает ее остатки, но некоторое вещество выбрасывается наружу. При этом в ударных волнах рождается излучение.

Утром 23 января 1999 г. автоматический телескоп в Нью-Мексико зафиксировал в созвездии Северной Короны самый грандиозный взрыв, когда-либо замеченный человечеством. Вспышка была едва различима с расстояния в 9 млрд. световых лет (что составляет более половины размера наблюдаемой Вселенной). Если бы это произошло на расстоянии нескольких тысяч световых лет, то вспышка была бы яркой, как полуденное Солнце, а Земля получила бы такую дозу облучения, что на ней погибло бы все живое. Взрыв оказался из числа всплесков гамма-излучения, которые стали одной из наиболее захватывающих загадок астрономии: первый такой всплеск был обнаружен 2 июля 1967 г.

Выдающиеся открытия последних лет приблизили астрономов к разгадке тайны. До 1997 г. основные данные о гамма-всплесках были получены приборами *BATSE* (*Burst and Transient Source Experiment* – Эксперимент по вспыхивающим и временным источникам) на борту Обсерватории гамма-излучения Комптона. Оказалось, что ежесуточно наблюдается два–три гамма-всплеска, каждый из которых ярче прочих небесных гамма-источников.

Каждая вспышка уникальна, но их можно разделить на две категории: короткие – длящиеся менее двух секунд, и длинные – более продолжительные. Спектроскопически у первых более жесткое гамма-излучение, чем у вторых. Упомянутый выше гамма-всплеск 1999 года длился полторы минуты.

Эксперименты *BATSE* показали, что вспышки распределены изотропно, т.е. равномерно рассеяны по небу. Этот факт опроверг широко распространенное мнение, что источники гамма-всплесков находятся в нашей Галактике. Они рассеяны во всей Вселенной, иначе форма Галактики и положение Земли (в стороне от ее центра) вызвали бы концентрацию вспышек в определенных областях неба. К сожалению, исследования гамма-излучения не позволяют до конца прояснить вопрос. Попытки зарегистрировать гамма-всплески в других диапазонах излучения (например, в оптическом можно выявить галактики, в которых происходят вспышки, а значит, измерить расстояние до них) не увенчались успехом.

Стремительный прорыв

Запущенный в 1996 г. рентгеновский спутник *BeppoSAX* был создан косми-

ческими агентствами Италии и Нидерландов. Он позволил значительно расширить исследования и точно определить положение гамма-всплесков, обнаружить их рентгеновское послесвечение*, появляющееся после исчезновения гамма-сигнала и продолжающееся от нескольких дней до нескольких месяцев. Со временем оно ослабевает и смещается из рентгеновского диапазона в менее жесткий – оптический, а затем и в радиодиапазон. Рентгеновский спутник зафиксировал послесвечение только у длинных вспышек, у коротких оно пока не обнаружено. Используя данные спутника о положении вспышек, оптические и радиотелескопы выявили те области Вселенной, в которых произошли взрывы. Почти все галактики удалены на миллиарды световых лет, значит, вспышки были невероятно мощными. Очевидно, что экстремальные выбросы энергии порождаются экстраординарными причинами, поэтому исследователи начали связывать гамма-всплески с самыми

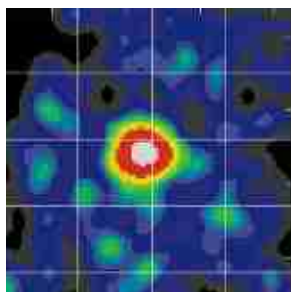
*Послесвечение – *afterglow* – иногда переводится как «ореол».

ОЧЕНЬ ТЕПЛЫЕ ВОСПОМИНАНИЯ

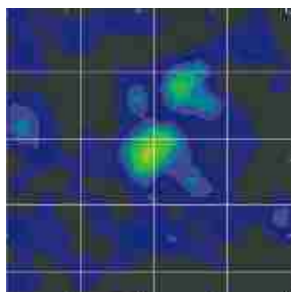
РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ. 28 февраля 1997 г., спустя 8 часов после гамма-всплеска, астрономы – включая одного из авторов (Пиро) – с помощью спутника *BeppoSAX* впервые зафиксировали рентгеновское послесвечение. На втором изображении, полученном через несколько дней, рентгеновский источник ослаб в 20 раз.

ОПТИЧЕСКИЕ ЛУЧИ. Столь же быстрая реакция астрономов на острове Пальма (Канарские о-ва) позволила заметить послесвечение того же гамма-всплеска в видимом диапазоне. Через неделю, когда яркость источника ослабла в 6 раз, стала заметна окружающая его галактика.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

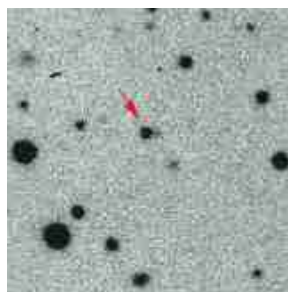


Восемь часов

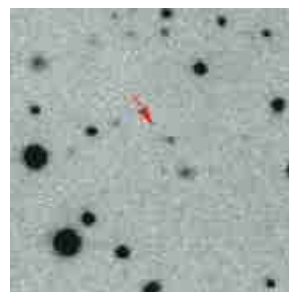


Трое суток

ОПТИЧЕСКИЕ ЛУЧИ



21 час



Восемь суток

необычными среди известных объектов – с черными дырами.

Среди первых гамма-всплесков, идентифицированных *BeppoSAX*, был *GRB970508*, открытый 8 мая 1997 г. Первые три недели яркость источника хаотически менялась, затем стабилизировалась и начала монотонно ослабевать. Резкие колебания, вероятно, были связаны не с самим источником вспышки, а с распространением излучения. Подобно тому как земная атмосфера вызывает видимые мерцания звезд, межзвездная плазма заставляет мигать радиоисточники. Планеты не мерцают, ибо расположены близко и выглядят дисками. Если *GRB970508* сначала мигал в радиодиапазоне, а затем перестал, значит, он «вырос» из точечного источника до различимого диска. Чтобы приобрести «размер в несколько световых недель», источник должен расширяться очень быстро – почти со скоростью света.

Данные *BeppoSAX* и последующие наблюдения изменили точку зрения астрономов на гамма-всплески. Была отброшена концепция о внезапном выделении энергии в течение нескольких секунд. Даже термин «послесвечение» сейчас признается неуместным: энергия высвечивается на обоих этапах в сопоставимых количествах. Спектр послесвечения характерен для электронов, движущихся в магнитном поле почти со скоростью света.

Январский всплеск 1999 года (*GRB990123*) был невероятно мощным. Если при вспышке энергия излучалась во все стороны одинаково, то светимость источника достигала нескольких единиц на 10^{15} Вт, т.е. он был в 10^{19} раз мощнее Солнца! Хотя в другом хорошо известном типе космической катастрофы – вспышке сверхновой – в целом выделяется приблизительно такая же энергия, которая в основном уходит в виде нейтрино, а оставшаяся часть высвечивается более медленно, чем при гамма-всплеске. Поэтому светимость сверхновой на любом этапе значительно ниже, чем у гамма-всплеска.

Даже яркие квазары выделяют «всего» около 10^{40} Вт.

Но если при вспышке энергия концентрируется в направлении наблюдателя, то оценку светимости можно снизить. Наблюдения послесвечений *GRB990123* и некоторых других дали указания на такую фокусировку. Через два дня после вспышки темп падения яркости неожиданно возрастал, что и должно было происходить, если наблюдаемое излучение посылалось тонкой струей вещества, летящего почти со скоростью света. В результате релятивистского эффекта наблюдатель видит все большую и большую часть струи по мере ее замедления. В определенный момент он видит уже всю струю, поэтому в дальнейшем яркость падает значительно быстрее (см. рис. на стр. 36). Для *GRB990123* угол раскрытия струи составил несколько градусов. Значит, мы можем наблюдать вспышку, только если она направлена вдоль нашего луча зрения. Эффект фокусировки уменьшает оценку излученной энергии примерно пропорционально квадрату угла струи. Например, при угле раскрытия

в 10 градусов она покрывает около 1/500 части неба, поэтому оценка энергии уменьшается в 500 раз; при этом из 500 вспышек мы не заметим 499. Но даже с учетом эффекта фокусировки светимость *GRB990123* составляет 10^{13} Вт!

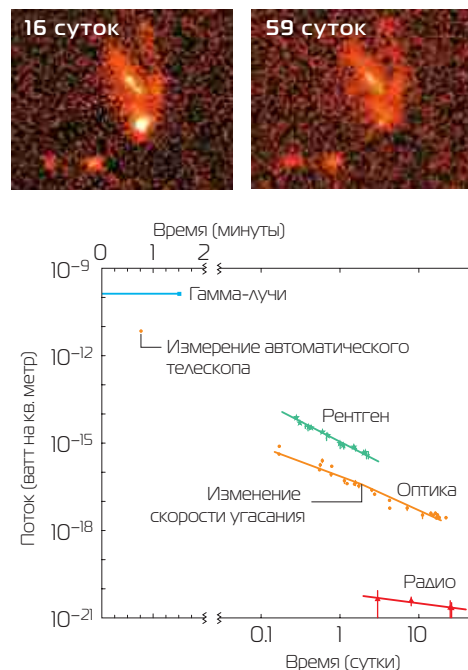
Связь гамма-всплесков и сверхновых

Одним из наиболее интересных открытий стала связь между гамма-всплесками и сверхновыми. Ученые, наблюдавшие вспышку *GRB980425*, заметили взорвавшуюся сверхновую, обозначенную как *SN1998bw*. Вероятность случайного совпадения – 1:10000.

Взаимосвязь явлений подтверждается и присутствием линий железа в рентгеновских спектрах некоторых вспышек. Как известно, атомы железа образуются и выбрасываются в межзвездное пространство при взрывах сверхновых. Если атомы лишаются своих электронов, а затем вновь их захватывают, они излучают свет определенных длин волн, называемый спектральными линиями. Впервые такие линии заметили *BeppoSAX* и японский

УГАСАНИЕ

Ярчайший из отмеченных до сих пор гамма-всплесков был 23 января 1999 г. Телескопы проследили за ним в гамма-лучах (на графике – голубой), рентгеновских (зеленый), оптических (оранжевый) и радиолучах (красный). В некоторый момент скорость угасания резко изменилась, указывая на то, что излучение рождается в узких струях быстро летящего вещества. Примерно через две недели после вспышки, когда оптическая яркость ослабла в 4 млн. раз, космический телескоп «Хаббл» сделал фото, изображающее несколько искаженную Галактику. Именно здесь интенсивно формируются звезды. Если вспышки вызваны взрывами молодых звезд, то для них это подходящее место.



ФОКУСИРОВКА

Релятивистский эффект влияет на наблюдение струи, рождающей гамма-всплеск.

1 Двигаясь почти со скоростью света, струя посылает излучение в узких пучках. Некоторые из них не попадают в область наблюдения.



2 Когда струя замедляется, пучки расширяются и все больше их попадает в поле наблюдения, отчего яркость тускнеющего источника спадает не так быстро.

3 Наконец наблюдатель видит уже всю струю, после чего яркость источника падает быстрее. Это и показали наблюдения.

рентгеновский спутник *ASCA* в 1997 г., а позже их измерили другие обсерватории. Так, рентгеновская обсерватория *Chandra* (*NASA*) зафиксировала линии железа во вспышке *GRB991216*, что позволило измерить расстояние до нее. Оно совпало с оценкой расстояния до галактики, в которой произошел взрыв.

Дальнейшие наблюдения подтвердили связь гамма-всплесков со сверхновыми. В газовой оболочке, окружающей вспышку *GRB011211*, многозеркальный рентгеновский спутник Европейского космического агентства обнаружил линии излучения кремния, серы, аргона и других элементов, обычно выбрасываемых сверхновыми.

Появляется все больше аргументов в пользу того, что один и тот же объект может породить оба явления. Однако в наблюдаемой части Вселенной ежедневно вспыхивают сотни тысяч сверхновых, но возникает лишь пара гамма-всплесков. По одной из версий, при взрывах сверхновых выбрасываются струи вещества, вызывающие гамма-всплески. Причем в большинстве случаев астрономы видят либо одно, либо другое. Если струя направлена на Землю, то в ярком блеске вспышки не заметен свет сверхновой; если же струя направлена в иную сторону, то увидеть можно только сверхновую. Но если струя лишь немного отклонилась от нашего луча зрения – наблюдаются оба явления. Именно такая ситуация сложилась с *GRB980425*.

По другой гипотезе, с рождением сверхновых связан определенный тип гамма-всплесков. Из зафиксиро-

ванных *BATSE* всплесков 90 выделили в особый класс, для которого характерны малая яркость и большая спектральная задержка, означающая, что высоко- и низкоэнергичные гамма-импульсы приходят с разницей в несколько секунд, и никто не знает, почему эти импульсы не синхронизованы. Но какой бы ни была причина, эти странные гамма-всплески происходят с той же частотой, что и сверхновые типа *Ib/c*, возникающие при коллапсе ядра массивной звезды.

Гигантские огненные шары

Даже если не задумываться об источнике энергии гамма-всплесков, парадоксальной кажется их невероятная яркость. Быстрые вариации блеска указывают, что излучение рождается в небольшой области: светимость в 10^{19} солнечных выходит из области объемом в одно Солнце! При этом фотоны так плотно упакованы, что мешают друг другу вырваться наружу. Это напоминает людей в толпе, рвущихся в панике к выходу и мешающих друг другу выйти. Но если гамма-лучи не способны вырваться наружу, то как мы видим гамма-всплески?

Решение задачи заключается в том, что гамма-кванты сразу не излучаются. Вначале выделившаяся при взрыве энергия сохраняется в виде кинетической энергии расширяющейся оболочки (огненного шара), которая содержит фотоны, электроны и их античастицы – позитроны. Когда диаметр шара достигает 10–100 млрд. км, плотность фотонов падает настолько, что гамма-кванты уже могут вырваться наружу. Часть кинетической энергии преобразуется в электромагнитное излучение, происходит гамма-всплеск.

Судя по всему, исходное гамма-излучение рождается внутренними ударными волнами, возникающими, когда более быстрые части расширяющегося вещества сталкиваются с более медленными. Поскольку оболочка разрастается почти со скоростью света, временная шкала для внешнего наблюдателя, согласно тео-

ОБЗОР: ГАММА-ВСПЛЕСКИ

- В течение трех десятилетий исследование гамма-всплесков продвигалось крайне медленно: астрономы не понимали природу космического «фейерверка».
- Спустя пять лет стало понятно, что вспышки связаны с «родовыми муками» при появлении на свет черных дыр. Большинство из них возникает при коллапсе массивных звезд, демонстрирующих при этом вспышку излучения, заметную с расстояния в миллиарды световых лет.
- Разрабатывается теория, способная объяснить невероятное разнообразие вспышек.

рии относительности, сильно сжата: он видит вспышку продолжительностью всего в несколько секунд. Продолжая расширяться, огненный шар выметает окружающий газ. При этом на границе со сжатым внешним веществом формируется новая ударная волна, и она сохраняется, когда шар замедляет расширение. Этой волной объясняется послесвечение гамма-всплеска и перемещение максимума излучения из гамма-диапазона в рентгеновский, затем в видимый и, наконец, в радиодиапазон.

Хотя огненный шар может преобразовать энергию взрыва в наблюдаемое излучение, что же служит источ-

ником этой энергии? Вопрос еще предстоит решить. В одних моделях изучаются гиперновые, или коллапсары, возникающие из звезд с исходной массой более 20 или 30 масс Солнца. Ядро такой звезды в определенный момент коллапсирует, в результате чего образуется быстро вращающаяся черная дыра, окруженная диском из остатков вещества.

В других моделях рассматриваются двойные системы, состоящие из компактных объектов, например пара нейтронных звезд (представляющих сверхплотные остатки нормальных звезд) или нейтронная звезда в паре с черной дырой. Вращаясь друг вокруг

друга, два объекта постепенно сближаются и сливаются*. Как и в случае с гиперновой, образуется одиночная черная дыра, окруженная диском.

Комбинация черной дыры и диска встречается во многих астрономических объектах. Особенность данной системы в необычно большой массе диска и в отсутствии звезды-компаньона, способной восполнять диск (из чего следует, что вся энергия выделяется ▶

*Впервые детальный сценарий слияния пары нейтронных звезд, приводящий к сильной вспышке излучения, рассмотрели в 1984 г. московские астрофизики С.И. Блинников, И.Д. Новиков, Т.В. Переводчикова и А.Г. Полнарев.

ВСПЫШКА

СЦЕНАРИЙ СЛИЯНИЯ



Рождение гамма-всплеска может начинаться либо со слияния двух нейтронных звезд, либо с коллапса массивной звезды. Оба явления порождают черную дыру и диск вещества вокруг нее. Затем система из дыры и диска выбрасывает струю вещества почти со скоростью света. Ударные волны в струе генерируют излучение.

Струя сталкивается с окружающим веществом (внешняя ударная волна)

Рентген, видимый свет, радиоволны

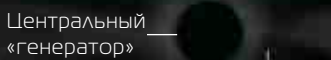


Гамма-лучи

Столкновение слоев (внутренняя ударная волна)

Более медленный слой

Быстрый слой



Предвспышка

Испускание гамма-лучей

Послесвечение



СЦЕНАРИЙ ГИПЕРНОВОЙ

в единственном «выстреле»). Черная дыра и диск – два гигантских резервуара энергии: гравитационная энергия диска и энергия вращения дыры. Но пока не совсем понятно, как именно эта энергия превращается в гамма-излучение. Возможно, при формировании диска генерируется магнитное поле, которое в 10^{15} раз сильнее магнитного поля Земли. В результате диск разогревается до столь высокой температуры, что образуется огненный шар из плазмы и гамма-лучей, который разлетается в виде двух тонких струй вдоль оси вращения диска.

Поскольку излучение гамма-всплеска одинаково хорошо объясняется как гиперновой, так и слиянием компактных объектов, требуются дополнительные характеристики вспышки, чтобы выбрать между двумя сценариями. Например, отождествление гамма-всплесков со сверхновыми говорит в пользу гиперновых, которые просто очень мощные сверхновые. Кроме то-

го, гамма-всплески обычно наблюдаются именно там, где должны взрываться гиперновые, а именно в тех областях галактик, где протекает звездообразование. Массивные звезды взрываются вскоре (спустя несколько миллионов лет) после формирования, поэтому они умирают недалеко от места своего рождения. А вот для слияния компактных звезд требуется значительно большее время (миллиарды лет), за которое они разбредаются по всей Галактике. Если компактные объекты – причина гамма-всплесков, то они бы не наблюдались преимущественно в областях звездообразования.

Судя по всему, гиперновые объясняют большинство гамма-всплесков; но на столь огромном полотне останется место и для слияния компактных звезд. Более того, разрабатываются альтернативные модели. В одном из сценариев огненный шар образуется при выделении энергии из электрически заряженной черной дыры: как первая вспышка,

так и послесвечение, происходит оттого, что огненный шар сгребает окружающее вещество. Астрономы до сих пор не знают точно причины этих взрывов, не изучены и типы вспышек.

Взрывы из прошлого

До сих пор плохо исследованы темные, или «призрачные», гамма-всплески. Из 30 всплесков, изученных в диапазонах, отличных от гамма-лучей, 90% были видны в рентгеновских лучах. Однако в оптическом диапазоне были замечены только 50%.

Возможно, вспышки возникают в областях звездообразования, заполненных пылью, способной поглотить видимый свет, но не рентгеновские лучи. Может быть, «призраки» – это гамма-всплески, происходящие чрезвычайно далеко от нас. Поэтому те лучи, которые мы воспринимаем как свет, должны исходить из района вспышки как ультрафиолетовое излучение, а значит, они могут поглощаться межгалактическим

СУДЬБА МАССИВНОЙ ЗВЕЗДЫ

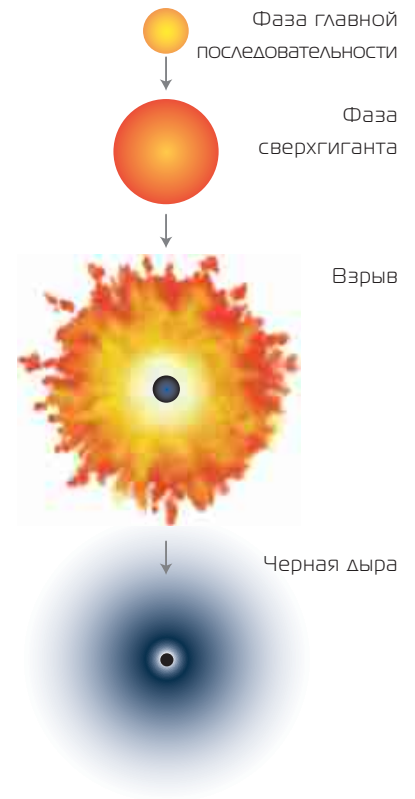
Большую часть своей жизни звезды находятся в относительно спокойном состоянии, на главной последовательности, когда в их центральных областях под действием термоядерного синтеза водород превращается в гелий. На этой стадии эволюции находится и наше Солнце. Согласно теории строения звезд, более массивные, чем Солнце, светятся ярче и быстрее сгорают. Звезда, в 20 раз массивнее Солнца, сгорает в тысячу раз быстрее.

Когда водород в ядре звезды заканчивается, оно сжимается, нагревается, и начинается слияние более тяжелых элементов: гелия, кислорода, углерода. Постепенно звезда превращается в красный гигант или в сверхгигант. Если начальная масса звезды в 8 и более раз превышает солнечную, в ее недрах смешиваются более тяжелые элементы вплоть до образования железа. Но при слиянии ядер последнего уже не выделяется энергия; напротив, для

этого требуются дополнительные затраты. Поэтому звезда вдруг оказывается «без топлива».

В результате начинается коллапс звезды. Ее ядро сжимается в нейтронную звезду – шар радиусом всего в 10 км, но с массой, как минимум на 40% превышающей массу Солнца. Оставшееся вещество звезды выбрасывается в пространство в виде мощного взрыва сверхновой.

Для массы нейтронной звезды существует предел – от 2 до 3 масс Солнца. Если она оказывается больше, то возможен ее дальнейший коллапс в черную дыру. Этот рубеж может быть перейден, если достаточно вещества упадет на поверхность нейтронной звезды. Но черная дыра может и непосредственно сформироваться в ходе коллапса. Звезды с начальной массой более 20 масс Солнца могут в конце жизни порождать черные дыры. Именно этот процесс естественным образом объясняет гамма-всплески.



ТИПЫ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

Тип (подтип) вспышки	Доля от всех вспышек	Характерная длительность первичной вспышки	Гамма-лучи в первичной вспышке свечении	Рентгеновские лучи в послесвечении	Оптические лучи в послесвечении	Гипотетический «генератор»	Объяснение необычных свойств
Длинная (нормальная)	25%	20 сек.	✓	✓	✓	Взрыв массивной звезды	Необычных свойств нет
Длинная (темная, или «призрачная»)	30%	20 сек.	✓	✓	✗	Взрыв массивной звезды	Чрезвычайно удаленный, запыленный или действительно слабо излучающий в оптике
Длинная (рентгеновская)	25%	30 сек.	✗	✓	✗	Взрыв массивной звезды	Чрезвычайно удаленный или перенасыщенный барионами
Короткая	20%	0,3 сек.	✓	?	?	Слияние пары компактных объектов	Происходит не в области звездообразования, поэтому окружающий газ менее плотен и внешняя ударная волна слабее

газом. Критическим тестом для проверки этой гипотезы станет измерение расстояний по рентгеновским спектрам. Третье предположение: «призраки» по природе очень слабы в оптике. Пока больше доказательств в пользу пылевой гипотезы. Высокочувствительные оптические и радионаблюдения позволили отождествить вероятные галактики-хозяйки для двух темных гамма-всплесков, и обе они находятся на сравнительно небольшом расстоянии от нас.

Не меньший интерес представляют «гамма-всплески, яркие в рентгеновских лучах», или просто «рентгеновские вспышки». Открытые *BeppoSAX* и подтвержденные повторным анализом данных *BATSE*, они оказались характерными для 20–30% гамма-всплесков. Рентгеновские вспышки дают больше излучения в рентгеновском, чем в гамма-диапазоне; а некоторые из них вообще не проявляются в гамма-лучах.

Возможно, причина в том, что расширяющаяся оболочка «загрязнена» большим количеством барионного

вещества, например протонами. Эти частицы увеличивают инерцию огненного шара, отчего он движется медленнее, и поэтому неэффективно преобразует фотоны в гамма-кванты. Существует и вероятность того, что рентгеновские вспышки могут приходиться из очень удаленных галактик – даже более далеких, чем те, которые предлагаются для объяснения «призрачных» гамма-всплесков. Космологическое расширение способно сдвинуть гамма-лучи в рентгеновский диапазон, а космологический газ мог бы поглотить оптическое послесвечение. В самом деле ни одна из рентгеновских вспышек не была зарегистрирована в оптике, что согласуется с упомянутым сценарием. Если «призрачные» гамма-всплески или «гамма-всплески, яркие в рентгеновских лучах» действительно происходят в предельно удаленных галактиках, они могут «осветить» нам ту эру космической истории, которая до сих пор оставалась совершенно недоступной.

Следующий шаг в астрономии гамма-всплесков – накопление данных о вспышках, послесвечениях и родительских галактиках. Наблюдателям необходимо измерить характеристики сотен вспышек всех типов: длинных и коротких, ярких и тусклых, испускающих рентгеновские или гамма-лучи, с послесвечением в оптическом диапазоне или без оно. Сейчас астрономы регистрируют положение вспышек с помощью запущенного в октябре 2000 г. спутника *High Energy Transient Explorer* («Исследователь временных высокоэнергичных явлений») и межпланетной сети из нескольких маленьких гамма-детекторов, установленных на планетных зондах. Обсерватория *Swift*, запуск которой запланирован на осень, сможет зарегистрировать в различных диапазонах спектра сотни гамма-всплесков и их послесвечений. Обнаружив гамма-всплеск, спутник будет автоматически включать свои рентгеновские и оптические телескопы. Столь быстрая реакция позволит ▶

определить, имел ли гамма-всплеск рентгеновское и оптическое послесвечение. Аппаратура будет чувствительна и к коротким вспышкам, до сих пор слабо изученным.

Еще одна задача – разобраться с экстремально энергичным гамма-излучением. Например, при вспышке *GRB940217*, наблюдавшейся с борта Обсерватории гамма-излучений Комптона, высокоэнергичные гамма-кванты регистрировались в течение часа после вспышки. Астрономы не понимают, как может поддерживаться такое жесткое и мощное послесвечение. Спутник *AGILE* Итальянского космического агентства, запланированный к запуску в 2004 г., будет наблюдать гамма-всплески именно высокой энергии. Сверхчувствительный космический гамма-телескоп большой площади, предполагаемый к запуску в 2006 г., также сыграет важную роль в изучении этого явления.

Другие космические обсерватории, не предназначенные специально для поиска гамма-всплесков, также внесут свой вклад в их исследование. Между-

народная лаборатория гамма-астрофизики (*Integral*), запущенная 17 октября 2002 г., сможет фиксировать 10–20 гамма-всплесков в год. А наметенный к запуску лет через десять телескоп для обзора в жестком рентгеновском излучении будет иметь чувствительный гамма-детектор, спо-

собный регистрировать тысячи гамма-всплесков.

Ряд открытий в этой области показали, что гамма-всплески связаны с мощнейшими взрывами, происходящими во всех уголках Вселенной. Они позволяют нам представить Вселенную в раннюю эпоху звездообразования. ■

ОБ АВТОРАХ:

Нейл Герелс (Neil Gehrels), **Луиджи Пиро** (Luigi Piro) и **Питер Леонард** (Peter J. T. Leonard) изучают гамма-всплески теоретически и путем наблюдений. Герелс и Пиро в основном наблюдатели – ведущие ученые Обсерватории гамма-излучений Комптона и спутника *BeppoSAX*. Леонард – теоретик. Герелс возглавляет отдел космических лучей, гамма-лучей и гравитационно-волновой астрофизики в Лаборатории астрофизики высоких энергий Годдардовского центра космических полетов (NASA). Пиро работает в Институте внеатмосферной астрофизики и космической физики Центра ядерных исследований в Риме. Леонард от Корпорации прикладных научных систем обеспечивает космические эксперименты Годдардовского центра.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

The Biggest Bangs. The Mystery of Gamma-Ray Bursts. The Most Violent Explosions in the Universe. Jonathan I. Katz. Oxford University Press, 2002.

Flash! The Hunt for the Biggest Explosions in the Universe. Govert Schilling. Cambridge University Press, 2002.

ГАММА-ВСПЛЕСКИ И НЕВИДИМОЕ ВЕЩЕСТВО

Сергей Блинников

Для понимания природы гамма-всплесков важно знать, из каких мест родительских галактик они приходят. В статье «Ярчайшие взрывы во Вселенной» сказано, что если гамма-всплески происходят при коллапсе массивных звезд, то они должны тяготеть к областям звездообразования; но если это результат слияния двойных релятивистских звезд, например нейтронных звезд и черных дыр, то гамма-всплески могут наблюдаться далеко от областей формирования звезд. Однако не следует забывать, что пока ни одна из этих двух теорий не доказана, поэто-

му астрофизики обсуждают и другие возможные варианты.

Так, уже неоднократно рассматривались модели, связанные с различными видами темной материи. В том, что существует огромное количество невидимого вещества, астрономы давно не сомневаются: хотя его присутствие выдает только тяготение, которое ясно указывает, что на периферии галактик такого вещества гораздо больше, чем видимого, образующего звезды и межзвездные облака. К сожалению, пока не понятно, в каких объектах скрыто это невидимое вещество: образует ли оно что-то подобное

звездам или рассеяно в виде элементарных частиц. Но поскольку «скрытая масса» галактик очень велика – у крупных систем она значительно больше видимой массы, – астрономы относятся к темному веществу очень серьезно и постоянно ищут его возможные проявления. Если бы оказалось, что пространственное распределение гамма-всплесков в галактиках согласуется с распределением не какого-то типа звезд, а именно темной материи, это позволило бы пролить свет как на происхождение самих гамма-всплесков, так и на природу невидимого вещества.

Сотрудники Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (МГУ) Цветков Д.Ю., Блинников С.И. и Павлюк Н.Н. (<http://xxx.itep.ru/abs/astro-ph/0101362>) сравнили распределение поверхностной плотности гамма-всплесков и различных типов звездного населения галактик. Оказалось, что в их внутренних частях, так называемых «балджах», радиальное распределение гамма-всплесков сходно с распределением старых звезд сферической составляющей галактик. Но во внешних частях, где звезды и газ в спиральных галактиках сконцентрированы во вращающемся диске, плотность гамма-всплесков спадает к периферии медленнее, чем плотность видимых дисков, скорее напоминая распределение темной материи, образующей вокруг галактики обширное гало. Значит, они распределены в пространстве не так, как области звездообразования, которые в близких к нам системам сконцентрированы в галактических дисках.

Многие наблюдатели ореолов настаивают на том, что они видят их в основном в галактиках, целиком охваченных вспышкой звездообразования. Морфология таких галактик очень сложна, их трудно классифицировать. Поэтому было бы неправомерно сравнивать такие необычные галактики с близкими к нам нормальными спиральными. Схожесть в распределении гамма-всплесков и старых звезд в «балджах» можно объяснить тем, что в эпоху активных гамма-всплесков «балджи» были слишком молодыми. Есть и другой вариант: гамма-всплески могут порождаться и в настоящую эпоху в сферической составляющей галактик, например в шаровых звездных скоплениях; такую гипотезу высказал московский астроном Ю.Н. Ефремов (<http://xxx.itep.ru/abs/astro-ph/0102161>). На первый взгляд, сходство в распределении гамма-всплесков и темной материи кажется удивительным: ведь оптические ореолы первых должны быть в основном видны там, где много обычного вещества, способного светиться. Однако следует учесть, что ви-

димое и невидимое вещество тесно связаны между собой силами гравитации. Даже если мы видим гамма-всплеск в галактике со вспышкой звездообразования, нельзя утверждать, что он непременно порожден обычной массивной звездой. Задумаемся: а что вызывает вспышку звездообразования в масштабе целой Галактики?

Общепризнанно, что инициатором формирования как самих галактик, так и первого поколения звезд, служит темная материя. Космологи знают, что в ранней Вселенной, при красном смещении $z > 1000$ возмущения температуры реликтового излучения имели такую амплитуду, как и возмущения плотности видимого вещества. Эта амплитуда в ту далекую эпоху была очень мала – порядка 0,001% от среднего уровня (недавно астрономы измерили это по угловым флуктуациям температуры реликтового излучения). Но после эпохи $z = 1000$, когда вещество охладилось и стало прозрачным для света, флуктуации реликтового излучения не менялись, а вещества – возрастали за счет гравитационных сил. Если бы Вселенная содержала только видимое вещество, то, согласно классической теории Е.М. Лифшица, флуктуации плотности вещества смогли бы к нашей эпохе возрасти только в z раз и достигли бы всего 1%. Вселенная была бы почти однородной: ни галактик, ни звезд, ни нас с вами еще не было бы, если бы не темная материя, возмущения плотности в которой были больше. Именно она начала создавать структуры – большие потенциальные ямы, в которые затем стекало обычное вещество, образуя видимые галактики, квазары, звезды, планеты...

Если гамма-всплески порождаются объектами, состоящими из темной материи, то, естественно, мы увидим

всплески вблизи областей звездообразования, что не послужит доказательством генетической связи гамма-всплесков и обычных массивных звезд, а лишь укажет на то, что обычное вещество сопутствует невидимому. Нельзя забывать также о том, что яркие послесвечения наблюдались и там, где никаких галактик не было обнаружено (такой, например, была вспышка *GRB000301C*). Все это вполне естественно, если гамма-всплеск порожден объектом, состоящим из темного вещества: такой объект может проэволюционировать и сколлапсировать к моменту, когда звезды еще только начинают формироваться. Как именно рождается гамма-всплеск в объекте из невидимого вещества, зависит от свойств темной материи, которую ищут и астрономы (на небе), и физики (в лабораториях). Например, в группе А.В. Гуревича (ФИАН) рассматриваются модели гамма-всплесков в объектах из нейтрально – массивных частиц, предсказанных моделями суперсимметрии. Это самый вероятный кандидат на роль темной материи. Иной вариант выдвинул автор этой заметки: возможно, темная материя (или ее большая часть) состоит из «зеркального вещества», предложенного в 1966 г. И.Ю. Кобзаревым, Л.Б. Окунем и И.Я. Померанчуком для восстановления нарушенной в распадах частиц комбинированной четности. Обсуждаются и другие возможности. Пока еще рано строить детальные теории такого рода, но астрономы не должны закрывать глаза на новые необычные возможности: рост числа изученных гамма-всплесков очень скоро может подтвердить их пространственное совпадение с темной материей. Тогда две космические загадки сольются в одну и, возможно, помогут найти их общее решение. ■

ОБ АВТОРЕ:

Сергей Иванович Блинников, доктор физ.-мат. наук, сотрудник Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ), Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (ГАИШ МГУ).



ЗАГАДКА

ХОРЕИ ГЕНТИНГТОНА

Элена Каттано, Доротея Ригамонти, Киара Цукато

Прошло почти десять лет с тех пор, как ученые идентифицировали ген, отвечающий за развитие хореи Гентингтона. Однако до сих пор неясно, как мутантный ген оказывает свое разрушительное воздействие.

Поначалу человек выглядит вполне здоровым, лишь изредка на лице появляются странные гримасы. Затем они становятся все более заметными, возникают хаотичные произвольные движения, особенно ярко выраженные при психологической или физической нагрузке. Позже появляется танцующая походка – кажется, что человек просто выпил немного лишнего, затем «танцы» повторяются все чаще и становятся все более мучительными. У больного снижается интеллект, он не может выполнять простую повседневную работу. На более поздних стадиях наступают апатия, раздражительность и, наконец, – слабоумие и психоз. Отличавшийся прежде отменным здоровьем жизнерадостный человек превращается в жалкую безжизненную тень.

Таков зловещий портрет хореи Гентингтона, наследственного заболевания, наступающего человека в возрасте от 30 до 40 лет. Эффективного лечения не существует. Болезнь медленно, но неуклонно прогрессирует, приводит к полной инвалидности и гибели через 15–20 лет. Несмотря на то, что поражается прежде всего центральная нервная система, больной умирает от сердечной или легочной недостаточности, поскольку час-

то бывает прикован к постели, либо от черепно-мозговых травм, возникающих в результате частых падений.

Ген, мутации в котором приводят к развитию хореи Гентингтона, был идентифицирован в 1993 г. учеными из разных стран, в том числе Джеймсом Гузеллой (James F. Gusella) из Массачусетского госпиталя общего профиля в г. Чарльз-таун и Фрэнсисом Коллинзом (Francis Collins), который в то время работал в Мичиганском университете в Анн-Арборе. Вскоре появились молекулярно-генетические тесты, позволяющие обнаружить мутантный ген у членов семьи, в истории которой встречались страдавшие этим недугом. Поскольку болезнь является аутосомно-доминантной, любой член семьи, унаследовавший аномальный ген, неизбежно заболевает и с вероятностью 50% передает его каждому из своих детей. Однако далеко не все соглашаются пройти тестирование, многие предпочитают полагаться на случай и ничего не знать.

Ученые разъясняют больным, как работает мутантный ген, как уменьшить его вредоносное действие. Есть данные, что мутация, являющаяся причиной болезни, имеет двойкий эффект: аномальный белок, кодируемый мутантным геном, не только оказывает токсическое действие на нервные клетки, он уже не способствует, как раньше, синтезу одного из основных факторов роста, и без этого фактора остается очень важный отдел мозга. ▶

Болезнь наступает человека в самом расцвете сил: появляются странные гримасы, произвольные хаотичные движения, танцующая походка, психические отклонения. В конце концов жизнь больного становится невыносимой. А в основе патологии лежит увеличение числа повторов из трех нуклеотидов – цитозина-аденина-гуанина (CAG) – в молекуле ДНК.



Опыты на животных и первые клинические испытания на человеке дают основания полагать, что воздействие можно частично компенсировать, вводя в организм недостающий фактор роста. Но все, что сегодня известно о патогенезе болезни Гентингтона, – лишь часть сложной картины, на которой еще много белых пятен.

От хорей Гентингтона к гену гентингтину

Своим названием болезнь обязана психиатру из Огайо Джорджу Гентингтону. В 1872 г. он подробно описал необычное наследственное заболевание, которое наблюдал среди членов одной семьи из Нью-Йорка. Особенно бросались в глаза двигательные нарушения – быстрые хаотичные движения, танцующая походка. Эти симптомы и дали название болезни – хорей, от греческого *choros* – танец. Сегодня хорей Гентингтона – одно из самых распространенных заболеваний мозга, встречающихся с частотой 1 на 10 000.

В основе болезни лежит атрофический процесс в нейронах полосатого тела, структуры, расположенной в глубине мозга и входящей в состав базальных ганглиев. В норме эти нейроны «отфильтровывают» сигналы, поступающие в двигательную зону коры головного мозга. Когда они отмирают, эта зона чрезмерно активизируется, что приводит к хаотичным произвольным движениям. Почему при этом возникают психические нарушения – не вполне ясно.

Ген хорей Гентингтона, кодирующий белок гентингтин, находится на конце короткого плеча 4-й хромосомы. Гены – это сегменты ДНК, в которых в закодированном виде содержится информация о белках. Генетический код состоит из четырех «букв» – азотистых оснований аденина (А), тимина (Т), цитозина (С) и гуанина (G). В двойной спирали ДНК эти основания соединяются друг с другом определенным образом: А образует пару – «перекладину» в винтовой лестнице ДНК – с Т, а G – с С. (Когда клетке нужно синтезировать какой-то белок, двойная спираль слегка раскручивается в нужном месте и комплементарные цепи расходятся, так что клеточная машина, осуществляющая синтез белка, может считывать закодированную в ДНК информацию.) Каждую из 20 аминокислот, из которых состоят белки, кодируют три основания, поэтому код называется триплетным.

Идентифицировав ген *гентингтин*, ученые обнаружили, что даже у здоровых людей его нуклеотидная последовательность, дойдя до определенного места, начинает «заикаться», повторяя триплетное слово CAG от 9 до 35 раз (повышенное число тринуклеотидных повторов встречается и в других генах и ассоциируется с различными дегенеративными заболеваниями, такими, как миотоническая дистрофия). Но у больных хореей Гентингтона – число повторов достигает 250! Примечательно, что чем оно больше, тем раньше развивается болезнь. По неясным пока причинам в ряду поколений, составля-

ющих одну семью, протяженность участка с аномально большим числом повторов увеличивается, причем особенно быстро, когда мутантный ген наследуется по отцовской линии.

Теории и гипотезы

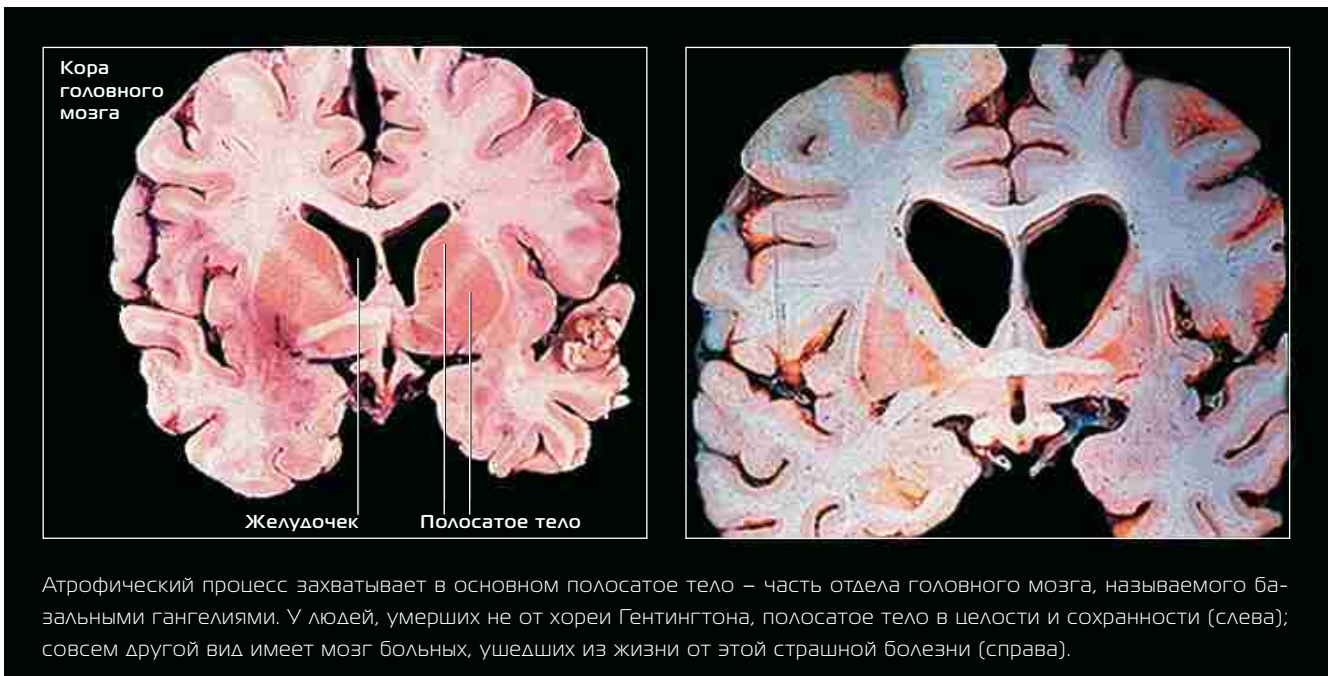
Триплет CAG кодирует аминокислоту глутамин (ее обозначают буквой Q), поэтому у больных хореей Гентингтона белок гентингтин содержит полиглутаминовый сегмент длиной более 36 звеньев. Но почему это приводит к столь трагичным последствиям?

Проще всего предположить, что белок с аномально большим числом остатков Q не может нормально функционировать. Однако гипотеза «утраты функции» была отвергнута, поскольку уже в ранних исследованиях обнаружилось, что гентингтин синтезируется не только в клетках полосатого тела, но и в других отделах мозга, никак не связанных с заболеванием. Кроме того, у каждого человека имеются две копии любого гена: одну он получает от отца, другую от матери. Одна из копий гена гентингтина у больного скорее всего будет нормальной, и в клетках будет синтезироваться достаточное количество полноценного белка. Известен и такой факт: у больных с синдромом Вольфа–Хиршорна (редкого заболевания, обусловленного обширной делецией конца короткого плеча 4-й хромосомы вместе с геном гентингтина) никаких симптомов хорей Гентингтона не наблюдается.

Согласно другой гипотезе «изменения функции», мутация в гене гентингтине приводит к синтезу токсичного белка. Наличие протяженного полиглутаминового участка изменяет конформацию белка, и он склеивается с другими белками (прежде всего с нормальным гентингтином) и выводит их из строя. Это объясняет и тот факт, что мутантный ген наследуется по аутосомно-доминантному типу. По мнению Макса Перутца (Max Perutz) из Кембриджской лаборатории молекулярной биологии Совета медицинских исследований, полиглутамино-

ОБЗОР: ХОРЕЯ ГЕНТИНГТОНА

- Хорей Гентингтона – наследственное заболевание, обусловленное мутацией в гене под названием гентингтин, который находится на конце короткого плеча 4-й хромосомы.
- Носителей дефектного гена можно выявить с помощью генетического теста, но помочь им пока невозможно.
- Мутантный ген содержит огромное число повторов CAG, что приводит к синтезу мутантного белка гентингтина с избыточным количеством остатков глутамина.
- Мутантный белок, по-видимому, оказывает токсическое действие на один из ключевых отделов головного мозга. Кроме того, он больше не может «включать» ген очень важного для мозга фактора роста.



Атрофический процесс захватывает в основном полосатое тело – часть отдела головного мозга, называемого базальными гангелиями. У людей, умерших не от хореи Гентингтона, полосатое тело в целостности и сохранности (слева); совсем другой вид имеет мозг больных, ушедших из жизни от этой страшной болезни (справа).

вые участки мутантного гентингтина укладываются с образованием так называемого β-слоя, а, как известно, именно эта структура ответственна за образование белковых комплексов. Эрих Ванкер (Erich Wanker) из берлинского Института Макса Дельбрюка, Джилл Бейтс (Jill Bates) из госпиталя Гюи в Лондоне и Мариан Дифиглиа (Marian DiFiglia) из Массачусетского госпиталя общего профиля в Бостоне обнаружили агрегаты мутантного гентингтина в мозге мыши, а также в мозге больных, умерших от этого недуга.

Но почему агрегаты гентингтина вызывают неврологические симптомы, характерные для хореи Гентингтона? Этот вопрос остается без ответа. Согласно одной из гипотез, протеасомы, клеточные органеллы, разрушающие вышедшие из строя или токсичные белки, неспособны справиться с мутантным гентингином вследствие его необычной конформации. В результате аномальный белок накапливается в клетках и убивает их. Но почему при этом страдает только одна структура головного мозга – полосатое тело? Есть и прямо противоположные гипотезы, согласно которым агрегаты не только

не отвечают за патологию, но и обеспечивают клетку неким защитным механизмом, предохраняющим ее от токсического действия полиглутамина. Так или иначе, исследование роли агрегатов – ключевой момент в выяснении патогенеза хореи Гентингтона. А поиски способов, позволяющих избежать их образование или разрушить уже существующие, могут привести к созданию лекарственных препаратов, способных противостоять болезни.

Еще одно направление исследований – идентификация веществ, образующихся только в полосатом теле и взаимодействующих с гентингином. Входя в состав агрегатов, они могут влиять на их токсичность. Уже найдены три группы белков, которые связываются с гентингином, но ни один из них, по-видимому, не отвечает за токсичность мутантного гентингтина. Не получен и ответ на вопрос, почему атаке подвергаются только клетки полосатого тела.

«Служба спасения» мозга

Чтобы разгадать головоломку, мы и наши коллеги, в том числе Скотт Цейтлин (Scott Zeitlin) из Колумбийского университета, занялись изучением функции

нормального гентингтина. Сначала мы попытались ввести в нейроны, выращенные в культуре, лишние копии нормального гена и его мутантных форм и посмотреть, к каким последствиям это приведет. Выяснилось, что клетки, синтезирующие нормальный гентингтин в избыточном количестве, выживают в неблагоприятных условиях, в которых обычные клетки погибают. Более того, гентингтин предотвращает апоптоз (запрограммированную гибель) нейронов, блокируя каскад молекулярных процессов, которые обычно к нему приводят. Мы пришли к выводу, что в нейронах нормальный гентингтин выполняет функцию спасателя.

Цейтлин с коллегами продвинулись еще дальше: они создали так называемых «нокаутных» мышей, у которых обе копии гена гентингтина «выключались», как только животные достигали зрелости. У грызунов с инактивированным геном прекращался синтез гентингтина и возникали серьезные мозговые нарушения. Блокирование синтеза гентингтина у животных разного возраста приводило к гибели нейронов мозга в результате апоптоза. Кроме того, у мышей с дефицитом нормального гентингтина появлялись ▶

такие же неврологические симптомы, как и у мышей, синтезирующих мутантный белок. Это означает, что отсутствие нормального гентингина и синтез гентингина мутантного – две стороны одной медали.

Пытаясь разгадать, почему страдают только нейроны полосатого тела, мы

обратились к изучению нейротропного вещества *BDNF* – фактора роста, необходимого для развития нейронов полосатого тела и их нормальной работы. Обычно *BDNF* синтезируется в теле нейронов коры головного мозга и затем переправляется в полосатое тело по волокнам, соединяющим эти

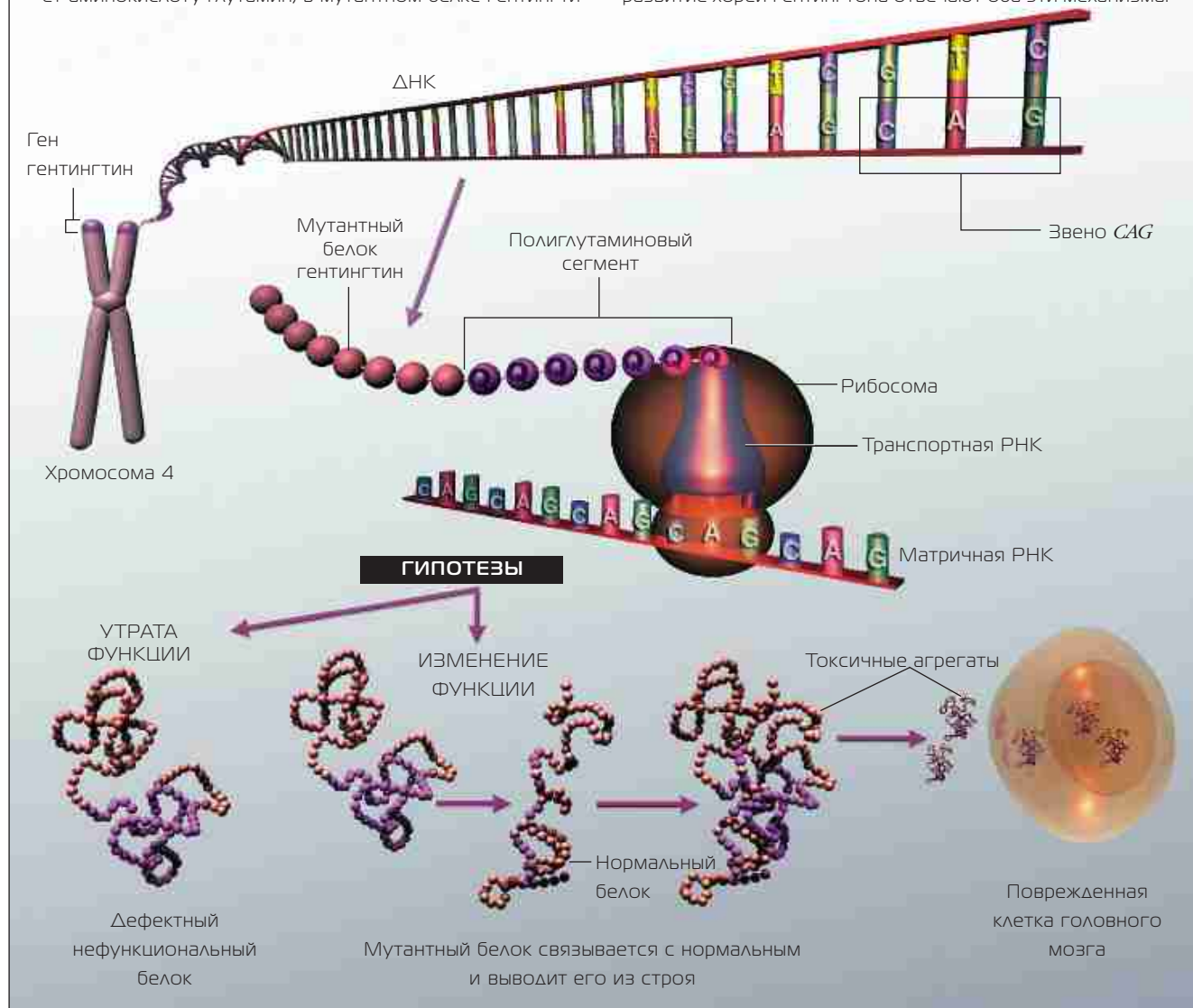
отделы мозга. И мы подумали: может, существует какая-то связь между гентингином и *BDNF*?

Вскоре мы обнаружили интересную вещь: нормальный гентингин способствует синтезу *BDNF* в нейронах, растущих в культуре. В частности, он «включает» ген, кодирующий *BDNF*,

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ ХОРЕИ ГЕНТИНГТОНА

Есть разные гипотезы происхождения хореи Гентингтона. Ген гентингин, мутации в котором приводят к этому заболеванию, в норме содержит от 9 до 35 повторов *CAG*. В дефектном гене их гораздо больше – от 40 до 60. Как и всякий другой ген, гентингин транскрибируется с образованием матричной РНК (мРНК), на которой затем синтезируется белок гентингин. Поскольку *CAG* кодирует аминокислоту глутамин, в мутантном белке гентинги-

не появляется протяженный участок, состоящий только из остатков глутамина (полиглутамин). Это может привести к тому, что белок перестает работать (гипотеза «утраты функции»), или к тому, что он ассоциирует с нормальным гентингином и выводит его из строя (гипотеза «изменения функции»). Полагают, что агрегаты гентингина токсичны для клеток головного мозга. Возможно, за развитие хореи Гентингтона отвечают оба эти механизма.



и нейроны начинают интенсивно синтезировать фактор роста. Мутантный же белок не обладает таким активирующим свойством. Наличие связи между *BDNF* и гентингином подтвердили и опыты на генетически модифицированных мышах. Оказалось, что у грызунов, синтезирующих нормальный гентингин в избыточном количестве, в мозге содержится больше *BDNF*, чем обычно, а у мышей, синтезирующих мутантный белок, этого не происходит.

Обобщив все данные, мы пришли к выводу, что хорей Гентингтона – гораздо более сложное заболевание, чем казалось ранее. Мутантный белок образует токсичные агрегаты, убивающие клетки, а мозг лишается нормального гентингина, который обычно «включает» ген, кодирующий *BDNF*. Несомненно, эти два эффекта взаимосвязаны. В 1999 г. ученые подтвердили это, показав в экспериментах на генетически модифицированных мышах, что мутантный гентингин может выводить из строя нормальную форму этого белка.

Удастся ли спасти мозг?

Осознав всю сложность хорей Гентингтона, мы стали искать способы ее лечения. Все имеющиеся сегодня препараты лишь смягчают симптомы и обладают серьезными побочными эффектами. Седативные средства, позволяющие контролировать произвольные движения, приводят к снижению уровня нейромедиатора дофамина в головном мозге и усиливают депрессию. Антидепрессанты снимают депрессию, но при этом часто возвращается хорейческая симптоматика. При галлюцинациях и бреде больным назначают нейролептики, но лишь в очень небольших дозах, поскольку они усиливают произвольные движения. Уже несколько лет проводятся испытания лекарственного препарата рилузола, механизм действия которого неизвестен, но его уже используют для лечения амиотрофического бокового склероза. Приходится признать, что препарат малоэффективен в обоих случаях.

Более новаторский подход – замена поврежденных нейронов с помощью трансплантации тканей плода или инъекции либо инфузии нейротропных факторов, например *BDNF*. Уже получены обнадеживающие результаты. Марк Песчански (Marc Peschanski) и его сотрудники из Медицинской школы в Крете (Франция) трансплантировали нейроны плода в полосатое тело пяти больных хореей Гентингтона, и у трех из них наблюдалось заметное улучшение двигательных функций и повышение интеллекта. Чтобы обойти этические проблемы, связанные с использованием клеток плода, ученые пытаются вырастить нервные стволовые клетки в культуре. Однако не получится ли так, что мутантный гентингин, вырабатываемый нейронами больного, выведет из строя нормальный белок, который будут синтезировать трансплантированные нейроны? По этой и другим причинам перспективы трансплантационного метода лечения пока не ясны.

В результате опытов на животных обнаружилось, что гибель клеток полосатого тела предотвращает цилиарный нейротропный фактор (*CNTF*). Но не так-то просто доставить этот фактор роста в головной мозг в достаточном количестве, так чтобы он сохранил свою активность. При пероральном введении такие белки, как *BDNF* и *CNTF*, разрушаются в желудке. При инъекции или инфузии они иногда не могут преодолеть клеточный барьер, защищающий мозг

от ненужных веществ, циркулирующих в крови. Чтобы обойти эти трудности, Патрик Эбишер (Patrick Aebischer) из Медицинской школы Лозаннского университета (Швейцария) разработал генно-терапевтический способ: он имплантировал в правый желудочек капсулу с полупроницаемыми стенками с генетически модифицированными клетками, способными синтезировать *CNTF*. Сначала метод был опробован на шимпанзе, и когда Эбишер убедился, что из капсулы непрерывно высвобождается *CNTF*, он вместе с Песчански приступил к опытам на небольшой группе больных. Тот факт, что именно *CNTF*, а не *BDNF* стали испытывать на людях первым, объясняется тем, что его благотворное действие на клетки полосатого тела было обнаружено на несколько лет раньше. Сейчас несколько групп исследователей планируют провести аналогичные испытания с *BDNF*.

Следует обратить особое внимание на ген *BDNF* как на потенциальное лекарственное средство. Если какое-либо вещество, подобно гентингтину, сможет «включить» этот ген, то удастся компенсировать эффект мутации. Думаю, будущее за такими лекарственными препаратами, которые смогут устранять токсическое действие мутантного гентингина, не влияя при этом на свойства гентингина нормального. Постигая тайну болезни Гентингтона, мы даем надежду будущим поколениям. ■

ОБ АВТОРАХ:

Элена Катанео (Elena Cattaneo), **Доротея Ригамонти** (Dorothea Rigamonti) и **Киара Цукато** (Chiara Zuccato) работают в отделении фармакологии и в Центре нейродегенеративных нарушений при Миланском университете (Италия). Катанео – профессор фармацевтической биотехнологии. С 1995 г. сотрудничает с Коалицией по методам лечения – международной исследовательской организацией, поддерживаемой Американским обществом по борьбе с хореей Гентингтона, и с инициативной группой по лечению хорей Гентингтона, финансируемой Фондом по наследственным заболеваниям. С 1988 г. – эксперт Итальянского фонда Телетона. Она удостоена многих наград и почетных званий, в частности, награждена медалью президента Италии Карло Адзельо Чампи за работы по исследованию стволовых клеток и патогенеза хорей Гентингтона. Ригамонти и Цукато – ассистенты Катанео и работают в ее лаборатории.

ПО ТОНКОМУ

ЛЪДЪ

Роберт Биндшадлер и Чарлз Бентли

Разрушение льда вдоль побережья Антарктиды компенсируется снегопадами во внутренней части континента. Когда разрушение льда идет быстрее его накопления, ученые бьют тревогу.

Как скоро повышение уровня Мирового океана вынудит население прибрежных районов перебираться в глубь континентов? Во многом это зависит от того, насколько быстро будет разрушаться огромный ледниковый щит Западной Антарктиды.

Двенадцать тысяч лет назад, когда на Земле завершался последний ледниковый период, в Северную Атлантику вторглась армада айсбергов размерами с «Титаник». Отрываясь от необъятных ледниковых щитов, покрывавших в то время половину территории Северной Америки и Европы, они добавляли в океан такую массу воды, что уровень моря ежегодно поднимался более чем на метр.

По мере того как оттаивал промороженный Север, лед, сковывавший самый южный материк планеты, оставался почти нетронутым. Сегодня он составляет около 90% всей массы «твердой» воды на Земле. Однако данные последних исследований вызывают беспокойство: лед, покрывающий Западную Антарктиду может повторить драматическую судьбу своего северного собрата. А полное разрушение ледникового покрова, удерживающего в своих объятиях более 3 млн. куб. км пресной воды, приведет к повышению уровня моря на 5 метров. В результате множество прибрежных низин окажется под водой, и 2 млрд. их обитателей будут вынуждены переселиться в глубь материков.

Большинство исследователей Антарктиды считает, что в прошлом ледниковый покров этого континента уже несколько сократился; ведь уровень моря поднимался и после того, как исчезли ледники на Севере. Лед, покрывающий восточную часть континента, гораздо более

стабилен, чем в Западной Антарктиде, там его неустойчивость обусловлена особенностями коренного ложа. Совсем недавно мнения ученых о том, произойдет ли катастрофическое разрушение западного ледникового покрова, расходились. Многие выражали опасение, что потоки льда, устремившиеся из внутренних частей континента к морю Росса, нарушат целостность ледникового покрова, что через несколько столетий может привести к его полному разрушению. Другие эксперты, напротив, указывали на хорошую сохранность ледника и говорили о его устойчивости.

Казалось, что спорам не будет конца. Достичь согласия мешали и скудость данных, и сложности, связанные с исследованием континента, полгода пребывающего во власти ледяной полярной ночи. Хотя в прошлом ледниковый покров местами и подвергался быстрому разрушению, трудно сказать, что отражают современные изменения его размеров и скорости движения – нормальную изменчивость или же начало опасной тенденции? В последние годы специалисты высказывают более единодушное мнение об угрозе, которую представляют направляющиеся к морю Росса ледяные потоки (выводные ледники), в прошлом сильно преувеличенную.

Недавно ученые обнаружили истончение льда в одном из плохо изученных секторов Западной Антарктиды. Возможно, оно обусловлено

не выводными ледниками, а каким-то иным деструктивным процессом. На полуострове, образующем самую северную оконечность Антарктиды, отмечено повышение летних температур, в чем скорее всего и кроется причина разрушения льда вдоль побережья.

С окончания последней ледниковой эпохи температура на планете постепенно повышается, но с середины 1990-х гг., когда в атмосфере резко увеличилось содержание парниковых газов, процесс заметно ускорился. Пока Антарктический полуостров – единственная часть континента, где проявляется эта тенденция. Во всех других регионах средние температуры за последние 50 лет незначительно увеличились или слегка уменьшились. Сегодня ученые выясняют, сможет ли глобальное потепление затронуть и самую южную часть земного шара.



Первые предупреждения

Свидетельства того, что ледниковый покров Западной Антарктиды находится на пути к исчезновению, появились примерно 30 лет назад. В 1974 г. Ханс Виртман (Hans Weertman) из Северо-Западного университета опубликовал теоретический анализ факторов, определяющих устойчивость ледникового покрова Западной Антарктиды. К тому времени уже было известно,

нента лежат глубоко под водой, расположенный по краям лед контактирует с окружающей морской водой и в виде плавучих ледяных плит (шельфовых ледников) вклинивается в поверхность океана.

Тревожно прозвучал один из выводов Виртмана: любой ледниковый покров, заполняющий какой-либо морской бассейн, во время глобального подъема уровня моря неизбежно становится неустойчивым.

рушительного воздействия моря.) Виртман пришел к выводу, что ледниковый покров Западной Антарктиды находится на пути к полному разрушению. И спасти его может только новый ледниковый период.

Если рассуждения верны, то современный ледниковый покров – немого «сморщившийся» вариант прежнего ледника. Вывод подтверждают необычные скопления камней и щебня (которые могут образовыв-

Если бы весь лед растаял, Западная Антарктида предстала бы в виде огромного горного массива: равнины располагались бы под водой на глубине 2 км, а горные вершины возвышались бы на 2 км над поверхностью моря.

что большая часть континента, лежащая под толстым слоем льда, расположена гораздо ниже уровня моря и когда-то была дном океана. Если бы весь лед растаял, Западная Антарктида предстала в виде огромного горного массива: ее равнины располагались бы под водой на глубине 2 км, а горные вершины возвышались бы на 2 км над поверхностью моря. Поскольку границы контин-

А именно это и происходит на протяжении последних 20 тыс. лет. Нестабильность возникает из-за того, что края морского ледникового покрова легко могут сжиматься или подниматься с коренного ложа, вытесняемые водой. (Напротив, ледник в Восточной Антарктиде покоится непосредственно на континенте, большая часть которого расположена выше уровня, доступного для раз-

вать только движущиеся льды) на горных склонах, расположенных выше поверхности современного ледника и указывающих на то, что лед когда-то был толще. Глубокие выемки в морском дне на некотором расстоянии от берега наводят на мысль, что часть ледника, покоящаяся на морском дне (донный край), когда-то вклинивалась в океан гораздо дальше. Из этого следует, что первоначальный объем ледникового покрова был в три раза больше современного и что уменьшается он настолько медленно, что полное исчезновение ледникового щита произойдет только через 4–7 тыс. лет.

Выводные ледники (природные «конвейерные ленты» льда длиной в сотни и шириной в десятки километров) натолкнули на мысль о том, что Западная Антарктида может начать разрушаться гораздо раньше. Своим существованием потоки обязаны тектоническим силам, которые «разрывают» Западную Антарктиду на части, истончают земную кору и способствуют высвобождению из

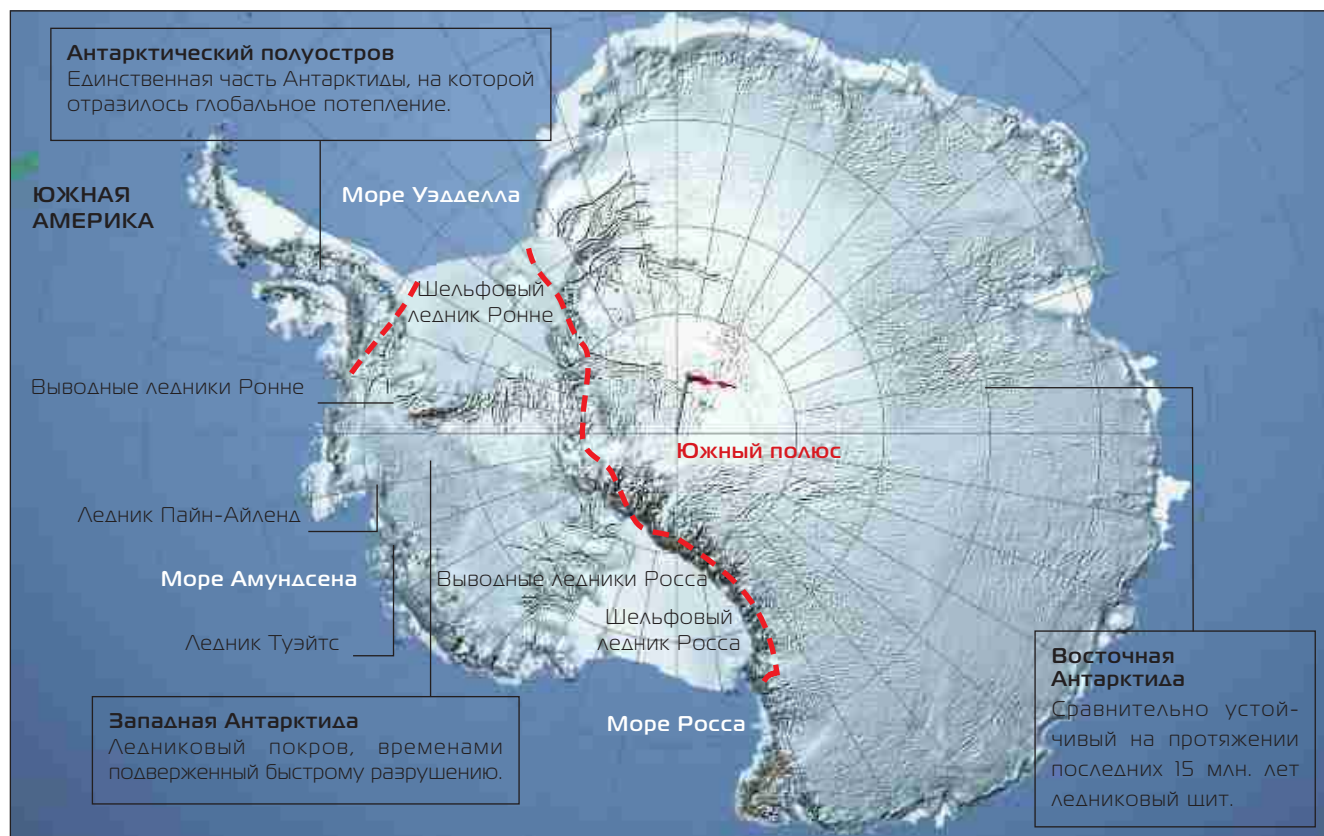
ОБЗОР: ЛЬДЫ АНТАРКТИКИ

- Более 30 лет назад ученые стали предупреждать человечество, что ледниковый покров Западной Антарктиды подвергается быстрому разрушению и что через 500 лет уровень моря может подняться на 5 м.
- Сегодня многие исследователи считают, что размеры ледникового щита сокращаются гораздо медленнее, чем предполагалось, и что в следующем столетии уровень моря поднимется не более чем на 0,5 м.
- Некоторые факты, однако, вселяют тревогу. Плохо изученный сектор ледникового щита, примыкающий к морю Амундсена, сокращается быстрее, чем предполагалось ранее.
- Глобальное потепление, роль которого в судьбе Западной Антарктиды была до сих пор ничтожно мала, в будущем окажет на этот регион гораздо более сильное влияние.

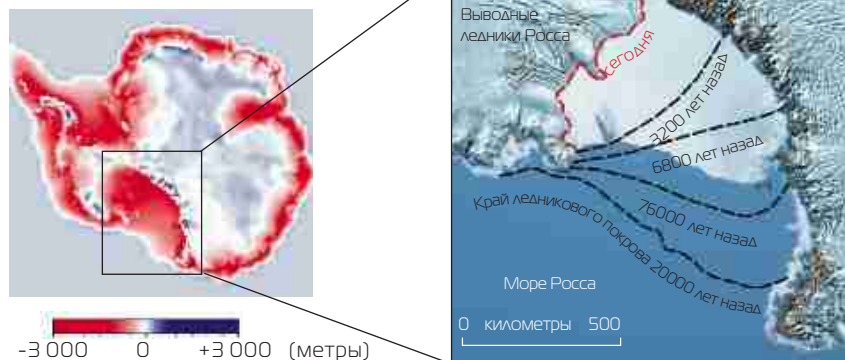
ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Мошный щит антарктического льда (внизу) начал сокращаться примерно 20 тыс. лет назад, с середины последнего ледникового периода (внизу слева). Сильнее всего он уменьшился в Западной Антарктиде, где ледниковый покров значительно тоньше, чем на востоке континента. В последнее время западная часть щита изменяется очень

быстро, но пока не ясно, связано ли это с природной переменчивостью региона или же с началом опасного процесса, ведущего к полному распаду ледника. В результате катастрофического разрушения льда уровень моря может стремительно подняться и прибрежные области на всей планете окажутся под водой.

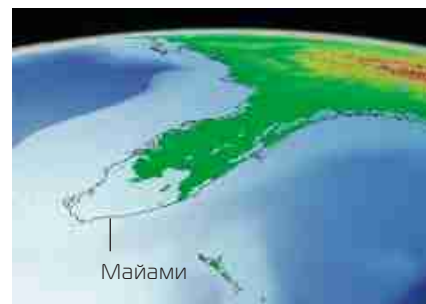


ИСТОНЧЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЕ



Изменение толщины льда за время, истекшее с последней ледниковой эпохи, соответствует разрушению примерно 5,3 млн. куб. км льда (красный цвет), по большей части в Западной Антарктиде. Расположенный у морского дна край ледникового покрова особенно быстро разрушался в море Росса (вверху справа). За последние 7 тыс. лет он отступил на 700 км в глубь континента.

НАИХУДШИЙ ПОВОРОТ СОБЫТИЙ



В результате полного разрушения ледникового покрова Западной Антарктиды уровень моря поднимется на 5 м. Зоной бедствия станет и Южная Флорида: под водой окажется примерно треть территории этого райского уголка Земли.

ЛЕДЯНЫЕ РЕАЛИИ

Чтобы предсказать реакцию антарктических ледниковых шитов на изменение климата и их влияние на уровень моря, ученым приходится учитывать и нетипичные ситуации.

Уровень моря поднимает и не растаявший лед

Как только лед (некогда находившийся на суше) попадает в воду, он вызывает повышение глобального уровня моря. Айсберг, большая часть которого скрыта под поверхностью океана, вытесняет столько же воды, сколько вытеснил бы в жидком состоянии. Так же ведут себя и шельфовые ледники – плавающие плиты льда,



Возвышающаяся над водой ледяная глыба – лишь десятая часть массы айсберга.

выступающие в море с берега. Поскольку температуры воздуха в Антарктиде очень низкие, таянию подвергается незначительная часть антарктического льда. Глобальное потепление может коренным образом изменить ситуацию. Сегодня же влияние Антарктики на уровень моря исчерпывается «поставкой» твердого льда на побережья, где он откалывается или присоединяется к уже существующим шельфовым ледникам.

Лед может как ускорить, так и приостановить потепление

Представьте себе снежную равнину в ослепительных лучах солнца. Лед и снег отражают гораздо больше солнечной энергии, чем темная поверхность океана и суши. Благодаря этому часть атмосферы, расположенной над ледяными просторами, остается холодной, что повышает вероятность образования дополнительного количества льда. С другой стороны, если в результате глобального потепления атмосфера нагреется настолько, что лед начнет таять и обнажит поверхность суши, поглощение солнечной энергии увеличится и воздух станет еще теплее.

Может ли глобальное потепление влиять на подъем уровня моря

Потепление увеличивает испарение воды с поверхности океана и повышает способность воздуха к удержанию влаги. С усилением глобального потепления в полярные области из умеренных регионов смогут проникать в виде снега большие массы паров, образовавшихся в результате испарения морской воды. Если потепление вызовет значительное таяние морского льда и в результате обнажится обширная поверхность океана, оно усилится еще больше. Теоретически морская вода, прежде чем возвратиться в океан в виде пресного стока или айсбергов, могла бы успеть превратиться в снег или лед и тем самым немного ослабить подъем уровня моря. Однако вследствие глобального потепления быстрее начнет таять и лед на суше. В конечном итоге характер воздействия глобального потепления на ледниковый покров будет зависеть от того, какой из этих процессов возобладает.

земных недр избыточного тепла. Не исключено, что это вызывает таяние основания ледникового покрова, что приводит к образованию слоя смазки, позволяющего льду быстро перемещаться даже по самым покатым склонам. В 1970 г. с помощью радарных аэросъемок удалось обнаружить, что две сети выводных ледников выносят лед из внутренних частей континента к двум крупнейшим шельфовым ледникам Западной Антарктиды – Росса и Ронне. Достигнув их южной оконечности, лед раскалывается на огромные айсберги. Выяснив динамику ледяных потоков, ученые сделали первые предупреждения относительно их способности вымывать весь ледниковый покров в течение нескольких столетий.

Потоки неопределенности

В 1983 г. ученые из NASA, Университета штата Огайо и Висконсинского университета в Мэдисоне организовали несколько летних полярных станций на самих движущихся льдах и на «берегах» ледяных потоков. Одна группа исследовала внутренние части потоков с помощью радаров и сейсмических взрывов, другая измеряла скорость их движения и деформации на поверхности. Вскоре ученые обнаружили, что огромные ледяные реки мчатся с головокружительной для ледников скоростью – несколько сотен метров в год.

Чтобы объяснить этот феномен, в толще льда расплавили узкие скважины глубиной в километр, через которые извлекли образцы древнего морского дна. Смесь из раковин, морских организмов, гальки, глины и размытых горных пород, скапливавшаяся на дне в течение тысячелетий, образовала слой смазки, по которому ледяным потокам легко скользить. Это не исключало возможности стремительного смыва льда потоками Росса. Исследователи выводных ледников Ронне на другой стороне Западной Антарктиды получили более утешительные результаты. А ученые, обосновавшиеся близ

шельфового ледника Росса, имели все основания полагать, что коль скоро выводные ледники Росса вынесли из этого региона 1 млн. куб. км льда, такая же судьба ожидает и остальную часть ледникового покрова (включая область, смываемую потоками Ронне, и часть ледникового щита Восточной Антарктиды).

В 1990-х гг. было отмечено и еще одно свойство выводных ледников Росса, вызывающее тревогу: они отличаются не только стремительностью, но и переменчивостью. Радарное изучение структур, скрытых под поверхностью шельфового ледника Росса, показало – выводные ледники занимали свое нынешнее место не всегда. Кроме

того сделал анализ внутренней части льда из центральной части Западной Антарктиды. Проведенные ранее измерения свидетельствовали, что толщина льда в последний ледниковый период была на 950 м больше, чем сегодня. Но Стейгу благодаря новым методам удалось сократить эту разницу до 200 м. А результаты недавней работы Джона Стоуна (John O. Stone) из Вашингтонского университета показывают, что первоначальные размеры ледникового покрова превышали современные не более чем в 2,5 раза.

В начале 2001 г. ученые с помощью более совершенных методов провели оценку перемещения выводных ледников Росса. Она подтвердила, что

люют движение и изменяют его скорость? Оказывается, вода и слой осадков на морском дне управляют этими процессами в масштабах дней, месяцев и лет, но в масштабах тысячелетий главную роль играет глобальный климат. Полученная информация позволяет создать более надежные компьютерные модели для прогнозирования поведения выводных ледников в ближайшие столетия.

Ахиллесова пята западной Антарктиды

Новость, что опасность разрушения одной из областей западноантарктического ледникового щита не велика, стала приятной неожиданностью.

Полное разрушение ледникового покрова Западной Антарктиды, удерживающего в своих объятиях более 3 млн. куб. км пресной воды, приведет к повышению уровня моря на 5 метров. В результате – множество прибрежных низин окажется под водой и два миллиарда их обитателей переселятся в глубь материков.

того, снимки со спутников выявили глубокие трещины и неопровержимые свидетельства того, что в прошлом скорость их движения резко менялась. Так, один из потоков, обозначенный буквой «С», полтора столетия назад вообще внезапно остановился, а выводной поток Уилланс за несколько последних веков замедлил скорость движения. Наибольшую тревогу вызывало то, что неподвижные потоки могут возобновлять движение без каких-либо видимых причин. Однако выяснилось, что в ближайшем будущем это исключено.

Пять лет назад появились сообщения о том, что ледниковый покров истончен не столь сильно, как полагали ранее. В 2000 г. Эрик Стейг (Eric J. Steig) из Вашингтонского универси-

расход льда здесь компенсируется снегопадами, т.е. общего сокращения ледникового покрова не происходит. К концу 2001 г. большинство исследователей пришли к выводу, что выводные ледники Росса не вызывают сегодня истончения льда. Похоже, колебания накопления снега и скорости расхода льда на протяжении последнего тысячелетия уравнивали друг друга. Значит, ледниковый покров – гораздо менее вероятный фактор внезапного повышения уровня моря, чем предполагалось ранее.

Чтобы лучше контролировать устойчивость ледникового щита, необходимо изучить природные силы, регулирующие перемещение льда в «руслах» ледяных потоков. Почему потоки останавливаются, возобнов-

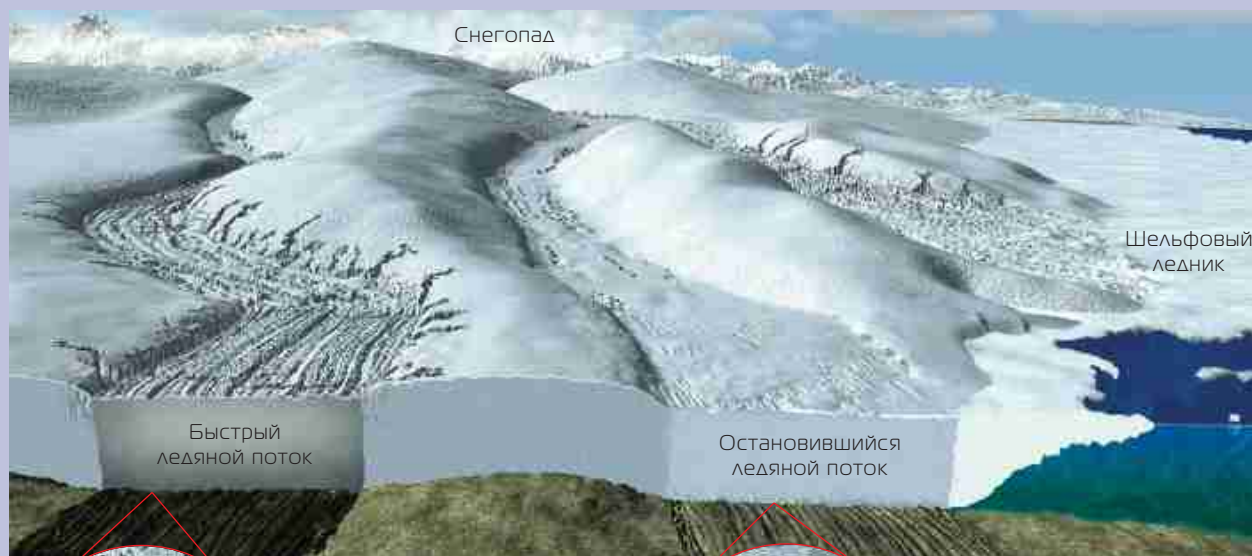
но подобная ситуация сложилась не во всех частях Западной Антарктиды. Данные, полученные со спутников, которые вели наблюдение за плохо изученным регионом, примыкающим к морю Амундсена, показали, что ледники в этом районе исчезают быстрее, чем первоначально предполагалось для выводных ледников Росса.

Изучив результаты миллионов замеров толщины льда, сделанных из космоса в 1980–90-е гг., Дункан Уингэм (Duncan Wingham) из Лондонского университетского колледжа и Джей Зволли (Jay Zwally) из Центра космических полетов Годдарда NASA независимо друг от друга обнаружили, что части ледникового покрова, питающие ледники Пайн-Айленд и Туэйтс, ►

ТЕЧЕНИЯ С ОСТАНОВКАМИ

Широкие ледяные потоки несутся к берегам Западной Антарктиды со скоростью нескольких сотен метров в год, выбрасывая на шельфовые ледники более 400 куб. км льда. Если бы расход льда не компенсировался снегопадами, потоки уничтожили бы весь ледниковый щит за 7 тыс. лет или быстрее. Результаты последних иссле-

дований утешают: выводные ледники могут надолго останавливаться. Остановка или возобновление движения зависит от того, сколько жидкости находится подо льдом: когда воды много, поток движется быстро, когда мало – его движение замедляется.



Когда слой грязи подо льдом увлажняется, ледяной поток начинает стремительное скольжение. Вода образуется, когда внутреннее тепло земли нагревает основание почти до такой же температуры, что и температура в верхней части грязевого слоя. При этом тепло задерживается у основания льда и заставляет его таять. Затем вода просачивается в слой грязи, который делается мягким и легко расплзается под тяжестью налегающего льда.



При недостатке воды ледяной поток внезапно останавливается. Во время быстрого движения лед истончается, и холод проникает в его более глубокие слои. Когда охлаждается лед, примыкающий к грязевому слою, тепло земли все быстрее уходит к поверхности льда, не успевая скапливаться у его основания. В результате вода грязевого слоя замерзает, и он становится твердым и малоподвижным. Если грязевой слой не размягчает вода из расположенных выше по течению участков потока, ледник в конце концов останавливается.

истончаются (последний со скоростью более 10 см в год). Это открытие согласуется с результатами исследования Эрика Райнота (Eric Rignot) из Лаборатории реактивного движения в Пасадине (Калифорния). С помо-

щью радарной интерферометрии (метода, способного выявлять перемещение льда на расстояния в несколько миллиметров) он установил, что оба ледника высвобождают лед в море Амундсена с постоянно растущей ско-

ростью и сокращаются в направлении к внутренней части континента. Их вклад в глобальное повышение уровня моря составляет 0,1–0,2 мм в год, что соответствует 10% общего объема. С такой скоростью ледники вынесут

30% всего ледникового покрова через 7,5–15 тыс. лет, а если разразится катастрофа, наподобие той, что ранее предсказывалась учеными для сектора Росса, то и гораздо раньше.

Гляциолога Теренса Хьюза (Terence J. Hughes) из Мэнского университета эти новости не удивляют. Он давно окрестил сектор Амундсена ахиллесовой пятой ледникового покрова Западной

сегодня в сравнительно устойчивом состоянии. Теплые океанические воды из более низких широт, смешиваясь с антарктической водой, вызывают более быстрое таяние донного края ледникового щита, чем считалось ранее, и одновременно сокращение количества льда в море Амундсена.

К счастью, ледниковый покров Западной Антарктиды располагает бо-

которая до сих пор достаточно эффективно регулировала его размеры, чтобы исключить или предотвратить стремительную гибель ледникового покрова.

Учитывая полученную информацию, мы беремся (хотя и с большой осторожностью) утверждать, что размеры ледникового покрова по-прежнему будут сокращаться, но этот

Хотя в прошлом ледниковый покров частично подвергался быстрому разрушению, трудно сказать, что отражают современные изменения его размеров и скорости движения – нормальную изменчивость или же начало опасной тенденции?

Антарктиды. В силу технических причин полевые исследования в этом регионе почти не ведутся. Поскольку ледники моря Амундсена обладают уникальными свойствами, информация, с таким трудом полученная учеными в секторе Росса, может оказаться попросту неприменимой к ним. Например, поверхность ледников наклонена к морю более круто, чем ледяные потоки. И поскольку они выбрасывают лед непосредственно в море, а не добавляют его к уже имеющемуся шельфовому леднику, есть предположение, что процесс разрушения затронул этот регион значительно сильнее, чем какую-либо другую часть Антарктиды.

Некоторые прогнозы

Повсеместное повышение температуры, связанное с глобальным потеплением, может распространиться в направлении Южного полюса с Антарктического полуострова, где с 1950-х гг. летняя температура воздуха уже выросла на 2°C. Даже ничтожное изменение температуры способно инициировать разрушение шельфовых ледников, находящихся

более действенной системой обратных связей (способных, например, на целые столетия остановить движение быстро перемещающихся выводных ледников), чем его доисторические «собратья» в Северной Америке или Европе. Их внезапное разрушение произошло в результате потепления климата всего на несколько градусов, что, однако, не вызвало распада большей части западноантарктического льда. Похоже, в модели Виртмана слишком упрощалась собственная динамика ледникового щита,

процесс займет многие тысячелетия. А в таком случае вклад Западной Антарктиды в глобальное повышение уровня моря может увеличиться вдвое по сравнению с историческим показателем, составляющим 2 мм в год. Это означает, что за счет разрушения ледникового щита уровень моря будет повышаться на 1 м только каждые 500 лет. Однако не следует забывать, что этот замечательный ледниковый щит заставляет ученых удивляться уже более 30 лет. Какие еще он готовит сюрпризы? ■

ОБ АВТОРАХ:

Роберт Биндшадлер (Robert A. Bindshadler) и **Чарлз Бентли** (Charles R. Bentley) большую часть своей научной деятельности посвятили изучению Западной Антарктиды. За 23 года работы в Центре космических полетов Годдарда NASA Биндшадлер участвовал в 12 экспедициях на самый холодный континент планеты. Он разработал множество методов дистанционного зондирования для гляциологических исследований (например, метода измерения скорости движения и толщины льда с помощью спутниковых изображений).

Первое посещение Бентли Западной Антарктиды длилось 25 месяцев, и он неоднократно пересек ее ледниковый щит в составе экспедиции 1957/58 г., посвященной Международному геофизическому году. В перерывах между экспедициями, вплоть до выхода на пенсию (1998 г.), Бентли регулярно возобновлял работу на геофизическом факультете Висконсинского университета в Мэдисоне.

ЛЕДНИКИ КАК ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА

По материалам беседы с В. М. Котляковым

Что такое ледники, когда, как и почему они возникают, растут и разрушаются, движутся и взаимодействуют с атмосферой, морями, океанами? Эти вопросы волнуют сегодня многих. На одни уже получены ответы, другие еще остаются предметом споров.

Много очевидного и невероятного о ледниках зрители узнали из телевизионной беседы профессора Сергея Петровича Капицы с директором Института географии Российской академии наук, почетным президентом Русского географического общества, академиком Владимиром Михайловичем Котляковым.

Роль ледников в истории человечества

Гляциосфера (ледовый панцирь Земли) – один из глобальных факторов, определяющих природное и климатическое равновесие планеты, а значит, и нашу жизнь. В свое время ледники сыграли положительную роль в развитии человечества. С наступлением похолодания они продвигались на юг, менялся климат, и все живое на Земле приспособлялось к новым суровым условиям жизни. Ледниковый холод в те времена был двигателем человеческого прогресса, он заставлял людей изобретать одежду, использовать огонь, строить жилища. Это был своеобразный поршень, перемещавший и людей, и животных, и растительность по всей планете. Примерно 20 тыс. лет назад ледники доходили до широты Киева, но сам ледниковый щит находился севернее, примерно в районе Валдая. Все валдайские красоты: озера, пески, камни и даже сосновая растительность – следствие ледниковой истории.

В Сибири ледников было гораздо меньше. Климатические условия не способствовали их образованию: сильнейшие морозы, отсутствие осадков, сухой климат. А ледникам необходимы обильные снегопады и низкие температуры воздуха как зимой, так и летом. Выпадающий снег ложится на ледник и не успевает стаять, а на него наслаиваются новые и новые осадки. Слои снега постепенно сжимаются и превращаются в лед. Так что ледник – это многолетние массы природного льда, возникшие за счет накопления и преобразования снега.

Ледники очень важны и в наши дни. Не стоит забывать, что все мы потребляем пресную воду, которая на 97% сосре-

доточена в ледниках, покрывающих Антарктиду. Сегодня в Средней Азии, где летом дожди очень редки, ледники приходят на помощь, снабжая водой хлопковые плантации и перераспределяя сток в лучшую для сельского хозяйства сторону. То же происходит на севере Италии, который в значительной мере питается водой альпийских ледников. Аналогичная ситуация в Северной Америке, в Альпах и в Центральной Азии.

Ледниковая летопись

Ледники – величайшая летопись климата Земли. Ледник растет, древние отложения оказываются все глубже, и в ледяной толще образуются слои, похожие на годичные кольца деревьев. В верхней части ледника, образовавшейся сравнительно недавно – за последние несколько тысяч лет, – возраст льда узнать нетрудно. Для этого просто подсчитывают годовые слои, состоящие из зимних и летних отложений. По мере того как глубина увеличивается, сделать это становится все сложнее, поскольку лед медленно движется – течет. В Центральной Антарктиде толщина ледникового покрова достигает 4 км. Слои накапливались почти миллион лет!

Наиболее интересные и неожиданные результаты принесло бурение на российской научной станции «Восток», которое началось еще в 70-х гг. Условия в этих местах очень похожи на марсианские: самая низкая зафиксированная на Земле температура –89,4°С. Более низкой температуры еще никто нигде не наблюдал. (Средняя годовая на поверхности ледника составляет –55°С.) Скважина была необходима для того, чтобы извлечь из нее ледяной керн, изучение которого помогло понять, какой климат был на Земле в прошлом. На глубине 3623 м были обнаружены слои 420-тысячелетней давности. (Подробнее об этом читайте в следующем номере журнала «В мире науки».)

Измерения изотопного состава воды периода образования льда свидетельствуют о температуре, которая была в момент его формирования. Существует достаточно простая зависимость – чем

больше в составе воды изотопов кислорода-18 и дейтерия, тем теплее, чем их меньше – тем холоднее. Это своеобразный градусник. Оказалось, что в течение последних 420 тыс. лет Земля прошла через четыре климатических цикла. Их можно проследить и по морским отложениям, однако исследования керна отличаются большей степенью детальности: они позволяют выявить изменения температурных режимов и состав воздуха. Даже сведения о ветрах, дувших в те далекие времена, зафиксированы в памяти ледников. Вместе с водой в толще сохраняется пыль, осевшая на поверхности льда много сотен тысячелетий назад. Анализ позволяет выявить, чем был загрязнен воздух в те далекие времена и откуда эту пыль принесли ветры, не происходило ли тогда крупных извержений вулканов и многое другое.

Интересно было проследить, как изменялась температура за последнюю тысячу лет. Колебания ее за это время составили 1,5–2°С. Теплыми были XII в., первая половина XIII в., а также XVI и XX столетия; холодными – XIV–XV вв. и XVII – первая половина XIX в. Последний промежуток времени даже получил название малого ледникового периода.

Также можно исследовать состав атмосферы того времени. Каким образом? Выпавший на поверхность ледника снег постепенно превращается в фирн – рыхлый зернистый снег, в порах которого находится большое количество воздуха. Уплотняясь и замерзая, фирн образует лед, и заключенные в нем пузырьки воздуха плотно закупориваются в ледниковой толще. Выделив эти мельчайшие пузырьки, можно получить воздух того времени. Это потрясающая, уникальная возможность, таких результатов не удастся добиться с помощью исследований океанических колонок. Проводится химический анализ воздуха, определяется и измеряется состав углекислого газа, кислорода и метана, т.е. парниковых газов. Результаты эксперимента показывают, что их содержание в атмосфере того времени точно следовало ходу температуры: чем теплее – тем больше было парниковых газов, чем холоднее – тем их становилось меньше. ▶

Страшная катастрофа происходит во время извержения вулкана, на котором лежит ледник (таких вулканов много в Исландии, Антарктиде, на Камчатке и Аляске). Соприкасаясь с раскаленной магмой, огромные массы льда тают. Извержение сопровождается столбами густого белого пара, а иногда и мощными взрывами. Талая вода устремляется вниз в виде страшного паводка; вбирая в себя пепел, она превращается в грязекаменные потоки.

Такое стихийное бедствие произошло в 1918 г. в Исландии при извержении вулкана Катла под ледниковым куполом Мирдальсйёкюдль. Расход воды в паводке (объем воды, протекающий через сечение потока в единицу времени) оказался равным 300–400 м³/с, а на предгорную равнину вылилось 6 км³. Это был настоящий потоп – в паводке расход воды в несколько раз превышал расход воды в устье Амазонки, величайшей реки мира. Гигантский поток с легкостью переносил ледяные глыбы весом в десятки тысяч тонн. Он полностью уничтожил на своем пути все, что построили здесь люди за многие столетия.

Потепление или похолодание?

Так что же управляет климатом Земли? Что контролирует температуру? Парниковые газы вызывают потепление или более теплые условия вызывают рост парниковых газов? Физически можно объяснить и то и другое. Однако изучение данных в масштабе тысячелетий показывает, что на первом месте была все-таки температура, а не углекислый газ и метан. Главными факторами оказались астрономические причины и цикличность развития природных процессов, причина которых до конца не ясна.

Любопытно, что наше межледниковье (голоцен) длится уже 11 тыс. лет. Все предыдущие были короче – 4–5 тыс. лет. У нас длинный период потепления, но уже есть признаки того, что он заканчивается. В масштабе тысячелетий человечество ждет скорое похолодание.

Известно, что за XX век температура воздуха поднялась на 0,6°C, что довольно много. Влияние деятельности человека, сопровождающееся выделением парниковых газов в атмосферу, приведет к ее повышению. Однако глобальная температура пока не вышла за пределы естественных колебаний, в запасе есть еще полтора градуса. Это значит, что на Земле действует какой-то колоссальный природный механизм, стабилизирующий происходящие изменения. К счастью, пока он действует совершенно нормально, циклические колебания аналогичны тем, которые известны из истории всего четвертичного периода.

Очевидно, что именно океан служит главным регулятором излишков парни-

ковых газов. Его взаимодействие с атмосферой и криосферой оказывает стабилизирующее воздействие. Наличие колоссального природного резервуара в виде океана и ледниковых покровов – главная природная машина, регулирующая подобные процессы. Пока нет никаких научных оснований заявлять, что современное глобальное потепление происходит только из-за парникового эффекта. Мы совершенно не в праве утверждать, что потепление – результат исключительно человеческой деятельности. Соответственно вызывают большие сомнения многие международные действия, направленные в основном лишь на сдерживание выделения в атмосферу углекислого газа. За этим, к сожалению, часто стоят не научные, а финансовые интересы.

Оживление ледников

Ледники, конечно, благо для человечества. Но в них таится и определенная опасность. Скорости движения большинства ледников очень мало меняются из года в год. Но из этого правила есть исключение – пульсирующие ледники, у которых периоды относительного покоя имеют продолжительность от 10 до 50–100 лет, чередуются с этапами коротких быстрых передвижек, или пульсаций. По-другому ледниковые пульсации называются сёрджами (от англ. *surge* – волны), т.е. ледяными волнами, паводками. В ходе пульсаций массы льда, скопившиеся за время покоя в верховьях ледника, быстро сползают в его низовья. Сами передвижки, как правило, длятся несколько месяцев. При этом скорость движения льда увеличивается в десятки и сотни раз; известны случаи, когда она превышала даже 100–120 м в сутки. Ледник при пульсации растрескивается; его поверхность превращается в нагромождение ледяных блоков, хаос рушащихся глыб, а язык движется, порой перемещаясь на 10–15 км. Такие ледники таят много загадок. Непонятна их природа; неясно также, почему одни ледники способны пульсировать, а другие – нет. Пока имеется лишь огромное количество гипотез,



из которых следует, что важнейшую роль в пульсациях играют периодические изменения условий на ледниковом ложе – появление и исчезновение талой воды, нарастание и падение ее давления, примерзание и оттаивание придонного льда.

Ледниковые пульсации чреваты катастрофами – ледяными обвалами, прорывами озер из подпруженных льдом боковых долин, паводками и селями. Много говорилось о катастрофе на Северном Кавказе, когда в Кармадонском ущелье внезапно сорвался небольшой ледник Колка (около 3 км длиной). Ученые знали, что это пульсирующий ледник, и изучали его предыдущую подвижку, случившуюся в 1969–1970 гг. К счастью, в те годы обошлось без страшных последствий, дело произошло зимой, воды было мало. Причина внезапного срыва ледника в сентябре 2002 г. заключается в том, что внутри него накопилось огромное количество воды. Это первый в мире уникальный случай, когда весь ледник выбросило из его горного вместилища, как пробку от шампанского. Огромные массы льда буквально пролетели первые сотни метров, а затем по горной долине прошел разрушительный сель.

Жизнь в подледном озере

Недавно российскими исследователями в подледном озере Восток были обнаружены признаки жизни термофильных бактерий (на геномном уровне), что вызвало настоящий взрыв в научном мире. Самое большое озеро в Антарктиде, открытое советскими учеными в 60-х гг. и названное в честь станции, длиной в 250 км, шириной в 50 км и глубиной около 600 м. Оно настолько велико, что его контуры просматриваются в планетарном масштабе, со спутников видна поверхность ледникового щита. Об этом озере еще мало известно, и потому вторгаться в него очень опасно – можно внести загрязнение и тем самым исказить существующую картину. Российские геологи предполагают, что здесь находится рифтовая зона, а само озеро похоже на Байкал. Интересно, что в нем есть циркуляция во-



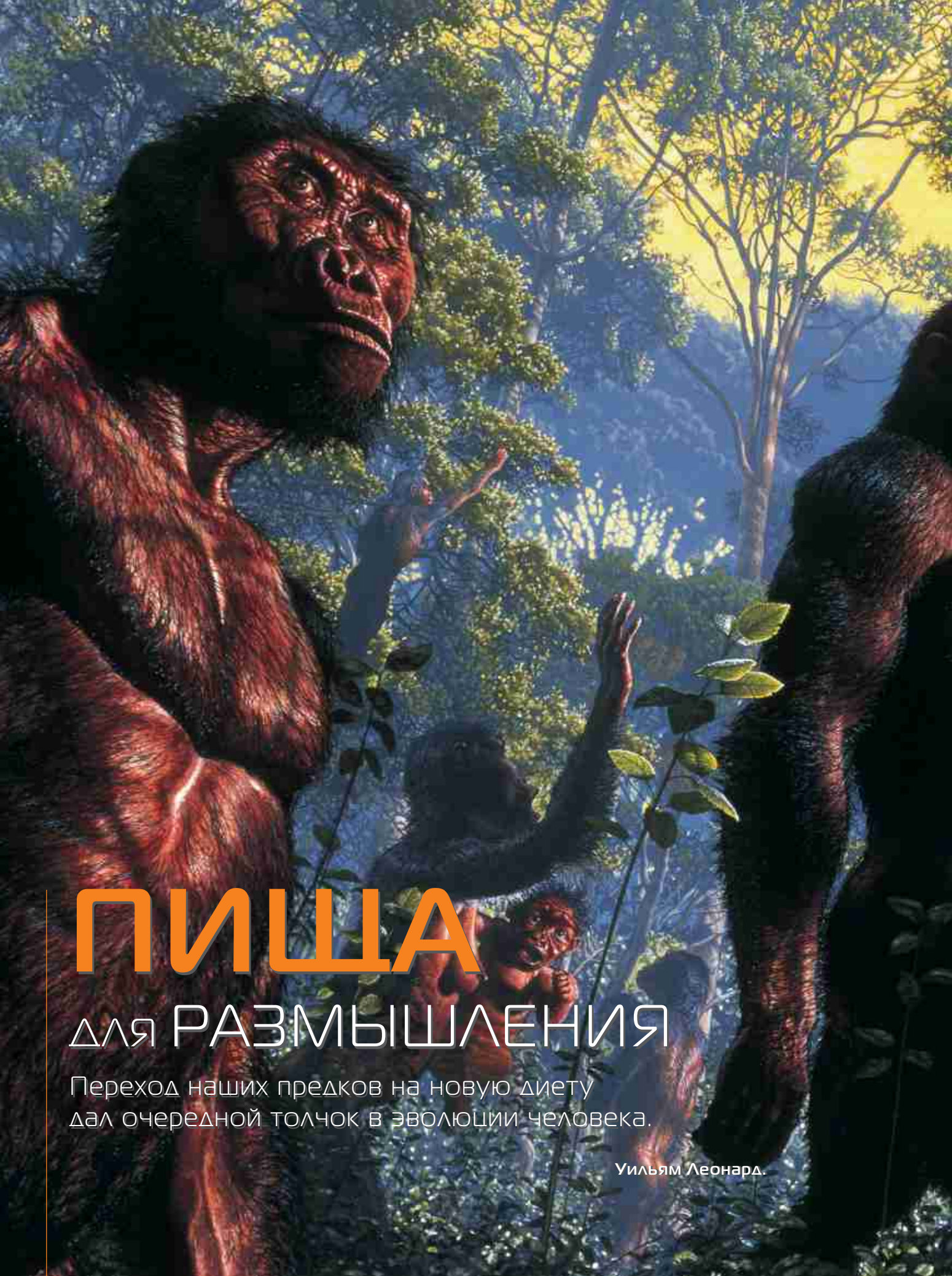
ды – захваченный льдом воздух постепенно опускается вниз, затем вытаскивается из льда и оказывается в воде, где происходит его горизонтальное и вертикальное перемешивание. В результате вода озера насыщается кислородом – для жизни таких условий вполне достаточно. В скором времени предположения о наличии жизни в озере (это могут быть организмы, которым от 500 тыс. до миллионов лет!) должны подтвердиться. Возможно, это и несуществующие сегодня виды – совершенно новые любопытные экземпляры, а может, и страшные, болезнетворные, опасные для человечества бактерии.

Проблема подледного озера имеет и космическое значение. Дело в том, что у одного из спутников Юпитера, названного «Европа», строение похоже на то, с которым российские исследователи встречались в районе станции «Восток». Там под многокилометровой ледяной корой тоже находится жидкая вода. Американские ученые разработали космическую программу по изучению «Европы», и поэтому очень заинтересованы в последних данных о подледном озере – ведь любая ошибка в Космосе стоит миллиарды долларов, а подобная ошибка в антарктических исследованиях – на три порядка меньше.

Эти особые формы жизни под ледниковой толщей расширяют наши представления о самой жизни на Земле. А это означает путь к пониманию ее возникновения, ее развития и ее будущего. ■

В начале лета на некоторых ледниках можно увидеть фонтаны воды, высота которых достигает 2 м; за секунду здесь изливается до 0,5 м³. На Алецком леднике в Альпах из трещины вблизи ледопада через небольшие промежутки времени извергался столб воды высотой до 7 м.

Фонтаны появляются тогда, когда лед тает на больших участках ледника. Талая вода уходит на глубину по трещинам и течет по подледным и внутриледным каналам. Часто в языке ледника можно обнаружить небольшую пещерную галерею, проделанную тальми водами ледника за лето. С наступлением морозов воздух в ней охлаждается, но вода продолжает течь; в то же время она слой за слоем замерзает, и получается наледь, которая постепенно закрывает проход в галерею. Весной подледные каналы снова заполняются водой, но талая вода не может сразу растопить ледяную пробку, и внутри ледника возникает большой напор воды. Подобное явление отмечено в начале лета 1984 г. на леднике Бертиль, что на архипелаге Свальбард (Шпицберген). Под напором воды лед трещал и вспучивался. По возникшим трещинам поднималась мутная вода, образуя цепочку фонтанов высотой до 0,5 м. Фонтаны не оставались на одном месте, а постепенно смещались вниз по леднику. Через сутки они приблизились к выходу из ледникового туннеля и вскоре совсем исчезли.



ПИЩА

ДЛЯ РАЗМЫШЛЕНИЯ

Переход наших предков на новую диету дал очередной толчок в эволюции человека.

Уильям Леонард.

На заре эволюции: примерно 3,5 млн. лет назад прапредок человека, *Australopithecus afarensis*, вел поиск растительной пищи в африканских лесах.



Мы, люди, – удивительные приматы: расхаживаем на двух ногах, гордо задираем головы с огромным головным мозгом и населяем почти все уголки земного шара. Антропологи и биологи уже давно стремятся понять, чем вызваны столь глубокие различия между человеком и «нормальным» приматом. Пока они выдвигают все новые и новые гипотезы, появляются данные, указывающие на то, что эти различия возникли в результате естественного отбора, с тем, чтобы максимально повысить качество и эффективность добывания пищи.

Питание – еще одна особенность, отличающая нас от родичей-приматов. Рацион современных людей богаче калориями и питательными веществами, чем пища наших ближайших родственников – человекообразных обезьян. Когда и почему пристрастия в еде наших предков стали отличаться от предпочтений других приматов? В чем различия рационов современного человека и его прародителей?

Научный интерес к эволюции пищевых потребностей человека имеет давнюю историю. Но особенно рьяно этот вопрос начали изучать после 1985 г., когда журнал *New England Journal of Medicine* опубликовал статью Бойда Итона (S. Boyd Eaton) и Мелвина Коннера (Melvin J. Konner) из Университета Эмори под заголовком «Питание в палеолите». Авторы заявили, что сегодня широкое распространение хронических болезней: тучности, ги-

пертонии, коронарной болезни сердца, диабета и др. – результат несоответствия между питанием современных людей и той диетой, которой придерживались наши предки – доисторические охотники и собиратели. Сравнительный анализ особенностей питания популяций людей с традиционным укладом жизни помог в изучении эволюции пищевых потребностей человека. Теперь-то мы знаем, что человек эволюционировал не как существо, обреченное вечно сидеть на строгой «палеолитической диете», а как «гибкий» потребитель разнообразных продуктов.

Динамика энергообмена между организмом и окружающей средой (т.е. соотношение между расходом и притоком энергии) имеет решающие адаптивные последствия для выживания и размножения. Энергия поддержания (основной обмен) – некое минимальное количество энергии, необходимое организму для сохранения жизнедеятельности. Продуктивная энергия, связанная с воспроизводством и вскармливанием потомства, у человека и других млекопитающих должна покрывать возрастающие во время беременности и лактации энергозатраты.

Окружающая среда оказывает свое влияние: организму, живущему в более суровых условиях, требуется и более высокая энергия поддержания жизни. Но конечная цель у всех живых существ одна и та же – вложить доста-

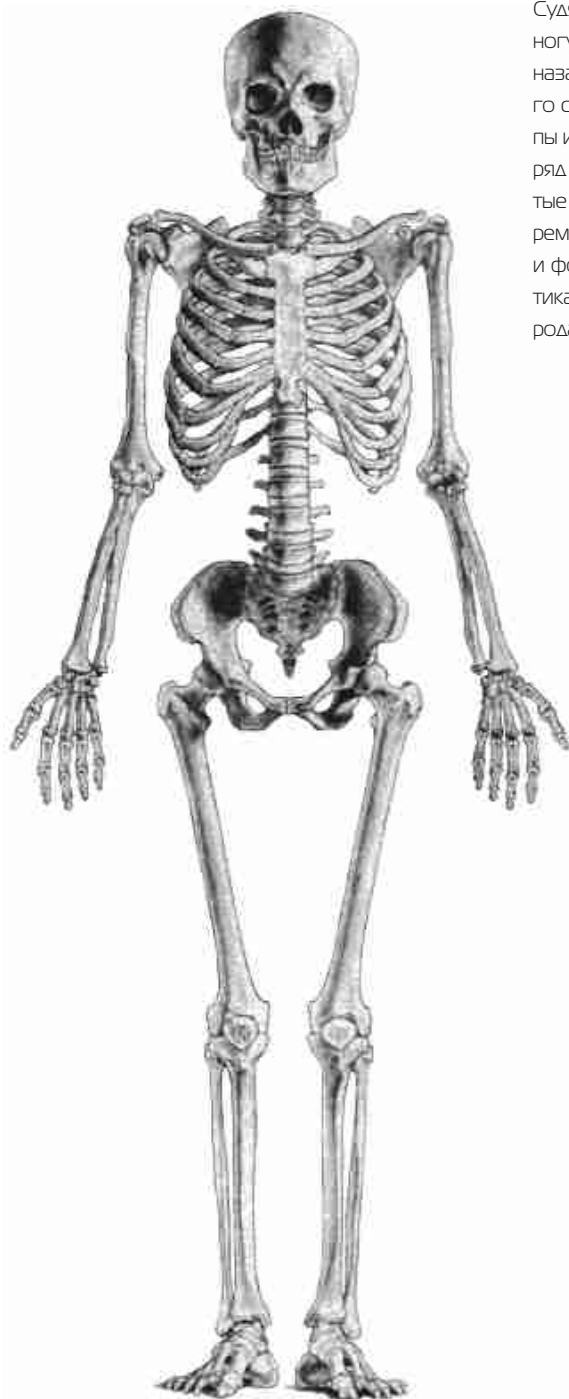
точные «средства» в репродукцию, чтобы обеспечить долгосрочный эволюционный успех своего вида. Изучая способы получения и распределения пищевой энергии животными, можно лучше понять и возникновение эволюционных изменений человека под влиянием естественного отбора.

Эволюция бипедии

Все ныне существующие приматы (за исключением человека) передвигаются по земле квадрупедально, т.е. на четырех конечностях. Ученые предполагают, что последний общий предок людей и шимпанзе (нашего ближайшего родственника) тоже был четвероногим. Но явственные признаки бипедии (двуногой походки, отличавшей древнейших людей от прочих человекообразных) появились примерно 4 млн. лет назад только у самого древнего вида австралопитеков (*Australopithecus*), жившего в Африке. Существует множество теорий возникновения бипедии. В 1981 г. Оуэн Лавджой (С. Owen Lovejoy) из Кентского университета предположил, что передвижение на двух ногах освободило австралопитекам руки для ношения детей и собирания корма. Позднее Кевин Хант (Kevin D. Hunt) из Индианского университета высказал мнение, что бипедия возникла как особая поза во время кормежки, благодаря которой гоминидам стала доступна пища, прежде находившаяся вне пределов их досягаемости. А Питер Уилер (Peter Wheeler) из Университета Джона Мора в Ливерпуле заявил, что прямохождение (благодаря которому сократилась площадь поверхности тела, доступная воздействию обжигающего африканского солнца) позволило нашим предкам лучше регулировать температуру тела. Проведенные мной исследования наводят на мысль, что двуногая походка оказалась энергетически более выгодной, чем четвероногая. Главные факторы, влияющие на энергозатраты при движении, – масса тела и скорость передвижения. Как ни удивительно, но при скорости, сравнимой со скоростью

ОБЗОР: ПИТАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

- Признаки, отличающие человека от других приматов, возникли в результате естественного отбора, с тем, чтобы максимально повысить качество и эффективность добывания пищи. По мнению некоторых ученых, многие болезни, распространенные в современном обществе, обусловлены несоответствием между тем, чем мы питаемся, и тем, что ели наши предки в эпоху палеолита.
- Между тем, как показывает изучение групп людей с традиционным укладом жизни, современные люди способны удовлетворять свои потребности в еде, используя самые разнообразные стратегии питания. Проблемы со здоровьем у людей в индустриальном обществе, где легко доступны высококалорийные продукты питания, обусловлены не отходом от естественной диеты, а несоответствием между количеством получаемой с пищей и расходуемой энергией.



Судя по ископаемым останкам, наши древние предки, австралопитеки, освоили двуногую походку примерно 4 млн. лет назад. Для возникшего примерно 3,5 млн. лет назад *Australopithecus afarensis* (справа) были характерны такие признаки двуногого существа, как сводчатая стопа, непротивопоставляющийся большой палец стопы и некоторые особенности строения колена и таза. Но эти гоминиды сохранили и ряд характерных для обезьян черт: короткие бедра, длинные предплечья и изогнутые пальцы рук и ног. Можно предположить, что они отличались походкой от современных людей и проводили часть времени на деревьях. Пропорции конечностей и форма таза, свойственные современному человеку и обеспечивающие ему вертикальную походку, возникли только с появлением ранних представителей нашего рода – *Homo* (скелет современного человека изображен слева).

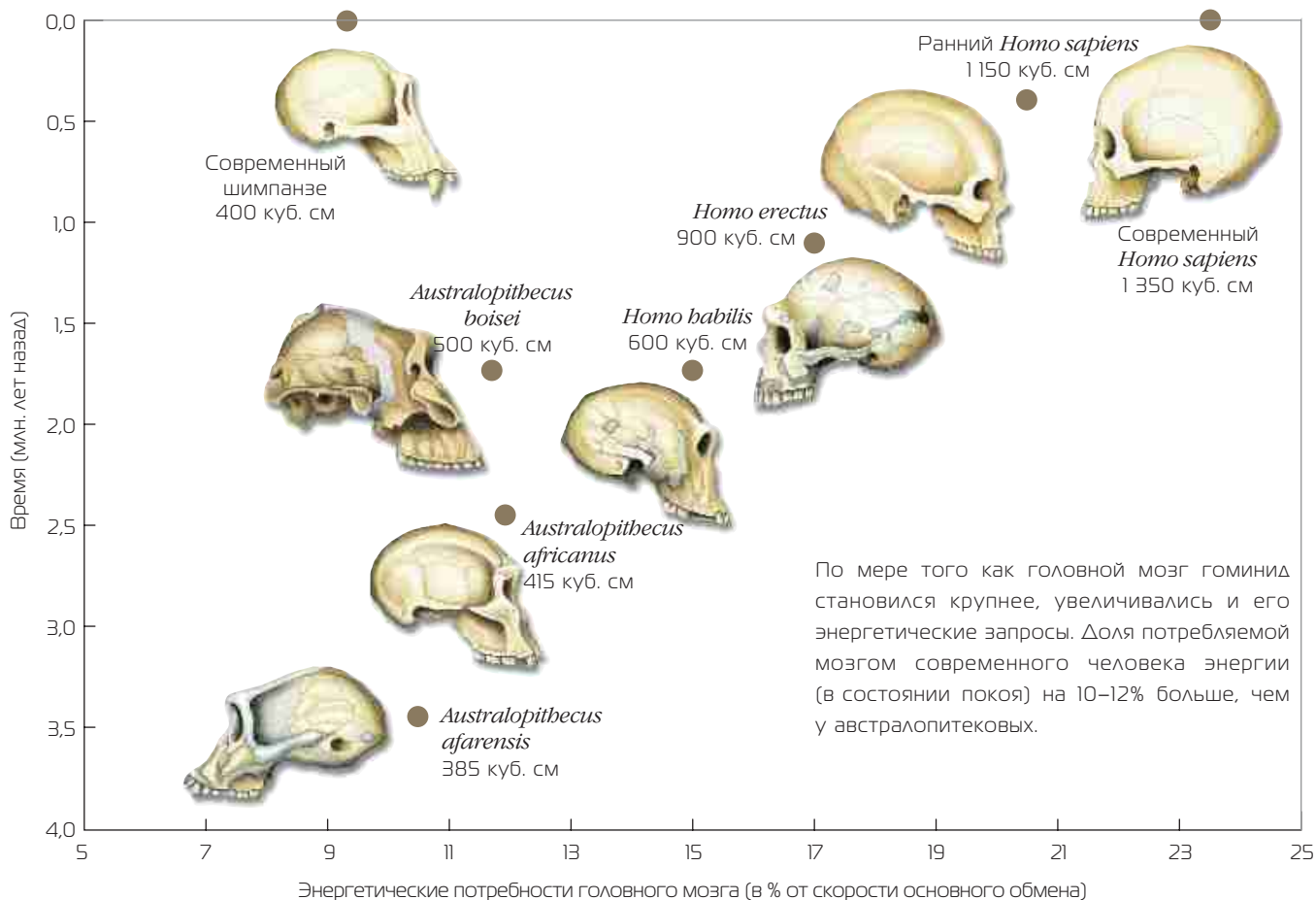


ходьбы, двуногая походка гораздо экономичнее, чем квадрипедия.

Способ передвижения по земле человекообразных обезьян очень неэкономичен. Так, шимпанзе ходят и бегают, опираясь на «костяшки» согнутых пальцев кистей и расходуют на 35% калорий больше, чем типичные четвероногие

млекопитающие такого же размера (например, крупные собаки). Различия энергозатрат при передвижении людей и человекообразных обезьян объясняются особенностями сред, в которых они эволюционировали. Шимпанзе, гориллы и орангутаны живут в густых лесах, где для поиска пищи им доста-

точно в течение дня преодолеть расстояние в 1–2 км. Напротив, ранние гоминиды расселялись в степях и на лесистых равнинах, где добыть пропитание было гораздо труднее. Живущие в таких же условиях современные охотники-собиратели в поисках пищи ежедневно проходят по 10–13 км. ▶



Различия имеют важное значение для локомоции. Поскольку человекообразные обезьяны перемещались мало, эффективность походки не сэкономила их энергию. Зато походка гоминид позволяла им сберечь массу калорий за счет энергии поддержания и тратить ее на размножение. Таким образом, наиболее интенсивному отбору по признаку энергетической эффективности передвижения должны были подвергаться животные, которые вели широкий пищевой поиск.

Гоминидам, жившим в плейстоцене (5–1,8 млн. лет назад), изменение климата дало толчок этой морфологической метаморфозе. По мере того как африканский континент становился суше, леса уступали место степям, а источники пищи распределялись очень неравномерно. В этой связи бипедию можно рассматривать как одну из первых стратегий в эволюции пищевого поведения человека, как способ передвижения, направленный на сокращение количества калорий, рас-

ходуемых на утилизацию постепенно оскудевающих источников пищи.

Огромный мозг и голодные гоминиды

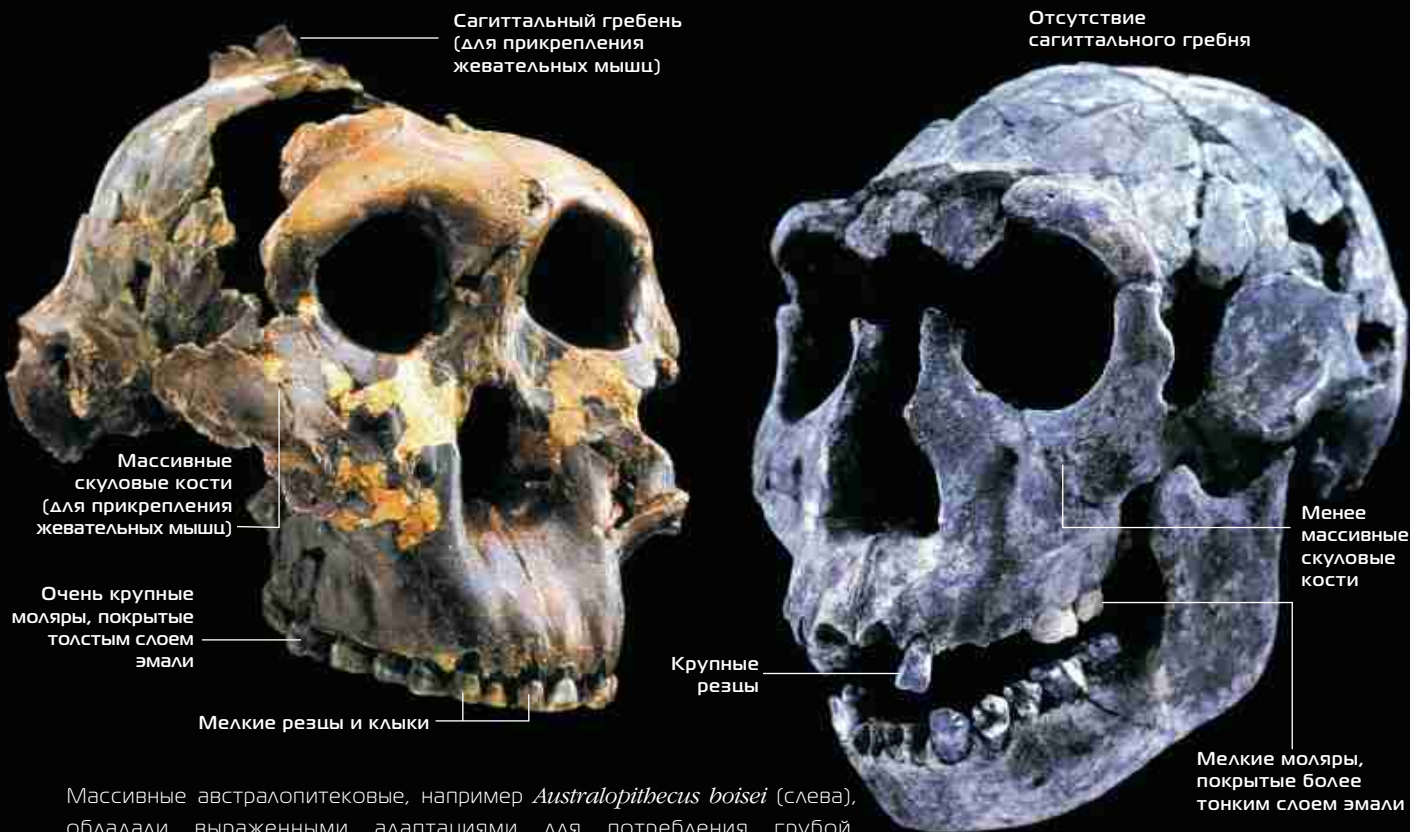
Едва люди освоили более совершенную походку, как начался очередной эпохальный этап их эволюции – резкое укрупнение головного мозга. Судя по ископаемым находкам, головной мозг австралопитековых был ненамного крупнее, чем у современных человекообразных обезьян. За время их существования на Земле он увеличился незначительно: 4 млн. лет назад его объем составлял примерно 400 куб. см, а спустя 2 млн. лет – 510 куб. см.

Зато у представителей рода *Homo* мозг «разрастался на глазах»: примерно 2 млн. лет назад его объем у *H. habilis* составлял около 600 куб. см, а спустя всего 300 тыс. лет у раннего *H. erectus* достигал почти 900 куб. см. Хотя головной мозг *H. erectus* сильно уступает размерами мозгу современного человека (в среднем 1500 куб. см), он был

гораздо крупнее, чем у современных человекообразных обезьян.

Огромный мозг человека потребляет необычайно много энергии – в 16 раз больше, чем мышечная ткань (в пересчете на единицу массы). Но хотя его размеры относительно массы тела у людей больше, чем у других приматов (в три раза превышают теоретически рассчитанную величину), общие энергетические потребности человеческого тела в состоянии покоя не превышают этого показателя у любого другого млекопитающего сравнимых размеров. А следовательно, на питание «прожорливого» мозга мы расходует большую часть своего суточного энергобюджета. У взрослого человека в состоянии покоя доля мозгового метаболизма составляет 20–25% всех энергетических потребностей организма, что значительно больше, чем у других приматов (8–10%), не говоря уже о прочих млекопитающих (3–5%).

На основании показателей размеров тела гоминид я определил долю



Массивные австралопитековые, например *Australopithecus boisei* (слева), обладали выраженными адаптациями для потребления грубой, волокнистой растительной пищи. Напротив, *Homo erectus* (справа) приспособился к потреблению более легкого, высококачественного рациона, время от времени включавшего мясную пищу.

энергетических потребностей организма в состоянии покоя, которая у наших далеких предков уходила на нужды головного мозга. Расчеты заставляют предполагать, что типичный австралопитек с массой тела 40–43 кг и объемом мозга 450 куб. см расходовал на его нужды примерно 11% энергии. А *H. erectus*, весивший 63–66 кг и обладавший мозгом в 850 куб. см, ежедневно затрачивал 250 из 1500 ккал, т.е. 16% энергии.

Как же в процессе эволюции возник столь энергетически «дорогостоящий» орган? Я полагаю, что и здесь, как в случае бипедии, решающую роль сыграл ряд факторов естественного отбора. Но укрупнение головного мозга не смогло бы произойти до тех пор, пока гоминиды не начали потреблять пищу, достаточно богатую калориями и питательными веществами, для того, чтобы покрыть все сопровождавшие процесс энергетические издержки.

Эту гипотезу подтверждают и сравнительные исследования современ-

ных животных. Приматы с более крупным головным мозгом потребляют более калорийную пищу. Согласно последним данным, современные охотники-собиратели получают в среднем 40–60% энергии за счет продуктов животного происхождения (мяса, молока и т.д.), а современные шимпанзе – лишь 5–7% всех калорий. Растительная пища менее калорийна и питательна. Так, например, в 100 г мяса содержится 200 ккал, в 100 г фруктов – 50–100 ккал, а в 100 г листьев – всего 10–20 ккал. Логично предположить, что древние представители *Homo*, «нарастившие» в головном мозгу массу серого вещества, должны были подыскать себе и более калорийную пищу.

Это подтверждают археологические находки. Строение скелета и зубного аппарата всех австралопитековых приспособлено к потреблению грубой, низкокачественной растительной пищи. Для поздних массивных австралопитековых (тупиковой ветви эволюции гоминид, представители которой жили бок о бок с представи-

телями рода *Homo*) были характерны хорошо выраженные адаптации для пережевывания растительной пищи – массивное округлое лицо, тяжелая нижняя челюсть, хорошо развитый сагиттальный гребень на черепе для прикрепления мощных жевательных мышц и огромные моляры с толстым слоем эмали. (Однако это не значит, что австралопитековые никогда не ели мяса. Время от времени они наверняка включали его в рацион, как это делают современные шимпанзе.) Напротив, для ранних представителей рода *Homo*, происходящего от грацильных австралопитековых, были характерны гораздо более узкое лицо, тонкие челюсти, мелкие моляры и отсутствие сагиттального гребня – и это при том, что они были значительно крупнее своих предшественников. Все признаки указывают на то, что ранние представители *Homo* стали потреблять меньше растительной пищи и больше животных продуктов.

Изменение окружающей среды, по-видимому, ускорило и этот поворот ▶

РОЖДЕНИЕ КУЛИНАРИИ

Потребление большого количества мясной пищи – фактор, сыгравший решающую роль в эволюции человека. А могли ли наши предки улучшить качество своего рациона как-нибудь иначе? По мнению Ричарда Рэнгэма (Richard Wrangham) из Гарвардского университета, кулинарная обработка растительных продуктов (особенно богатых крахмалом клубней картофеля, маниока и т.д.) не только делает их мягче и лучше поддающимися пережевыванию, но и значительно увеличивает доступность содержащейся в них энергии. Крахмал, содержащийся в сырых растительных продуктах, расщепляется пищеварительными ферментами человека гораздо труднее.

Ученые предполагают, что *Homo erectus* был первым представителем гоминид, начавшим примерно 1,8 млн. лет назад использовать огонь для стряпни. Возможно, благодаря этому он и обзавелся в процессе эволюции более мелкими зубами и более крупным головным мозгом. Кроме того, дополнительный приток калорий позволил ему охотиться, что требовало значительных энергозатрат.

Однако эта гипотеза сомнительна. Археологические находки из Восточной Африки имеют возраст примерно 1,6 и 1,4 млн. лет и свидетельствуют о способности *Homo erectus* к стряпне, но вопрос о том, могли ли гоминиды разводить огонь, до сих пор открыт. Возраст самых ранних находок, однозначно свидетельствующих об этой способности людей (каменные очаги и обгорелые кости животных), – 200 тыс. лет.

Кулинарная обработка пищи, безусловно, улучшила качество пищи. Неясно одно: когда наши предки освоили эту практику?



По мнению Р. Рэнгэма и его коллег из Гарвардского университета, укрупнение мозга у наших предков стало возможным благодаря кулинарной обработке растительных продуктов (особенно клубней).

в эволюции *Homo*. Африканский климат становился суше, количество и разнообразие растительной пищи сокращалось. Гоминиды приспособились к ситуации за счет анатомических особенностей, позволявших им питаться более доступной, но трудно пережевываемой пищей. Представители *Homo* пошли иным путем. Расширение степей привело к росту численности травоядных животных (антилоп, газелей и т.д.), что открыло новые эволюционные возможности для гоминид, способных утилизировать этот источник пищи. Так, к примеру, в рационе *Homo erectus* животные составляли значительную часть, а добытое мясо делилось между члена-

ми группы. На это указывают археологические находки – большое количество костей животных, обнаруженных на местах стоянок гоминид.

Но одним лишь улучшением качества питания за счет включения в меню животной пищи нельзя объяснить укрупнение головного мозга гоминид. Однако не исключено, что изменение рациона и укрупнение мозга усиливали друг друга и способствовали развитию более сложного социального поведения, что вызывало дальнейшее совершенствование тактики пищевого поиска и диеты. А это, в свою очередь, благоприятствовало дальнейшей эволюции головного мозга.

Исход из Африки

Эволюция *H. erectus* в Африке 1,8 млн. лет назад была решающим событием в развитии человека – началом расселения гоминид за пределами континента. До недавнего времени местонахождение и возраст известных стоянок древнего человека заставляли ученых полагать, что ранние представители *Homo* начали медленно расселяться по Старому Свету спустя несколько сотен лет после своего возникновения. Высказывалось мнение, что исход гоминид из Африки стал возможен примерно 1,7 млн. лет назад, когда они освоили более совершенную технологию изготовления орудий, а именно

ашельского ручного рубила. Но открытия последних лет указывают на то, что *H. erectus*, образно говоря, пустился с места в карьер. Геохронолог Карл Суишер (Carl Swisher) из Университета Ратджерса утверждает, что возраст древнейших за пределами Африки стоянок *H. erectus*, находящихся в Индонезии и Грузии, составляет 1,7–1,8 млн. лет.

Не исключено, что причиной «бродяжничества» древнейших людей стали поиски пропитания. Крупный и уже зависевший от продуктов животного происхождения *H. erectus* нуждался в большем количестве пищи, чем более мелкие вегетарианцы-австралопитеки. Взяв за основу данные, полученные при изучении современных приматов и людей – охотников-собирателей, Сюзен Антон (Susan Anton) из Университета Ратджерса и я рассчитали, что в связи с укрупнением тела и умеренным потреблением мясной пищи площадь охотничьих участков *H. erectus* должна была увеличиться в 8–10 раз по сравнению с территорией поздних австралопитеков. А это могло стать причиной того, что едва *H. erectus* появился на свет, он тут же устремился за границы своей родины.

Проникая в более северные области, люди сталкивались с новыми проблемами, связанными с питанием. Неандертальцы, жившие во времена последних европейских оледенений и одними из первых заселившие арктические области, наверняка нуждались в высококалорийной пище для выживания в суровых климатических условиях. Исследования энергетических потребностей коренных жителей Крайнего Севера показали: у сибирских оленеводов Канадской Арктики (эвенков и иннуитов) интенсивность обмена в состоянии покоя была на 15% выше, чем у людей с такими же размерами тела из умеренной зоны. Формы деятельности, связанные с жизнью на севере и требующие большого расхода энергии, увеличивали энергетическую «стоимость» жизни еще сильнее. Если ев-

НЕАНДЕРТАЛЬСКАЯ ОХОТА

Чтобы узнать, чем питались древние люди, ученые изучают строение их окаменелых зубов и черепов, а также рационы современных людей и человекообразных обезьян. Исследователи обращаются для этого и к другому источнику информации – химическому составу ископаемых костей. Комплексный подход позволил узнать много нового.

Майкл Ричардс (Michael Richards) из Университета Брэдфорда в Англии изучил содержание изотопов углерода (^{13}C) и азота (^{15}N) в костях неандертальцев из пещеры Виндижа (Хорватия) возрастом 29 тыс. лет. Относительное содержание изотопов в белковом компоненте человеческой кости (коллагене) отражает их содержание в белках пищи. Таким образом, сравнение изотопного состава костей неандертальцев и животных, населяющих те же места, позволило установить, из каких продуктов питания неандертальцы получали белки.

Оказалось, что уровень ^{15}N у неандертальцев был примерно таким же, как у северных хищников (лисиц и волков), а это указывает на то, что почти весь белок они получали с животной пищей. В некоторых более ранних работах высказывалось мнение, что одной из причин вымирания неандертальцев была недостаточная эффективность их охоты. Однако Ричардс утверждает, что они были искусными охотниками, иначе не смогли бы добыть и потреблять так много мясной пищи.



Анализ химического состава костей показывает, что неандертальцы потребляли в основном мясную пищу.

ропейцу весом 80 кг, ведущему типично городской образ жизни, требуется примерно 2600 ккал в день, то 62-килограммовому мужчине-эвенку – более 3000 ккал. Используя эти показатели в качестве исходных данных для сравнительного анализа, Марк Соренсен (Mark Sorensen)

из Северо-Западного университета и я определили, что неандертальцам для выживания требовалось около 4000 ккал в день. Их способность удовлетворять столь высокие энергетические потребности организма наводит на мысль, что они были весьма умелыми фуражирами. ▶



Исход *Homo erectus* из Африки начался примерно 1,8 млн. лет назад, т.е. сразу же после возникновения этого вида гоминид. Одной из его причин стала, вероятно, потребность *Homo erectus* в более обширных территориях, чем те, что занимали низкорослые австралопитеки.

стр. 66). С возникновением сельского хозяйства люди стали культивировать дикие растения, повышая их продуктивность, перевариваемость и питательную ценность. Эти попытки продолжаются и поныне: для создания более качественных фруктов, овощей и зерна пищевые растения подвергаются даже генетической модификации.

Стратегия выживания оказалась весьма успешной: человечество сегодня процветает, а численность людей достигает рекордного уровня. Но убедительнее всего о роли высококалорийной диеты в эволюции человека свидетельствует то, что множество недугов, широко распространенных ныне на Земле, обусловлено отходом людей от динамики энергообмена, свойственной нашим предкам. Низкокачественная пища в странах третьего мира (особенно в сельских районах) приводит к нарушению физического развития детей и увеличению смертности в раннем возрасте. Недостаточно калорийное питание зачастую не удовлетворяет высокие энергетические потребности младенцев, связанные с их быстрым развитием. Как правило, при рождении эти дети ни ростом, ни весом не отличаются от новорожденных в

Современные проблемы

Факторы, способствовавшие повышению качества питания, повлияли на раннюю эволюцию человека и сыграли решающую роль в увеличении размеров популяций. Такие нов-

шества, как кулинарная обработка пищи, земледелие и даже современные пищевые технологии, могут рассматриваться как тактические приемы, призванные улучшить качество человеческого питания (см. врез на

Самые разнообразные диеты могут удовлетворить пищевые потребности человека. Одни люди едят исключительно растительную пищу, другие – в основном животную. Хотя американцы употребляют мяса меньше, чем некоторые популяции современных людей с традиционным укладом жизни, уровень холестерина и индекс массы тела (показатель степени ожирения) у них в среднем выше – отчасти из-за потребления мяса животных, откормленных в загонах, и низкой физической нагрузки.

Популяция	Потребление энергии (ккал/день)	Энергия из животной пищи (%)	Энергия из растительной пищи (%)	Общий холестерин (мг/дл)	Индекс массы тела (вес/рост ²)
Охотники-собиратели:					
кунг (Ботсвана)	2 100	33	67	121	19
иннуиты (Канада)	2 350	96	4	141	24
Скотоводы:					
туркана (Кения)	1 411	80	20	186	18
эвенки (Россия)	2 820	41	59	142	22
Земледельцы:					
кечуа (Высокогорья Перу)	2 002	5	95	150	21
Индустриальные страны:					
США	2 250	23	77	204	26

США. Но уже к третьему году жизни они сильно отстают от последних по этим показателям.

Население развитых стран сталкивается с противоположной проблемой – избыточным весом. От ожирения сегодня страдает более половины взрослого населения США. Тучность появилась и в некоторых странах третьего мира. Этот кажущийся парадокс имеет простое объяснение: люди, недодавшие в детстве, переселившись из сельской местности в город, начинают есть в прок. Избыточный вес можно рассматривать как вполне закономерное последствие событий, начавшихся еще миллионы лет назад. Человек превратился в жертву собственного эволюционного успеха – перейдя на высококалорийную диету, он сократил до минимума физическую активность и количество расходуемой на нее энергии.

Масштабы несоответствия позволяет оценить изучение современных популяций людей с традиционным укладом жизни. Исследования оленеводов-эвенков, проведенные мной в сотрудничестве с Майклом Кроуфордом (Michael Crawford) из Канзасского университета и Людмилой Осиповой из Российской академии наук в Новосибирске, показывают, что почти половину суточной нормы калорий эвенки получают за счет белковой пищи, потребление которой более чем в 3,5 раза превышает потребление мяса средними американцами. Несмотря на это, мужчины-эвенки весят на 30% меньше, чем мужчины-американцы одного с ними роста и возраста, и уровень холестерина у них на 30% ниже.

Но существуют и различия в составе рационов. Эвенки едят много мяса, но жира потребляют сравнительно мало (жир дает им примерно 20% калорий, а среднему американцу – 35%), т.к. жировых отложений у свободно пасущихся оленей гораздо меньше, чем у содержащегося в загонках скота. Состав жира у оленей тоже иной: уровень насыщенных жирных кислот в нем ниже, а полиненасыщенных, препятствующих развитию болезней сердца,

РАЗНООБРАЗИЕ ДИЕТ

Споры между сторонниками высокобелковых диет с низким содержанием углеводов (диета Аткинса) и диет с низким содержанием сложных углеводов и жиров продолжаются и по сей день. В том, что обе схемы питания позволяют снизить вес, нет ничего удивительного: они ограничивают потребление калорий. Когда возникает дефицит энергии (т.е. когда расход энергии превышает ее приток), организм начинает сжигать собственные запасы жира и масса тела снижается.

Гораздо более сложный вопрос: в течение какого времени можно соблюдать те или иные режимы питания? Похоже, что диеты, строго ограничивающие потребление каких-либо одних продуктов (например, углеводов), соблюдать труднее, чем диеты с более мягкими ограничениями.

выше. Еще важнее то, что образ жизни эвенков связан с высоким расходом энергии.

Таким образом, многие из распространенных сегодня болезней обусловлены не переменами в питании, а изменением образа жизни. Современные заболевания слишком часто рассматриваются как результат потребления «плохой» пищи, якобы слишком сильно отличающейся от естественного рациона человека. Это слишком упрощенное представление породило непрекращающиеся споры о сравнительных достоинствах высокобелковых диет с высоким содержанием жира и диет, бедных жирами и богатых сложными углеводами. Для оценки пищевых потребностей человека подобный подход не пригоден. Человек не приспособлен

к потреблению какого-либо одного – оптимального – рациона. Наоборот, люди способны питаться необычайно разнообразно. Они заселили почти все экосистемы планеты питаясь как исключительно животной пищей (коренные жители Арктики), так и только растительной (население высокогорных районов Анд). Отличительными чертами эволюции человека было огромное разнообразие стратегий, направленных на освоение рационов, удовлетворяющих его метаболические потребности, а также постоянно возрастающая эффективность извлечения энергии и питательных веществ из окружающей среды. Главная же задача современного человека – научиться правильно балансировать потребление и сжигание калорий. ■

ОБ АВТОРЕ:

Уильям Леонард (William R. Leonard) – профессор антропологии в Северо-Западном университете. Он родился в г. Джеймстаун, штат Нью-Йорк, и получил степень д-ра философии в области биологической антропологии в Мичиганском университете в г. Анн-Арбор в 1987 г. Автор более 80 научных статей по питанию и энергетике обмена современных и доисторических людей. Леонард изучал коренное сельское население в Эквадоре, Боливии и Перу, а также популяции скотоводов в Центральной и Южной Сибири.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Human Biology: An Evolutionary and Biocultural Approach. Edited by Sara Stinson, Barry Bogin, Rebecca Huss-Ashmore and Dennis Rourke. Wiley-Liss, 2000.
Хрисанфова Е. Н., Перевозчиков И. В. Антропология. – М.: МГУ. 1999 г.



ИСКУСНЫЙ ХАОС

Загадка притягательности картин Джексона Поллока разгадана с помощью компьютерного анализа. Характерные для стиля художника завихрения и потоки образуют фрактальные рисунки, сходные по структуре с деревьями, облаками и береговыми линиями.

Ричард Тейлор



В ненастную мартовскую ночь 1952 г. Джексон Поллок (Jackson Pollock, 1912–1956 гг.) взялся за создание своего шедевра «Голубые ветки» (*Blue Poles: number 11*). На полу продуваемого всеми ветрами сарая он расстелил холст и начал разбрызгивать прутиком краску из старой банки. Обычно художник направлял на холст непрерывный поток краски и рисовал затейливые кривые. Обманчивая простота такой техники живописи вызвала горячие споры в мире искусства: кто же автор этого примитивного стиля – настоящий гений или насмехающийся над художественными традициями выскочка?

Меня заинтриговали работы Поллока, и в 1994 г. я покинул факультет физики в Университете Нового Южного Уэльса и отправился в Манчестерскую

школу искусств. Стоял холодный февраль, когда для прохождения художественной практики нас направили на север Англии, в торфяники Йоркшира. Как назло мела метель, и нам пришлось отложить свои кисти и мольберты. Тогда-то мы и решили заставить природу рисовать за нас.

Из сломанных веток был изготовлен огромный парус. К нему мы прикрепили емкости с краской, которая лилась на расстеленный холст, повинаясь воле ветра. Вьюга не унималась, и мы решили вернуться в гостиницу, позволив стихии рисовать всю ночь напролет. Утром буря утихла, а получившееся полотно как будто принадлежало руке Поллока!

Неожиданно мне открылся секрет великого абстракциониста – создавая

«Голубые ветки» (*Blue poles: Number 11*), 1952 г. – типичное творение Поллока. Работа над картиной состояла из нескольких этапов нанесения краски и продолжалась целых шесть месяцев. (Эмаль и алюминиевая краска, холст 210 на 486,8 см.)

свои шедевры, он, должно быть, следовал природным ритмам. Я понял, что должен вернуться к научной работе, чтобы найти след этих ритмов в его картинах.

Искусство опередило науку

Во времена Поллока считалось, что природа беспорядочна в своих проявлениях. Лишь в 60-х гг. прошлого века ученые пришли к выводу, что ▶

в основе сложных природных систем и процессов, таких как погода, лежит не случайность, а сложная упорядоченность. Поведение естественных систем назвали хаотическим, а для его объяснения была разработана так называемая теория хаоса. Спустя десятилетие появился новый вид геометрии для описания фигур, порождаемых этими процессами. Бенуа Мандельброт (Benoit Mandelbrot) назвал их фракталами. В отличие от гладких евклидовых линий, они состоят из узоров, повторяющихся при все большем увеличении, образуя структуры невероятной сложности. Любуясь картинами, созданными нашим устройством из веток, я подумал, что кажущиеся случайными завихрения на картинах Поллока наверняка подчиняются строгой закономерности и, по сути, являются фракталами.

Важнейшая характеристика фрактала – его размерность D , которая определяет числовые соотношения между узорами, рассматриваемыми с разным увеличением. В евклидовой геометрии она выражается целыми числами: для обычной гладкой линии $D=1$; для полностью покрашенной площади $D=2$. Фрактальные линии периодичны и поэтому занимают некоторую площадь – их размерность лежит в диапазоне между 1 и 2: с ростом сложности и насыщенности повторяющейся структуры значение D приближается к 2.

Для изучения узоров на картинах Поллока мне понадобилось мощное цифровое оборудование, и я вернулся в свою лабораторию в Новом Южном Уэльсе. Мне согласились помочь мои коллеги – Адам Миколич (Adam Mikolich), исследовавший методы фрактального анализа в своей доктор-

ской диссертации по полупроводниковым устройствам, и Дэвид Джонас (David Jonas), профессионал в области обработки изображений.

Сначала мы отсканировали картину Поллока (см. стр. 73) и разбили изображение на прямоугольный массив одинаковых ячеек. Затем рассчитали статистические характеристики узора, проанализировав, какие ячейки заняты краской и какие остались пустыми. Постепенно уменьшая размер клеток, мы рассматривали изображение словно через увеличительное стекло и исследовали фрагменты картины размером от мельчайшей капельки краски до квадратного метра. К всеобщему изумлению, оказалось, что рисунки повторяются при увеличении от 1 до 1000 раз, – Поллок рисовал фракталы за 25 лет до открытия их в природе!

Эстетика фракталов

Удивительное открытие вдохновило меня, и я захотел выяснить, связана ли фрактальная природа картин Поллока с их притягательностью. Демонстрируя участникам эксперимента различные компьютерные фракталы, Клиффорд Пиквер (Clifford A. Pickover) из Исследовательского центра имени Томаса Уотсона компании *IBM* установил, что люди отдают предпочтение рисункам с размерностью 1,8. Дебора Акс (Deborah J. Aks) и Джулиен Спротт (Julien C. Sprott) из Висконсинского университета в Мэдисоне провели аналогичные исследования с использованием разных методов построения фракталов и пришли к выводу, что предпочтительное значение D намного ниже – всего 1,3. Казалось бы, столь сильное несовпадение результатов говорит о том, что нельзя особо выделить какую-то одну размерность, – эстетическое восприятие фракталов зависит скорее от метода их генерации. И все же я предполагал, что существует одно, наиболее предпочтительное значение.

Я вновь обратился к специалистам – на сей раз к психологам, изучающим процесс зрительного восприятия.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ФРАКТАЛОВ

- Фрактальную геометрию разработал Бенуа Мандельброт, занимавшийся исследованием сложных систем в 60–70х гг. XX в. Чтобы подчеркнуть фрагментальность и асимметричность изучаемых фигур, Мандельброт назвал их фракталами от латинского слова *fractus* (сломанный).
- Фракталам свойственно самоподобие – они выглядят одинаково при любом увеличении. Каждый маленький элемент структуры очень похож на весь узор.
- Существует два вида самоподобия: точное и статистическое. Искусственное дерево (левая колонка) демонстрирует точную повторяемость узоров при любом увеличении. У настоящего дерева (правая колонка) повторяется не сам рисунок, а его статистические характеристики. В большинстве естественных форм, как и на картинах Поллока, прослеживается статистическая схожесть.
- Главная характеристика любого фрактала – его размерность, или сложность. В евклидовой геометрии эта величина выражается целыми числами; размерность фрактала – величина дробная. Например, размерность фрактальной линии всегда больше 1 и меньше 2.



Искусственное дерево – точное самоподобие.

Настоящее дерево – статистическое самоподобие.

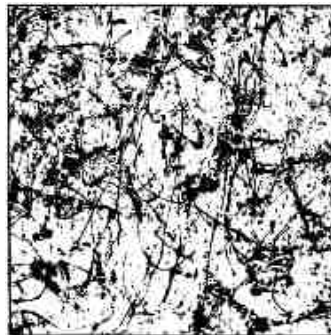
АНАЛИЗ ТЕХНИКИ ПОЛЛОКА

Компьютерный анализ картин показывает, что Поллок изобрел уникальную технику рисования: он создавал насыщенную сеть фракталов, нанося несколько слоев краски на горизонтальный холст. Детально изучить методику художника помогли фотографии, которые он иногда делал в процессе работы (см. иллюстрацию на стр. 75).



«Осенний ритм» (*Autumn Rhythm*, 1950)
(масло, холст 266,7 на 525,8 см).

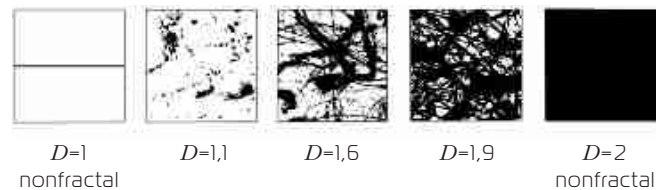
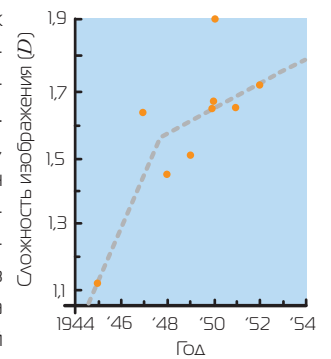
1 Сначала мы отсканировали картину, выделили одноцветные узоры и проанализировали их фрактальное содержание. Затем изучили общий рисунок, получившийся при нанесении одного слоя краски на другой. Справа изображен фрагмент черного слоя картины «Осенний ритм».



2 С помощью компьютера мы наложили на изображение прямоугольную сетку (верхний рисунок) и оценили статистическое качество узора, исходя из того, какие ячейки заняты краской (голубые) и какие остались пустыми (белые). Постепенно уменьшая шаг сетки (нижний рисунок), мы как бы рассматривали рисунок со все большим увеличением. Выяснилось, что узор остается фрактальным при любом масштабе.



3 По мере того как Поллок совершенствовал свою технику рисования, сложность фрактальных узоров D увеличивалась. Картину, написанную в 1950 г., автор уничтожил: возможно, он решил, что изображение получилось чересчур плотным и насыщенным. Действительно, анализ фотографий неудачного полотна свидетельствует о небывалой сложности изображения – $D=1,9$.



Увеличение D сильно сказывается на характере рисунка. Простые фракталы равномерны и воздушны. Когда степень сложности приближается к 2, узор принимает форму затейливой и детализированной структуры.

И компьютерный анализ, и изучение фотографий свидетельствуют о чрезвычайно систематизированном и обдуманном процессе рисования. Поллок начинал картину с маленьких островков, рассыпанных по всему холсту. Интересно что некоторые природные формы тоже начинаются с небольших образований, которые затем разрастаются и сливаются. Потом художник связывал островки более длинными, растянутыми линиями, постепенно затопляя их плотной фрактальной сетью краски. Так формировался ос-

новной узор, определяющий развитие картины. Во время связывания сложность картины D резко возрастала менее чем за минуту. После интенсивной фазы творения Поллок отдыхал. Вскоре он возвращался к холсту и в течение нескольких дней, а иногда и месяцев наносил слои разноцветных линий поверх черной канвы, совершенствуя заложенную в ней структуру. Заканчивая картину, мастер до предела увеличивал ее фрактальность, обрезая края, где качество фракталов, как правило, оставалось низким.

Вместе с Бранкой Спепар (Branka Spehar) из Университета Нового Южного Уэльса, Колином Клиффордом из Сиднейского университета и Беном Ньювелом (Ben Newell) из Лондонского университетского колледжа мы исследовали три основные категории фракталов: натуральные (такие, как деревья, горы и облака), математические (созданные компьютером) и человеческие (фрагменты картин Поллока). Участники тестов на визуальное восприятие неизменно отдавали предпочтение размерностям от 1,3 до 1,5

независимо от происхождения узора. Недавно мы с Джеймсом Вайсом (James A. Wise), психологом из Университета штата Вашингтон, показали, что зрительная оценка зависит от психологического состояния зрителя. Измеряя кожную проводимость, мы оценивали степень возбуждения человека и выяснили, что фракталы со средними значениями D действуют на людей успокаивающе. Интересно отметить, что размерность многих природных фракталов лежит именно в этом диапазоне (например, у облаков $D=1,3$).

Размерность фракталов Поллока возростала с каждым годом от 1,12 в 1945 г. до 1,7 в 1952 г. Картину с $D=1,9$ художник почему-то уничтожил. Любопытно, что мастер 10 лет совершенствовал технику разбрызгивания для создания узоров с большой размерностью, в то время как люди предпочитают малые и средние значения D . Возможно, сложные изображения сильнее привлекают внимание зрителей и поэтому интуитивно более заманчивы для художника.

НЕ ВСЕ КАПЕЛЬНЫЕ КАРТИНЫ ОДИНАКОВЫ

Являются ли фракталы неизбежным следствием разбрызгивания краски? Нет. Рассмотрим капельную картину справа, не принадлежащую руке Поллока. Вместе с Тедом Мартином (Ted P. Martin) из Орегонского университета мы применили к ней наш метод компьютерного анализа (см. стр. 74). Рисунок оказался не фрактальным, так как его статистические параметры изменяются в зависимости от масштаба. При увеличении изображения линии быстро теряют структурованность (левый ряд внизу), и узор заметно меняется.

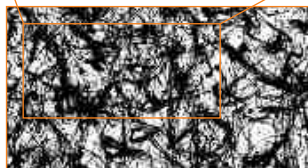
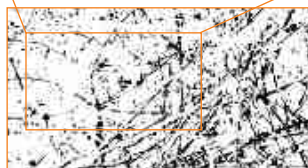
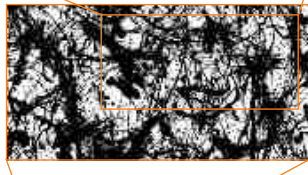
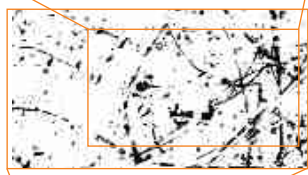
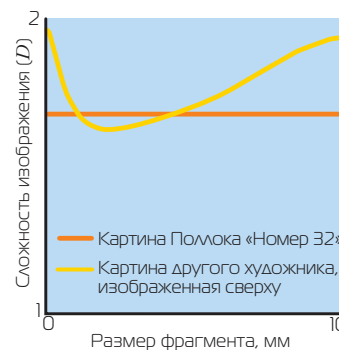
На картине Поллока (правый ряд) сложность изображения D остается неизменной независимо от местоположения и размеров фрагмента. Непостоянство D у других художников (см. график) говорит об отсутствии фрактальной структуры в их работах. Мы с коллегами исследовали участки площадью до 1 м², но особое внимание уделяли размерам от



Капельная картина, написанная не Поллоком (виниловая краска, холст 244 на 122 см).

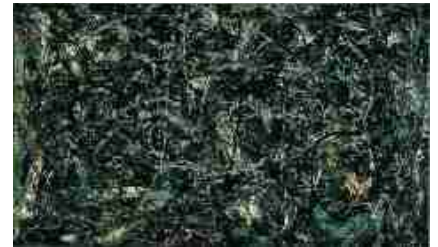
1 мм² до 1 см² – в этом диапазоне проще всего отличить творения Поллока от работ других художников.

Результаты цифровой обработки пяти частных капельных картин расстроили коллекционеров: несмотря на внешнее сходство с работами Поллока, ни одно из полотен не содержало фракталов, присущих творениям великого абстракциониста. Все его 20 работ, исследованных нами, имеют выраженную фрактальную структуру. Таким образом, тест на фрактальность – надежный способ идентификации шедевров Поллока. Более того, так как с годами значение D в работах гениального художника росло, фрактальный анализ можно использовать и для датирования его произведений.



Капельная картина, написанная не Поллоком.

Картина Поллока «Номер 32» (*Number 32*), 1950 г.



Поллок и Ли Краснер (Lee Krasner) во время работы над картиной «Один» (*One*), 1950 г. Однажды художник сказал: «Больше всего меня интересуют ритмы природы». (Справа, сверху вниз, изображены: естественный узор, образованный морскими водорослями; картина Поллока «Утопленник на глубине 5 футов» (*Full Fathom Five*), 1947 г.; «случайный Поллок», созданный автором статьи с помощью вьюги.)

Так или иначе, у искусствоведов появился новый мощный инструмент – компьютерная экспертиза живописи. Она встает в один ряд с инфракрасным, ультрафиолетовым и рентгенографическим методами анализа, которые применяются экспертами в повседневной работе, например для изучения изображений, скрытых под несколькими слоями краски. Возможно, новая методика прольет лучик света на сумрачные уголки сознания, которыми овладевают великие картины. ■

ОБ АВТОРЕ:

Ричард Тейлор (Richard P. Taylor) занялся исследованием картин Джексона Поллока, будучи заведующим кафедрой физики конденсированных сред в Университете Нового Южного Уэльса, Австралия. Сейчас он профессор физики в Орегонском университете, где продолжает анализ работ Поллока, а также изучает хаос и фракталы в различных физических системах. За исследование живописи Поллока Тейлор получил степень магистра искусств в Университете Нового Южного Уэльса.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

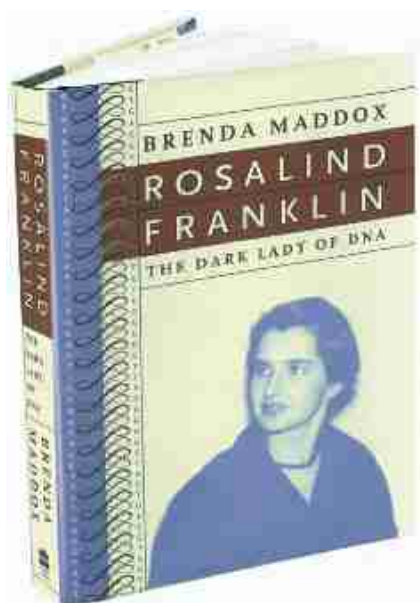
Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. – W.H. Freeman and Company, 1977
James Gleick *Chaos* – Penguin Books, 1987

ТЕРНИСТЫЙ ПУТЬ

К ДВОЙНОЙ СПИРАЛИ

Именно Розалинда Франклин впервые сделала невероятно четкие рентгеновские снимки, ставшие ключом к разгадке структуры ДНК. Однако ее вклад в великое открытие долгое время игнорировали.

Дин Хеймер



Брэнда Мэддокс. Розалинда Франклин: забытая леди ДНК. – «ХарперКоллинз», 2002
 ROSALIND FRANKLIN: THE DARK LADY OF DNA
 by Brenda Maddox, HarperCollins, 2002

Политический афоризм «историю всегда пишут победители» применим и к науке. Именно так и случилось в 1953 г., когда открыли двойную спиральную структуру ДНК. Победителями стали Джеймс Уотсон (James Watson), Фрэнсис Крик (Francis Crick) и Морис Уилкинс (Maurice Wilkins), получившие в 1962 г. Нобелевскую премию за самое важное открытие в биологии двадцатого столетия. Проигравшей оказалась Розалинда Франклин (Rosalind Franklin) – никто

и не вспомнил тогда, что именно она сделала уникальные рентгеновские снимки, ставшие главной информацией о строении ДНК.

В 1968 г. Уотсон в своем бестселлере «Двойная спираль» писал о Франклин лишь как об ассистентке Уилкинса, которая осмелилась вообразить, что способна исследовать ДНК самостоятельно. Розалинда не смогла достойно ответить: она умерла в 1958 г. от рака.

Как раз к пятидесятилетию юбилею двойной спирали известный британский биограф Брэнда Мэддокс представила на суд общественности взвешенную и проработанную версию печальной истории ученой дамы. «Розалинда Франклин: забытая леди ДНК» – это захватывающая история о жизни ученого. Материалом для книги послужили многочисленные письма, опубликованные работы и черновики, лабораторные дневники, воспоминания друзей и сторонников Франклин.

Розалинда выросла в видной еврейской семье. Она всегда была «подозрительно умной» девочкой и, блестяще окончив суровую английскую школу, поступила в Кембридж. Хотя в те времена было не принято давать ученые степени женщинам, Франклин сумела защитить кандидатскую по физической химии и разработать собственную лабораторную методику.

Затем был Париж, где Розалинда опубликовала множество своих работ

и применила дифракционный рентгеновский анализ для изучения структуры угля. Это был счастливый и плодотворный период, как и последние годы жизни, когда она вместе с Аароном Клагом (Aaron Klug) исследовала строение мозаичного табачного вируса в Колледже Бирбека в Лондоне.

Увы, самые важные два года ее карьеры прошли в менее дружелюбной обстановке биофизической лаборатории Лондонского королевского колледжа. Там она занялась строением ДНК – главной проблемой структур-



Многообещающая научная карьера Розалинды Франклин трагически оборвалась: в 37 лет она умерла от рака.

ной биологии. Этим вопросом давно занимался Уилкинс, он обладал большим опытом, хотя не блистал ни проницательностью, ни успешными исследованиями. Именно Розалинда заметила, что у ДНК есть две различные формы – А и Б, и сделала самые четкие снимки обеих. Уилкинс и Франклин договорились, что не будут мешать друг другу и пойдут параллельными путями: он займется формой Б, а она – формой А.

По крайней мере, так думала Розалинда. На самом деле Уилкинс при первой же встрече рассказал обо всем Уотсону и Крику и показал им прекрасные рентгенограммы формы Б, сделанные Франклином. Они тут же взялись за работу, а всего двумя месяцами позже в своем легендарном письме в *Nature* заявили, что раскрыли строение ДНК без чьей-либо помощи.

Почему же Уотсону, Крику и Уилкинсу бесстыдная кража результатов исследований *Рози* так просто сошла с рук? Вероятно, всему виной бесправное положение женщины в научных кругах того времени. А может быть, дело в антисемитизме: дядя Розалинды был первым председателем Палестинского доминиона, а сама она активно участвовала в деятельности еврейских групп взаимопомощи.

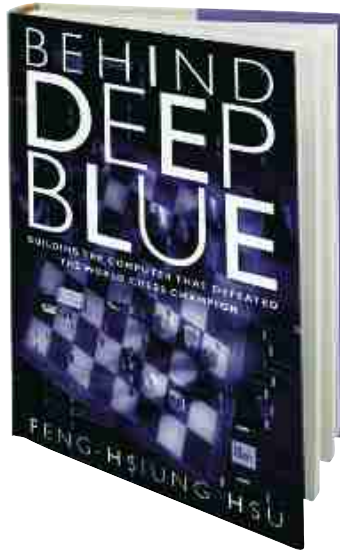
Мы, возможно, никогда не узнаем всех подробностей, но книга Мэдокс проливает свет на личность одной из главных героинь истории двойной спирали. Быть может, Розалинда Франклин не обладала такой интуицией, как у ее соперников, зато ей было присуще не менее важное качество – честность.

ОБ АВТОРЕ:

Дин Хеймер (Dean H. Hamer) занимается молекулярной генетикой в Национальном институте онкологии. Вскоре выйдет в свет его произведение «Божественный ген» (*The God Gene*). Он также был одним из авторов книг «Живем своими генами» (*Living with Our Genes*) и «Наука желаний» (*The Science of Desire*).

DEEP BLUE ИЗНУТРИ: КАК СДЕЛАТЬ КОМПЬЮТЕР, ПОБЕДИВШИЙ ЧЕМПИОНА МИРА ПО ШАХМАТАМ

Принстон: издательство Принстонского университета, 2002 г.



BEHIND DEEP BLUE: BUILDING THE COMPUTER THAT DEFEATED THE WORLD CHESS CHAMPION by Feng-hsiung Hsu. Princeton University Press, Princeton, N.J., 2002

Еще в 1949 г. выдающийся математик Клод Шеннон предложил алгоритм шахматной программы. Тогда многие ученые считали, что шахматная задача – создать компьютер, который обыграет чемпиона мира по шахматам, – будет решена уже в ближайшие годы. Но прошло 48 лет, прежде чем компьютер *Deep Blue* фирмы *IBM*, анализирующий 200 млн. возможных шахматных позиций за секунду, победил чемпиона мира Гарри Каспарова. В свое время Су занимался разработкой *Deep Blue*, а теперь написал книгу о создании шахматного компьютера и о легендарном матче с Каспаровым. Может быть, *Deep Blue* – это искусственный разум? «Нет, – отвечает Су, – это всего лишь искусно созданный инструмент, проявляющий интеллектуальное поведение в узкой области».



Невдяев Л. М.

Профессиональная радиосвязь.

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕТРА.

АНГЛО-РУССКИЙ ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ-СПРАВОЧНИК/
СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ. –

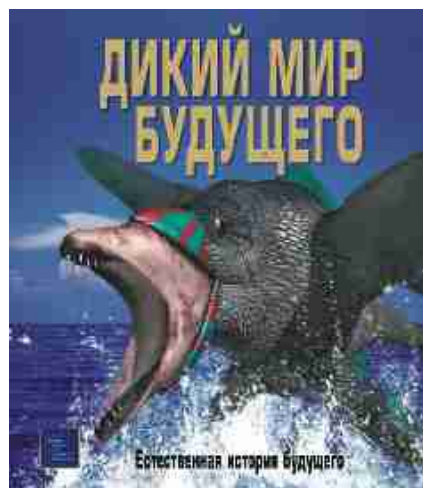
Москва: МЦНТИ, ООО «Мобильные коммуникации»,
2002 г. – С.1-152.

Представленное справочное пособие посвящено цифровому стандарту *TETRA* и состоит из двух частей. В первой даются краткие сведения о принципах транкинговой связи, проводится сравнительный анализ конвенциональных, транкинговых и сотовых систем, рассматриваются отдельные технические аспекты, режимы работы, функции и услуги. Приводятся отличительные особенности технологии *TETRA*, и делается обзор существующих транкинговых систем с указанием их характеристик, причем основное внимание уделяется этому цифровому стандарту.

Во второй части содержится англо-русский толковый словарь. В него вошло более 1100 современных терминов и терминологических сочетаний по этой тематике, а также 500 сокращений.

Информация предоставлена интернет-изданием *CNews.ru*

Природа Земли через миллионы лет



Как наша планета будет выглядеть в будущем? Как изменятся климат, суша, океан? Какие сюрпризы готовит эволюция на следующие 200 миллионов лет? Какие существа будут населять Землю?

Авторы книги «Дикий мир будущего» собрали специалистов со всех кон-

цов света, которые создали мир, населенный самыми удивительными существами. Животные, сконструированные авторами на основе строгих биологических и эволюционных принципов, возможно, когда-нибудь и появятся на Земле.

Так, по мнению ученых, лишь немногие виды переживут новую ледниковую эпоху, а последующее массовое вымирание в далеком будущем уничтожит множество сухопутных и морских видов, в том числе млекопитающих, рыб и птиц. Но эволюция пойдет дальше неожиданными путями. Рыбы покинут океан и поднимутся в воздух, а на суше доминирующими видами станут осьминоги и кальмары...

Книга «Дикий мир будущего» – это увлекательнейший экскурс на сотни миллионов лет вперед. Издание снабжено потрясающими цветными иллюстрациями – «портретами» чудовищ

будущего и подробными комментариями ученых-специалистов.

Книгу «Дикий мир будущего» вы можете заказать и получить по почте.

Лот 366. ДИКИЙ МИР БУДУЩЕГО. Природа Земли через миллионы лет

Цена книги 720 руб. (с учетом упаковки и доставки, за исключением стоимости почтового перевода – 8–22% от цены в зависимости от региона – и авиа тарифа для удаленных районов).

Чтобы получить эту книгу по почте, вам нужно отправить письмо или открытку с вашим заказом по адресу: 125047, Москва, а/я 177, «Эгмонт Россия», с пометкой «Дикий мир».

В заказе укажите название книги и номер ее лота. Не забудьте также сообщить Ф.И.О. и свой точный домашний адрес с почтовым индексом.

Внимание! Оплата книг производится на почте при получении заказа.



ЖУРНАЛ «СОЮЗ ТЕХНОЛОГИЙ»

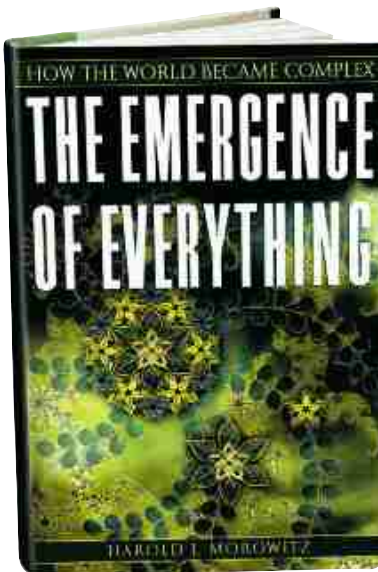
Читайте в четвертом номере



- Научный центр РАН в Черноголовке – химическая физика и физическая химия.
- Путь на Запад: научно-технический потенциал Северо-Запада, интегрированный в рамках Петровской академии наук и искусств.
- Политические технологии: материалы к заседанию Международного форума «Петербургский диалог».
- Стратегическое партнерство: 150 лет работы компании Siemens в России.
- Перспективы российско-немецкого научно-технического сотрудничества: интервью с мэром г.Москвы Ю.М. Лужковым и министром экономики, транспорта и технологий Баварии доктором Отто Висхоем.
- Статья бывшего руководителя «Карл Цейс Йена», господина Лотара Шпэта.
- Взаимоотношения «Новых Восточных земель» с Россией.
- Исследование на тему «Тип экономической деятельности и национальный характер».

Моровиц Гарольд

ПОЯВЛЕНИЕ ВСЕГО НА СВЕТЕ, ИЛИ КАК МИР СТАЛ ТАКИМ СЛОЖНЫМ.



Нью-Йорк: издательство Оксфордского университета, 2002 г.

«Мы начинаем рассматривать науку о происхождении в новом ракурсе, – пишет Моровиц. – Я считаю, что это поможет нам разобраться в эволюции Вселенной, Солнечной системы, флоры и фауны Земли и нашей цивилизации. Можно предположить, что функционирование реальных систем, равно как и их моделей, основано на выборе из неограниченного числа возможностей и одновременном появлении новых не-

ожиданных свойств». Моровиц, профессор биологии и философии Университета Джорджа Мейсона, приводит 28 примеров возникновения различных явлений, начиная с первобытных времен и появления гоминид и заканчивая зарождением духовности и философии. На богатой научной и философской основе автор умело составляет яркую мозаику весомых аргументов.

THE EMERGENCE OF EVERYTHING: HOW THE WORLD BECAME COMPLEX by Harold J. Morowitz. Oxford University Press, New York, 2002

Невдяев Л. М.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. АНГЛО-РУССКИЙ ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ-СПРАВОЧНИК. –

Москва: МЦНТИ, ООО «Мобильные коммуникации», 2002 г. – С.1–152.



Вышел в свет англо-русский толковый словарь-справочник, не имеющий аналогов в отечественной литературе. Он содержит около 7000 современных терминов и терминологических сочетаний в доступном изложении, 225 рисунков и 105 таблиц, а также указатель русских терминов, облегчающий поиск английских эквивалентов. Терминология охватывает наиболее важные аспекты современной теории и практики систем связи, *Internet*, мультимедийных систем и ряда других областей. Кроме географических или табличных иллюстраций приводятся краткие сведения об основных стандартах, системах и международных организациях. Книга мо-

жет быть полезна широкому кругу читателей – менеджерам, консультантам, редакторам, аспирантам и студентам, а также всем, интересующимся проблемами телекоммуникаций и информационных технологий.

Леонид Михайлович Невдяев, автор словаря-справочника, хорошо известен как один из составителей Большого англо-русского политехнического словаря, долгое время занимался исследованиями в области наземной и спутниковой связи. Автор 16 изобретений и 130 печатных работ, в том числе 9 книг по технологиям мобильной связи.

Информация предоставлена интернет-изданием CNews.ru

СВЕРХГОРЯЧИЕ ТОЧКИ

Марк Фишетти

Хотите увидеть, как работает чудесное миниатюрное устройство? Загляните внутрь обычного струйного принтера. Шаговый двигатель с помощью ременной передачи перемещает печатающую головку с картриджем над листом бумаги, а команды, что и где печатать, поступают по гибкому ленточному кабелю. Дальше начинается микромир.

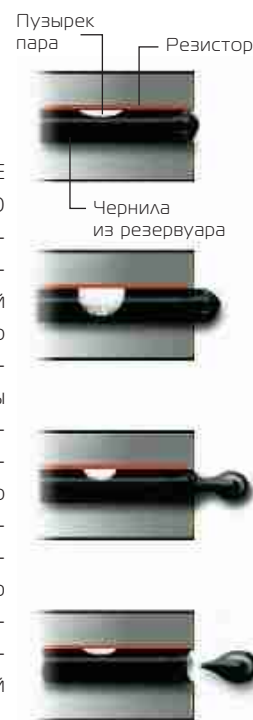
У пьезоэлектрических струйных принтеров (их производит фирма *Epson*) печатающая головка – постоянная, а съемный картридж служит просто емкостью для чернил. Под действием импульсов электрического тока находящиеся в головке кристаллы вибрируют и выталкивают чернила через крошечные сопла. У струйно-пузырьковых (термических) принтеров (их выпускают фирмы *Canon* и *Hewlett-Packard*) печатающая головка входит в состав картриджа; здесь находятся интегральная микросхема и остальные микроэлементы, и все это – за \$20. По сигналу компьютера чернила в головке нагреваются, быстро переходят в газообразное состояние и образуют пузырек, который стремительно расширяется и выталкивает капельку чернил через сопло. Независимо от конструкции принтера у печатающей головки от 360 до 1200 сопел на квадратный дюйм. Каждое из них срабатывает много раз в секунду по сигналу от своего кристалла или резистора. «Сейчас все только и обсуждают микромеханические системы (*MEMS*), – говорит Фрэнк Клотье (Frank L. Cloutier), главный технолог из *Hewlett-Packard's Imaging and Printing Group* в Корваллисе, штат Орегон. – Но мы выпускаем их уже 18 лет!»

Точность попадания каждой крошечной капельки чернил в заданную точку страницы – 2 мкм, а площадь образующейся точки колеблется от 1/4 до 1/10 площади поперечного сечения человеческого волоса. На странице они могут размещаться с разрешением 4800 на 1200 точек на дюйм, если использовать высококачественную плотную бумагу.

Струйные принтеры стоят настолько дешево, что почти не приносят дохода производителям: реальную прибыль обеспечивает продажа картриджей. По словам Клотье, конструкция печатающей головки до такой степени сложна, что какие-либо дальнейшие усовершенствования не дадут ощутимых результатов. По его мнению, основные усилия теперь будут направлены на улучшение качества чернил. Необходимо создать такие чернила, которые не засыхают в соплах, мгновенно застывают на бумаге и не выцветают. Это позволит увеличить разрешение и скорость печати. ■



У СТРУЙНО-ПУЗЫРЬКОВОГО ПРИНТЕРА печатающая головка входит в состав картриджа. Из ее сопел в определенной последовательности выбрасываются мириады чернильных капелек, формирующих на бумаге буквы и картинки. Команды, что и где печатать, поступают по сигнальной шине на интегральную микросхему, расположенную за печатающей головкой. По команде транзистора, который есть у каждого сопла, из него вылетает капелька чернил объемом 4 пиколитра (1 пл= 10^{-12} л).

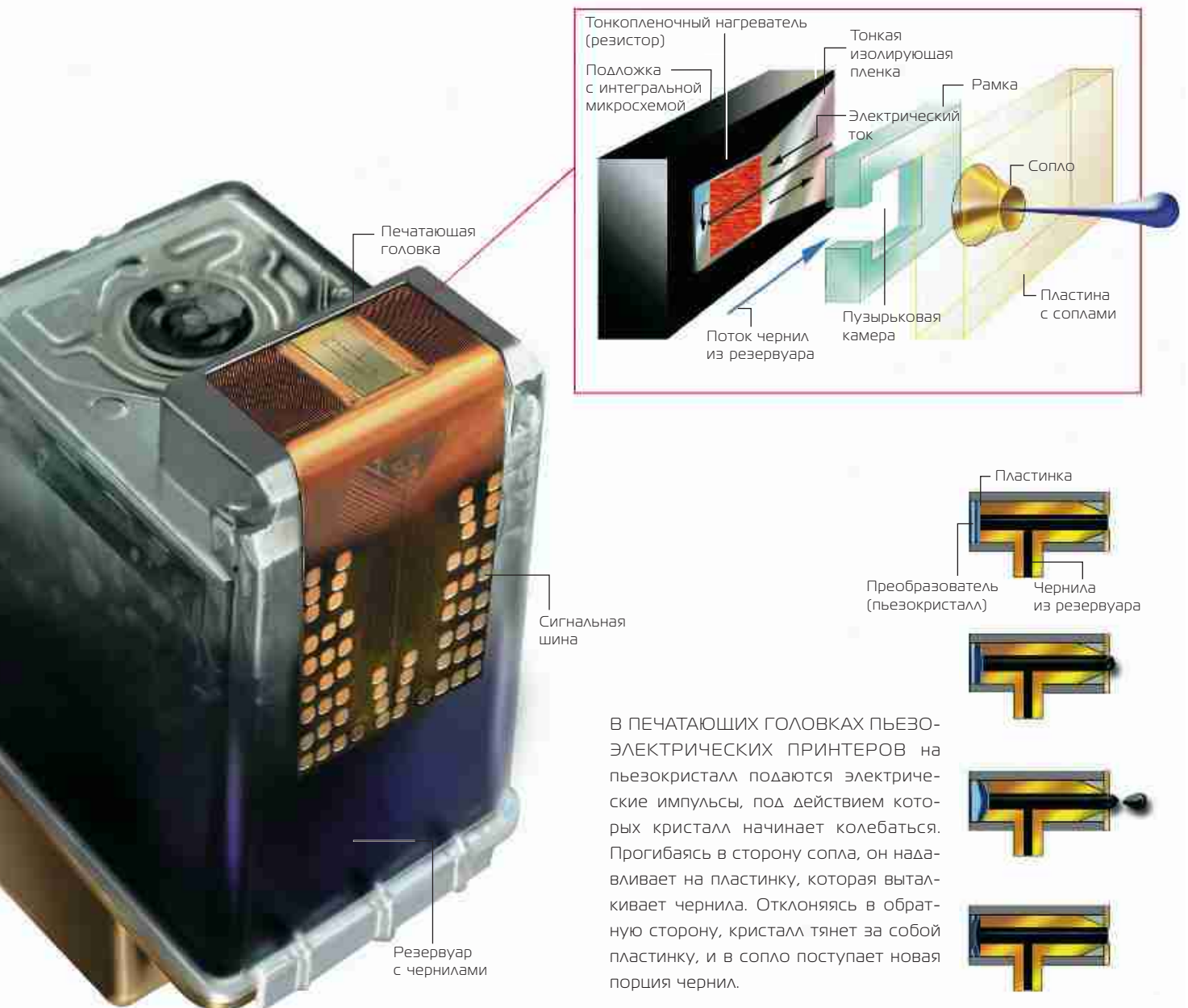


В ПЕЧАТАЮЩЕЙ ГОЛОВКЕ СТРУЙНО-ПУЗЫРЬКОВОГО ПРИНТЕРА электрический импульс поступает на тантал-алюминиевый тонкопленочный резистор толщиной примерно 100 атомных слоев. Всего за одну миллионную долю секунды чернила нагреваются до температуры 500°C и начинают испаряться, образуя стремительно раздувающийся пузырек, который выталкивает капельку чернил. К этому моменту резистор успевает остыть, и пузырек сдувается. В сопле образуется вакуум, заполняющийся новой порцией чернил.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

- **КАПЛИ-ГОЛОВАСТИКИ.** Струйные принтеры называют так потому, что вылетающие из сопел капельки чернил образуют струйки. На фотографиях, полученных методом скоростной фотосъемки, видно, что капельки по форме напоминают головастиков. На выходе из сопла поверхностное натяжение удерживает каплю, и она вытягивается. Когда капля ударяется о бумагу, ее хвост «втягивается» в голову.
- **КОГДА КОНЧАЮТСЯ ЧЕРНИЛА.** Изготавливая картриджи для фирменных пьезоэлектрических принтеров, производители копируют корпус картриджа и заполняют его чернилами. Картридж для струйно-пузырькового принтера содержит сложную по конструкции (и к тому же запатентованную) печатающую головку, поэтому приходится собирать использованные картриджи и снова заправлять их.

- **ИЗОБРАЖЕНИЕ НА БУМАГЕ.** На обычной бумаге капелька чернил расплывается вдоль хаотично расположенных волокон, и точка превращается в размытое пятно. Восковое покрытие специальной бумаги не позволяет чернилам растекаться, и капелька превращается в почти идеальный круг, что позволяет получить печать с более высоким разрешением. Самое качественное изображение получается на так называемой фотобумаге.
- **СМΥК.** В принтерах используются те же основные цвета, что и в типографских машинах: голубой, пурпурный, желтый и черный (*cyan, magenta, yellow, black* – СМΥК). В профессиональном оборудовании для фотопечати к ним добавляют светло-голубой и светло-пурпурный.



В ПЕЧАТАЮЩИХ ГОЛОВКАХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНТЕРОВ на пьезокристалл подаются электрические импульсы, под действием которых кристалл начинает колебаться. Прогибаясь в сторону сопла, он надавливает на пластинку, которая выталкивает чернила. Отклоняясь в обратную сторону, кристалл тянет за собой пластинку, и в сопло поступает новая порция чернил.

ПЕЧАТАЙТЕ ГДЕ УГОДНО

Захотят ли пользователи карманных компьютеров и сотовых телефонов поменять обычную клавиатуру на виртуальную?

Майк Мей

В 1998 г. на вечере выпускников Массачусетского технологического института разговорились два изобретателя – Назим Карими (Nazim Kareemi) и Сайрес Бамджи (Syrus Bamji). Мастер на все руки и специалист во многих областях науки – от математики до цифровой электроники, Бамджи поделился своими соображениями насчет разработки нового способа дистанционного управ-

ления электронными устройствами. Его замыслы заинтересовали Карими, который в свое время основал компанию *PenWare* по производству устройств для электронной регистрации подписей (сегодня она принадлежит *Symbol Technology*). Деловой опыт Карими гармонично дополнил способность Бамджи генерировать свежие идеи – сложилась идеальная команда.

Было решено создать виртуальную клавиатуру, которая с помощью трехмерной карты окружающего пространства могла бы регистрировать прикосновение к клавишам, изображение которых спроецировано на поверхность стола.

Хотя финансовую поддержку проекта удалось получить не сразу, Карими и Бамджи верили в успех. В апреле



1999 г. вместе с инженером Аббасом Рафии (Abbas Rafii) они основали фирму *Canesta*, а через год им удалось привлечь \$3 млн., и к осени 2000 г. был готов работоспособный образец небывалого устройства.

Изобретатели постарались избежать ошибок, допущенных предшественниками. Раньше для анализа объемного изображения использо-

ванное излучение, соответствующий таймер останавливается. На основании измеренного временного интервала определяется расстояние до отражающего объекта, например пальца, нажимающего виртуальную клавишу. Таким образом, устройство работает как оптический локатор.

Более 50 раз в секунду система составляет трехмерную карту сканиру-

можно печатать довольно быстро. Карими с коллегами собрали группу из 20 человек, которые регулярно пользовались сотовыми телефонами, компьютерами и цифровыми органайзерами. За минуту испытуемые успевали набрать 14 слов при перьевом вводе, 25 слов – с клавиатуры для большого пальца и 45 слов – с виртуальной клавиатуры *Canesta*. Впрочем, самой

Двадцать человек, которые регулярно пользовались электронными устройствами, работали на клавиатуре *Canesta* быстрее, чем на клавиатуре для большого пальца, хотя и медленнее, чем на обычной клавиатуре.

вали попиксельное сопоставление картинок, получаемых от двух видеокамер, что требовало большого объема вычислений. «Мы попытались применить более целостный подход, – объяснил Бамджи, – и использовали трехмерный датчик, чтобы избавиться от необходимости отличать свет от тьмы».

Виртуальная клавиатура *Integrated Canesta Keyboard* была представлена в сентябре 2002 г. на конференции по мобильной и беспроводной связи *DEMOmobile*. Устройство собрано на основе микросхем *Canesta Keyboard Perception Chipset* и состоит из проектора, ИК-излучателя и матричного сенсора. Миниатюрный лазер, размером с небольшую вишню, формирует на столе изображение обычной клавиатуры. Лазерный луч проходит над самой поверхностью и прерывается пальцами пользователя только в момент прикосновения к проецируемому клавишам. Когда цилиндрический источник диаметром 6,5 мм излучает инфракрасный импульс, запускаются таймеры, имеющиеся у каждого чувствительного элемента приемной матрицы размером 100x20 ячеек. Как только на какой-либо пиксель попадает отра-

емой зоны, анализируя совокупность расстояний, измеренных чувствительной матрицей. Как и свет от проектора, пучок ИК-лучей проходит над столом. Если пользователь коснется двух клавиш, лежащих на одной линии с приемным элементом, то нажатие дальней останется незамеченным. Такое случается редко, но на всякий случай программное обеспечение делает переключатель регистра *Shift* «залипающим». Например, при затенении его пальцем, нажимающим кнопку «Е», система обрабатывает одновременное нажатие обеих клавиш. По словам Карими, чипсет *Canesta Keyboard Perception* будет гораздо дешевле компактных клавиатур для карманных компьютеров, которые стоят около \$80. Ожидается, что миниатюрные электронные устройства начнут оснащаться такими клавиатурами уже в первой половине 2003 г.

Первые пользователи испытывали некоторое неудобство при печатании без тактильной обратной связи, поэтому изобретатели добавили звуковое сопровождение нажатия виртуальных клавиш. В итоге достаточно четверти часа, чтобы освоиться, после чего

удобной все же оказалась обычная клавиатура: скорость ввода с нее составила 65 слов в минуту. Видимо, для приобретения навыка работы с ее виртуальным аналогом требуется какое-то время.

Применение новой сенсорной системы отнюдь не ограничивается клавиатурами. Трехмерная карта *Canesta* позволяет контролировать движения не только рук, но и человека в целом. Если систему соединить с видеоигрой «Кунг Фу», то играющий, стоя посреди комнаты, сможет наносить удары, а фигура на экране будет воспроизводить его движения. Похожее устройство можно встроить в автомобиль. Оно, к примеру, могло бы отключать подушку безопасности, когда на переднем сиденье находится ребенок. Сегодня представители *Canesta* обсуждают эту технологию с тремя ведущими автомобильно-строительными компаниями, названия которых пока держатся в секрете.

Карими и его коллеги уже получили один патент и подали еще 29 заявок. Остается лишь один вопрос: захотят ли пользователи карманных компьютеров и сотовых телефонов печатать на голой поверхности обеденного или офисного стола? ■

ЖИЗНЬ БЕЗ СОЛНЦА

Последние два десятилетия XX века ознаменовались открытием необычных сообществ живых организмов в рифтовых зонах Мирового океана – так называемой гидротермальной фауны.

Владимир Малахов



Колония вестиментифер-рифтий (*Riftia pachyptila*); на трубках комменсальные полихеты полиноиды (Гуаймас, 2000 м).

На страницах научно-популярных журналов появились фотографии огромных глубоководных червей – вестиментифер, скоплений необычайно крупных двустворчатых моллюсков и других представителей гидротермальной фауны, обитающей в полной тьме в районах подводной вулканической активности. Как оказалось, наиболее типичные представители гидротермальной фауны – вестиментиферы – не имеют ни рта, ни кишечника и живут в симбиозе с хемоавтотрофными бактериями. Однако история открытия бескишечных животных в океане уводит нас почти на 90 лет назад, к началу XX века.

Погонофоры – бескишечные обитатели морских глубин

В 1914 г. датское исследовательское судно «Сибога» во время глубоководных тралений вблизи Зондского архипелага добыло несколько экземпляров невзрачных морских червеобразных организмов, которые обитали в длинных тонких трубочках. В честь экспедиционного судна им было дано название *Siboglinum*. Сначала они не вызвали особого интереса у биологов, поскольку были отнесены к обычным в морских сообществах многощетинковым червям-полихетам. Однако последующие морские экспедиции приносили все новые находки, и постепенно зоологи стали осознавать, что эти организмы принципиально отличаются от многощетинковых чер-

вей. Их таксономический ранг стал постепенно повышаться – сначала до отдельного отряда, потом до класса, и, наконец, в 1944 г. профессор Московского государственного университета В.Н. Беклемишев выделил их в отдельный тип. Название *Pogonophora* происходит от греческих слов *pogon* – борода и *phoros* – носитель (на переднем конце тела у погонофор имеется венчик длинных извитых щупалец, напоминающих бороду). Глубоководные траления, проведенные во время экспедиций советского исследовательского судна «Витязь», позволили добыть множество видов погонофор из всех районов Мирового океана. Обработкой богатейших коллекций занимался профессор Ленинградского государственного университета, академик А.В. Иванов, который внес решающий вклад в изучение систематики, строения и развития погонофор.

Самым удивительным оказалось то, что «бородатые черви» не имели ни рта, ни кишечника, и способ их питания оставался загадкой. Предлагались самые невероятные объяснения, например считалось, что погонофоры удовлетворяют все потребности за счет всасывания растворенных в морской воде органических веществ. Была выдвинута гипотеза, что из-за необычного способа питания эти организмы обладают крайне низким уровнем обмена веществ, и стало быть, крайне медленным ростом и большой продолжительностью жизни. Как это ни покажется странным сейчас, в 50–60-е годы всерьез обсуждался вопрос о продолжительности жизни этих существ в 40–50 тыс. лет. Дело в том, что их трубочки воткнуты в грунт почти вертикально и пронизывают слои осадка, образовавшиеся тысячелетия назад. До начала 60-х годов XX века никаких органов, позволяющих погонофорам закапываться в грунт, найдено не было. Считалось, что их личинки оседали на поверхность осадка, а затем медленно, в течение нескольких десятков тысяч лет, росли вместе с накоплением слоев осадка. Эта фантастическая идея была отвергнута по-

сле того, как на заднем конце тела погонофор был найден особый сегментированный хвостик, действующий как маленькая лопата и закапывающий червя в грунт по мере роста.

Профессор А.В. Иванов предположил, что «бородатые черви» обладают наружным пищеварением в бокале щупалец. Наличие на щупальцах тончайших одноклеточных выростов – пиннул, снабженных кровеносными капиллярами, рассматривалось как косвенное подтверждение возможности всасывания пищи через покровы. Делались безуспешные попытки найти в щупальцах пищеварительные ферменты. Оставалось непонятным, почему, собственно, эти организмы прибегли к столь странному способу питания, редуцировав рот и кишечник, которыми успешно пользуются все остальные животные. Тем не менее эта гипотеза была принята многими авторами и до начала 80-х гг. XX века излагалась в учебниках зоологии.

Открытие гидротермальных сообществ

Во второй половине XX века общепринятой парадигмой геологии стала глобальная тектоника плит. Суть теории в том, что верхняя мантия нашей планеты расколота на несколько крупных плит, которые движутся друг относительно друга по поверхности частично расплавленной прослойки, отделяющей верхнюю мантию от нижней – астеносферы. Причиной подвижности главным образом стала гравитационная дифференцировка недр Земли. Около 4,5 млрд. лет назад, в эпоху формирования планеты, ее внутренние компоненты оказались произвольно перемешанными. С тех пор непрерывно идет процесс опускания тяжелых компонентов (железа, никеля и др.) к ядру планеты и подъем легких веществ (соединений алюминия, кремния и др.) к поверхности. Так сформировались железоникелевое ядро Земли и силикатная мантия. Однако этот процесс продолжается и по сей день. Там, где элементы опускаются в глубь Земли, литосферные плиты движутся навстрече-



Передний конец рифтии (*Riftia pachyptila*)

чу друг другу – и громоздятся горы. Там, где из глубин Земли «всплывают» легкие компоненты, плиты расходятся – и формируется новая океаническая кора, действуют подводные вулканы, появляются срединные океанические хребты.

Скорость движения литосферных плит относительно друг друга может быть очень высока. Например, плиты, образующие дно Тихого океана, смещаются на 25–28 см в год. На стыке соседних плит возникает система трещин, по которым сквозь толщу океанической коры просачиваются горячие газы, нагревающие воду до температуры 300–400 градусов (при высоком давлении на больших глубинах кипения не происходит даже при температуре в несколько сот градусов). В воде растворено много сероводорода и сульфидов металлов (железа, цинка, никеля, меди), которые окрашивают ее в черный цвет. Горячие струи этого раствора смешиваются с холодными придонными слоями океана, охлаждаются, сульфиды выпадают в осадок и формируют особые конические образования высотой в несколько десятков метров – черные курильщики. Так их называют из-за мощных потоков горячего сульфидного раствора, напоминающих ▶

клубы черного дыма (рис. на стр. 89). Концентрации металлов в горячей воде черных курильщиков превышают таковые в обычной морской воде в миллионы раз.

Подобные районы всегда привлекали геологов, так как позволяли воочию наблюдать формирование ценнейших сульфидных руд. Правда, целенаправленное изучение гидротермальных оазисов стало возможным только после создания специальных глубоководных управляемых аппаратов – миниатюрных подводных лодок, способных погружаться на глубины в несколько тысяч метров и собирать образцы грунта с помощью механических манипуляторов.

Однако исследователи совершенно не ожидали обнаружить в рифтовых зонах богатую фауну. Редкие обитатели океанских глубин, куда никогда не проникает солнечный свет, вынуждены питаться «отбросами с барского стола», т.е. остатками отмерших организмов, попадающих из богатых жизнью верхних слоев воды. Численность и биомасса животных на больших глубинах очень малы. Рифтовые зоны с горячими вулканическими газами,

содержащими высокие концентрации сероводорода, тяжелых металлов и других ядовитых для большинства организмов соединений, казалось, должны быть долинами смерти среди пустынных глубин. Однако первые же фотографии, сделанные исследователями, показали изобилие живых существ в составе гидротермальных сообществ. На снимках видны склоны черных курильщиков, до самых вершин покрытые толстым слоем бактерий (сплетения миллиардов бактериальных клеток образуют так называемые маты), способных выживать при температуре до +120°C. В отдалении от устья курильщиков, там, где температура опускается ниже +40°C, на уступах курильщиков хорошо различимы сплетения белых трубок гигантских (до 2,5 м) червей с ярко-алыми щупальцами. В зарослях трубок ползали крабы, рядом плавали рыбы, в расселинах сидели крупные (20–30 см) двусторчатые моллюски, попадались осьминоги, словом, жизнь кипела. Красота и богатство биологических сообществ черных курильщиков, резко контрастирующие со скудным и однообразным населением

ложа океана, так поразили исследователей, что они весьма поэтично окрестили некоторые из гидротермальных оазисов «Райским садом», «Розовым садом» и т.п.

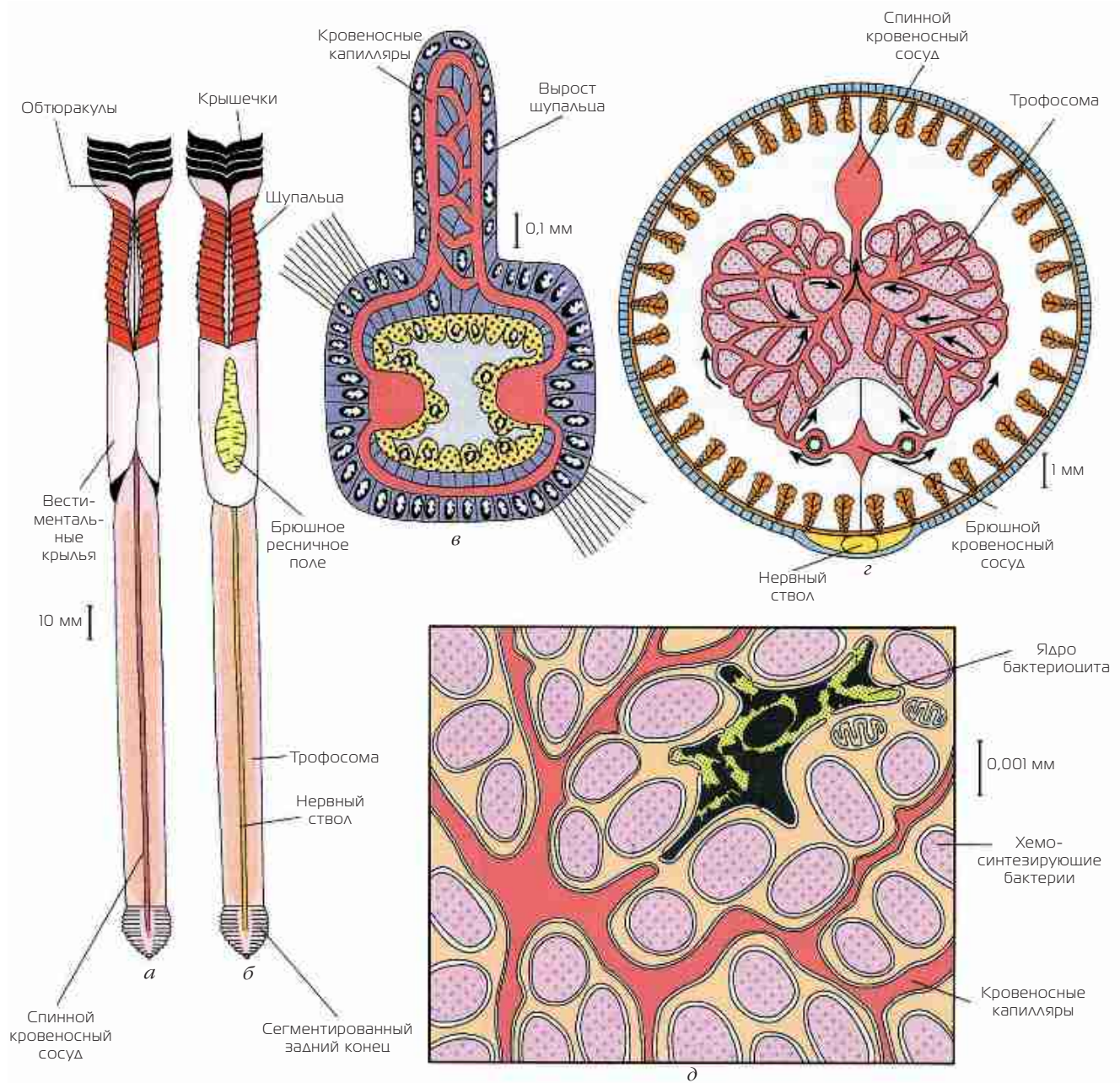
Первые фотографии появились в научно-популярных журналах, и подписи под ними гласили: «Гигантские глубоководные кольчатые черви». Кстати, А.В. Иванов, посмотрев на цветные изображения белых трубок с красными щупальцами, уверенно сказал: «Я думаю, что это не кольчатые черви, а погонофоры». Так и оказалось – трубки и торчащие из них щупальца принадлежали вестиментиферам (*Vestimentifera*, от латинских слов *vestimentum* – одежда, *fero* – носить), также относящимся к типу погонофор. Следует отметить, что иногда вестиментифер рассматривают и как самостоятельный тип, но все же близкий к погонофорам.

Вестиментиферы – визитная карточка гидротермальных сообществ

Первый представитель гигантских вестиментифер из рифтовых зон Мирового океана – Рифтия (*Riftia pachyptila*) – был описан в 1981 г. американским зоологом М. Джонсом. К настоящему времени известно около 15 видов этих животных. На протяжении 80–90-х годов рифтовые зоны стали объектом исследований научных учреждений разных стран, в том числе и Института океанологии Российской академии наук. Подводные аппараты Института океанологии РАН «Пайсис» и «Мир» собрали богатые коллекции вестиментифер и других представителей фауны этих областей. У взрослых вестиментифер (как и у погонофор) нет ни рта, ни кишечника. По оси туловищного отдела вестиментифер проходит массивный клеточный тяж, который сначала считался запасующим органом и был назван трофосома. Электронно-микроскопические исследования показали, что крупные клетки трофосомы содержат множество вакуолей с бактериями. Бактерии вестиментифер принадлежат к группе сероводородокис-



Колония вестиментифер *Riftia pachyptila* на затухающем участке гидротермального поля (21° с.ш. Восточно-Тихоокеанское поднятие, глубина 2600 м).



Строение вестиментифер: *а* – внешний вид вестиментиферы *Ridgeia* со спинной стороны; *б* – то же, вид с брюшной стороны; *в* – поперечный срез шупальца; *г* – поперечный срез через туловищный отдел, стрелки показывают направление движения крови; *д* – часть клетки-бактериоцита с пронизывающими ее кровеносными капиллярами.

ляющих бактерий. Они окисляют сероводород до серы (а потом до серной кислоты, нейтрализуемой карбонатами) и полученную энергию используют для синтеза органических веществ из углекислого газа и воды. Процесс носит название хемосинтеза и харак-

терен для многих видов свободно живущих бактерий, обитающих там, где в окружающей среде много сероводорода и есть кислород.

В гидротермальных оазисах сероводород поступает из черных курильщиков, а кислород – за счет подсоса

холодной и богатой кислородом глубинной воды, окружающей зоны источников. Как же бактерии, обитающие в трофосоме в глубине тела, получают сероводород и кислород? Оказалось, что оба вещества транспортируются сложной кровеносной

системой вестиментифер. Сеть капилляров проникает непосредственно внутрь клеток трофосомы и при этом так густа, что любую бактерию от ближайшего капилляра отделяет не более двух других бактерий. Гемоглобин вестиментифер соединяется и с кислородом, и с сероводородом, при этом сероводород обратимо связывается с белковой частью молекулы, а кислород – с гемом. Впрочем, при недостатке кислорода бактерии способны получать его, переводя нитраты, которыми богаты глубинные воды океана, в нитриты. Бактерии, защищенные внутри организма хозяина от неблагоприятных воздействий, получают от него сероводород и кислород. За счет самопепераривания части клеток трофосомы

вместе с бактериями червь получает органические вещества, которые служат единственным источником его питания. Таким образом, сожительство хемосинтезирующих бактерий и вестиментифер является взаимовыгодным симбиозом.

Погонофоры – указатели месторождений нефти и газа

Открытие симбиотрофного питания у вестиментифер, натолкнуло исследователей на мысль о способе питания типичных погонофор, известных задолго до открытия гидротермальных оазисов. В их организме имеется загадочный орган – замкнутый с обоих концов срединный канал. Обнаружение в клетках этого органа бакте-

рий позволило считать срединный канал гомологом трофосомы. Правда, бактерии, найденные у погонофор, принадлежат к другой группе прокариотных организмов – это метанокисляющие бактерии. Они синтезируют органическое вещество за счет окисления метана.

Откуда берется метан в толще грунта? Прежде всего он просачивается из подводных месторождений нефти и газа, причем его концентрация (около 1 мл на куб. дм грунта) достаточно высока для того, чтобы бактерии могли не только существовать, но еще и «кормить» хозяина. Поэтому места обитания погонофор перспективны для поисков подводных залежей этих ценнейших ископаемых. Интересно, что те районы, в которых обитают немногие относительно мелководные виды погонофор (Северное море, прибрежные районы вблизи о. Сахалин, Баренцево море), – это как раз районы, в которых ведется добыча нефти и газа.

Однако большинство представителей класса погонофор – обитатели больших глубин Мирового океана, где нефть и газ не только не добывают, но и не ищут. Современные технологии не рассчитаны на разработку полезных ископаемых на таких глубинах. Но недалеко то время, когда мелководные месторождения истощатся. Вот тогда погонофоры и укажут нам, где нужно искать глубоководные залежи нефти и газа.

Происхождение симбиоза

Погонофоры и вестиментиферы – это один из наиболее ярких примеров симбиоза животных с прокариотными организмами. В гидротермальных оазисах немало других существ, культивирующих хемоавтотрофные бактерии. Так, у крупных двустворчатых моллюсков – калиптоген и батимодиолусов, обитающих рядом с вестиментиферами, бактерии поселяются в жабрах. Однако эти моллюски сохраняют (хотя и в упрощенном виде) пищеварительный тракт. Многощетинковый червь альвинелла выращивает бактерии на поверхности тела, однако имеет и нормально развитый пищевари-



Колония вестиментифер *Ridgeia piscesae* на поселении гастропод *Lepetodrilus sp.* у подножия гидротермальной постройки (гора Осевая, 1570 м).

тельный тракт. По-видимому, для моллюсков и многощетинковых червей симбиотические бактерии являются лишь источником дополнительного питания, в то время как вестиментиферы и погонофоры полностью находятся на «иждивении» бактерий.

Исследования яйцеклеток вестиментифер показало, что бактерий в них нет, и следовательно, бактериальные симбионты от матери к потомству не передаются. Откуда же они берутся в клетках трофосомы?

Ответ на этот вопрос удалось получить в результате изучения личиночного развития вестиментифер. Оказалось, что личинки их организмов имеют нормально развитый рот и кишечник. В течение нескольких суток они плавают в толще воды с помощью венчика ресничек, затем опускаются на субстрат и ползают по поверхности грунта, заглатывая хемосинтезирующие бактерии из внешней среды, заражаются ими, после чего рот и анус у молодых червей редуцируются, а кишечник превращается в орган бактериального питания – трофосому. Недавние исследования показали, что личинки типичных погонофор тоже имеют нормальный рот и кишечник и заражаются симбионтами (метанооксилирующими бактериями) из внешней среды, при этом их трофосома сохраняет просвет (недаром же раньше ее называли срединным каналом) и больше похожа на кишечник, чем сильно видоизмененная трофосома вестиментифер.

Личиночное развитие этих червей, вероятно, рекапитулирует (то есть повторяет в сокращенной форме) определенные этапы филогенеза этих животных. Можно предположить, что их предки сначала просто питались бактериями (как это делают сейчас многие донные беспозвоночные), а затем некоторые виды бактерий, проникнув в цитоплазму клеток кишечника, превратились в симбионтов.

Другая жизнь

Гидротермальные сообщества – пример жизни, существующей не за счет солнечной энергии, а за счет тектони-

ческой энергии планеты. Это означает, что поиски внеземной жизни вполне реальны на тех планетах, где сохранилась тектоническая активность, где есть активный вулканизм. Наибольший интерес здесь могут представлять спутники планет-гигантов, такие как Европа, Ио. Планеты-гиганты и их спутники находятся на громадном расстоянии от Солнца, и температура на их поверхности ниже полутора сотен градусов. В то же время активная вулканическая деятельность позволяет поддерживать под толстым покровом из замерзшей углекислоты, метана, аммиака и льда высокую температуру, а вулканические газы могут быть потенциальным источником химической энергии для примитивной (а может быть, и не слишком) жизни.

Да и на нашей планете при различных катаклизмах, связанных с колебаниями интенсивности солнечного излучения, жизнь может сохраняться в гидротермальных оазисах. Солнце – очень стабильная звезда, но все же не настолько, чтобы полностью исключить всякую возможность слабых колебаний интенсивности излучения. Возможно, именно эти колебания вызывают периодические (примерно каждые 200 млн. лет) оледенения планеты. Существуют и другие точки зрения на причины подобных явлений, но в любом случае ледниковые периоды приводили к снижению фотосинтеза как на поверхности суши, так и в океане. В периоды наиболее сильных похолоданий, как, например, протерозойского (около 700 млн. лет назад), льды, возможно, спускались почти до 40-х широт.

Другая причина, которая могла вызывать резкое снижение фотосинтеза, – падения астероидов, которые, несомненно, имели место за 4 млрд. лет существования жизни на нашей планете. При этом в верхние слои атмосферы выбрасывались колоссальные массы пыли и пепла (существует предположение, что падение такого астероида около 60 млн. лет назад вызвало всепланетную катастрофу, погубившую мир динозавров).



Изящный высокотемпературный черный курильщик (21° с.ш., Восточно-Тихоокеанское поднятие).

Аналогичные последствия грозят нашей планете в случае глобальной ядерной катастрофы: пепел сгоревших городов и лесов вызвал бы так называемую «ядерную зиму», понижение интенсивности солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, и падение температуры на долгие годы. Все эти катастрофы означали бы гибель множества видов растений и животных и уничтожение целых сообществ. Но жизни в гидротермальных оазисах эти катастрофы не угрожают (хотя для цивилизации такие катастрофы стали бы губительными). ■

ОБ АВТОРЕ:

Малахов Владимир Васильевич, профессор кафедры зоологии и сравнительной анатомии беспозвоночных МГУ. Автор 170 публикаций. Область научных интересов – сравнительная анатомия и эмбриология беспозвоночных. Член-корреспондент Российской академии естественных наук, член-корреспондент Российской академии наук.

Фотографии получены с использованием ГОА «Мир-1» и «Мир-2» в Лаборатории научной эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов под руководством профессора А.М. Сагалевича. Обработка фотографий – Ю.А. Володин.

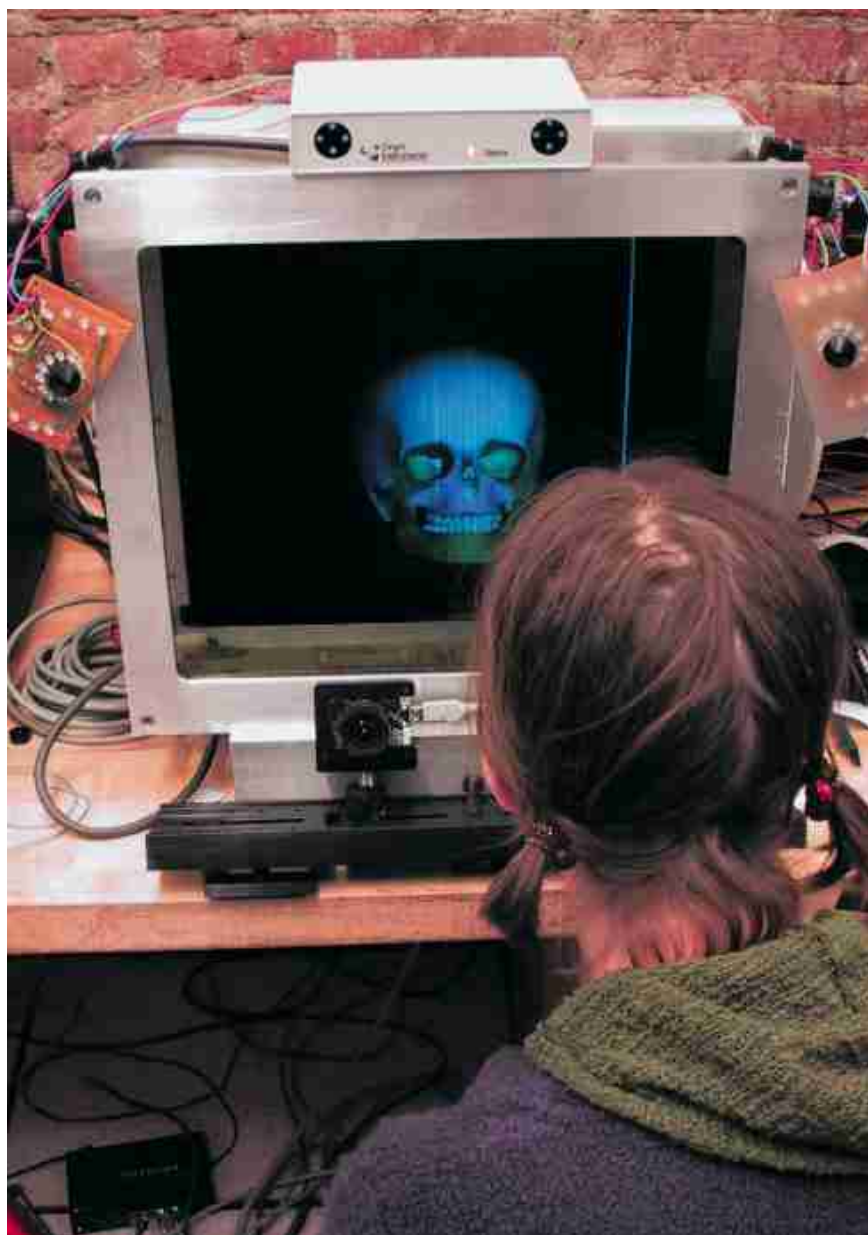
ПРИБЛИЖАЯСЬ К РЕАЛЬНОСТИ

Каков следующий шаг в технологии компьютерных дисплеев?
Глубина и тени.

Марк Алперт

20 лет назад я попал на просмотр фильма о нападениях акул «Челюсти 3-D». Мне вручили картонные 3-D-очки, снабженные красной целлофановой линзой с одной стороны и синей – с другой. Я не помню сюжет фильма, но зато некоторые из 3-D-эффектов остались в памяти. Отвратительная отрубленная голова рыбы, казалось, плавала в нескольких сантиметрах от меня. Для тех лет это было очень круто.

2002 год. Я сижу в затененной Лаборатории исследования средств передачи Нью-Йоркского университета и разглядываю устройство – автостереоскопический дисплей. Вижу перевернутый набор компьютерный монитор, перед которым на расстоянии примерно восьми сантиметров помещена жидкокристаллическая пластинка, называемая барьером параллакса. На каждой из сторон экрана находится маленькая камера, окруженная крошечными инфракрасными лучами. После включения системы перед глазами предстает полупрозрачное трехмерное изображение, плавающее в пространстве между экраном и барьером параллакса. Оно представляет собой модель скелета человеческой стопы с предплюснами, плюснами и фалангами, окрашенными в разные цвета. Изображение медленно вращается и представляется таким же отвратительно реальным, как и отрубленная рыба голова из «Челюстей 3-D». Но сейчас на мне нет красно-синих очков.



Кен Перлин (Ken Perlin), директор лаборатории, и его коллеги работают над проектом с 1998 года. Для создания трехмерной компьютерной графики на экране демонстрировалось два изображения. Поэтому пользователь должен надеть поляризованные очки (отфильтровывавшие для каждого глаза свое изображение) либо очки с затвором (попеременно закрывающие обзор для каждого глаза). Перлин и его коллеги решили отказаться от неуклюжих очков и создали защиту, где присутствуют два

то, что предназначено для правого, и наоборот. Поскольку частокол движется с очень большой скоростью (барьер параллакса проходит через цикл из трех положений каждую шестидесятую долю секунды), пользователь не ощущает присутствия штрихов. Вместо этого каждый глаз воспринимает целостную картинку, упорядоченную в соответствии с его положением. Здесь важны источники инфракрасного излучения; камеры отслеживают положение глаза зрителя посредством измерения парамет-

попытки применить технологию носят скорее увеселительный характер: Лаборатория исследования средств передачи Нью-Йоркского университета ведет переговоры с компанией для изготовления трехмерных мониторов для компьютерных игр. (Словно эти игры и так уже не внушают страх!)

Исследователи из лаборатории *Columbia Automated Vision Environment (CAVE)* в Колумбийском университете, заняты разработкой другой технологии дисплеев, которая повышает ре-

Автостереоскопический дисплей создает трехмерное изображение при помощи барьера параллакса (перед экраном) и двух инфракрасных камер (на каждой из сторон), следящих за глазами пользователя. Устройство было разработано в Лаборатории исследования средств передачи Нью-Йоркского университета.

изображения: одно для левого, и другое – для правого глаза, разделяющихся прямо на экране. Результат – «мешанина» из вертикальных полос. (Из-за того, что стандартный компьютерный монитор отображает картинку с помощью горизонтальных линий, разработчики системы просто перевернули его набор, создав вертикальный эффект.)

Барьер параллакса превращает «мешанину» в трехмерное изображение. Устройство можно сравнить с частоколом, расположенным между зрителем и монитором. Жидкокристаллическая пластинка (*pi-cell*) формирует вертикальные черные полосы, быстро перемещающиеся слева направо. В каждый момент времени левый глаз пользователя видит штриховую проекцию одного изображения (как будто смотрит, стоя за забором), а правый фиксирует схожую проекцию другого. Штрихи не позволяют левому глазу увидеть

ров света, отражающегося от его сетчатки. Одновременно трехмерное изображение может наблюдать только один пользователь.

Я крутил головой в разные стороны, пытаюсь выяснить предельные возможности автостереоскопического дисплея. Система настраивала изображение скелета стопы в соответствии с моими движениями, позволяя рассмотреть объект под практически любым углом зрения. Иногда я улавливал в изображении отвлекающие черные промежутки, возможно, вызванные рассеянием отражающихся инфракрасных лучей. Скелет стопы выглядел тускло, так как перемещающиеся штрихи блокируют часть исходящего от монитора света. Перлин заверил меня в том, что, используя в качестве компенсирующего фактора монитор повышенной яркости, проблему можно устранить.

Безусловно, такой дисплей может быть полезен в хирургии. Но первые

листочность компьютерной графики. Светочувствительный дисплей способен оценить направление внешнего светового излучения, направленного на экран монитора компьютера, и затем настроить изображение на экране таким образом, чтобы обеспечить оптимальные характеристики его затенений и отражений. Шри Найяр (Shree Nayar), глава *CAVE*, провел меня в затененную комнату, где на стене расположился огромный плоский экран. На нем был изображен натюрморт: блюдо с виноградом, графин с вином и рыба на разделочной доске. (Почему мертвые рыбы все время плавают на поверхности этого рассказа?) В деревянную раму экрана была встроена полусферическая камера с широкоугольными линзами, регистрирующая источники света в любой точке комнаты.

Мы стали перемещать лампу перед дисплеем, и изображение натюрморта изменилось: тень, отбрасываемая ▶

блюдом, сместилась из левого угла в правый, на виноградинах появились и исчезали световые отражения, а вино искрилось. Эффекты проявлялись мгновенно – частота смены кадров на экране равна 15 за секунду. Зрелище было впечатляющим!

Найяр и его коллеги создали теорию светочувствительного дисплея, взяв за

основу технологию трассировки луча, применяемую в компьютерной анимации для наложения теней на мультипликационные ландшафты. Вскоре они поняли, что данный метод требует много вычислений и не позволяет быстро менять изображение. Они решили сделать сотни фотографий объекта при различном ос-

вещении и сохранили полученные изображения в памяти системы. (По словам Найяра, пришлось так долго фотографировать натюрморт, что рыба начала дурно пахнуть.) Когда встроенная камера обнаруживала световой источник, находящийся под определенным углом, дисплей оперативно извлекал из памяти изображение с соответствующими параметрами затенения и отражения.

Найяр с коллегами нашел способ сжатия информации, разделяя изображение на множество составляющих при помощи прямоугольной сетки. Перемещение внешнего источника света не меняет каждый элемент изображения. Таким образом, у экранной системы отпадает необходимость сохранять более одного или двух изображений для наименее подверженных изменениям элементов. Используя этот метод компрессии, группа Найяра смогла снизить системные требования к памяти от громоздких 4 Гб до 10 Мб.

Найяр говорит, что его технология может найти применение в образовании. Создано высококачественное изображение скульптуры Микеланджело «Давид», которым можно любоваться посредством светочувствительного дисплея. Найяр относится к художникам-любителям, что, возможно, объясняет схожесть его рыбно-фруктовой картины с натюрмортом одного из великих мастеров Голландии XVII века. «Голландцы были одержимы правильным изображением фруктов, – говорит он. – Чтобы передать прозрачность виноградин, они накладывали на краску несколько слоев масла». Современному пользователю не нужен фотографический реализм на экране. Тем не менее приятно осознавать, что графические дизайнеры нацелены на столь высокие достижения. ■

ОТ РЕДАКЦИИ:

В следующем номере нашего журнала мы продолжим рассказ об автостереоскопических дисплеях, которые выпускаются в России.



Светочувствительный дисплей, созданный в Колумбийском университете, меняет тени и отражения в соответствии с внешним освещением. Обратите внимание на сдвиг тени при переходе справа налево.

КАК ПРЕДОТВРАТИТЬ УТЕЧКУ ИНФОРМАЦИИ

Дэннис Шаша

Директор правительственной организации делится конфиденциальной информацией с девятью сотрудниками, а на следующий день она появляется в газетах. Для того чтобы выявить виновного в утечке сведений, сообщают каждому из подозреваемых некоторую часть важной информации, а затем контролируют ее появление в периодике. Однако публикация появится только в том случае, если она подтверждена не менее чем тремя источниками. Руководитель же уверен, что виноваты в утечке не более трех сотрудников.

Перед директором дилемма: если он сообщит информацию всем, она, безусловно, будет опубликована, однако он ничего не узнает. Он может сообщать фрагменты информации, разделив группу на тройки, и смотреть, в каком случае появится публи-

кация. Однако девять сотрудников могут образовать 84 тройки, а это слишком много. Вырабатывается стратегия: группа будет разделена на четверки, каждой из которых будет сообщаться по одному фрагменту в день. Когда утечка обнаружится, он сможет сузить количество подозреваемых троек. Одной из его идей было провоцировать не более двух утечек – одну из четверки и одну из тройки. Другая мысль – подобрать такую последовательность четверок, чтобы гарантировать ровно одну утечку и точно определить троих злоумышленников, испробовав при этом не более 25 порций ценной информации. Можете ли вы ему помочь?

Сначала предположим, что в первый день директор проводит испытание с сотрудниками 1, 2, 3 и 4, и утеч-

ки не происходит, а на следующий день с работниками 2, 3, 4 и 5 с тем же результатом. Но следующая порция информации, сообщенная номерам 1, 2, 4 и 5, попадает в газеты. Какая же тройка оказывается под подозрением? Только две из четырех, образуемых из третьего квартета: 1–2–5 и 1–4–5. Если виновата одна из двух других троек, то попала бы в прессу одна из двух первых порций информации. Так как директор знает, что только трое из его сотрудников могут быть виновны в утечке, ему, чтобы их выявить, остается провести еще только одно испытание.

Глава организации может решить задачу, проведя значительно меньше испытаний, одновременно информируя более четырех человек и позволяя больше двух утечек. А как вы думаете? ■



КАК ВЕНЕРИНА МУХОЛОВКА ПЕРЕВАРИВАЕТ НАСЕКОМЫХ?

Рассказывает Лиса Лидж, эколог растений, ассистент кафедры биологии в Южном университете Джорджии:

– Венерина мухоловка (*Dionaea muscipula*) – насекомоядное растение, способное питаться с помощью фотосинтеза, встречается в районах песчаных кустарниковых болот в прибрежной части Северной и Южной Каролины. Частые в этих местах пожары уничтожают конкурирующие с мухоловкой растения и приводят к дефициту азота в почве. А венерина мухоловка, обладая уникальным приспособлением для ловли насекомых, получает дополнительный источник незаменимых питательных веществ (главным образом азота и фосфора), которых лишены растения, добывающие их из почвы.

Как этому растению удается приманивать, умерщвлять и переваривать свою жертву? Прежде всего мухоловка заманивает насекомое, привлекая его ароматом нектара, который выделяют

ее овальные листья, обрамленные по краям длинными зубцами. В поисках лакомства ничего не подозревающее насекомое задевает чувствительные к прикосновению колючие волоски, зубцы по краям листьев смыкаются – и насекомое оказывается в плену. Если оно касается одного и того же волоска дважды или двух волосков с интервалом в 20 секунд, то клетки на наружной поверхности листа наполняются водянистой жидкостью, стягиваются, и ловушка захлопывается. А под действием выделений насекомого (например, мочевой кислоты) она сжимается еще плотнее, так что внутрь не может попасть даже воздух. Затем пищеварительные железы, окаймляющие внутренний край листа, начинают выделять ферменты, которые растворяют мягкие ткани насекомого, а освобождающиеся при этом питательные вещества поглощаются листом. Спустя 5–12 дней ловушка приоткрывается и выбрасывает остатки наружного скелета насекомого.

После трех-пяти таких трапез лист теряет способность ловить насекомых и в течение двух-трех месяцев просто занимается фотосинтезом, а затем опадает. Владельцам венериных мухоловок не следует слишком часто прикасаться к растению: после 10 неудачных попыток заставить ловушку захлопнуться лист перестает реагировать на прикосновение и занимается только фотосинтезом.

Дело же в том, что насекомые для мухоловки являются источником незаменимых питательных веществ (главным образом азота и фосфора), которыми так бедна кислая среда болотистых мест ее обитания. ■



КАК УСТРОЕНЫ ПЕРЕЗАПИСЫВАЕМЫЕ КОМПАКТ-ДИСКИ?

На вопрос отвечает Гордон Радд, президент фирмы *Clover Systems* в Лагуна-Хиллс, Калифорния:

– Вся информация на CD- и DVD-дисках записана в виде череды отметин, более темных, чем остальная поверхность. Эту информацию считывают с помощью лазера, направляя луч на поверхность диска и измеряя интенсивность отражаемого света.

На CD- и DVD-дисках, которые вы покупаете в магазине, такими отметинами служат крошечные углубления. На записываемых компакт-дисках лазер пишущего CD-ROMа оставляет по-

стоянные отметины на цветном полимерном покрытии диска, изменяя его цвет в этих точках.

Точно так же изготавливают и перезаписываемые компакт-диски. Отличие лишь в том, что изменение цвета рабочей поверхности обратно. Покрытие диска изготавливают из сплава серебра, индия, сурьмы и теллура, который может находиться в двух фазовых состояниях: кристаллическом (атомы плотно упакованы и образуют регулярную решетку) и аморфном (атомы располагаются беспорядочно). В аморф-

ном состоянии сплав отражает свет хуже, чем в кристаллическом.

При записи лазерный луч, падающий на поверхность диска, разогревает ее до 700°C. В месте разогрева сплав переходит из своего обычного кристаллического состояния в аморфное и становится темнее. Эти темные точки можно удалить тем же лазером, но при меньшей мощности: при 200°C сплав возвращается в исходное состояние. Производители перезаписываемых компакт-дисков заявляют, что один диск может пережить до 1000 перезаписей и проработать порядка 30 лет. ■



Читайте в майском выпуске журнала

- Нановоды – переворот в концепции хранения данных
- Предсказываем землетрясения
- Свет против рака
- Порочная диета
- Брызги шампанского

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

- по каталогу Роспечать, подписной индекс **81736**;
 - через редакцию журнала, 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.



Розничная продажа в Москве осуществляется:

- в передвижных киосках «Метрополитеневец» около станций метро,
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., д. 1;
- в киоске «РОСНОУ», ул. Радио, д. 22, 1-й этаж

	Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет»		
	Расчетный счет	40703810200000010014	
	в КБ «Ист-Бридж Банк» г. Москва	БИК 044579128	
	Корреспондентский счет	30101810500000000128	
	Идентификационный номер	ИНН 7714082749	
	_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика		
	Вид платежа	Дата	Сумма
	Подписка на журнал «В мире науки»		
	Плательщик		
	Негосударственное образовательное учреждение «Российский новый университет»		
	Расчетный счет	40703810200000010014	
	в КБ «Ист-Бридж Банк» г. Москва	БИК 044579128	
	Корреспондентский счет	30101810500000000128	
	Идентификационный номер	ИНН 7714082749	
	_____ Фамилия, И.О., адрес плательщика		
	Вид платежа	Дата	Сумма
	Подписка на журнал «В мире науки»		
	Плательщик		