

ежемесячный научно-информационный журнал

В мире науки

scientific american

№10 2003

тема номера:

ХИТРОУМНЫЕ АНТЕННЫ

Ключи
от затерянных городов

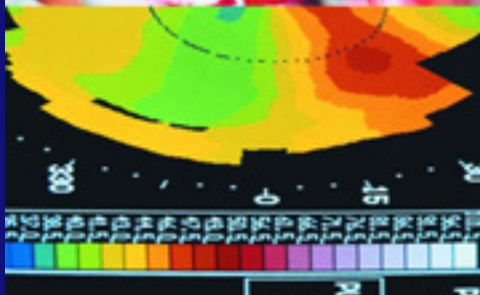
Рак:
как распутать клубок

Загадочные
ландшафты Марса



**СМОТРИ
ВНИМАТЕЛЬНО**

**МИР
ОТКРЫТ**



Rambler
ТелеСеть

www.rambler-tv.ru

**ПЕРВЫЙ
ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ
ТЕЛЕКАНАЛ
В РОССИИ**

**300 ГОРОДОВ
УЖЕ
СМОТРЯТ**

Содержание

ОКТАБРЬ 2003

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

- 22** АСТРОНОМИЯ
ЗАГАДОЧНЫЕ ЛАНДШАФТЫ МАРСА
Арден Олби
Красная планета продолжает удивлять ученых. Никогда ранее ученые не располагали столь полной информацией о ее поверхности и атмосфере
- 32** АСТРОНОМИЯ
СТРАННАЯ ГАЛАКТИЧЕСКАЯ ЧЕТА
Кимберли Уивер
Почему столь различные явления, как гигантские черные дыры и бурное рождение молодых звезд, так часто сопровождают друг друга?
- 40** ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ
ЭВОЛЮЦИЯ ЦЕПНЫХ ПИСЕМ
Чарльз Беннет, Минь Ли, Бин Ма
Изучение писем счастья помогло ученым изобрести универсальный алгоритм построения родословных для эволюционирующих объектов
- 46** ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ХИТРОУМНЫЕ АНТЕННЫ
Мартин Купер
Отец сотовой связи рассказывает о том, как приемопередающие станции отыскивают своих абонентов в бушующем море радиоволн
- 54** БИОЛОГИЯ
РАК: КАК РАСПУТАТЬ КЛУБОК?
Уэйт Гиббс
Результаты последних исследований опровергают устоявшуюся теорию онкогенеза и помогают находить новые способы борьбы с раком
- 66** ЭКОЛОГИЯ
РЫБА НАПЕРЕЧЕТ
Дэниел Поли и Редж Уотсон
Вследствие увеличения коммерческого лова запасы рыбы в Мировом океане сократились до небывало низкого уровня. Вскоре человечеству придется довольствоваться тушенкой из медуз и морского планктона
- 72** АРХЕОЛОГИЯ
КЛЮЧИ ОТ ЗАТЕРЯННЫХ ГОРОДОВ
Джонатан Кенойер
Найденные в Пакистане предметы материальной культуры говорят о величии древней и загадочной цивилизации



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. Костикова, А. А. Приходько

Старший менеджер по распространению:
С. М. Николаев

Старший менеджер по PR: А. А. Рогова

Научные консультанты:

с. н. с. лаборатории анализа генома человека
института общей генетики РАН С. А. Боринская
доктор экономических наук, профессор
М. В. Конотопов
Л. А. Мишакова, В. И. Сидорова
кандидат физ-мат. наук В. Г. Сурдин

Над номером работали:

М. М. Агафонов, Е. В. Базанов, Е. Г. Богадист,
Е. Г. Булгакова, О. А. Василенко, А. В. Зернов,
Ф. С. Капица, Т. М. Колядич, Г. А. Лукичев,
Д. А. Мисюров, А. А. Рогова, М. А. Сажин,
И. Е. Сацевич, В. В. Свечников, М. Г. Смирнова,
А. А. Сорокин, В. Г. Сурдин, Н. Н. Шафрановская,
Э. А. Хазанова, П. П. Худoley, А. А. Чермошенцев

Корректора: Ю. Д. Староверова

Препресс: P-studio

Отпечатано: ОАО «АСТ Московский
полиграфический дом» 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 Рочноу, 2003

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. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors:

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

News Editor: Philip M. Yam

Contributing editors:

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

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: Rolf Grisebach

President and chief executive officer:

Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director,

international: Charles McCullagh

Vice President: Frances Newburg

© 2003 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

НАУКА И ОБЩЕСТВО

18 КОНКУРЕНЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ И ИССЛЕДОВАНИЯХ

Геннадий Лукичев

ИННОВАЦИИ

20 СПАСИТЕЛЬНЫЙ ГЛУШИТЕЛЬ

Гэри Стикс

Фундаментальные исследования привели к созданию совершенно новых препаратов для лечения сердечно-сосудистых заболеваний

ЗНАНИЕ – СИЛА

92 КАК ПОЙМАТЬ ВОЛНУ

Марк Фишетти

Новая антенна может стать просто украшением окна

ОБЗОРЫ

ОТ РЕДАКЦИИ

3 НЕУПРАВЛЯЕМАЯ ПРОТИВОРАКЕТНАЯ ЗАЩИТА

4 50, 100 И 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД

6 НОВОСТИ И КОММЕНТАРИИ

- Компьютерная сталь
- Черные дыры – белые пятна
- Укрощенный свет
- Очарованный и странный
- Скрип колеса
- На МВФ надейся, а сам не плошай
- Губительная красота
- Заразная пыль
- Spam must die!

82 КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ

86 ПОТОМКИ «АФРИКАНСКОЙ ЕВЫ»

По следам передачи

ГОЛОВОЛОМКА

94 ПРОСТЫЕ КВАДРАТЫ

Сложные задачи с простыми числами

95 СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ

Почему дневной свет тускнеет, проходя сквозь толщу воды?

неуправляемая

ПРОТИВОРАКЕТНАЯ защита

В ближайшие годы администрация президента Буша планирует разместить 20 перехватчиков ракет наземного базирования на Аляске и в Калифорнии и 20 – на крейсерах военно-морского флота США. Они предназначены для уничтожения боеголовок на среднем участке их траектории. В соответствии с установленными нормами министерство обороны должно было провести полный цикл испытаний перехватчиков до начала их монтажа на пусковых шахтах. Однако Пентагон потребовал от конгресса отменить эту процедуру. Основанием для этого стали действия Северной Кореи, которая, как предполагается, уже имеет два ядерных устройства и осуществляет разработку межконтинентальных ракет.

Такой подход администрации мог быть оправдан в том случае, если бы существовали убедительные доказательства необходимости противоракетной системы. С 1999 г. департаментом противоракетной обороны (*MDA*) Пентагона было проведено восемь летних испытаний, в рамках которых с территории Калифорнии производились запуски мишеней, а перехватчиков – с атолла Кваджалейн в Тихом океане. В ходе пяти испытаний истребитель успешно произвел наведение и уничтожил мишень; в двух случаях не произошло отделения перехватчика от ракеты-носителя, и один раз был зафиксирован отказ инфракрасных датчиков. В то же время условия испытаний были далеки от реальных. Из-за того, что объявленный *MDA* радар с высокой разрешающей способностью все еще находится в стадии

разработки, специалисты департамента следили за приближающимися ракетами с помощью радиолокационных маяков, установленных на мишенях. Трехступенчатые ракеты-носители, которые планировалось использовать для доставки перехватчиков, также еще не готовы, поэтому *MDA* вместо них использовал двухступенчатые ракеты *Minuteman*. В результате они имели меньшую скорость, чем необходимо в реальных условиях, и, следовательно, располагали большим временем для распознавания боеголовок и выпущенных ложных целей. Более того, игравшие при проведении испытаний роль ложных целей сферические зонды не были схожи с боеголовками, а их инфракрасные следы были светлее либо темнее.

Министр обороны Дональд Рамсфелд (*Donald Rumsfeld*) утверждает, что *MDA* устранит все недочеты противоракетного щита при его вводе в эксплуатацию. Но многие военные эксперты считают, что в данный момент создание ракетного перехватчика, способного эффективно распознавать ложные цели и иные средства противодействия, невозможно. Фрагментарный противоракетный щит сам по себе может представлять большую опасность, чем его отсутствие. Президент и генералы могут пребывать в состоянии эйфории и абсолютной уверенности в безопасности, что толкает их на безрассудные политические шаги и военные действия, способные спровоцировать проведение реальной проверки способностей перехватчиков.

Кроме того, межконтинентальные ракеты не являются угрозой со стороны Северной Кореи, для которой (равно как для Ирана или «Аль-Каиды») будет проще доставить в США ядерное устройство на транспорте. Вместо того чтобы тратить \$1,5 млрд. на размещение перехватчиков ракет, администрации Буша стоило бы направить средства на развитие национальной безопасности и антитеррористических программ в регионах, которые до сих пор плохо финансируются. В то же время Пентагону следует объективно оценить перспективы противоракетной обороны вместо ее слепой пропаганды. ■



Ракетный перехватчик в начале испытательного полета.

Съедобные водоросли • Безопасный фосфор • Дешевый антрацит

ОКТАБРЬ 1953

ЗЕЛЕНЬ К ОБЕДУ. Ученые во всем мире проявляют интерес к пищевым возможностям водорослей. Лабораторные опыты показывают, что в год с одного гектара водной поверхности, отведенной под хлореллу (*Chlorella*), можно получить до 50 тонн белков и до 7,5 тонны жиров – астрономические цифры в сравнении с современными показателями традиционного сельского хозяйства. Выращивание одной тонны водорослей требует 1,1 тонны нитрата калия и 0,75 тонны сульфата аммония. ■

ОКТАБРЬ 1903

НЕУДАЧА ЛЭНГЛИ. Все, кто увлечен идеями воздухоплавания, будут огорчены неудачей эксперимента профессора Сэмюэля Лэнгли. Самое неприятное не то, что аэроплан не полетел, а враждебность газетных репортажей об испытании. Аэроплан – результат многолетних исследований и бесчисленных опытов. Неудача не знаменует окончательное крушение идей воздушной навигации, а является одним из шагов на пути решения. Из отчета проф. Мэнли (С. L. Manley) следует, что механизм, который держал аэроплан на пусковом устройстве (см. иллюстрацию) и должен был сработать в момент запуска, оказался неисправен. *(От издателя: неудача испытания 8 декабря 1903 года вызвала такую ожесточенную общественную критику, что Лэнгли бросил авиационные исследования.)* ■

SCIENTIFIC AMERICAN



Аэроплан Лэнгли на катапульте, 1903 г.

ОГОНЬКУ НЕ НАЙДЕТСЯ? В Германии по закону от 10 мая 1903 года запрещено использовать в производстве спичек вредный для здоровья и опасный в использовании белый фосфор. Его должно заменить закупленное правительством новое соединение, в состав которого входят неядовитый красный фосфор и хлорат калия. Несмотря на более высокую температуру воспламенения, новый материал можно зажечь трением о наждачную бумагу, кирпич, подошву обуви, грубую ткань и т.д. Крайне важно, что он не так легко воспламеняется, особенно если учесть пожары, вызванные самовозгоранием спичек из белого фосфора под действием солнечного света. ■

SANITAS AMERICANA. С момента американской оккупации Кубы желтая лихорадка там постепенно исчезает. Это происходит в результате борьбы военных врачей с суевериями и благодаря систематическому уничтожению москитов. Врачи борются с предрассудками, что желтая лихорадка смертельно опасна и очень заразна, доказывая, что она разносится москитами. ■

МУРАВЬИ. Одним из непредвиденных последствий осушения земель Нового Орлеана стало нашествие полчищ муравьев, которые угрожают самому существованию города, подобно описанным в «Железном веке» казням египетским. Они набрасываются на деревянные конструкции домов и быстро разрушают их, пробираются на склады, где хранятся дорогие товары. Влажная земля препятствовала размножению, а после осушения избавиться от них практически невозможно. ■

ОКТАБРЬ 1853

УГОЛЬ ДЛЯ ПАРОВОЗОВ. «За небольшими исключениями, дрова являются основным топливом для паровозов. Однако дерево стало столь дорогим и редким, что ему необходимо найти замену. В первую очередь можно использовать антрацит. Он дешев и при сгорании почти не оставляет отходов. Считается, однако, что это горючее так быстро разрушает топку, что его использование становится неэкономичным. Другое возражение – высокая интенсивность горения. Однако с изобретением двигателя Миллхолланда эти проблемы были решены. Двигатели, работающие на антраците, уже используются в штате Пенсильвания на 28 первоклассных локомотивах компании *Reading Railway*. Ни один машинист не вернется на локомотив, работающий на дровах, однажды побывав на угольном, поскольку работать на нем проще и легче. ■

МОДА ДНЯ. Импорт обезьяньих шкурок – важная статья бизнеса в Салеме. *Gazette* пишет: «Вот уже несколько лет в продажу поступают обезьяньи шкурки, и, осмелимся предположить, не одна прекрасная дама готова похвастаться обезьяньей муфтой и перчатками из крысиной кожи». ■

ЗА ПРЕДЕЛЫ

ОБЫДЕННОСТИ



САМАЯ СВЕЖАЯ ИНФОРМАЦИЯ
О ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЯХ
ВО ВСЕХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

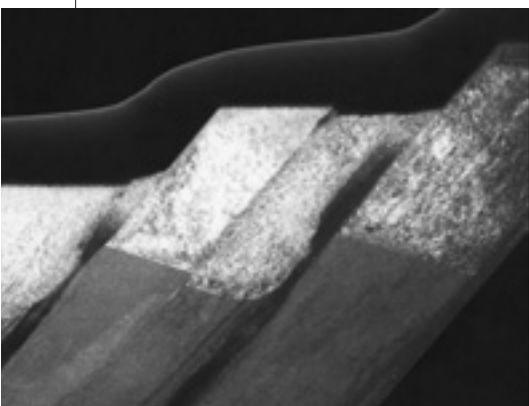
В МИРЕ НАУКИ
scientific american

ежемесячный научно-информационный журнал

СПЛАВ ПО РАСЧЕТУ

Стивен Эшли

Новый исключительно гибкий сплав родился на кончике пера.



Исключительная растяжимость резиновых сплавов обусловлена взаимным скольжением «микротектонических плит» толщиной в несколько десятых миллиметра.

ДЕФОРМИРОВАННЫЙ ОБРАЗ МЫСЛЕЙ

Материаловеды из *Toyota* предложили новую теорию пластической деформации. В большинстве металлов изгиб и другие виды физического воздействия приводят к появлению дислокаций – смещений атомов кристаллической структуры, которые распространяются при непрерывной деформации. Многократные силовые воздействия постепенно приводят к образованию сложной структуры кристаллических зерен, характеризующейся в макроскопическом масштабе большой твердостью и хрупкостью. Исследователи из *Toyota* утверждают, что в их сплавах такой перестройки не происходит – на воздействия они отвечают формированием плоскостей разлома – «гигантских дефектов» (см. фото) между кристаллическими пластинами, которые скользят друг относительно друга подобно тектоническим плитам. Этот процесс обуславливает высокую растяжимость сплавов.

Металлурги давно мечтали сесть за компьютер, ввести элементный состав нового сплава, посмотреть, как он будет себя вести, и только после этого пойти в лабораторию и приготовить нужную шихту. В идеале такой подход должен заменить традиционную технологию эмпирического подбора состава, разработанную еще до того, как средневековые алхимики впервые попытались превратить свинец в золото.

И вот наконец японские ученые из Центральной научно-исследовательской лаборатории компании *Toyota* в Нагакүтэ сообщили, что с помощью компьютерного моделирования удалось разработать новый класс титановых сплавов. По утверждению Такахаши Саито (Takahashi Saito) и его коллег, так называемые резиновые сплавы прочны, тверды и жаростойки, но при этом обладают необычайной эластичностью и пластичностью в диапазоне температур от -200 до $+300^{\circ}\text{C}$. Они способны выдерживать многократное растяжение на несколько процентов, каждый раз возвращаясь к исходному размеру. Для сравнения заметим, что самый известный на сегодня никель-титановый сплав с памятью формы, обладающий подобной сверхэластичностью, при частых деформациях быстро становится твердым и хрупким.

Хотя новые сплавы первоначально задумывались как материал для автомобильных рессор, прокладок и т.п., они слишком дороги и поэтому используются лишь для изготовления микрометрических винтов, оправ для очков с восстановлением формы, медицинских имплантантов, катетеров, жаростойких пружин для космических аппаратов и т.д.

Резиновые сплавы, в состав которых входят титан, тантал, ниобий,

цирконий и иногда ванадий, а также минимальная примесь кислорода, спекаются в чушки без плавления при высоких давлениях и температурах. По словам Саито, впечатляющие физические свойства появляются после интенсивного холодного деформирования при протягивании через волоочильную доску при комнатной температуре.

При проектировании сплавов материаловеды компании *Toyota* оптимизировали три характеристики межатомного взаимодействия: число связей каждого атома металла с соседними атомами, прочность этих связей и сила притяжения между внешними электронами и близлежащими атомами. Окончательный подбор состава осуществлялся на основании расчетов, математического моделирования и экспериментов под управлением компьютера.

Американские специалисты по титану заинтересовались японским достижением, однако их не вполне удовлетворили разъяснения специалистов из *Toyota* по поводу свойств новых сплавов. «У группы Саито блестящая репутация, но мы уже не раз слышали о новых теориях пластической деформации металлов, которые в итоге оказывались ошибочными, – отметил Дэниел Эйлон (Daniel Eylon), материаловед из Дейтонского университета. – Хотелось бы получить больше информации, чтобы решить, являются ли японские разработки по-настоящему серьезным открытием. Если это действительно так, то все мы узнаем нечто новое в физике». ■

ЗАМОРОЖЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Джордж Массер

Споры о строении черных дыр продолжаются.

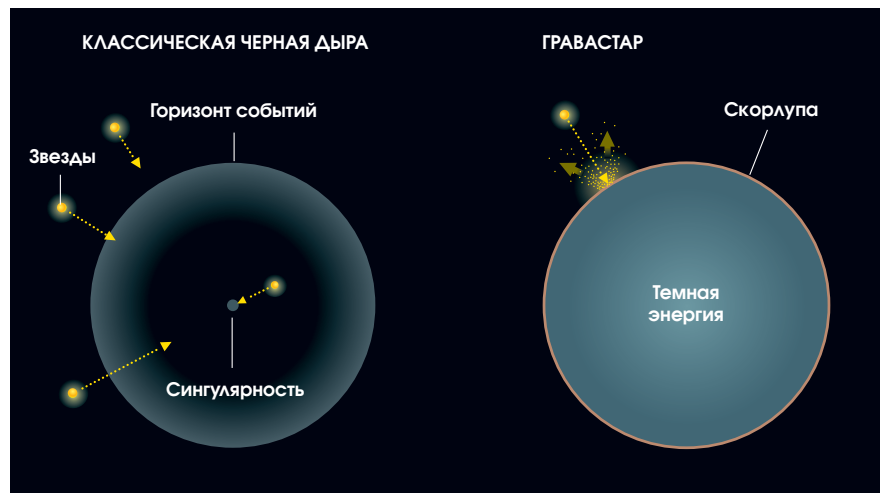
Агонизирующие звезды, разрывающие ткань пространства-времени, не дают покоя физикам и астрономам. Черные дыры – уникальные небесные объекты, настолько экстремальные, что до сих пор никто не знает в точности, что они собой представляют.

Большинство исследователей считает, что это микроскопические сингулярности – остатки звезд, сжатых собственным тяготением. Однако есть мнение, что черные дыры представляют собой протяженные тела и состоят из вещества в необычном состоянии, застывшего в процессе коллапса подобно воде, превратившейся в лед. Такое смелое предположение помогает объединить общую теорию относительности и квантовую механику.

Согласно учебникам, сингулярность окружена горизонтом событий. Эта воображаемая поверхность – рубеж невозврата для любого вещества, устремляющегося в черную дыру. Впрочем, ничего особенного на ней не происходит: законы физики одинаковы повсюду. Однако с точки зрения квантовой механики горизонт событий глубоко парадоксален, поскольку допускает потерю информации из нашего мира.

В новой концепции черной дыры понятие горизонта событий отсутствует. Идея в том, что существует сила, способная остановить коллапс звезды: в веществе с определенными свойствами сила тяготения меняет знак, становясь не силой притяжения, а силой отталкивания. Предполагается, что такое вещество – «темная энергия» – вызывает ускорение расширения Вселенной.

В прошлом году Павел Мазур (Pawel O. Mazur) из Университета Южной Каролины и Эмиль Моттола (Emil Mottola) из Лос-Аламосской национальной лаборатории высказали мнение, что в ходе коллапса вещество может затвердеть



подобно кристаллам льда. В результате образуется так называемый гравастар, похожий на жареное мороженое: твердая корка из очень плотного, но все же обычного вещества, стабилизированная необычным содержимым. Эта скорлупа заменяет горизонт событий.

Более смелое предположение предусматривает не только «вымерзание» темной энергии, но и отказ от теории относительности. Акустические уравнения для движущихся жидкостей во многом схожи с уравнениями общей теории относительности. Звуковые волны могут захватываться жидкостью почти так же, как свет захватывается черной дырой. Возможно, пространство-время является своеобразной жидкостью.

В конденсированных средах (жидкостях и твердых телах) многое определяется коллективными взаимодействиями, т.е. агрегацией молекул, а не их индивидуальными свойствами. Когда вода замерзает, молекулы остаются прежними, а их коллективное поведение изменяется, и законы, применимые к жидкости, перестают действовать. ▶

Классическая теория представляет черную дыру в виде точки бесконечно большой плотности (сингулярности), которая втягивает в себя вещество (в том числе звезды), и окружающего ее горизонта событий. Если представлять черную дыру в виде шара «темной энергии» («гравастара»), падающее на нее вещество разрушается при ударе о твердую скорлупу.

ГОРИЗОНТ БЕЗ СОБЫТИЙ

Что будет, если вы начнете падать в черную дыру? Согласно общей теории относительности, даже при пересечении горизонта событий вы будете пребывать в невесомости и блаженном неведении, поскольку все вокруг будет падать вместе с вами. Приливные силы, делающие черную дыру столь губительной, возможно, подействуют позднее. Осознать происходящее сможет только сторонний наблюдатель. В рамках общей теории относительности невозможно создать автономный датчик, способный предупредить: «Внимание! Вы только что упали в черную дыру! Готовьтесь к смерти».

Согласно новой модели, при падении горизонт событий нельзя не заметить: вы разобьетесь о скорлупу из сверхплотного вещества, а частицы вашего тела распадутся на гамма-лучи.

При определенных условиях жидкость становится сверхтекучей, и тогда даже на макроскопическом уровне ее свойства определяются законами квантовой механики. Джордж Чаплин (George Chapline) из Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса вместе с Эваном Хохфельдом (Evan Hochfeld), Робертом Лафлином (Robert B. Laughlin) и Дэвидом Сантьяго (David Santiago) из Стэнфордского университета предположили, что подобный процесс происходит на горизонте событий. Уравнения теории относительности перестают действовать, появляются новые законы. «Если принять, что пространство-время – это сверхтекучая жидкость, то совершенно естественно предположить, что на горизонте событий некоторые физические законы теряют силу, т.е. классический горизонт событий заменяется квантовым фазовым переходом», – считает Чаплин.

Пока все эти идеи вилами на воде писаны, и у критиков есть масса возражений. Например, каким именно образом изменяется состояние вещества или пространства-времени в процессе коллапса звезды? Скотт Хьюз

(Scott A. Hughes) из Массачусетского технологического института отметил: «Не представляю, как массивная звезда, состоящая из обычного газа, плотность и давление которого связаны простым соотношением, может превратиться в объект со столь странной структурой, как гравастар». Традиционные теории квантовой гравитации разработаны гораздо глубже. Например, теория струн объясняет парадоксы черных дыр без отказа от горизонта событий и теории относительности.

По данным наблюдений будет трудно выяснить, какая концепция, новая или классическая, больше подходит для описания черных дыр. Тем не менее это возможно. Гравитационные волны позволяют определить форму пространства-времени в окрестностях предполагаемых черных дыр. Для классической сингулярности, простого объекта без реальной поверхности, возможны только два случая, и если при наблюдении гравитационных волн будет обнаружена какая-то иная форма, то очередной жертвой черных дыр станут современные физические теории. ■

СВЕТОВАЯ терапия

Чарлз Чои



Красный свет – вперед: светодиоды стимулируют рост растений в космосе и могут восстанавливать ткани, в том числе – поврежденную метанолом сетчатку.

В скором времени красный свет будет останавливать не только автомобили, но и предотвращать потерю зрения. NASA для стимулирования роста растений в космосе разработала диод, излучающий красный свет, с интенсивностью в 10 раз большей, чем интенсивность излучения солнца в этом же диапазоне. Космонавты обнаружили, что в присутствии красного светодиода заживление ран происходило быстрее. Очевидно, свет стимулирует митохондрии, органеллы, отвечающие за дыхание клетки. Нейротоксиколог Дженис Иллз (Janice T. Eells) из Вис-

консинского медицинского колледжа, изучавшая слепоту (одно из последствий отравления метанолом в результате подавления деятельности митохондрий), обнаружила, что после трех сеансов с применением красного диода (длительностью в 144 с каждый на протяжении 50 часов) у отравленных метанолом крыс функции сетчатки восстанавливались на 60–70%. Иллз собирается проверить, поможет ли свет победить глаукому. ■

победители И ПРОИГРАВШИЕ

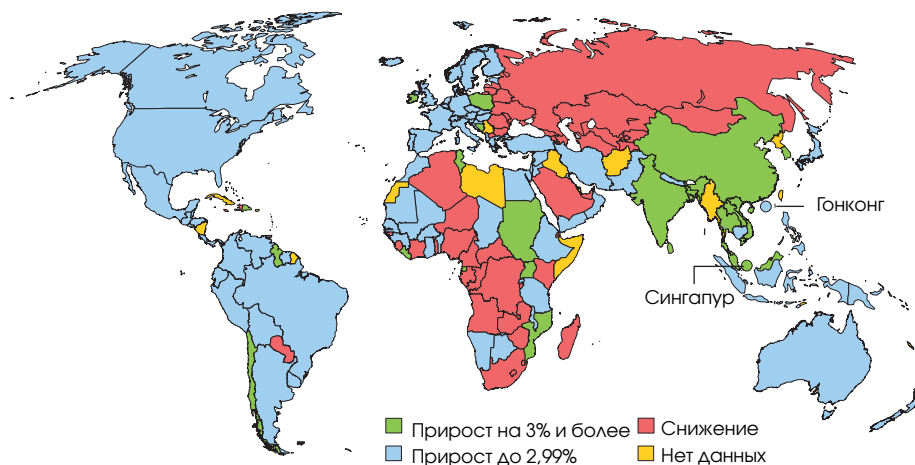
Роджер Дойл

Неравномерное распределение преимуществ глобализации.

Почему в выигрыше от глобализации экономики последнего десятилетия оказались главным образом страны Юго-Восточной Азии, а больше всего пострадали страны бывшего социалистического лагеря и африканские страны, расположенные южнее Сахары? История дает частичный ответ: в Восточной Азии сложились тысячелетние торговые традиции, подкрепленные сегодняшним вступлением Китая в рыночную экономику. Между тем Советский Союз более 70 лет был в стороне от свободного рынка. Политическая нестабильность и неразвитая инфраструктура, высокие транспортные расходы притормозили экономическое развитие ряда африканских стран. Некоторые из них имеют невыгодное географическое положение (середина континента), многим нечем торговать, кроме товаров широкого потребления, цены на которые в последние годы падают.

Отдельные страны в разных регионах мира в первую очередь пострадали из-за неправильной экономической политики, навязанной международными организациями, такими как Международный валютный фонд, и среди них была Россия, которая в начале 90-х гг. пыталась вступить на путь капитализма, не создав предварительно соответствующих институтов, таких как независимая банковская система, правовая система регулирования деловых отношений и механизм сбора налогов. При поддержке МВФ, МБРР и министерства финансов США в период президентства Бориса Ельцина была проведена приватизация государственного промышленного сектора, зародился класс олигархов, которые, зная, как нестабильно положение

Среднегодовое изменение ВВП на душу населения (1990–2001 гг.)



Источник: Ежегодник ООН «Статистика международной торговли», 2000 г.

в родной стране, переправляли деньги за границу вместо того, чтобы вкладывать их в национальную экономику. Под давлением МВФ Россия ввела завышенный курс обмена валюты – фактор благоприятный для импорта предметов роскоши, но негативно влияющий на экспортные операции. Такое положение дел обернулось катастрофой для рабочих и служащих, которым часто не выдавали зарплату или рассчитывались продукцией предприятий.

Китай, не последовавший предписаниям МВФ, напротив, оказался в выигрышном положении. Только некоторым из бывших социалистических стран – Польше и Венгрии – удалось добиться стабильности экономического роста благодаря тому, что они проигнорировали советы МВФ и приняли планы по стимулированию экономики, включающие превышение расходов над сбором налогов. ▶

Дополнительная литература на английском языке:

- Globalization: A Critical introduction. Jan Aart Scholte. Palgrave, Macmillian, 2000
- Globalization: Neoliberal Challenge, Radical Responses, Robert Went. Pluto Press and the International Institute for Research and Education, 2000
- Alternatives to Economic Globalization. International Forum on Globalization. Berrett-Koehler Publishers, 2002.
- Globalization \ Anti-Globalization. David Held and Antony McGrew. Polity Press, 2002

Несмотря на неблагоприятные условия, Ботсвана и Уганда добились успеха в строительстве стабильного гражданского общества, либерализации торговли и проведения реформ вопреки рекомендациям МВФ, который теперь признает, что проводил неверную политику в отношении развивающихся стран. Его изначальной задачей было укрепление мировой экономики с помощью полной занятости. Однако в последние десятилетия, как сообщает Джозеф Стиглиц (Joseph E. Stiglitz) из Колумбийского университета, получивший Нобелевскую премию в 2001 г. по экономике, в этой организации стали

преобладать экономисты, более склонные к сочувствию финансовому сообществу, чем заимствующим странам. Уверовав в правильность строгой финансовой экономии, МВФ навязывал странам-получателям кредитов меры, способствующие сокращению производства и уменьшению производительности труда, в качестве платы за ссуды. Стиглиц отмечает первые признаки того, что МВФ и другие международные организации, как МБРР, меняют свои подходы.

Если это так, то это наблюдение было бы радостной вестью, ибо глобализация экономики стала бы мощным фактором уменьшения бедности.

Так, в Китае число сельских жителей, находящихся за чертой бедности, снизилось с 250 млн. в 1978 г. до 34 млн. в 1990 г. В странах, испытывающих процесс глобализации в меньшей мере, показатель бедности вырос на 4% с 1993 по 1998 г., а в России он увеличился с 2% в 1989 г. до 24% в 1998 г. ■

ЛОЖНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА

Сара Симпсон

Доверие к свидетельским показаниям на опознании, особенно в зале суда, очевидно. Но исследования показывают, что человеческая память пластична (то есть на нее могут влиять те или иные факторы), и заставляют пересмотреть отношение к данной проблеме. В проведенном Университетом штата Айова эксперименте 253 испытуемых, которым показали запись инсценировки преступления, выбрали подозреваемых из шести мужчин, хотя истинного виновного среди них не было. Более того, если им говорили, что они правильно указали на подозреваемого, то, не зная, что их ввели в заблуждение, свидетели «вспоминали» подтверждающие детали: черты лица преступника, детали одежды и особенности фигуры. Ошибочная уверенность была стойкой, независимо от того, сделали ли они свое заявление сразу после опознания или 48 часов спустя. Исследователи из Айовы делают вывод, что в процессе опознания служители закона не должны обсуждать подозреваемых или делать намеки на возможную



надежность или ненадежность показаний в присутствии свидетелей, так как таким образом они могут повлиять на объективность свидетельских показаний. ■

Опознание преступника в группе из нескольких человек (фото из Чикаго, 1927 г.) – комментарии полицейских могут повлиять на объективность свидетельских показаний.

ПОЧТОВЫЕ ВОЙНЫ

Венди Гроссман

Как и большинство пользователей Интернета, профессор юриспруденции Лоренс Лессиг (Lawrence Lessig) из Стэнфордского университета ненавидит спам (рекламную *e-mail* рассылку) и готов сражаться с ним до победного конца. Автор популярных книг об Интернете, недавно возбудивший процесс в Верховном суде США против ужесточения закона об авторских правах, Лессиг направил свой праведный гнев на борьбу с назойливыми объявлениями об интимных услугах, о чудодейственной силе виагры, о распродажах картриджей для принтеров и т.д. Он разработал схему защиты от рекламы, засоряющей электронные почтовые ящики.

Во-первых, необходимо на уровне федерального закона ввести обязательную маркировку писем, чтобы пользователи и интернет-провайдеры могли отфильтровывать рекламный мусор. Хотя федеральная законодательная программа по борьбе с нежелательной рекламной рассылкой электронных писем еще не создана, она могла бы использоваться вместо неэффективных законов, принятых в 26 штатах начиная с 1997 г., и позволила бы сдерживать американских спамеров.

Во-вторых, нужно разработать меры поощрения пользователей по всему миру за любую доказанную информацию о нарушителях. Лессиг рассчитывает на подробное освещение результатов в СМИ, а репортер *CNET* Деклан Маккалах (Declan McCullagh) готов вынести решение о работоспособности этой схемы.

«Технология массовой рассылки работает так: спамер рассылает около 10 млн. писем и точно знает, что из них будет доставлено 5 млн., а около 0,1% будет прочитано, — объясняет Лессиг. — Если сделать процесс фильтрации простым для пользователей, то для

спамеров игра не будет стоить свеч». В феврале 2002 г. представители Европейской комиссии заявили, что нежелательная рекламная рассылка писем обошлась пользователям Интернета по всему миру в \$10,6 млн., в основном в виде потерянного времени и потраченного трафика. В прошлом году компания *America Online* (AOL) отфильтровывала около 780 млн. рекламных писем в день — примерно по 22 штуки на каждого пользователя!

Широкое использование антиспамовых средств заставило спамеров стать изощреннее, и теперь эффективные фильтры приходится создавать общими усилиями. Например, *SpamCop* (служба для *Microsoft Outlook* с пользовательской обратной связью) накапливает базу данных по известным рассылкам и использует ее для анализа корреспонденции. *SpamAssassin* представляет собой дополнительный модуль для большинства почтовых программ, работающий по принципу антивирусного ПО и фильтрующий письма по характерным фразам (например, «Вы это заказывали»).

Некоторые сервисы опрашивают все новые адреса, и если они не отвечают, письмо уничтожается. Но такой подход неприемлем для организаций, которым приходится часто получать письма от потенциальных клиентов.

Таким образом, пока механизм Лессига не работает, придется использовать комбинации фильтров. В качестве эксперимента я включил предустановленные фильтры моего почтового сервера и попросил провайдера установить *SpamAssassin*. Юмористические рассылки, возможно, теперь будут запаздывать, но зато я смогу найти среди писем новости о дальнейших действиях Лессига. ■



ПУСТЬ СПАМЕРЫ ПЛАТЯТ

Клив Физер (Clive Feather), специалист *Demon Internet*, старейшего провайдера Великобритании, считает, что спамеры должны платить за свои действия.

Даже если одно рекламное письмо обойдется спамеру в 0,1 пени, рассылка будет стоить \$1 млн. — вполне достаточно, чтобы всерьез задуматься. К тому же пользователи могут сделать кампанию невыгодной и вовсе не принимать рекламные сообщения. Проблема лишь в повсеместном внедрении микроплатежей.

Постановление Правительства Российской Федерации от 20 августа 2003 г. №508

О ПРИСУЖДЕНИИ ПРЕМИЙ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЗА 2002 ГОД

Рассмотрев предложения Совета по присуждению премий Президента Российской Федерации и премий Правительства Российской Федерации в области образования, Правительство Российской Федерации постановляет:

Присудить премии Правительства Российской Федерации в области образования за 2002 год:

1. Грекову Анатолию Андреевичу, доктору физико-математических наук, профессору, действительному члену Российской академии образования, ректору Ростовского государственного педагогического университета, Бондаревской Евгении Васильевне, доктору педагогических наук, профессору, действительному члену Российской академии наук, заведующей кафедрой, Данилюку Александру Ярославовичу, доктору педагогических наук, профессору, – работникам того же университета; Гукаленко Ольге Владимировне, доктору педагогических наук, профессору, директору Приднестровского научно-образовательного центра Южного отделения Российской академии образования; Данильчуку Валерию Ивановичу, доктору педагогических наук, профессору, члену-корреспонденту Российской академии образования, ректору Волгоградского государственного педагогического университета, Серикову Владиславу Владиславовичу, доктору педагогических наук, профессору, члену-корреспонденту Российской академии образования, заведующему кафедрой, Сергееву Николаю Константиновичу, доктору педагогических наук, профессору, члену-корреспонденту Российской академии образования, первому проректору, – работникам того же университета, – за цикл монографических исследований

и научно-практическую разработку для общеобразовательных учреждений и учебных заведений высшего профессионального образования «Личностно-ориентированное образование в общеобразовательной школе и вузе».

2. Федорову Игорю Борисовичу, доктору технических наук, профессору, ректору Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Васильеву Александру Сергеевичу, Дальскому Антону Михайловичу, докторам технических наук, профессорам, – работникам того же университета; Васину Сергею Александровичу, доктору технических наук, профессору, проректору Тульского государственного университета, Иноземцеву Александру Николаевичу, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой, Фролову Николаю Николаевичу, кандидату технических наук, профессору, первому проректору, – работникам того же университета; Голенкову Вячеславу Александровичу, доктору технических наук, профессору, ректору Орловского государственного технического университета, Вдовину Сергею Ивановичу, доктору технических наук, профессору, Степанову Юрию Сергеевичу, доктору технических наук, профессору, проректору, – работникам того же университета; Соколовскому Виктору Владимировичу, доктору экономических наук, профессору, генеральному директору акционерного общества «Центрогаз», – за научно-практическую разработку для учебных заведений высшего профессионального образования «Повышение качества инженерно-технологического образования на основе преемственности и межвузовской интеграции научных школ технологов-машиностроителей».

3. Галушкину Александру Ивановичу, доктору технических наук, профессору, директору государственного предприятия «Научный центр нейрокомпьютеров Российского агентства по системам управления», – за создание учебных пособий для учебных заведений высшего профессионального образования «Теория нейронных сетей» и «Нейрокомпьютеры».

4. Беклемишеву Дмитрию Владимировичу, доктору педагогических наук, профессору Московского физико-технического института (государственного университета), Половинкину Евгению Сергеевичу, Романко Василию Кирилловичу, докторам физико-математических наук, Шабунину Михаилу Ивановичу, доктору педагогических наук, профессорам, Яковлеву Геннадию Николаевичу, доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту Российской академии наук, – работникам того же института; Владимирову Василию Сергеевичу, Никольскому Сергею Михайловичу, докторам физико-математических наук, профессорам, академиком Российской академии наук, главным научным сотрудникам Математического института им. В. А. Стеклова Российской академии наук, Кудрявцеву Льву Дмитриевичу, доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту Российской академии наук, главному научному сотруднику того же института, – за работу «Углубленная математическая подготовка студентов инженерно-физических и физико-технических специальностей университетов».

5. Гордееву Льву Сергеевичу, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой Российского химико-технологического университета

им. Д. И. Менделеева, Кольцовой Элеоноре Моисеевне, доктору технических наук, профессору того же университета; Третьякову Юрию Дмитриевичу, доктору химических наук, профессору, академику Российской академии наук, декану факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова; Курдюмову Сергею Павловичу, доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту Российской академии наук, главному научному сотруднику Института прикладной математики им. М. В. Келдыша, Малинецкому Георгию Геннадьевичу, доктору физико-математических наук, профессору, заместителю директора того же института; Капице Сергею Петровичу, доктору физико-математических наук, профессору, ведущему научному сотруднику Института физических проблем им. П. Л. Капицы, – за работу «Научно-практические разработки в области образования по синергетике, нелинейной динамике и термодинамике необратимых процессов, динамическому хаосу в химической технологии, химии и физике».

6. Воеводину Валентину Васильевичу, доктору физико-математических наук, профессору, академику Российской академии наук, главному научному сотруднику Института вычислительной математики; Воеводину Владимиру Валентиновичу, доктору физико-математических наук, заместителю директора Научно-исследовательского вычислительного центра Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, – за создание цикла научно-образовательных изданий для высшей школы «Высокопроизводительные вычисления».

7. Фукину Виталию Александровичу, доктору технических наук, профессору, ректору Московского государственного университета дизайна и технологии, Абрамову Владимиру Фатековичу, кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой, Соколову Владимиру Николаевичу, кандидату технических наук, доценту, Захаровой Антонине Александровне, доктору технических наук, профессо-

ру, заведующей кафедрой, Костылевой Валентине Владимировне, доктору технических наук, профессору, декану факультета, Гусарову Александру Васильевичу, доктору технических наук, профессору – работникам того же университета, – за создание русско-немецкого учебно-методического комплекса (учебника) для учебных заведений высшего профессионального образования «Стратегия и тактика инвариантного конструирования, моделирования и оптимизации технических систем».

8. Боровкову Александру Алексеевичу, доктору физико-математических наук, профессору, академику Российской академии наук, заведующему лабораторией Института математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, – за создание учебников по теории вероятностей и математической статистике для учебных заведений высшего профессионального образования.

9. Захарову Владимиру Михайловичу, профессору, художественному руководителю Московского государственного академического театра танца «Гжель», Слыхановой Валентине Ивановне, доценту, балетмейстеру-постановщику того же театра; Шаройко Ольге Ивановне, доценту, преподавателю Московского хореографического училища при Московском государственном академическом театре танца «Гжель»; Уральской Валерии Иосифовне, кандидату философских наук, профессору, главному редактору журнала «Балет»; Кучмаевой Изольде Константиновне, доктору философских наук, профессору, ректору Государственной академии славянской культуры, Дегтяревой Валентине Васильевне, доценту, декану факультета той же академии, – за научно-практическую разработку для общеобразовательных учреждений и учреждений среднего и высшего профессионального образования «Система непрерывного хореографического образования и воспитания: образовательно-культурный комплекс школа (специальное хореографическое училище) – вуз – театр».

10. Петрусенко Ольге Викторовне, директору муниципального образовательного учреждения для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, «Лакинский детский дом», Зотовой Нине Александровне, заместителю директора того же учреждения; Бобылевой Ирине Анатольевне, кандидату педагогических наук, доценту, научному сотруднику научно-исследовательского учреждения «Институт детства Российского детского фонда», – за научно-практическую разработку «Модель учреждения нового типа, представляющего семейные формы устройства детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, «Лакинский детский дом».

11. Разумовской Маргарите Михайловне, доктору педагогических наук, профессору, главному научному сотруднику Института общего среднего образования Российской академии образования, Львовой Светлане Ивановне, доктору педагогических наук, профессору, заведующей лабораторией, Капинос Валентине Ивановне, Львову Валентину Витальевичу, кандидатам педагогических наук, старшим научным сотрудникам, – работникам того же института, – за создание комплекта учебно-методических пособий для 5–9-х классов общеобразовательных учреждений «Русский язык в современной школе».

12. Перовой Эллине Анатольевне, заведующей Центром развития ребенка – детским садом №953, Кудрявцевой Алле Борисовне, учителю-логопеду, Левченковой Галине Алексеевне, музыкальному руководителю, Алешинной Алле Георгиевне, старшему воспитателю, – работникам того же центра; Зимониной Валентине Николаевне, методисту кафедры Московского института открытого образования, Белой Ксении Юрьевне, кандидату педагогических наук, заведующей кафедрой того же института, – за разработку программы для учреждений дошкольного образования «Расту здоровым» и методического обеспечения к ней.

13. Иванниковой Натальи Васильевне, главному врачу Воронежского ▶

областного центра реабилитации детей и подростков с ограниченными возможностями «Парус надежды», Богатищевой Марине Александровне, Кедровой Ларисе Андреевне, Эсауловой Ирине Валерьевне, кандидату медицинских наук, заместителям главного врача, Голомедовой Светлане Александровне, Исаевой Людмиле Алексеевне, Ключкову Анатолию Игоревичу, Костюченко Олегу Михайловичу, Петрашиной Надежде Мироновне, Шульман Евгении Ильиничне, заведующим отделениями, – работникам того же центра, – за научно-практическую разработку для реабилитационных центров «Социальная адаптация детей с ограниченными возможностями на основе интеграции образовательных, медицинских реабилитационных техноло-

гий в областном центре реабилитации детей и подростков с ограниченными возможностями «Парус надежды».

14. Дорофеевой Лидии Андреевне, директору Центрального музея профессионального образования; Деревянко Инне Станиславовне, директору Санкт-Петербургского музея истории профессионального образования; Касаткиной Надежде Афанасьевне, директору музея истории начального профессионального образования Хабаровского края; Розановой Валерии Константиновне, главному редактору журнала «Профессиональное образование»; Таюрскому Анатолию Ивановичу, доктору экономических наук, профессору, академику Российской академии образования, начальнику управления начального профессио-

нального образования администрации Красноярского края, – за научно-практическую работу «Развитие и совершенствование музейно-исторической деятельности в системе начального профессионального образования».

15. Салахову Валерию Шейхевичу, директору муниципального образовательного учреждения «Сургутская высшая гимназия-лаборатория Салахова», – за разработку и внедрение проекта «Гимназия-лаборатория как культурно-оздоровительная среда, ориентированная на саморазвитие личности учащихся».

**Председатель Правительства
Российской Федерации
М. Касьянов**

По материалам «Российской газеты»

проблемы дополнительного образования

Дмитрий Мисюров

Видные общественные и политические деятели направили обращение на имя президента по поводу скорейшего подписания закона «О дополнительном образовании». Документ был принят Госдумой 12 июля 2001 года, одобрен Советом Федерации 20 июля 2001 года, но отклонен президентом, несмотря на поддержку правительства РФ. По мнению председателя Комитета Госдумы по образованию и науке Александра Шишлова, общество испытывает острую потребность в принятии такого закона.

Стремление развитых стран к созданию единого общества, основанного на знаниях, определяет необходимость непрерывного повышения квалификации и дальнейшего обучения. В последние десятилетия расходы развитых стран на дополнительное образование существенно возросли и сопоставимы с расходами на высшее образование. Если Россия не хочет

навсегда отстать от ведущих держав, она должна пойти тем же путем, тем более что отечественная система дополнительного образования всегда была одной из лучших в мире и в некоторых отношениях уникальной. Однако в 1990-х годах она изрядно пострадала от экономического кризиса и политических потрясений. Как ни странно, право граждан на дополнительное образование не урегулировано никаким законодательством. В связи с этим Комитет Госдумы по образованию и науке обратился к президенту с убедительной просьбой принять Закон РФ «О дополнительном образовании». Под обращением к главе государства подписались депутаты – члены Комитета Госдумы по образованию и науке: Александр Шишлов, Олег Смолин, нобелевский лауреат Жорес Алферов, а также заместитель председателя Госдумы Владимир Лукин, председатель Комитета

Совета Федерации по науке, образованию, здравоохранению и экологии Виктор Шудегов, президент Российской Академии образования Николай Никандров, профессор, ведущий программы «Очевидное-невероятное» Сергей Капица, ректор МГУ им. М. В. Ломоносова Виктор Садовничий.

Многие специалисты, однако, считают, что принятие еще одного закона, регулирующего образование, излишне и приведет к «правовой инфляции», тем более что сейчас идет разработка Кодекса РФ об образовании. Проблема заключается еще и в том, что дополнительное образование очень разнопланово – оно включает как традиционные художественные и технические «кружки по интересам», так и подготовку кадров по программам *Master of Business Administration (MBA)*, а потому их поддержка и регулирование единым законом воспринимается неоднозначно. ■

НОВЫЙ БЛИЖНЕМАГИСТРАЛЬНЫЙ
ПАССАЖИРСКИЙ САМОЛЕТ

ТУ-334

РАЗРАБОТАН
В ОАО "ТУПОЛЕВ"



НАЧАЛО СЕРИЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА - 2004 ГОД

105005, МОСКВА,
НАБЕРЕЖНАЯ АКАДЕМИКА
ТУПОЛЕВА, 17
E-MAIL: TU@TUPOLEV.RU
WWW.TUPOLEV.RU



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ТУПОЛЕВ

праздник АВИАЦИИ

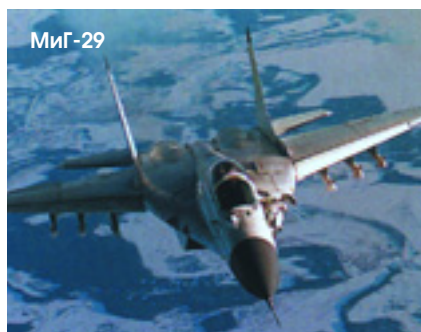
Алла Рогова



СУ-30



МиГ-29 СМТ



МиГ-29



МиГ-31



СУ-27

С 19 по 24 августа в городе Жуковском на аэродроме имени М. М. Громова прошел Международный авиационно-космический салон МАКС-2003.

В нем приняли участие 450 российских предприятий и 112 зарубежных компаний из 34 стран мира, продемонстрировавшие новейшие боевые, пассажирские и спортивные самолеты.

АВПК «Сухой» представил на авиасалоне все последние разработки. Мультимедийное информационное ядро с универсальными тренажерами, предельно точно имитирующими полет на истребителях марки «Су», вызвало ажиотаж среди посетителей. Было показано 17 типов летательных аппаратов, в том числе и модернизированный истребитель для ВВС России «Су-27СК», многопрофильный истребитель «Су-30МК», корабельный «Су-33», знаменитый «Су-37» с изменяемым вектором тяги, «Су-47 Беркут» с обратной стреловидностью крыла, фронтовой бомбардировщик «Су-32МФ» и многие другие машины, которые совершили около 70 показательных полетов. Свою продукцию также продемонстрировали 27 основных предприятий-смежников, входящих в корпорацию «Сухой»: разработчики двигателей, бортового оптико-электронного оборудования, систем управления оружием, специалисты по радиоэлектронной борьбе, материаловедению, по безопасности полетов, по отработке внештатных ситуаций. «Мы не первый раз принимаем участие в таких показах, – подчеркнул Александр Клеменьев, первый заместитель генерального директора АВПК «Сухой», – только на МАКСе у нас появилась возможность представить полный модельный ряд, провести переговоры и организовать эффективную рекламную кампанию».

По очереди в небо поднимались знаменитые пилотажные группы российских ВВС «Русские витязи» и «Стрижи» на самолетах марки «Су» и «МиГ». В этом году, впервые в истории авиасалонов в Жуковском, они успешно соперничали с пилотажными группами из США, Франции и Италии. Своеобразное соревнование летчиков из ведущих авиастроительных стран мира стало изюминкой московского авиасалона. Такого не было ни в Ле-Бурже, ни в Фарнборо, ни в Сингапуре – ни на одной крупнейшей авиакосмической выставке планеты.

«Антей-Алмаз» представил публике и специалистам новый ЗРК С-400 «Триумф», который только что прошел государственные испытания и к концу нынешнего года должен быть принят на вооружение. С-400, – новое слово в российской технике противовоздушной обороны, он способен бороться с любыми баллистическими и аэробаллистическими целями на максимальных дальностях и высотах, что пока недоступно ни одной зарубежной системе, в том числе и американскому ПАК-3 «Патриот».

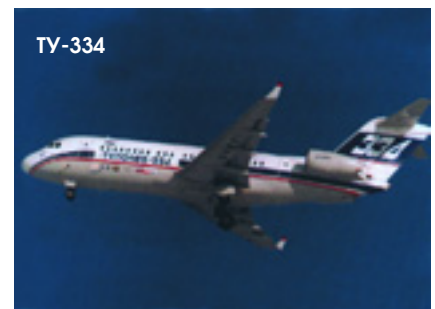
На итоговой пресс-конференции, посвященной закрытию Международного авиационно-космического салона в Жуковском, организаторы выставки оценили ее как успешную.

Заместитель председателя оргкомитета МАКС-2003 Валерий Воскобойников заявил, что, по предварительным результатам, авиасалон стал крупнейшей авиационной выставкой в мире. «Устроители Ле-Бурже и других авиасалонов должны это объективно признать», – добавил он. По словам начальника оперативного штаба выставки Виталия Набокова, авиасалон посетили от 650 до 700 тысяч человек и за время его работы не произошло ни одного чрезвычайного происшествия. Однако службы безопасности авиасалона

находились в состоянии повышенной готовности: изъяли десятки тысяч предметов, запрещенных к проносу на территорию выставки, было досмотрено 250 тыс. автомашин и совершено 37 выездов по тревоге, но взрывных устройств обнаружено не было.

В ходе авиасалона несколько десятков самолетов «Ту-134» и «Ту-204» были закуплены авиакомпаниями «Пулково»,

«Трансаэро», «Аэрофлот», а также было заключено множество контрактов. Это позволяет надеяться на то, что к концу 2004 г. наша авиапромышленность сможет заработать до \$5 млрд. Успех выставки вселяет надежду на то, что отечественное самолетостроение выходит на новые рубежи и наша продукция вновь становится конкурентоспособной. ■



итоги книжной выставки

С 3 по 8 сентября в Москве в павильонах ВВЦ под девизом «Книга на службе мира и прогресса» проходила 16-я Московская международная книжная выставка-ярмарка.

По сложившейся традиции в сентябре подводятся итоги издательского года. Профессионалы книжного дела встречаются с читателями, зарубежными коллегами, писателями и распространителями. Свою продукцию в Москве представили более 2 500 издательских, полиграфических, производственных и компьютерных фирм, учебных заведений, библиотек, культурных центров и фондов из 82 государств ближнего и дальнего зарубежья: Германии, Польши, Китая, Белоруссии, Саудовской Аравии, Македонии, Литвы, Египта, Украины, Франции и других стран.

В рамках мероприятия были проведены круглые столы, конференции, презентации, семинары и деловые встречи. Особый интерес у посетителей вызвали День белорусской книги, пресс-конференция «Базы данных «Ист Вью Пабликешенс» для библиотек и исследователей», презентация книг, посвященных древнему и современному Египту, и работы шведского писателя М. Ниemi «Народная музыка из Виттулы», продукция израильского издательства «Мосты культуры», а также день иностранной книги. Такие за-



рубежные авторы, как Л. Кучма (Украина), Т. Коневский, М. Гретковская, Я. Гловацкий (Польша), Р. Хацуо (Япония), Ф. Андахазы (Аргентина), лично познакомили читателей со своими произведениями. Важным событием стала презентация вводного тома «Новой российской энциклопедии» – первой массовой энциклопедии начала XXI века, выход которой ознаменовал наступление эпохи плюрализма на рынке энциклопедической литературы.

Крупнейшие издательства подготовили встречи читателей с известными авторами. «ВАГРИУС» пригласил Б. Васильева, Э. Радзинского, С. Юрского, Е. Весника, В. Маканина, Э. Быстрицкую, а «ЭКСМО» – А. Маринину, В. Головачева, Д. Донцову, Т. Устинову.

В рамках проекта «Книга года» номинации «Эврика» за лучшее научное издание была удостоена работа Н. А. Платэ и Е. В. Сливинского «Основы химии и технологии мономеров» (Наука 2003).

Большой интерес вызвали круглые столы «Литература для детей сегодня и завтра» и «Статус литературы в совре-

менной России», а также пресс-конференция, посвященная 275-летию издательской деятельности РАН.

Выставка 2003 года примечательна еще и тем, что вскоре Россия впервые будет представлена в виде почетного гостя на Франкфуртской книжной ярмарке. В преддверии этого события, а также Года России в Германии, в рамках московской выставки-ярмарки прошла совместная пресс-конференция «Россия – почетный гость Франкфуртской книжной ярмарки», была показана экспозиция международной передвижной выставки «Лучшие детские книги 1999–2002», «Из сокровищ библиотеки графа Н. П. Румянцева», «Польско-российские отношения на протяжении истории», и «Природа. Книги. Фотография». ■

США И ЕВРОПЕЙСКИЙ СОЮЗ:

конкуренция в образовании и исследованиях

Геннадий Лукичев

На Лиссабонском совещании в марте 2000 г. главы государств и правительств стран Европейского союза (ЕС) провозгласили амбициозные цели: превращение Европы в регион «с наиболее конкурентоспособной и динамично развивающейся экономикой, основанной на знаниях с возрастающей занятостью, улучшающимся качеством жизни и расширяющимися социальными возможностями». На очередном саммите в Барселоне в марте 2002 г. руководители стран ЕС сделали существенное добавление к ранее поставленным целям: «Европейская система образования и подготовки кадров должна стать эталоном мирового качества»¹.

Почему возникла необходимость в постановке новой цели и как сегодня развивается образование и наука в ЕС?

Просчеты европейской системы образования

В итоговых документах Барселонского саммита подчеркивается, что образование и подготовка кадров играют решающую роль в достижении стратегических целей Евросоюза. Расчеты, проведенные Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), полностью подтверждают этот вывод. Они показывают, что увеличение сроков обучения на один академический год обеспечивает прирост экономики страны на 5% в краткосрочной перспективе и на 2,5% – в долгосрочной. В 90-е годы не менее 0,5% экономического роста стран ЕС обеспечивалось фактором улучшения образования. Вместе с тем в ряде официальных документов пря-

мо указывается, что в настоящее время страны ЕС несут потери, связанные с недостатком инвестиций в развитие человеческих ресурсов: сокращено государственное финансирование образования и исследований, ощущается острая нехватка частных инвестиций. Достижения образования и науки европейских стран, их огромный вклад в развитие общечеловеческого прогресса бесспорны, но в условиях глобальной конкуренции преимущество в этих сферах не всегда на их стороне. Почему так происходит?

В среднем страны ЕС тратят на нужды образования и подготовку кадров 5% внутреннего валового продукта (ВВП), что примерно соответствует уровню затрат США. Вместе с тем доля частных инвестиций в образование ЕС в 2000 г. составил 0,2% ВВП, в то время как в США – 1,2%. В результате в 2001 г. затраты на одного студента в ЕС были в два раза ниже, чем в США (\$8,6 тыс. и \$19,2 тыс. соответственно). Значительным источником финансовых ресурсов американских вузов являются добровольные перечисления от частных лиц и ассоциаций выпускников. Такая культура практически отсутствует в европейских странах.

В США в настоящее время существует примерно 4000 колледжей и университетов, из которых 550 обладают правом подготовки по докторским программам, причем 125 университетов относятся к категории исследовательских. Однако львиную долю всего объема исследований осуществляют только 50 из них и расходуют на эти цели большую часть выделенных государством

средств. Именно исследовательские университеты получают финансирование на проведение НИОКР в рамках военного заказа, а частные фирмы отдают им предпочтение при заключении контрактов на разработку новых технологий.

Несмотря на высокую плату за образование, именно американские вузы пользуются наибольшей популярностью у зарубежных студентов. В 2000 г. в США училось 550 тыс., а в странах ЕС – 450 тыс. иностранных студентов².

Плата за обучение иностранных студентов стала важным источником доходов для вузов. Так, в 2000 г. университеты США получили \$10280 млн. Достижения европейских стран выглядят значительно скромнее: Великобритания – \$3758 млн. долл., Австралия – \$2155 млн., Италия – \$1170 млн., Канада – \$796 млн., Новая Зеландия – \$199 млн., Греция – \$80 млн., Мексика – \$29 млн.³.

Иностранные студенты в американских вузах отдают предпочтение таким дисциплинам, как инженерное дело, математика, информатика, естественные науки, причем многие продолжают образование по магистерским и докторским программам. Более 50% европейцев, обучающихся в США, по окончании вуза остаются работать в стране надолго, а многие – навсегда.

Европейское школьное обучение также уступает США, где число молодежи со средним образованием выросло с 70% в 1971 г. до 87% в 1999 г. В странах ЕС этот показатель варьируется в пределах 70–75%. Кроме того, европейские школьники отстают от заокеанских сверстников по степени готовности

к требованиям рынка труда. Исследования показывают, что немаловажным для успешного вхождения молодежи во взрослую жизнь являются азы профессиональной подготовки, которые даются в старших классах. Так, лица, имеющие 12–13-летнее образование, имеют значительно больше шансов преуспеть, чем их товарищи, окончившие 9 классов. Кроме того, 51% американцев в возрасте от 25 до 64 лет имеют возможность продолжать обучение, повышать квалификацию или получать новую специальность. В Европе же эта цифра составляет лишь 40%.

Очевидно отставание европейцев и в области науки. Сегодня возможности и ресурсы европейских университетов значительно меньше, чем в США: страны ЕС ежегодно выделяют на проведение исследований и разработок 1,9% своего ВВП, в то время как США – 2,7%.

Что касается занятости, то американские исследователи, в отличие от европейских, не ограничиваются университетскими лабораториями. Рынок труда США предоставляет ученым широкие возможности получения работы в частных компаниях. Так, 83% американских исследователей работает в частном бизнесе, а в ЕС – не более 50%. В Америке распространен переход специалистов из частных компаний в университеты. В результате подобной мобильности научных кадров результативность исследований в США заметно выше. В Европе же взаимосвязь образования и исследовательской деятельности весьма слаба.

Существующая политика финансирования европейских университетов и уровень заработной платы работников высшего образования и науки не способствует привлечению высококвалифицированных кадров. В результате сокращается приток молодых специалистов на вузовские кафедры и в лаборатории.

Недостаточный вклад образования и исследований в экономическое развитие является причиной отставания объединенной Европы от США по показателю роста производительности труда. При этом в большинстве

стран – кандидатов на членство в ЕС ситуация выглядит еще хуже.

Очевидно, что правительства европейских стран в одиночку, без участия бизнеса и граждан, не в состоянии обеспечить финансирование всех видов образования и исследований. Вместе с тем спрос на высококвалифицированную рабочую силу в ЕС существенно опережает темпы роста ее подготовки. Занятость и уровень оплаты труда напрямую зависят от уровня образования и профессиональной подготовки работников. В условиях нарастающей конкуренции объединенной Европе отведено совсем немного времени на формирование экономики, основанной на знаниях и взаимодействии вузов и бизнеса.

Планы и перспективы

Европейские правительства стремятся создать дополнительные возможности для привлечения инвестиций в развитие науки и образования. Определены и конкретные цифры: предполагается, что к 2010 г. доля расходов на образование достигнет 6–6,2% ВВП, а на исследования и научные разработки составит 3% ВВП. Ресурсная база должна быть расширена в первую очередь за счет частных поступлений. При должном стимулировании бизнес сможет взять на себя 2/3 общего прироста расходов на НИОКР. Ощутимые плоды принесло бы развитие культуры меценатства и жертвований на нужды образования и науки. Рассматривается возможность перехода иностранных студентов на преимущественно платное обучение.

В 2000 г. Европейская комиссия поставила перед сообществом задачу формирования европейской зоны научных исследований как ключевого компонента успешного развития экономики ЕС. С целью сокращения оттока талантливой молодежи за океан Европейская комиссия в 2002 г. инициировала специальную программу, рассчитанную на период до 2010 г. и направленную на обеспечение перспективных специалистов высокооплачиваемой работой в европейских

вузах и исследовательских центрах. Бюджет программы составляет 1,6 млрд. евро.

На Всемирной конференции по науке, проходившей в 1999 г. в Будапеште, было решено рассмотреть предложение по учреждению Международной программы по фундаментальным наукам, состояние которых не отвечает требованиям времени. В 2003 г. ЮНЕСКО образовало комиссию под председательством известного германского физика Хертвига Шоппера, в прошлом директора *CERN*. Эти решения указывают на серьезную озабоченность состоянием фундаментальных научных исследований, в первую очередь в развитых странах. Предложения и рекомендации комиссии будут изложены перед генеральной ассамблеей ЮНЕСКО и доведены до сведения правительств стран большой восьмерки.

Ведется дискуссия о принципиальном изменении университетского менеджмента с целью повышения эффективности управления ресурсами, а также о расширении автономных прав вузов и обеспечении полной прозрачности их деятельности.

Многие европейские эксперты высказывают сомнения в актуальности Гумбольтовской модели для всех 3300 вузов ЕС, основанной на единстве и равнозначности образования и исследований. Они считают, что вузы постепенно обретают специализацию: обучение и подготовка специалистов, осуществление стратегии регионального развития, послевузовское образование и т.д.

Учитывая, что 70% прироста населения ЕС в ближайшем будущем будет обеспечиваться за счет иммигрантов, перед образованием ставится новая серьезная задача: обеспечить интеграцию иностранных работников и их семей в европейские социумы. ■

¹ The role of the universities in the Europe of knowledge. Commission of the European Communities. Brussels, 05.02.2003.

² European Commission, DG RTD, Key Figures 2002.

³ Education Policy Analysis, OECD 2002, p. 99.

СПАСИТЕЛЬНЫЙ ЗЛУШИТЕЛЬ

Гэри Стикс

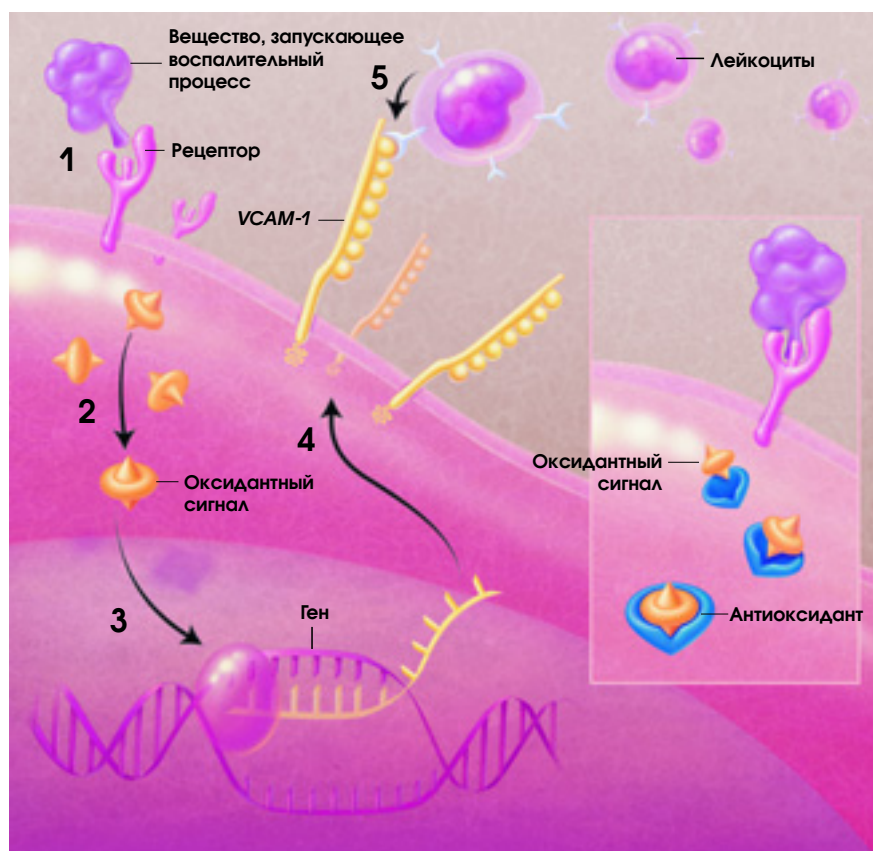
В начале 1990-х гг. наконец-то стала проясняться истинная причина атеросклероза. Оказалось, что заболевание напрямую связано с воспалительным процессом, виновниками которого являются липопротеины и другие вещества, ускоряющие образование атеросклеротических бляшек.

Узнав об открытии, клиницисты-исследователи стали размышлять, как остановить патологический процесс. Профессора Медицинской школы Университета Эмори Расселл Медфорд (Russell M. Medford) и Уэйн Александер (R. Wayne Alexander) (оба являются кардиологами и биологами)

чрезвычайно заинтересовались связью между воспалительным процессом и оксидантами – веществами, «отбирающими» электроны у других веществ. Они предположили, что оксиданты участвуют в активации генов, чьи продукты запускают воспалительный процесс. Возможно, какой-нибудь оксидант в одной из клеток выстилки кровеносного сосуда распознает окисленную форму липопротеина низкой плотности (ЛПНП, «плохой» холестерол) и подает сигнал соответствующим генам.

В ходе экспериментов с клеточными культурами ученые обнаружили особый тип оксиданта – пероксид одного из липидов, активирующий целый ряд генов, в том числе тот, продуктом которого является молекула клеточной адгезии сосудов *VCAM-1* (от англ. *vascular cellular adhesion molecule-1*). Вмешиваясь на самых ранних этапах в воспалительный процесс, *VCAM-1* способствует прикреплению лейкоцитов (а также моноцитов и лимфоцитов) к поверхности эндотелиальной клетки, инициируя хронический воспалительный процесс, который в конце концов приводит к атеросклерозу. В ходе экспериментов Медфорд и Александер обнаружили, что один из антиоксидантов – пирролидиндитиокарбонат (*PDTC*) – блокирует экспрессию генов *VCAM-1*.

Эти данные открывают новый путь к лечению ишемической болезни сердца (ИБС). Действие широко используемых в таких случаях препаратов – статинов – направлено прежде всего на снижение уровня ЛПНП. Но для половины жертв инфаркта миокарда и стенокардии (последствий



Атеросклероз начинается с присоединения вещества, запускающего воспалительный процесс, к рецептору одной из эндотелиальных клеток (1). Происходящее при этом изменение конформации рецептора служит сигналом для оксиданта (2) к включению гена (3), который кодирует белок клеточной адгезии *VCAM-1*. Он мигрирует к поверхности клетки (4), где к нему присоединяются лейкоциты (5), и начинается процесс образования атеросклеротической бляшки. Процесс можно остановить в самом начале, если «заглушить» сигнал, посылаемый оксидантом, с помощью какого-нибудь антиоксиданта, например *AQI-1067*.

атеросклероза) повышение уровня липидов в крови не характерно. Таким образом, хроническое воспаление инициируют совсем другие факторы – диабет, гипертония, химические вещества, табачный дым и т.д. По мнению Медфорда и Александра, им удалось найти подход к лечению ИБС, учитывающий сразу несколько факторов риска, а не только связанный с повышением уровня холестерина. «Наш метод основывается на том, что атеросклерозом управляют более глубинные сигнальные процессы, – говорит Александр. – И если это действительно так, можно воздействовать на патологический процесс более прямым путем, чем это делают статины».

свойства препарата. Было интересно посмотреть, к чему приведет замена одной или обеих групп другими. Тестирование различных производных пробуккола выявило наиболее активное соединение *AQI-1067*. Место одной из фенольных групп в нем занимала эфирная группа – сукцинатгидроксил, которая помогала молекуле проникать в клетку, а оставшаяся фенольная группа обеспечивала антиоксидантный эффект.

В середине 1990-х гг. было проведено тестирование *AQI-1067* на культурах клеток и животных, которое прошло весьма успешно, что позволило компании приступить в 1998 г. к клиническим испытаниям. Руководство

штабных испытаний на 4000 больных со стенокардией и инфарктом миокарда в анамнезе. Это должно дать возможность сравнить эффективность лечения таких больных с помощью *AQI-1067* и уже известных противосклеротических препаратов (таких как статины).

Рынок сразу же отреагировал на это известие. Компания без труда разместила свои акции на сумму \$50 млн. в январе этого года, когда в биотехнологической промышленности наблюдался серьезный спад. Некоторые биржевые аналитики полагают, что годовая прибыль от продаж *AQI-1067* сможет составить \$1 млрд. Правда, предстоит проверить некоторые детали. Так, од-

Ученые полагают, что **АНТИОКСИДАНТЫ**,
останавливающие воспалительный процесс, могут
применяться **ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ** широкого спектра
заболеваний – от ревматоидного **артрита** до астмы.

Когда Александр и Медфорд создали биотехнологическую компанию *Atherogenics*, первыми, кого они пригласили, были специалисты в области медицинской химии. Проведенные ими исследования антиоксиданта *PDTC* показали, что он обладает небольшой токсичностью и потому не может использоваться как основа для создания нового антисклеротического средства. В начале было решено выбрать всем известный пробуккол, чьи антиоксидантные свойства позволяли надеяться на успех. Нужно было лишь немного изменить его химическую структуру, чтобы повысить способность молекул проникать в эндотелиальные клетки, и устранить побочный эффект (нарушения сердечного ритма). Пробуккол – это линейная молекула, по обоим концам которой находятся фенольные группы, обуславливающие антиоксидантные

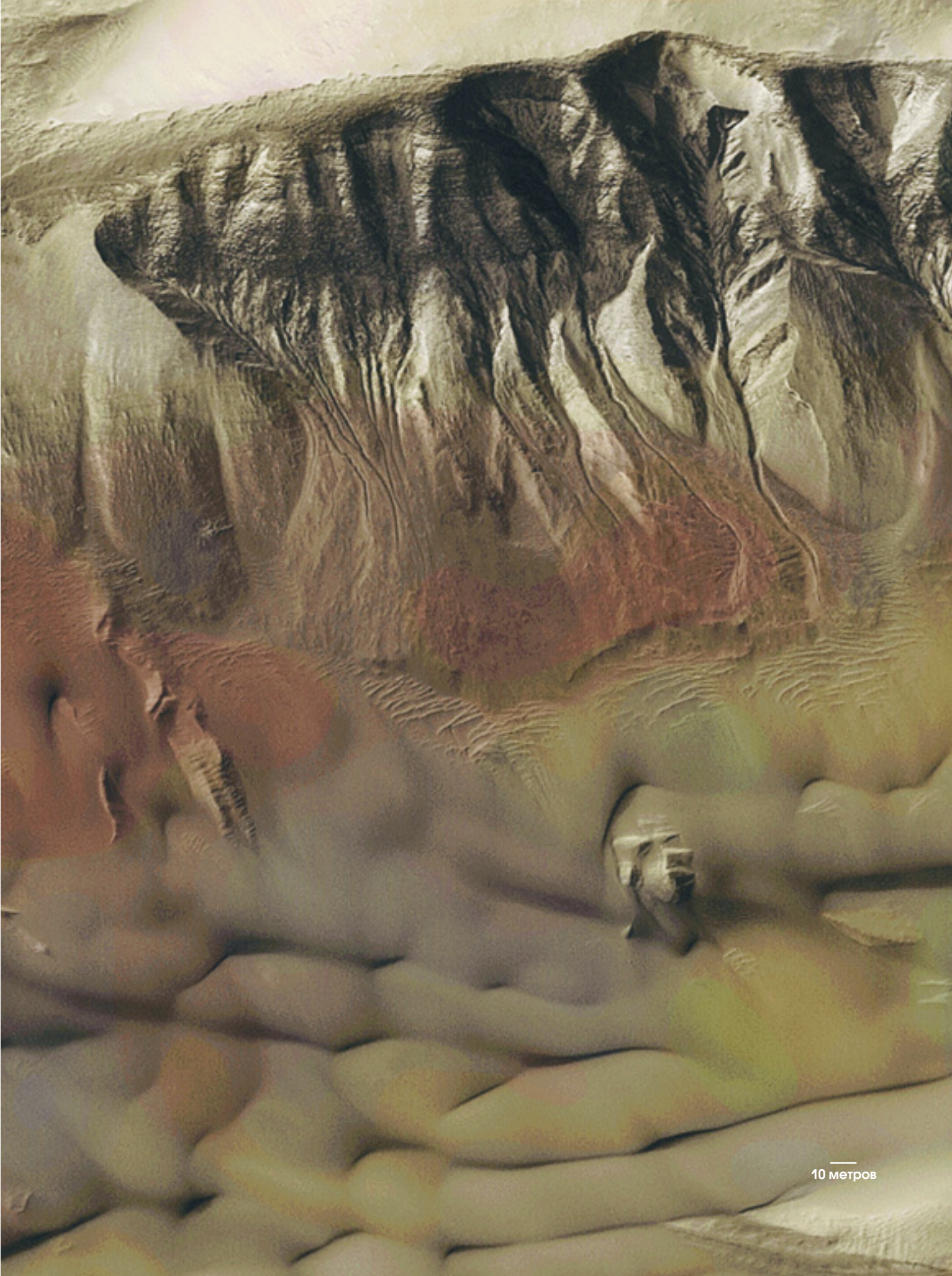
Atherogenics решило сосредоточиться на тестировании *AQI-1067* как препарата для лечения рестеноза (повторного сужения артерий спустя какое-то время после введения в них расширителя), а не как противосклеротического средства. Ученые надеялись, что это позволит быстрее пройти проверку и получить одобрение *FDA*. В 2001 г. результаты второго этапа клинических испытаний, проводившихся на 305 больных, выявили способность *AQI-1067* подавлять рестеноз. Последующие исследования на более многочисленной группе пациентов продемонстрировали увеличение объема крови, протекающей по соседним, не подвергавшимся расширению участкам артерий, что свидетельствовало о реверсии склеротического процесса.

Эти результаты предопределили судьбу *AQI-1067*. *FDA* дало разрешение на проведение третьего этапа мас-

нажды отмечалось снижение уровня не только «плохого», но и «хорошего» холестерина при приеме препарата.

Исследователи из *Atherogenics* полагают, что антиоксиданты, останавливающие воспалительный процесс, могут применяться для лечения широкого спектра заболеваний – от ревматоидного артрита до астмы. Их можно использовать даже как средство, предотвращающее отторжение трансплантированных органов. Но прежде чем заявлять о столь широких возможностях, компании необходимо провести исследования на больных с данными патологиями.

Следующие два-три года будут для *Atherogenics* очень важными. Третий этап испытаний *AQI-1067* может оказаться ключевым для появления на рынке совершенно нового средства борьбы с сердечно-сосудистыми заболеваниями. ■



10 метров

ЗАГАДОЧНЫЕ

ландшафты марса

Арден Олби

Красная планета

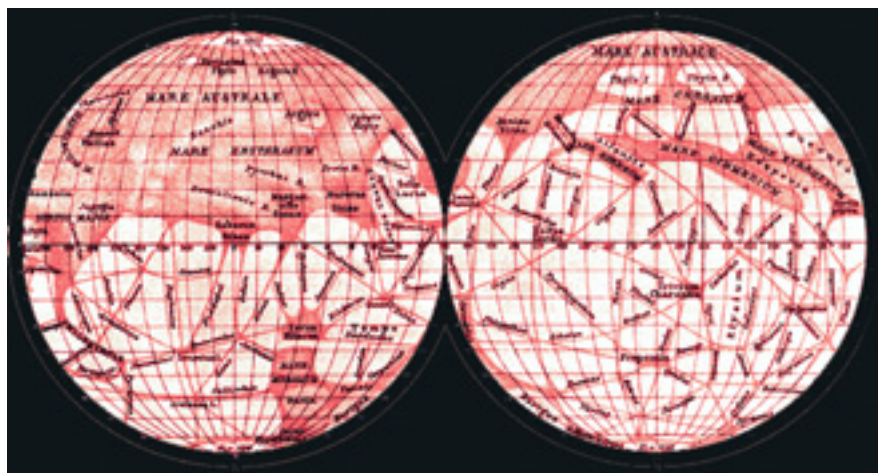
Капитан Джон Картер, герой приключенческих романов Эдгара Барроуза, отправился искать золото в Аризону, а оказался на засушливой планете, где светили две луны, жили шестиногие существа и прекрасные принцессы. Ее ландшафт напоминал древнюю, разрушенную Южную Аризону.

Как и фантасты, ученые обычно представляют Марс уменьшенной копией нашей планеты, но с более холодным и засушливым климатом. Считается, что его поверхность сформировалась под воздействием тех же процессов, что происходили на Земле. В начале XX в. многие думали, что на Марсе есть вода и придет время, когда там «будут яблони цвести», но миф развеялся в конце 1960-х, когда космическая станция обнаружила бесплодную, покрытую кратерами поверхность, гигантские горы, глубокие каньоны, вероятно, возникшие из-за суровых погодных условий. Изображения, полученные со станций *Viking* и *Mars Pathfinder*, напоминали самые мрачные земные ландшафты. Ученые сравнили экваториальные области Марса с американским Юго-Западом и выяснили, что полярные области схожи с Сухими долинами – бескрайними ледяными пустынями в Антарктиде.

Дальнейшие исследования показали, что такие сопоставления следует делать осмотрительно. Информация, собранная космическими станциями за последние пять лет, свидетельствует о том, что Марс – гораздо более сложная и загадочная планета, чем предполагалось ранее. На, казалось бы, простой вопрос: «Был ли Марс когда-либо теплым, влажным и пригодным для жизни?» – невозможно ответить однозначно.

Царство пыли

Исследование Марса шло неравномерно. За последние десять лет NASA потеряла на Красной планете три станции: *Mars Observer*, *Mars Climate Orbiter* – орбитальную станцию для изучения климата и *Mars Polar Lander* – станцию для посадки в полярной области. Затем пришел успех. С 1997 г. станция *Mars Global Surveyor*, старейший из действующих аппаратов, фотографирует ▶



Чтобы пересечь пешком область, расположенную на северной стороне кратера Ньютон в южном полушарии Марса (показанную справа), понадобится пять минут. Вы оставите следы на слегка заиндевевшей почве (светлые места на изображении), и вам придется карабкаться по песчаным дюнам и перепрыгивать через овражки. Изображение, полученное с космической станции *Mars Global Surveyor*, составлено из двух: черно-белого с высоким разрешением и цветного – с низким (вверху).

поверхность планеты. Уже больше года станция *Mars Odyssey* обращается по орбите вокруг Марса, собирая сведения о составе воды и делая снимки в инфракрасных лучах. Когда статья готовилась к печати, NASA планировала запустить новые марсоходы, преемники знаменитого *Sojourner* (см. врезку на стр. 28). Европейское космическое агентство отправило на марсианскую орбиту станцию *Mars Express* со спускаемым аппаратом *Beagle 2*, которые прибудут к Марсу в декабре, почти одновременно с орбитальной станцией *Nozomi* японского Института космических наук и астронавтики.

Никогда ранее ученые не располагали столь полной информацией о поверхности и атмосфере Марса (см. врезку на стр. 30). Теперь появилась возможность изучать кратеры, каньоны и вулканы, воссоздающие картину далекого прошлого. Но пока не удается понять, какие процессы сформировали рельеф поверхности в период между древней и нынешней историей Марса, разделенной миллиардами лет. Мало известно о геологическом строении, которому будет посвящена статья в одном из следующих номеров нашего журнала.

Несомненно, Марс и Земля похожи, но имеются и принципиальные различия. Так, большую часть земной поверхности покрывает почва, возникшая в процессе химической эрозии подстилающих горных пород или ледниковых морен, а на поверхности Марса лежит пыль – мелкозернистый материал, выпавший из атмосферы

и скрывший весь древний ландшафт, за исключением самых крутых склонов. Толстый слой пыли покрывает даже высочайшие вулканы, а самые плотные слои лежат на участках, которые, если наблюдать в телескоп, кажутся нам светлыми областями. Оседая, она захватывает из атмосферы летучие вещества и образует покров из льдистой пыли. Позже лед улетучивается, оставляя в грунте характерные ямки. Интересно, что толщина льдистого пылевого покрова зависит от широты. Согласно данным, до 50% поверхности полюсов могут быть покрыты слоем льда. В свое время ледяная мантия стекала по склонам словно вязкая жидкость – совсем как земные ледники.

Второе отличие Марса от Земли – это ураганные ветры. Космические аппараты зафиксировали пылевые бури, проносящиеся над всей территорией планеты, мощные смерчи и лавины. По пылевым наносам позади препятствий можно судить о сезонных изменениях ветра.

На свободных от пыли участках видны следы ветровой эрозии и отложения осадочных материалов. Признаки эрозии наблюдаются в кратерах, из которых материал был унесен ветром, и в ярдангах – гребнях, высеченных песком в подстилающих породах. На процесс отложения указывают обширные песчаные поверхности и дюны. Последние состоят из частиц размером с песчинку, которые перемещаются как бы мелкими прыжками (сальгацией). Однако чтобы поднять их в воздух, нужен более сильный ветер, чем для

возбуждения сальгации; поэтому основная часть пыли попадает в атмосферу во время бурь и смерчей. По-видимому, ветровая активность существует с тех лет, когда Солнечная система была еще молодой. На многих снимках видны два типа кратеров (возможно, образовавшиеся именно в то время): неглубокие, подвергшиеся эрозии кратеры, частично заполненные осадочным материалом и покрытые песчаными дюнами, другие – не тронуты стихией, они глубже и имеют чашевидную форму. Майкл Мейлин (Michael Malin) и Кеннет Эджетт (Kenneth Edgett) из компании *Malin Space Science Systems*, которая управляет камерой аппарата *Mars Global Surveyor*, предположили, что процессы формирования ландшафта происходили в определенной последовательности: сначала огромная масса песка переносилась ветром и частично оседала в кратерах, а позже образовывались чашевидные кратеры. Но откуда взялось такое гигантское количество песка, ответить пока невозможно.

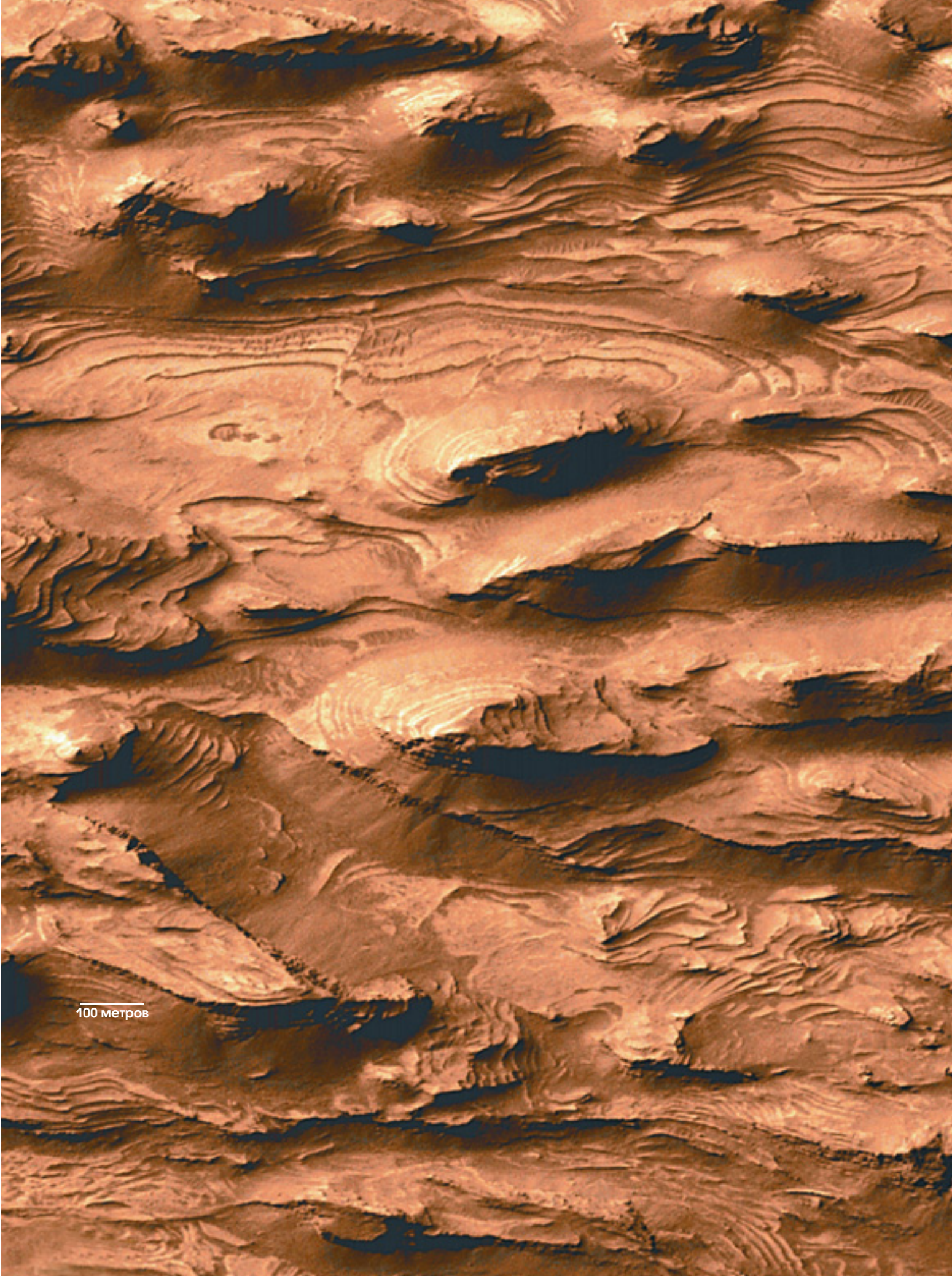
Грозное небо Марса

Третье отличие Марса от Земли – удивительное разнообразие погодных и климатических циклов. Марсианский год составляет 687 земных суток. Угол наклона оси вращения Марса, определяющий смену времен года, очень близок к наклону земной оси. На Красной планете нет атмосферных осадков и океанов, столь важных для формирования погоды на Земле. В зависимости от времени года атмосферное давление (составляющее

ОБЗОР: ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА

- Данные, полученные с искусственных спутников *Mars Global Surveyor* и *Mars Odyssey*, подтвердили, что в формировании марсианских ландшафтов принимали участие водные потоки, лед и ветер.
- Вопрос о том, был ли климат Марса мягким и влажным, остается открытым. Данные космических исследований свидетельствуют как в пользу такой возможности, так и против нее. Спускаемые аппараты – два американских и один европейский, – отправленные к Марсу в июне 2003 г., должны получить важнейшие сведения, которые помогут решить этот вопрос.

На дне каньона Кандор в системе долин Маринера ученые насчитали 100 слоев толщиной по 10 м каждый. Это могут быть как пласты осадочных пород, которые впоследствии прорезал каньон, так и пыль, осевшая в результате циклических атмосферных процессов. Фото получено аппаратом *Mars Global Surveyor*.



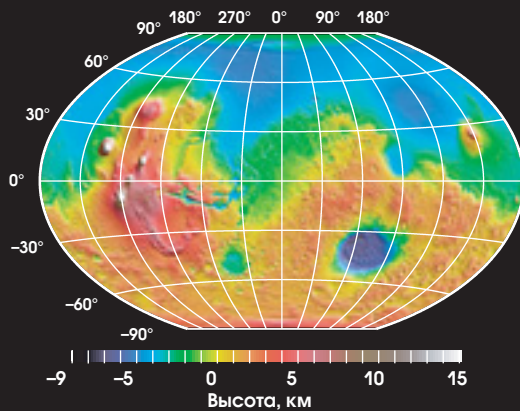
100 метров

ОБЩИЙ ВИД МАРСА

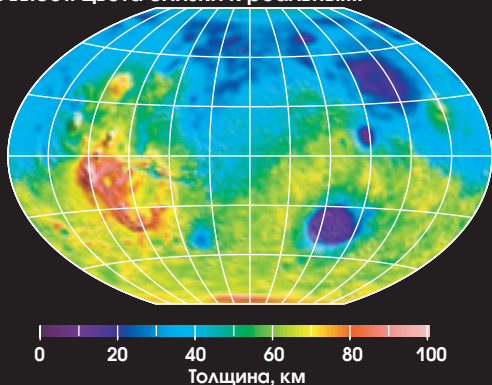


Предполагаемые места посадки: кратер Гусев (1), Земля Меридиана (2) и равнина Исиды (3).

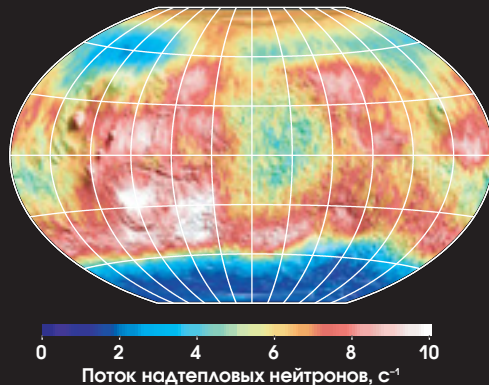
ИСТИННЫЕ ЦВЕТА. Марс – это четыре мира в одном: густо усеянное кратерами южное полушарие (с сетью долин, подобных речным), более ровное северное (со следами древних береговых линий), экваториальная зона (с гигантскими вулканами и каньонами) и полярные шапки (с причудливым рельефом). На карте совмещены изображения, полученные широкоугольной камерой, и данные измерения высот. Цвета близки к реальным.



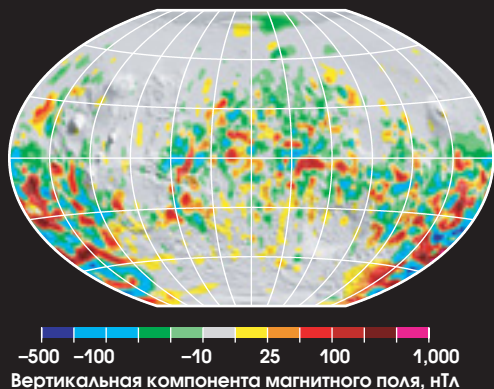
ТОПОГРАФИЯ. Разность высот между глубочайшими впадинами (темно-синий цвет) и самыми высокими вулканами (белый цвет) достигает 30 км, на Земле она составляет 20 км. Большой синий круг в южном полушарии – впадина Эллада, один из крупнейших кратеров во всей Солнечной системе.



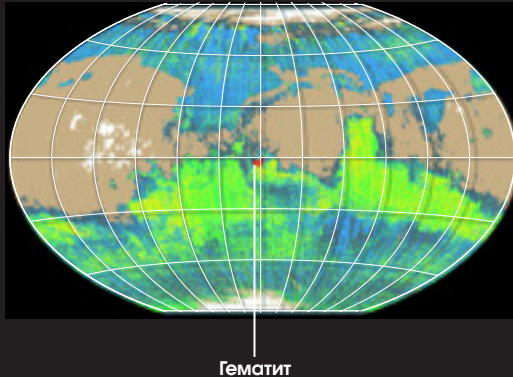
ТОЛЩИНА КОРЫ. Сопоставляя топографическую карту Марса с данными измерения его поля тяготения, исследователи смогли определить толщину твердой коры Марса. Она составляет около 40 км под северными равнинами и около 70 км под возвышенностями на юге. Толще всего она (красный цвет) под гигантскими вулканами Фарсида, а тоньше (пурпурный цвет) – под бассейном Эллада.



ВОДА. Нейтроны, образующиеся в результате бомбардировки поверхности Марса космическими лучами, позволяют судить о присутствии воды на глубине до 1 м. Дефицит нейтронов средней энергии (надтепловых) свидетельствует о насыщенности водой (синий цвет), предполагаемого количества которой достаточно, чтобы дважды заполнить озеро Мичиган. На большей глубине воды может быть еще больше.



МАГНЕТИЗМ. У Марса нет единого магнитного поля, но некоторые участки его коры намагничены до более высоких значений, чем земная кора. На этих участках богатые железом породы напоминают стержневые магниты. Можно предположить, что в период затвердевания пород Марс обладал глобальным магнитным полем. Полосы, протянувшиеся с востока на запад, напоминают формы, сопутствующие движению платформ на Земле, но происхождение их неизвестно.



ГЕОЛОГИЯ. Состав инфракрасных спектров указывает на типы горных пород. В южном полушарии преобладает базальт (зеленый цвет), а на севере – андезит (синий цвет). Близ экватора видны обнажения гематита (красный цвет), образовавшиеся, как правило, при наличии воды. Определить типы пород, скрытых пылью (желто-коричневый цвет) или облаками (белый цвет), пока не удается.

меньше 1% земного) изменяется в пределах 25%, что обусловлено конденсацией и сублимацией CO_2 у полюсов. Разреженная атмосфера не в состоянии сгладить суточные колебания температуры, которые на поверхности Марса достигают $100^\circ C$. Термические свойства атмосферы зависят от наличия в ней частиц пыли и льда, поэтому динамика процессов, происходящих в атмосфере Марса, достаточно сложная. Погода характеризуется сильными ветрами, высокими ледяными облаками, туманами, заморозками, пылевыми смерчами и бурями.

Как и на Земле, штормовые ветры приходят из северных полярных широт. Крупнейшие пылевые бури обычно зарождаются весной в южном полушарии, когда планета быстро прогревается, и нередко бушуют над всей планетой. *Mars Global Surveyor* проследил развитие глобальной пылевой бури, которая началась в июне 2001 г. и длилась четыре месяца и была результатом слияния нескольких региональных бурь. Мейлин сравнил резкие климатические изменения в период пылевых бурь на Марсе с последствиями извержения вулкана Пинатубо в 1991 г., вызвавшими резкое похолодание на обширной территории.

Важную роль в динамике атмосферы играют полярные шапки. Наблюдения за их размером и формой свидетельствуют, что они в основном состоят из воды в твердом состоянии, а не из менее прочного сухого льда (твердого CO_2), который не может сохранять куполообразную форму. Важное открытие: идет быстрое разрушение слоя сухого льда, покрывающего часть южной полярной шапки. Ясно, что эрозия не вечна, как и оседание и выдувание пыли. Должны быть другие циклические явления, связанные с изменениями орбиты Марса, которые вновь позволят появиться льду и пыли. Мейлин и Эджетт выдвинули предположение, что ветровая активность атмосферы в прошлом была значительно выше, а это еще раз подтверждает, что климат Марса меняется.

Четвертым важным отличием Марса от Земли является почти полное отсутствие воды в жидком состоянии. При существующей температуре и атмосферном давлении вода недолго остается на поверхности, однако может существовать в виде льда под слоем грунта в течение всего марсианского года, на что указывают характерные типы рельефа. Аппарат *Mars Odyssey* обнаружил лед на большей части Марса вне экваториальной зоны, а данные моделирования показывают, что он залегают на значительной глубине.

Впрочем, иногда вода все же течет на поверхности Марса. В 2000 г. Мейлин и Эджетт описали овраги, словно созданные водой. Было выдвинуто множество гипотез для объяснения их происхождения: выходы водоносных слоев (которые должны располагаться необъяснимо высоко на краях кратеров); фонтанирующие под давлением гейзеры; выбросы углекислого газа под большим давлением; вулканическое тепло на глубине. Позднее Филип Кристенсен (Philip Christensen) из Аризонского университета обнаружил овраги, расположенные прямо

под скоплениями снега и льда, образование которых связано с марсианскими климатическими циклами. В более холодные периоды склоны покрываются смесью снега и пыли, затем Солнце нагревает это теплоизолирующее одеяло, и появляется талая вода, которая стекает по склону, образуя мелкие овраги. В более теплые периоды лед тает и даже иногда полностью испаряется.

Несмотря на обилие воды, климат Марса засушлив, а минералогический состав грунта говорит об отсутствии воды на поверхности. На Земле в процессе выветривания с участием теплых текучих вод образовались почвы с высоким содержанием кварца, гидратированные глины и такие соли, как карбонат и сульфат кальция. На Марсе космические аппараты пока не обнаружили залежей этих минералов. Темные марсианские базальтовые дюны состоят в основном из пироксена и плагиоклаза, которые на Земле быстро выветриваются. Из вышесказанного можно заключить, что нынешняя холодная и сухая атмосфера Марса сформировалась уже давно. ▶

ОБ АВТОРЕ:

Арден Алби (Arden L. Albee) – научный руководитель проектов *Mars Global Surveyor* и *Mars Observer* – профессор геологии и астрономии Калифорнийского технологического института; с 1978 по 1984 г. возглавлял Лабораторию реактивного движения NASA. Круг его научных интересов – полевые геологические изыскания, исследования горных пород, метеоритов, комет.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Mars 2000. Arden L. Albee in Annual Review of Earth and Planetary Science, vol.28, page 281–304; 2000
- Mars: The Lure of the Red Planet. William Sheehan James O'Maara. Prometheus Books, 2001.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ:

- Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа Марса. М.: Наука, 1981.
- Ксанфомалити Л. В. Влажный Марс. «В мире науки» №6, 2003.
- Ксанфомалити Л. В. Парад планет. М.: Наука Физматлит, 1997.
- Маров М. Я. Планеты Солнечной системы. М.: Наука, 1986.
- Мороз В. И. Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978.
- Марс: великое противостояние. Под ред. В. Г. Сурдина. М.: Физматлит, 2003.
- Уипл Ф. Семья Солнца: Планеты и спутники Солнечной системы. М.: Мир, 1983.

Марсианский «бутерброд»

Всегда ли Марс отличался от Земли? Под покровом пыли и песка имеются многочисленные свидетельства того, что Красная планета менялась. Прежде всего ландшафты северного и южного полушарий Марса разительно отличаются друг от друга. Южное полушарие выше и изобилует кратерами (что свидетельствует о его древности), а на северном их меньше; здесь характерны обширные низменности. Между ними располагается плато Фарсида (промежуточное по возрасту) с гигантскими вулканами, по сравнению с которыми их земные собратья кажутся карликами.

Низменности северного полушария ровные, поэтому можно предположить, что значительную часть истории Марса они были днищами озер, выложенными многочисленными пластами

лавы и осадочными породами южного происхождения. На новых топографических картах видны древние кратеры, покрытые тонким слоем молодых отложений.

Вдоль края южных возвышенностей прослеживаются промоины, которые могли быть образованы только потоками воды. Они значительно больше своих земных аналогов. Знаменитый марсианский каньон долины Маринера в длину потянулся бы от Нью-Йорка до Лос-Анджелеса, а в ширину – от Нью-Йорка до Бостона. Глубина каньона сопоставима с высотой горы Маккинли. Ничего подобного на Земле нет. Его верховья, кажется, размыты водной стихией. Все марсианские промоины имеют схожие черты. И поскольку все они врезаются в плато Фарсида, то их возраст – средний.

Вытянутые островки и другие детали промоин напоминают скебленд на северо-западе США – земли, смытые до коренной породы споканским потоком в конце последнего ледникового периода (10 тыс. лет назад). В то время водоем размером с одно из Великих озер прорвал ледовую дамбу и обмелел за несколько дней. На Марсе подобные катастрофы были гораздо масштабнее. Они могли быть спровоцированы вулканическими источниками тепла или общим тепловым потоком из глубины планеты. Похоже, что тепло растопило лед под слоем вечной мерзлоты и создало огромное давление, под действием которого вода прорвала преграду и вырвалась на свободу.

Из всех особенностей марсианского рельефа, связанных с водой, больше всего споров вызывают сети долин. Разбросанные по всем возвышенностям южного полушария, они напоминают сети рек на Земле. Похоже, они были сформированы поверхностными водами, подпитываемыми таянием снега или даже дождями, которые в древние времена могли идти на Марсе. Это убедительный довод в пользу того, что когда-то Красная планета была такой же теплой и влажной, как Земля. Но марсианские реки отличаются от земных, питаемых дождями. Они больше напоминают русла рек пустынных областей, берущих начало из бедных подземных источников, обычно расположенных в амфитеатрах с крутыми склонами, а не из объединения мелких притоков.

Чтобы понять природу сетей долин, необходимо выяснить их возраст. Исследования северной части возвышенностей показали, что огромное количество эрозийного материала образовалось в период интенсивной метеоритной бомбардировки Марса на ранних этапах его истории, в результате чего менялся ландшафт и распределение водотоков. Кратеры заполнялись водой и обломками; каналы начинали связывать их в сети, но удары метеоритов постоянно нарушали этот процесс. Так, равнина Аргир диаметром около 1 тыс. км, ставшая частью

Поехали!

NASA отправило к Марсу два новых марсохода, а Европейское космическое агентство – спускаемый аппарат. Они должны достигнуть Красной планеты в январе 2004 г. и начать геологические изыскания, чтобы определить роль воды в ее формировании и понять, был ли Марс пригоден для жизни. Марсоходы дадут ученым небывалую свободу передвижения, так как каждый из них сможет проходить за день до 100 м. Для сравнения: марсоход *Sojourner* космического аппарата *Pathfinder*, опустившегося на Марс в 1997 г., прошел 100 м за все время своей работы. На мачте высотой 1,5 м расположены бинокулярная камера, а также термоэмиссионный спектрометр – прибор, позволяющий анализировать состав веществ. На «руке» размещены – мессбауэровский и рентгеновский спектрометры, детектор альфа-частиц, микроскоп, скребок для очистки пород. Тарелка направленной антенны передает радиосигналы прямо на Землю, а черная штыревая антенна служит для связи через спутники *Mars Global Surveyor* или *Mars Odyssey*.

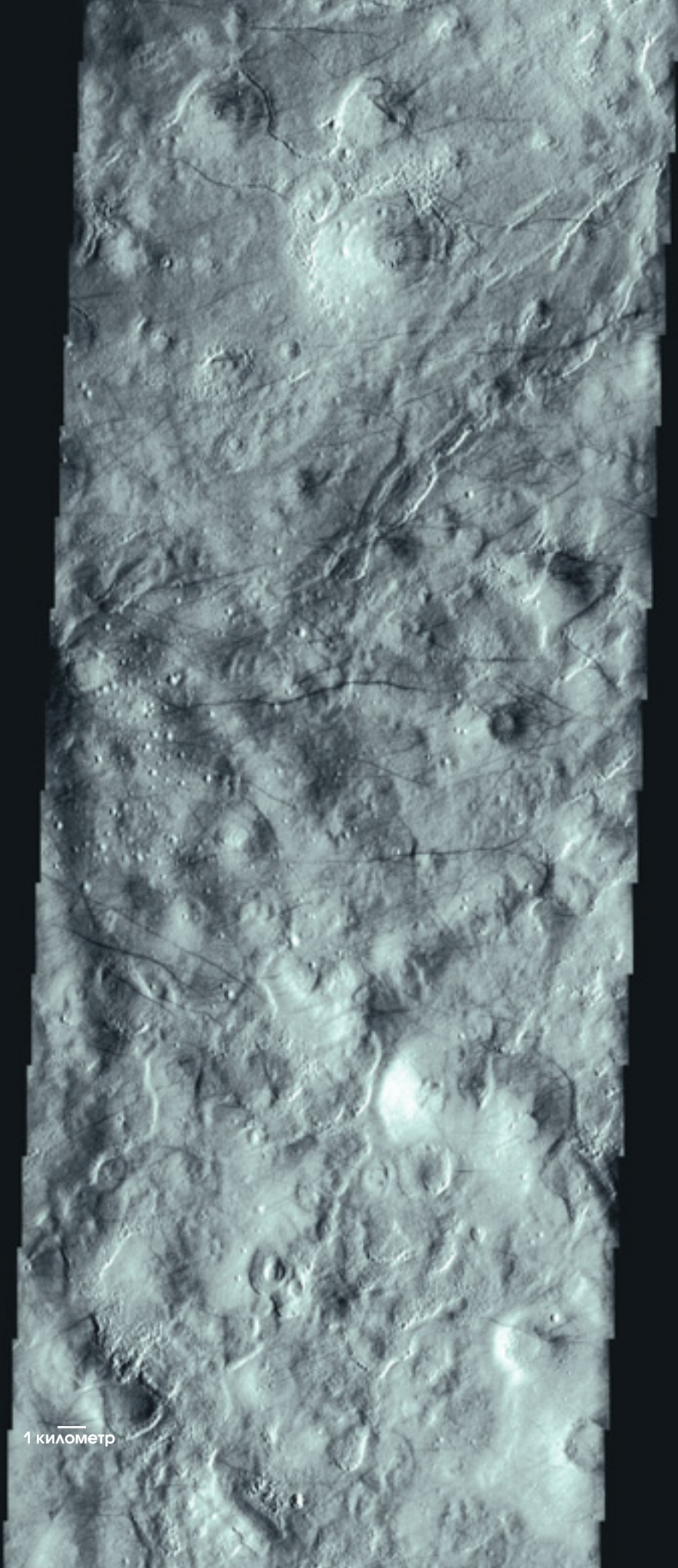
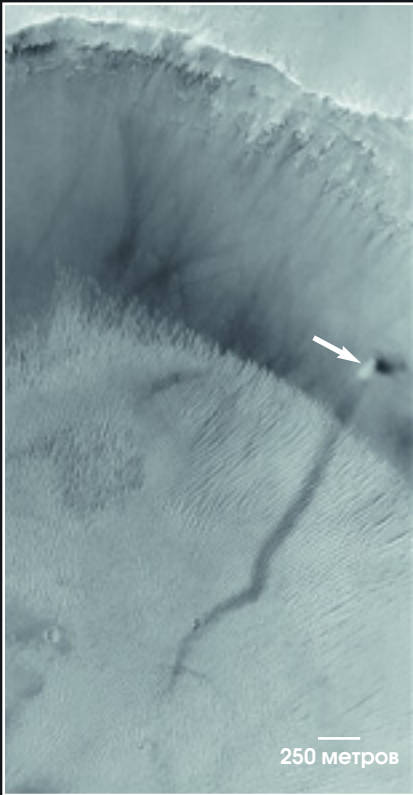
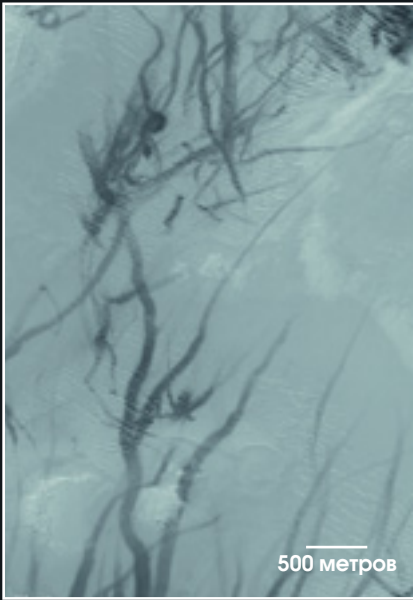
На основе сопоставления интересов геологии (особенности рельефа, связанные с работой с водой) и степени риска (крутые склоны и сильные ветры) из двух сотен предварительно намеченных мест посадки новых

марсоходов были выбраны два. Это кратер Гусев, слоистые отложения которого могут оказаться озерными осадками, и земля Меридиана, богатая крупнозернистым гематитом – минералом, образование которого связано с водой в жидком состоянии. Европейский спускаемый аппарат *Beagle 2* планируется посадить на равнине Исиды, которая, возможно, является бассейном, куда выносятся осадочный материал.



Марсоход NASA Mars Exploration Rover

Смерчи, проносящиеся над равнинами к северо-западу от горы Олимп, оставляют за собой пылевые полосы (правое фото). Подобное наблюдалось и в бассейне Аргир (верхнее левое фото), и к востоку от долин Маринера (нижнее левое фото). Предполагается, что вихри захватывают светлую пыль, обнажая темный грунт. Изображение справа получено спутником *Mars Odyssey*, а два нижних – *Mars Global Surveyor*.



системы долин, по которым вода от Южного полюса идет в каналы, пересекающие экватор, когда-то была заполнена водой. Роль воды и льда в таких системах по-прежнему не ясна, но в любом случае они кардинально отличаются от земных водных систем.

Аппарат *Mars Global Surveyor* обнаружил слоистое строение верхней коры Марса, что видно почти на всех обнажениях пород – на стенах каньонов, склонах кратеров, столовых гор и долин. Слои, различающиеся по толщине, цвету и прочности, свидетельствуют о том, что на Марсе периоды отложения осадков, образования кратеров и эрозии последовательно сменяли друг друга. Лучшее всего сохранились самые старые пласты, а лежащие выше подвергались эрозии и уносились ветрами.

Откуда они появились? Отсутствие на изображениях валунов свидетельствует

о том, что слои не были образованы потоками лавы, но они могут состоять из вулканического пепла или могли возникнуть в результате ударов метеоритов о поверхность Марса. Например, на Луне ученые обнаружили наложения кольцевых структур, соответствующие кратерам разных возрастов. Марс тоже подвергался метеоритным атакам, взрыхляющим его поверхность, которую затем уносили вода и ветер.

Был ли Марс голубым?

Представления ученых о ранних этапах истории Марса стали еще менее определенными, чем раньше. Сомнения зародились, когда специалисты приступили к изучению воды в жидкой фазе. Ее наличие имеет принципиальное значение для геологических процессов, изменения климата и происхождения жизни. Древние сети

долин и каналов, возможно, сформированные потоками, говорят об изобилии воды. Есть свидетельства того, что когда-то на Марсе шли дожди, и значит, его атмосфера некогда была более плотной. Но космические аппараты не обнаружили признаков карбонатных осадочных пород, которые должны были образоваться, будь у Марса плотная атмосфера из углекислого газа.

Для объяснения этого факта предложены три гипотезы. Согласно первой, атмосфера Марса на ранних этапах действительно была плотной: на планете даже могли существовать озера и океаны, свободные ото льда. Роберт Крэддок (Robert A. Craddock) из Национального музея авиации и космонавтики и Алан Ховард (Alan D. Howard) из Вирджинского университета предположили, что углекислый

Непрерывный мониторинг Марса

Спутники *Mars Global Surveyor* и *Mars Odyssey* вращаются вокруг Марса по орбитам, проходящим над полюсами планеты, что дает возможность приборам «сканировать» полосы дневной и ночной сторон планеты. Непрерывный мониторинг позволяет фиксировать изменения, происходящие на поверхности, в атмосфере, в гравитационном и магнитном полях.

На борту *Mars Global Surveyor* установлено пять основных приборов. Лазерный альтиметр проводит измерение геометрии Марса и топографическую съемку с точностью до 5 м. Камера передает изображения в красных и синих лучах с умеренным разрешением, а для выбранных участков – с разрешением до 1,4 м на элемент изображения (пиксел), что соответствует качеству снимков разведывательных спутников Земли, использовавшихся в 1960-х гг. Интерферометр Майкельсона обладает высоким спектральным разрешением и низким пространственным, однако достаточным для картирования минерального состава и тепловых свойств поверхности. Магнитометр измеряет магнитное поле, *Mars*

Odyssey дополняет *Mars Global Surveyor*. Разрешение его камеры невелико, но она позволяет делать снимки в пяти выбранных спектральных полосах видимой области. Инфракрасная камера при низком спектральном разрешении обладает высоким пространственным разрешением. Еще один прибор измеряет потоки гамма-лучей и нейтронов, которые чувствительны к содержанию водорода непосредственно под поверхностью планеты. Таким образом, *Mars Odyssey* стал первым космическим аппаратом, позволяющим «заглянуть» вглубь Марса на 1 м. Оба аппарата, применяя разные методики, следят за состоянием атмосферы. Камеры ежедневно сканируют всю планету, подобно метеорологическим спутникам Земли. Спектрометр теплового излучения поверхности 12 раз в сутки регистрирует температуру, атмосферное давление, облачность и изменения количества пыли. Кроме того, дифракция, возникающая при прохождении радиоволн через атмосферу Марса, позволяет оценивать изменения температуры и давления.



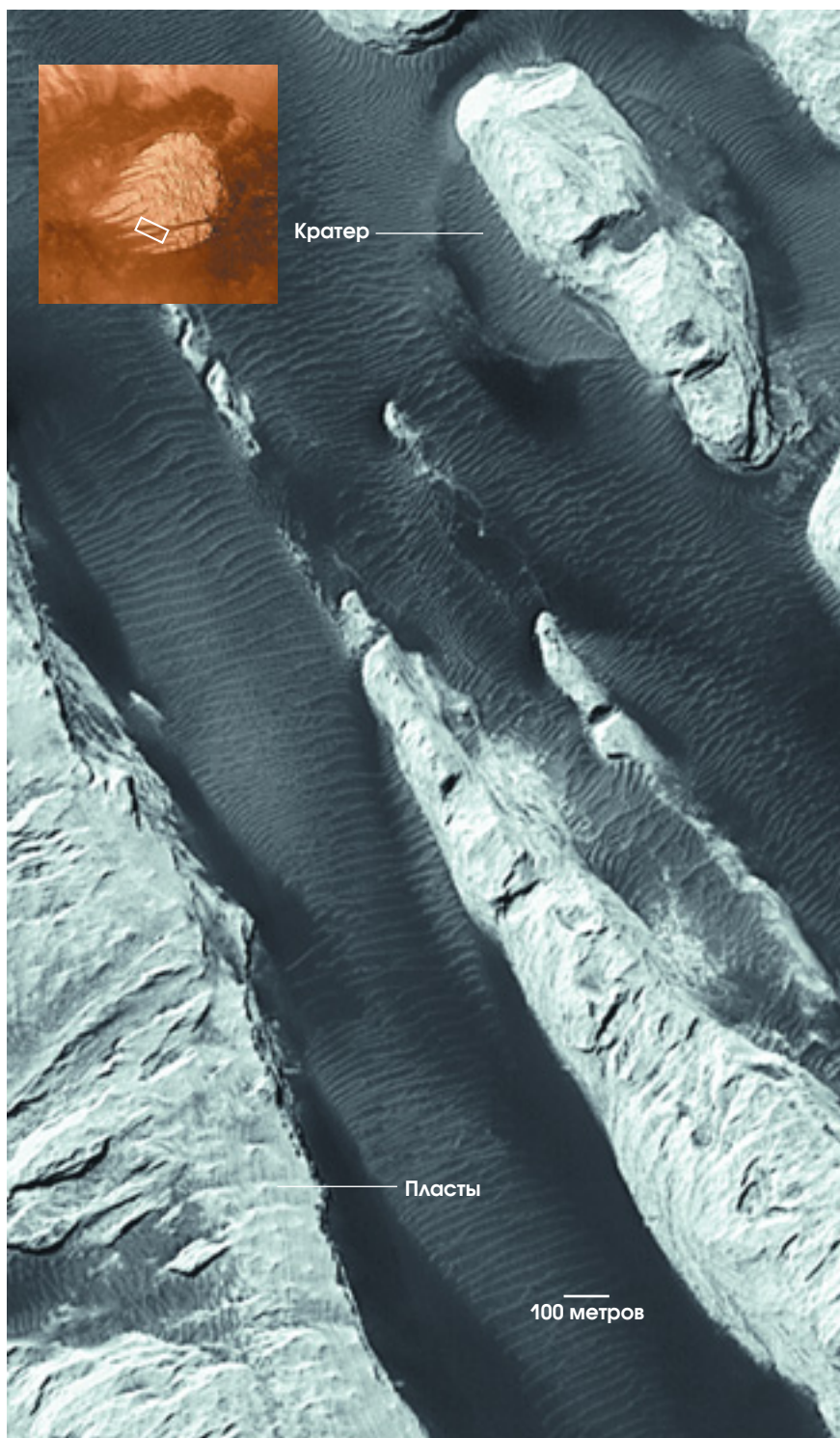
Mars Global Surveyor в изображении художника

газ мог улетучиться в космос или связаться в карбонатных минералах, которые до сих пор не удалось обнаружить. Любопытно, что полученные аппаратом *Mars Odyssey* спектры выявили следы карбонатов в пыли.

Возможно, Марс всегда отличался разреженной атмосферой, был холодным, и стоячие воды покрывал лед. Стивен Клиффорд (Steven M. Clifford) из Института Луны и планет в Хьюстоне считает, что грунтовые воды могли пополняться за счет подтаивания ледников и толстого слоя вечной мерзлоты. Хед III (Head III) и Джон Мастед (John F. Mustard) из Университета Брауна указали на зависимость ледяного и пылевого покровов от географической широты – свидетельство изменений климата.

Это означает, что несмотря на то, что Марс был очень холодным, потепления могли «оживлять» планету. Перемены климата были вызваны изменениями орбиты, подобными тем, которые вызывали периоды оледенения на Земле. Согласно третьей гипотезе, климатические изменения были не столь значительны, чтобы на Красной планете потекли поверхностные воды. Мягкий климат существовал только в течение коротких периодов после падения крупных астероидов. Каждый «космический пришелец» приносил с собой насыщенное водой вещество, а при ударе об атмосферу выделялось достаточно энергии и воды, чтобы пошел дождь. Вскоре после этого Марс возвращался в прежнее замороженное состояние. А Виктор Бейкер (Victor Baker) из Аризонского университета считает, что вулканическая активность в районе Фарсиды способствовала тому, что на ранних этапах климат Марса был более мягким.

Возможно, ни одно из выдвинутых предположений не верно. Придется ждать результатов дальнейших исследований. В отличие от Земли, на Марсе сохранилось много реликтовых ландшафтов, которые помогут планетологам понять условия их формирования и расшифровать геологическую историю планеты. ■



Белая скала, обнаруженная космическим аппаратом *Viking* в 1970-х гг. (вставка), – прекрасный пример того, сколь обманчивы марсианские ландшафты. Она похожа на груды соли, принесенной потоком воды, однако спектральные измерения показали, что это сцементированная марсианская пыль. Красноватая пыль, смешанная с черным песком, покрывает кратер (в правом верхнем углу снимка). Изображение, полученное с аппарата *Mars Global Surveyor*, свидетельствует об очень сложных напластовываниях геологических событий.

странная

ГАЛАКТИЧЕСКАЯ ЧЕТА

Кимберли Уивер

7 500 световых лет

Галактика *NGC 3079* относится к числу тех, в разрушении которых принимали участие как всплеск звездообразования, так и сверхмассивная черная дыра, активно поглощающая вещество. В результате возникло конусообразное облако, расширяющееся от центра галактики со скоростью около 1 тыс. км/с. Представленное изображение является сочетанием оптического, полученного с помощью космического телескопа «Хаббл» (красный и зеленый цвета), и рентгеновского изображения из обсерватории «Чандра» (синий цвет).

Почему столь различные явления, как гигантские черные дыры и бурное развитие молодых звезд, так часто сопровождают друг друга?

Черные дыры обладают чудовищной разрушающей силой. Поле их тяготения затягивает любой оказавшийся поблизости объект в неизведанную страну забвения, откуда никому нет возврата. Вещество, приближающееся к черной дыре по спирали, сильно нагревается (его температура может достигать миллионов градусов) и поэтому ярко светится. Часть его кинетической энергии и импульса может передаваться струе частиц, выбрасываемых наружу со скоростями, близкими к скорости света. Черные дыры разных размеров создают мощные потоки излучения и плазмы, наблюдаемые повсюду в космосе.

Однако они не всемогущи. Даже сверхмассивные черные дыры, на долю которых приходится порядка 1% всей массы их галактик, а поле тяготения сконцентрировано (такие есть в центрах многих галактик), мизерны по космическим масштабам. Астрономы считали, что влияние сверхмассивных черных дыр заметно лишь в их окрестностях. Поэтому когда в прошлом десятилетии была обнаружена тесная взаимосвязь между активностью черных дыр и формированием звезд, для исследователей это оказалось полной неожиданностью. Во многих галактиках, где черные дыры «пожирают» вещество, порождая феномен, который астрономы назвали активным ядром галактики, или АЯГ, наблюдаются периоды интенсивного формирования звезд, именуемые вспышками звездообразования. Как могут, казалось бы, столь различные процессы быть так тесно связаны?

Сегодня это стало объектом изучения. Изображения, полученные с кос-

мического телескопа «Хаббл», позволяют астрономам разделять сложные явления во внутренних областях галактик на составные части. В области, недоступные для «Хаббла», вглядывается рентгеновская обсерватория «Чандра», а теоретики пытаются осмыслить все получаемые данные. Эти исследования касаются фундаментальных вопросов астрономии. Каким образом темная на ранних этапах своей эволюции Вселенная зажгла миллиарды звезд? Как сверхмассивные черные дыры выросли до нынешних масс? Способны ли они не только разрушать, но и созидать?

Галактики на допинге

И активные ядра галактик, и вспышки звездообразования – впечатляющие явления. АЯГ (часто это квазары) – компактный источник света в центре галактики. Выделяя энергию, превосходящую триллионы солнц, АЯГ может превосходить по светимости всю остальную часть своей галактики. Сверхмассивные черные дыры, которые, как предполагается, питают активные ядра галактик энергией, – это объекты, в которых масса, равная миллиону и миллиардам масс Солнца, сконцентрирована в области, размер которой меньше одной тысячной диаметра Солнца. Подобно падающему камню, вещество, которое приближается по спирали к такой черной дыре, набирает скорость и при столкновениях с другим веществом выделяет энергию в форме излучения во всех диапазонах спектра: радиочастотном, инфракрасном, видимом, ультрафиолетовом, рентгеновском и соответствующем гамма-излучению.

Во время звездообразования в галактиках появляются области, сопоставимые по светимости с АЯГ: в результате конденсации газа в них образуются до 1 тысячи звезд в год. Такой темп образования новых звезд в тысячу раз больше темпа формирования их в нашей Галактике. Некоторые вспышки звездообразования ограничены сравнительно малыми областями – диаметром всего порядка сотен световых лет – вблизи центров соответствующих галактик; другие имеют более крупные масштабы, охватывая области размерами до десятков тысяч световых лет. Периоды интенсивного формирования звезд часто наблюдаются в галактиках, которые испытывают тесное взаимодействие или слияние с другими галактиками. Приливные силы, действующие между двумя галактиками, разрушают газ и втягивают его к центру системы, что резко ускоряет процесс сжатия облаков межзвездного газа с образованием звезд. Вспышки звездообразования длятся обычно до тех пор, пока запасы газа не иссякнут (в буквальном смысле), т.е. около 10 млн. лет.

Как и АЯГ, галактики в периоды вспышек звездообразования излучают в очень широком диапазоне частот. Основную часть излучения составляет свет образовавшихся звезд, которые обычно становятся особенно яркими источниками инфракрасного излучения, возникающего в результате поглощения и переизлучения света звезд межзвездной пылью. Вспышки звездообразования испускают также много рентгеновского излучения, исходящего из умирающих массивных звезд, погибающих с большим шумом – взрывом сверхновой, которая сама испускает ▶

рентгеновские лучи и разбрасывает горячие осколки, также излучающие в рентгеновском диапазоне. В результате остается нейтронная звезда или маленькая черная дыра, способная пожирать звезду с испусканием рентгеновских лучей. Выделяет их и окружающий межзвездный газ, нагретый всей этой звездной активностью.

Идея о существовании взаимосвязи между АЯГ и вспышками звездообразования появилась тогда, когда астрономы обсуждали вопрос об источнике энергии для АЯГ. Сегодня все знают, что такими источниками являются сверхмассивные черные дыры. А всего 15 лет назад некоторые исследователи, в том числе Роберто Терлевич (Roberto Terlevich) из Кембриджского университета и Хорхе Мельник (Gorge Melnick) из Европейской южной обсерватории, полагали, что АЯГ – это разновидность вспышки звездообразования. В прежних наблюдениях через телескоп группа молодых звезд и осколков сверхновой выглядела так же, как сверхмассивная черная дыра.

Свидетельства взаимосвязи

Только в конце 80-х гг., с появлением телескопов с более высокой разрешающей способностью, работающих на нескольких длинах волн, стало ясно, что АЯГ исключительно компактны – их поперечник наверняка не превышает нескольких световых лет и, возможно, укладывается в несколько световых минут – что слишком мало для вспышки

звездообразования. Если даже все скопления звезд уложатся в столь малый объем, то они быстро сольются в одну черную дыру. Кроме того, АЯГ часто сопровождаются струями вещества, которые естественным образом порождаются черными дырами, но не вспышками звездообразования.

Хотя установлено, что АЯГ и вспышки звездообразования – вещи разные, ученые пришли к выводу, что существует какая-то взаимосвязь, на которую указывают данные различных наблюдений.

Телескопы показали наличие вспышек звездообразования рядом с АЯГ в ряде недалеких галактик. Обнаружить их было непросто, поскольку ядра галактик заполнены газом и пылью, заслоняющими их от нас. Здесь помогла рентгеновская астрономия. (Рентгеновские лучи проходят сквозь плотный газ.) И хотя по разрешающей способности современные рентгеновские телескопы уступают телескопу «Хаббл», они часто дают более ясные картины запыленных центров галактик.

Вторую группу свидетельств дал обзор примерно 23 тыс. АЯГ, который провели Тимоти Хекман (Timothy Heckman) из Университета Джона Гопкинса. Вместо того чтобы тщательно исследовать изображения галактик, они сделали вывод о присутствии АЯГ или вспышек звездообразования по интенсивности определенных линий в их спектрах, принимая за свидетельство присутствия АЯГ наличие сильно ионизованного кислорода, а за свидетельст-

во вспышки звездообразования сильное поглощение линий водорода. Группа Хекмана пришла к выводу, что галактики с сильными АЯГ содержат гораздо больше молодых звезд, чем аналогичные без активных ядер галактики. Чем мощнее ядро, тем вероятнее, что недавно в этой галактике произошла вспышка звездообразования. Таким образом, исследование подтвердило, что эта взаимосвязь не случайна.

Наконец, выяснилось, что сверхмассивные черные дыры существуют не только в галактиках с АЯГ. Астрономы обнаружили их и в неактивных галактиках. Похоже, что гигантские черные дыры есть повсюду, но большую часть времени они дремлют, и их не видно. Возможно, они создают АЯГ только тогда, когда на них падают длительные интенсивные потоки вещества. Джон Корменди (John Kormendy) из Техасского университета в Остине, Дуглас Ричстоун (Douglas O. Richstone) из Мичиганского университета в г. Анн-Арбор показали, что между массами этих черных дыр и общей массой звезд в центрах галактик существует корреляция: масса черной дыры составляет около 0,1% массы звезд. То же соотношение наблюдается и для большинства (хотя и не для всех) галактик с активными ядрами, что свидетельствует о процессах, связывающих черную дыру в центре галактики и формирование звезд. Сохраняющиеся расхождения показывают, что исследователи понимают эту взаимосвязь не до конца.

Разгадка взаимосвязи между активными ядрами галактики и вспышками звездообразования может таиться всего в 24 тысячах световых лет от нас, а именно в ядре нашей собственной Галактики. Быстрое движение звезд и газа вокруг ее центра свидетельствуют о присутствии там сосредоточенной массы, равной 2,6 млн. масс Солнца. Рентгеновское и радиоизлучение показывают, что эта масса является сверхмассивной черной дырой, хотя и не по-настоящему активной, но время от времени выделяющей энергию. Высказывалось предположение, что она действует подобно маленькому

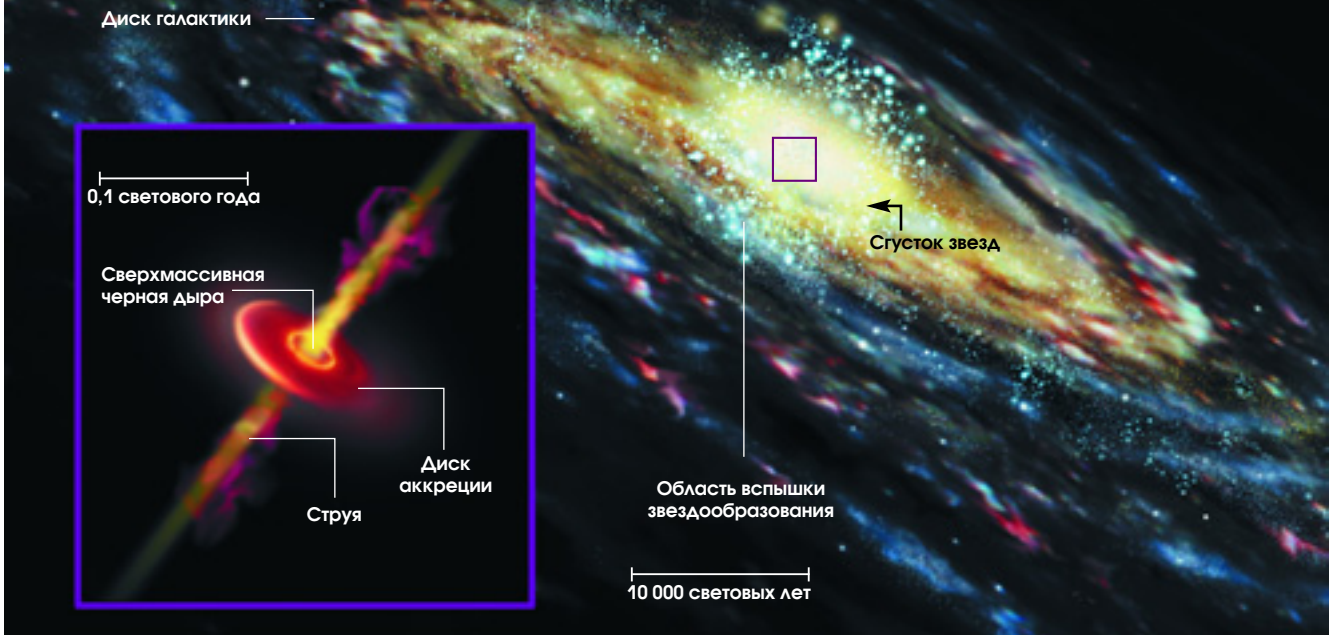
ОБЗОР: АЯГ И ВСПЫШКИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

- Активные ядра галактик (АЯГ) и вспышки звездообразования – одни их самых значимых явлений в галактиках. АЯГ представляют собой интенсивные сосредоточенные источники света, испускаемого, вероятно, веществом, которое падает в сверхмассивную черную дыру (квазары), а вспышки звездообразования – это галактические фейерверки, в которых бурно рождаются звезды.
- Астрономы полагали, что АЯГ и вспышки звездообразования, часто разделенные огромными расстояниями, не имеют между собой ничего общего. Однако оказалось, что часто оба явления идут рука об руку.
- Служат ли АЯГ причиной возникновения вспышек звездообразования или, наоборот, вспышки звездообразования порождают АЯГ? Возможно, оба явления вызваны какой-то третьей, общей причиной? Ответ на эти вопросы важен для понимания эволюции галактик.

АНАТОМИЯ ГАЛАКТИКИ

Типичная спиральная галактика содержит около 100 млрд. звезд, большинство которых сосредоточено в сплюсненном диске. Вблизи центра галактики находится «сгусток» звезд, а в самой середине обычно располагается сверхмассивная черная дыра. Если она активно поглощает вещество, то падающее на нее

вещество образует диск аккреции или выбрасывается наружу в форме струи. Если в галактике происходит вспышка звездообразования, разреженный газ быстро превращается в звезды. Астрономы считали, что черные дыры и вспышки звездообразования никак не связаны друг с другом, но они ошибались.



АЯГ, втягивая окружающее вещество в десять миллионов раз медленнее, чем настоящее. Хотя сейчас эта черная дыра не сопровождается вспышкой звездообразования, существующих вблизи нее. Яркие звездные скопления могут быть продуктами бурного формирования звезд, происходившего несколько миллионов лет назад.

Давно, в то время, когда Вселенная была в десять раз моложе, взаимосвязь между АЯГ и формированием звезд была еще более тесной. Тогда были распространены два типа галактик: со сверхвысокой светимостью в инфракрасном диапазоне (*ULIRGs*) и радиогалактики, которые представляли собой либо галактики на ранних этапах своего формирования, либо – они же, но в процессе слияния. В их ядрах содержалось огромное количество (миллиарды солнечных масс) холодного плотного газа, в которых существовали и АЯГ, и интенсивные вспышки

звездообразования. Далекие и яркие АЯГ, квазары, часто обнаруживаются в галактиках. Их неправильные формы и необычный цвет свидетельствуют, что эти галактики находятся в процессе слияния с интенсивным образованием звезд.

Кроме того, фоновое рентгеновское излучение показало, что существует множество АЯГ, невидимых для оптических телескопов, т.к. они сопровождаются вспышками звездообразования, которые засоряют галактики пылью.

Яйцо или курица?

Можно представить четыре варианта взаимосвязи АЯГ – вспышка звездообразования: 1) и то и другое – одно и то же; 2) оба явления – результат какого-то третьего процесса; 3) АЯГ является причиной вспышки звездообразования; 4) наоборот – вспышка звездообразования становится причиной АЯГ.

Первый вариант представляет собой краткую версию прежнего предположения, что АЯГ – это всего лишь разновидность вспышки звездообразования. Хотя в большинстве случаев предположение может быть ошибочным. В частности, слабые АЯГ могут создаваться высокой активностью звезд, проявляющейся в столь малой области, что телескопы могут принять ее за черную дыру.

Второй вариант подразумевает, что рассматриваемая взаимосвязь – совпадение. Ее причиной могут быть одни и те же процессы. Например, при слиянии галактик газ может стягиваться к центру той или иной вновь образующейся структуры, вызывая вспышку звездообразования и поставляя энергию для черной дыры, запускающей образование АЯГ. Согласно теории, время роста черной дыры до размера сверхмассивной (около 10 млн. лет) близко к длительности вспышки звездообразования, ▶

ЧЕТЫРЕ ВОЗМОЖНЫХ ВИДА ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЧЕРНОЙ ДЫРОЙ И ВСПЫШКОЙ

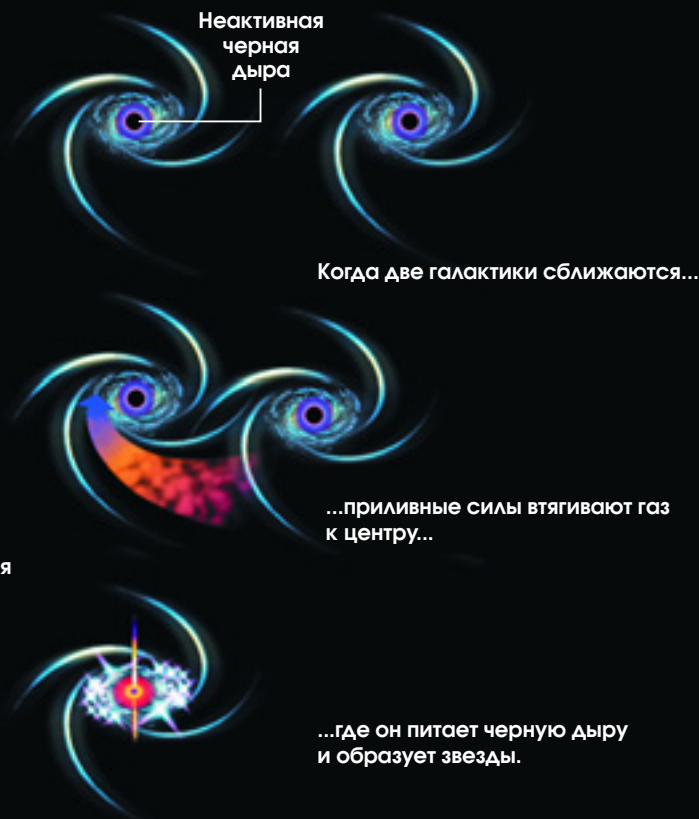
1. Звздообразование выглядит как черная дыра

В телескоп с недостаточным разрешением вспышка звездообразования видится как активная черная дыра



Область формирования звезд

2. Звздообразование и черная дыра имеют единый источник топлива



Неактивная черная дыра

Когда две галактики сближаются...

...приливные силы втягивают газ к центру...

...где он питает черную дыру и образует звезды.

которая, в свою очередь, почти соответствует времени, которое требуется для слияния двух галактик.

Однако большинство исследователей склоняется к варианту, подразумевающему существование причинно-следственной связи между АЯГ и вспышками звездообразования. Еще в одном из вариантов предполагается, что сверхмассивные черные дыры оказывают сильное влияние на свои галактики. Возможно, дыра стягивает вещество к центру галактики, создавая возможность для формирования звезд. Такую версию поддерживает Франсуаза Комб (Francoise Combes) из Парижской астрофизической обсерватории, которая считает, что если есть черная дыра, то газ непременно стягивается к центру галактики, питая энергией АЯГ. Собирающийся газ служит исходным материалом для вспы-

шек звездообразования. Эта теория вполне правдоподобна: многие близкие к нам галактики, в которых есть АЯГ, содержат в своих ядрах и пылевые структуры, которые могут быть материалом, втянутым извне. Однако многие из подобных структур не имеют той формы, которую предполагает теория.

Вспышка звездообразования может быть вызвана потоком вещества не внутрь, к черной дыре, а наружу, от нее. Когда сверхмассивная черная дыра начинает пожирать вещество и создавать АЯГ, возникают ударные волны и струи вещества, прорывающиеся через галактику. Во фронте ударной волны газ уплотняется и конденсируется, образуя звезды. Данные наблюдений, проведенных обсерваторией «Чандра» галактики А в созвездии Кентавра, в которой темп

образования звезд чрезвычайно высок, дают основания предполагать, что 10 млн. лет назад там произошел взрыв массивного АЯГ. На окраинах этой галактики находится кольцевой источник рентгеновского излучения, имеющий диаметр около 25 тыс. световых лет, который мог образоваться ударными волнами от указанного взрыва, совпавшего по времени с периодом формирования звезд, а кольцевой источник рентгеновского излучения мог быть перекрыт дугами молодых звезд.

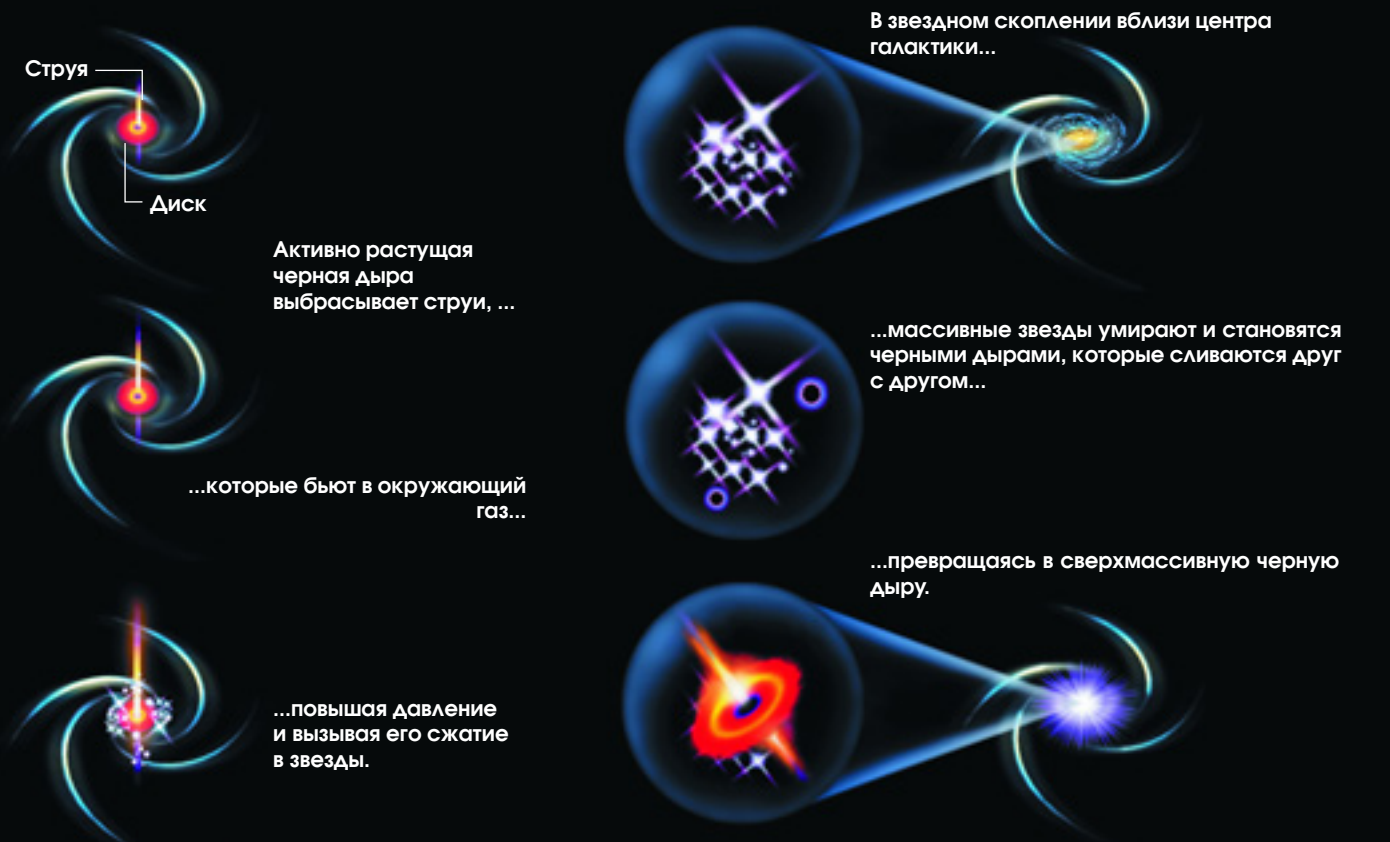
Если черная дыра образуется первой, то возможно, что первыми маяками в абсолютной темноте ранней Вселенной были не звезды, а черные дыры. Более того, некоторые астрономы высказали предположение, что наше Солнце возникло в процессе вспышки звездообразования. Если она

DON DIXON

ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

3. Черная дыра провоцирует звездообразование

4. Звездообразование вызывает появление черной дыры



была вызвана активным ядром в нашей Галактике, мы, возможно, обязаны своим существованием черной дыре.

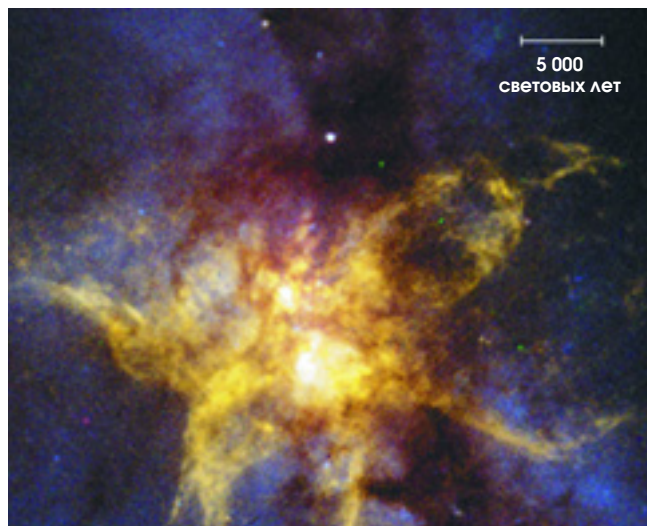
Раскопки черной дыры

Однако теоретически более правдоподобным представляется сценарий, согласно которому вспышка звездообразования появляется раньше черной дыры, взаимосвязь между ними может зародиться в ходе эволюции звезд. Вспышка звездообразования создает плотные скопления звезд, где их столкновения нередки (см. Майкл Шара, «Когда звезды сталкиваются», «В мире науки», №3, 2003). Массивные звезды в скоплениях быстро умирают, становясь нейтронными или черными дырами с массами, типичными для звезд, а эти объекты сливаются друг с другом. В период, насчитывающий от десятков до сотен миллионов лет, они образуют

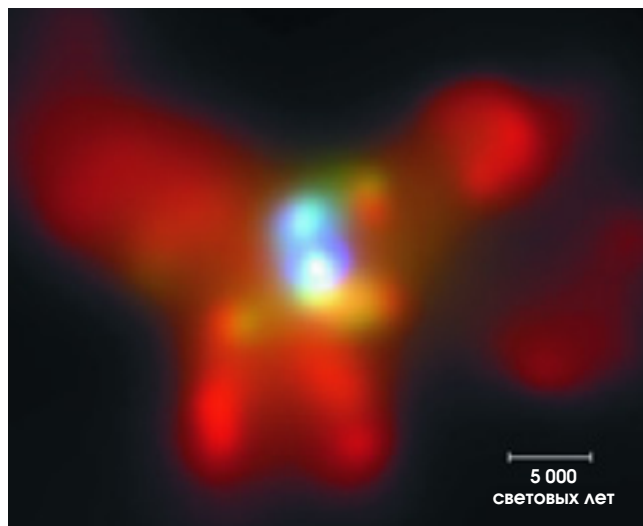
более массивную черную дыру, которая может образоваться и из легких звезд типа нашего Солнца, которые обычно не превращаются в черные дыры. В плотном звездном скоплении они могут испытывать ряд последовательных слияний, образуя более массивные, которые затем также сливаются, в результате чего создаются гигантские звезды с массами от нескольких сотен до нескольких тысяч масс Солнца. Эти гигантские звезды в конечном итоге коллапсируют, превращаясь в черные дыры сравнимых с ними масс. Такой процесс должен занимать 100 млн. лет, что гораздо меньше времени существования галактики, и достаточно стремителен, чтобы им можно было объяснить возникновение первых квазаров.

Черные дыры, независимо от того, как они образовались, собираются

к центру галактики. Некоторые из них могут слиться в одну сверхмассивную, что подкрепляется данными наблюдения галактики *NGC 6240*, в которой две сверхмассивные черные дыры кружатся одна вокруг другой, обреченные на слияние (см. фото на стр. 38). Возможно, они продолжают расти, захватывая окружающее вещество. Вследствие трения, обусловленного динамическими и гравитационными взаимодействиями с остальной частью галактики, звездные скопления, образовавшиеся на окраинах галактики, теряют кинетическую энергию и момент импульса. Они двигаются по спирали к центру галактики и постепенно разрушаются приливными силами. За миллиарды лет этот процесс может привести к «вливанию» в центральную черную дыру массы порядка сотен миллионов масс Солнца. ▶



БЕДА ВДВОЙНЕ. Судя по форме, напоминающей бабочку (фото слева), объект *NGC 6240* представляет собой не одну, а две галактики. В системе, по-видимому, существует не одна, а две сверхмассивные черные дыры, которые выглядят как пара отдельных источников рентгеновских лучей (синие



кружки на фото справа). Разреженный газ, испускающий рентгеновские лучи (красный цвет), свидетельствует об интенсивном формировании звезд. *NGC 6240* – классический пример одновременности слияния галактик, существования черных дыр и вспышек звездообразования.

Категория среднего веса

Модель, подразумевающая первичность вспышки звездообразования, предполагает существование совершенно новой группы черных дыр, промежуточных между дырами с массами порядка звездных и сверхмассивными. За последние 10 лет были получены косвенные доказательства существования черных дыр (называемых сверхяркими рентгеновскими источниками), обнаруженных в нескольких ближайших галактиках. Интенсивность их рентгеновского излучения в десятки и сотни раз больше интенсивности рентгеновского излучения нейтронных звезд или черных дыр с массами порядка звездных. Это могут быть нейтронные звезды, излучение которых сконцентрировано в направлении Земли, отчего они и выглядят аномально мощными. Однако появляется все больше свидетельств в пользу того, что это черные дыры с массами до нескольких сотен масс Солнца.

Две группы астрономов, одну из которых возглавляет Роланд ван дер Марель (Roeland P. van der Marel) из Института космических телескопов в Балтиморе, а другую – Майкл Рич (Michael Rich) из Калифорнийского

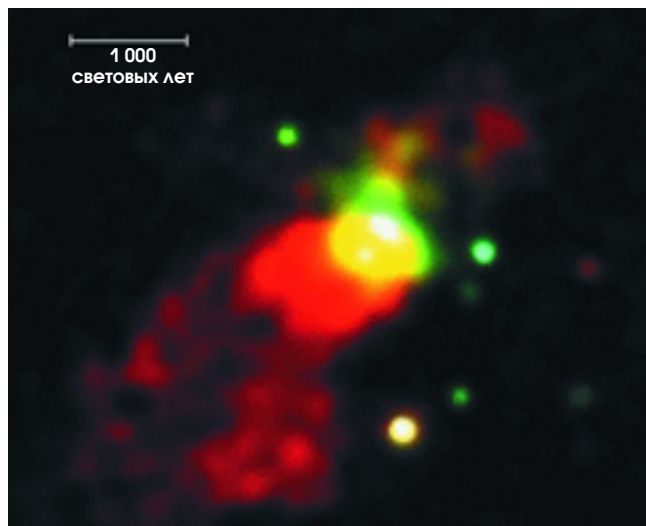
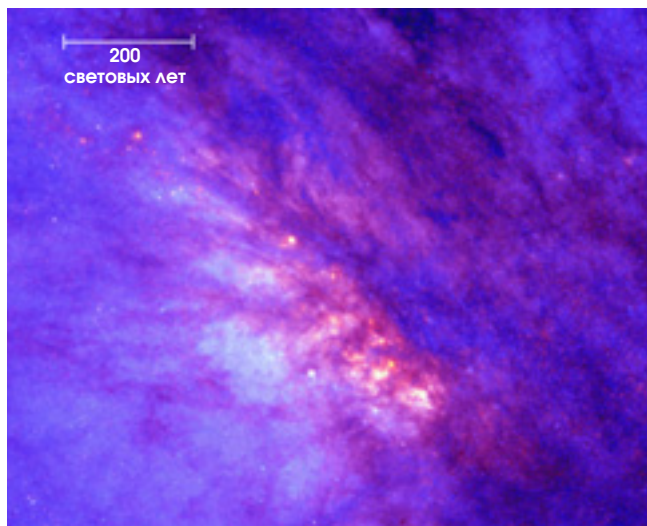
университета в Лос-Анджелесе, обнаружили следы черных дыр промежуточной массы в центрах двух плотных звездных скоплений, *M15* и *M31-G1*. Звезды в них движутся так быстро, что для их удержания требуются тела с массами, составляющими от 2 тыс. до 20 тыс. масс Солнца, которые могут быть не большими черными дырами, а группами нейтронных звезд или небольших черных дыр. В таком случае эти объекты должны со временем слиться в одну большую черную дыру.

Недавно Тод Стромайер (Tod Strohmayer) и Ричард Мушоцки (Richard Mushotzky) из Годдардовского центра космических полетов *NASA* обнаружили, что один из сверхярких источников вблизи центра галактики *M82*, в которой происходит вспышка звездообразования, мерцает с периодом около 18 сек. Он слишком велик, а само мерцание слишком нерегулярно, чтобы источником излучения могла быть поверхность нейтронной звезды, а интенсивность излучения слишком обширна, чтобы его источником могло быть вещество на орбите такой звезды. Это излучение исходит из вещества на орбите вокруг черной дыры, которая может иметь массу в несколько тысяч

масс Солнца. В спиральной галактике *NGC 1313* Джон Миллер (Jon Miller) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра и его коллеги обнаружили два сверхярких рентгеновских источника, более холодных, чем черные дыры с массами порядка звездных. Теория предполагает, что чем больше масса черной дыры, тем ниже температура в ее окрестностях. Следовательно, массы черных дыр в галактике *NGC 1313* должны быть больше звездных.

Возможно, черные дыры промежуточной массы располагаются не в центрах своих галактик, поэтому их отношение к вспышкам звездообразования не установлено. Однако исследования близкой галактики *NGC 253*, в которой происходит вспышка звездообразования, дали некоторые подсказки. До 1995 г. астрономы считали, что источником рентгеновского излучения высоких энергий в этой галактике служит протяженное облако горячего газа, ассоциируемое со вспышкой звездообразования. Мне удалось найти в рентгеновском спектре указание на существование черных дыр. Однако получить в обсерватории «Чандра» рентгеновское изображение этой галактики мы смогли только в 2001 г. Мы

NASA/ROELAND P. VANDER MAREL and JORIS GERSEN/Space Telescope Science Institute (optical), NASA/CXC/STEFANIE KOMASSA/Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (x-ray)



ДЫМЯЩЕЕСЯ РУЖЬЕ? Изображение центральной области галактики *NGC 253* (левое фото) наводит на мысль, что вспышки звездообразования приведут к образованию сверхмассивных черных дыр. Пять рентгеновских источников (кружки на правом фото) ярче черных дыр с массами порядка масс

звезд, но менее яркие, чем сверхмассивные черные дыры. Они могут быть черными дырами промежуточных масс или этапом процесса образования больших черных дыр в результате слияния мертвых звезд. «Дымка» на рентгеновском изображении – газ, связанный с образованием звезд.

обнаружили во внутренней части галактики *NGC 253* (поперечником около 3 тыс. световых лет) пять сверхярких рентгеновских источников (см. фото сверху). Один из них, находящийся точно в ее центре, примерно в 100 раз интенсивнее нейтронной звезды или черной дыры с массой порядка масс звезд, что позволяет считать его массу эквивалентной 100 массам Солнца. Он может быть черной дырой, достигнутой в процессе ее эволюции в полностью развившееся АЯГ. Последовательность событий может быть такой. Вблизи центра галактики произошла вспышка звездообразования. Образовавшиеся при этом массивные звезды коллапсируют и сливаются, формируя черные дыры небольших масс, которые затем приближаются по спиралям к центру галактики и тоже сливаются, образуя зародыш сверхмассивной черной дыры, которая после затухания вспышки звездообразования начинает питать АЯГ.

Изучение того, как влияет активность вспышки звездообразования на питание и рост сверхмассивной черной дыры, должно пролить свет на происхождение наиболее мощных из всех АЯГ, а именно квазаров. Астрономам не понятно, почему они на ран-

них этапах эволюции Вселенной были мощнее сегодняшних АЯГ. Возможно, причина кроется в том, что в молодой Вселенной периоды интенсивного образования звезд были более частыми, что порождало интенсивные АЯГ.

Разумеется, все может быть гораздо сложнее, чем прямой «запуск» одного вида активности другим. Галактики могут претерпевать циклические переходы между фазами АЯГ и вспышками звездообразования. Когда циклы накладываются, астрономы видят одновременно оба явления. Сегодня наблюдения еще не позволяют сделать окончательный вывод, что возникает раньше – АЯГ или вспышка звездообразования (или они возникают одновременно). Ответ на этот вопрос должны будут дать телескопы следующего поколения.

Наблюдения с помощью космического инфракрасного телескопа, которые *NASA* планирует начать в этом году,

позволят осветить взаимосвязь АЯГ – вспышка звездообразования в первых галактиках. Ученые смогут сравнить данные, полученные в инфракрасном излучении, в видимом свете и в рентгеновском излучении, чтобы выяснить, чья активность преобладает в эпоху формирования галактик – АЯГ или вспышек звездообразования, что, в свою очередь, позволит узнать, какой из этих объектов возник раньше. Может быть, появится возможность обнаружить галактики, подобные *NGC 253*.

Взаимосвязь АЯГ – вспышка звездообразования, возможно, является ключевым звеном связи поколений во Вселенной. Черные дыры представляются слившимися останками умерших звезд, а вспышки звездообразования – процессом рождения трепетных молодых. Вероятно, что для формирования галактик, включая нашу, требовалось «сотрудничество» старого и нового. ■

ОБ АВТОРЕ:

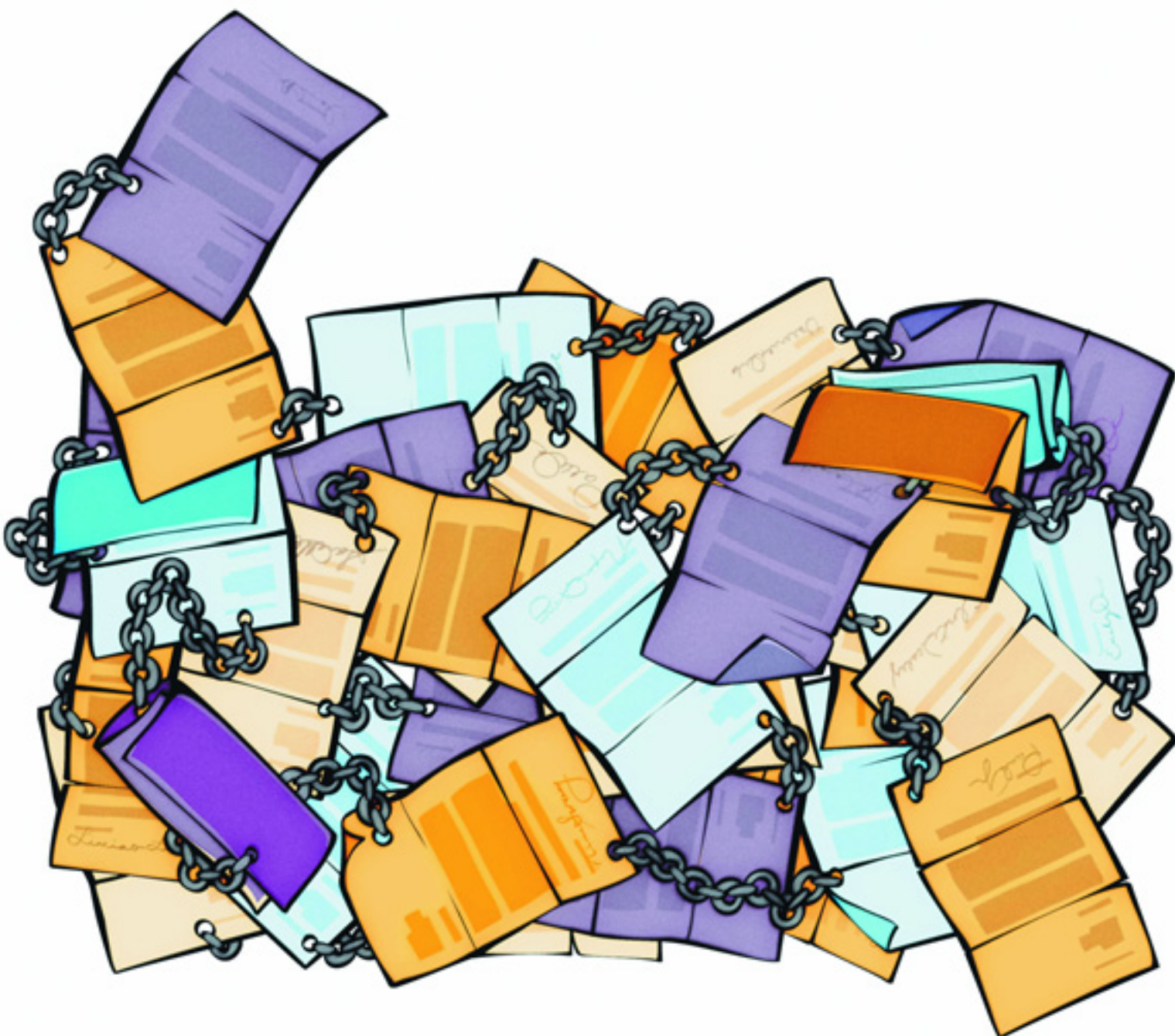
Кимберли Уивер (Kimberly Weaver) – астрофизик из лаборатории астрофизики высоких энергий в Годдардовском центре космических полетов *NASA* и адъюнкт-профессор Университета Джонса Гопкинса, специализирующаяся на рентгеновских исследованиях черных дыр, активных ядер галактик и галактик, в которых происходят вспышки звездообразования.

NASA/SAO/CXC (x-ray), EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY (optical)

ЭВОЛЮЦИЯ

ЦЕПНЫХ ПИСЕМ

Чарльз Беннет, Минь Ли, Бин Ма



Изучение цепных писем показывает, как можно установить родословную любых **ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИХ** объектов: от биологических геномов до языков и списанных **домашних работ**.

Перед нами экземпляры цепочного письма, собранные между 1980 и 1995 гг., когда еще не было электронной почты и люди пользовались фотокопиями. Послания счастья шли от одного адресата к другому, мутируя и преобразуясь. Как и у гена, их средняя длина – около двух тысяч букв. Подобно болезнетворным вирусам, письма угрожают смертью, если вы не отошлете копии друзьям и знакомым, чтобы в конечном счете их получили миллионы людей. Как и наследуемые признаки, они обещают принести пользу и вам, и тем, кому вы их отправите. Как и геномы, цепочные письма проходят естественный отбор, а иногда даже происходит обмен частями между сосуществующими «видами». Однако, в отличие от ДНК, письма легко прочитать, что делает их очень удобными для изучения филогенеза (эволюционной истории).

Письма счастья – загадочный социальный феномен, но нас они интересуют потому, что на них можно испытывать новые алгоритмы, которые затем будут использоваться в молекулярной биологии для построения филогенетических древ на основании геномов существующих организмов. Поскольку стандартные методы для реконструкции эволюционной истории писем не подошли, мы разработали новый подход к решению широкого спектра задач по анализу последовательностей символов (см. рис. на стр. 43).

Что на что похоже?

Наша коллекция состоит из 33 писем, которым для удобства были присвоены коды с *L1* по *L33*. Тексты существенно отличаются: имеется 15 названий,

23 имени конторского служащего и 25 имен автора письма. Часто встречаются ошибки в правописании, пропущенные и добавленные фразы или абзацы. (Ниже показано типичное письмо и некоторые его варианты.) Почти все послания представляют собой более или менее бледные фотокопии машинописных текстов. Скорее всего, мутации возникали в тех случаях, когда многократно скопированное письмо становилось плохо читаемым и очередной получатель вносил в него изменения и новые ошибки.

Все 33 письма на английском языке, за исключением *L4*, *L6* и *L22*, оказались уникальными. Мы занесли тексты в компьютерные файлы строчными буквами, игнорируя дополнительную информацию: даты, пометки на полях и деление текста на строчки и абзацы. Каждое письмо превратилось в длинную цепочку слов.

Сначала мы попробовали анализировать письма с помощью метода многократной подгонки, который широко используется для изучения филогенеза и позволяет выделить все участки, одинаковые в обоих письмах. Количество совпадений определяет степень сходства посланий, на основании которой строится эволюционное древо. К сожалению, многократная подгонка позволяет обнаружить только те участки, где сохранился порядок слов, и поэтому непригодна для *L12* и *L26*, в которых переставлены предложения. Аналогично этот метод больше подходит для работы с отдельными генами, а не с целыми геномами, где перестановки встречаются часто.

Мы исключили *L12* и *L26* и провели многократную подгонку для оставшихся писем. Полученное древо снова ока-

залось неверным, потому что в нем *L6*, *L7* и *L13* стали вдруг близкими родственниками. Ошибка возникла потому, что эти письма сравнительно коротки и поэтому у них было немного различий. Похожая проблема возникает и в генетике: простой подсчет несовпадений может привести к переоценке сходства коротких геномов и недооценке сходства длинных. Малым различиям в коротком геноме следует приписывать больший вес, чем в длинном.

Мы решили разработать такую меру сходства, которую можно было бы применить к геномам, цепочным письмам и любым другим данным. Оценка должна быть нечувствительной к перестановке элементов, незначительно уменьшающей информационную схожесть. Чтобы справиться с разницей в длине, было решено независимо от размера приписывать сходству двух полностью несовпадающих файлов значение 0, а сходству двух идентичных – 1.

Естественная мера информационной насыщенности файла выражается не столько в его длине в битах, сколько в наименьшем размере, до которого информация может быть сжата с помощью архиваторов, таких как *zip* или *StuffIt*.

Давайте посмотрим, что происходит, когда мы упаковываем два файла в один архив. Если в них нет никакой общей информации, объединенный компрессированный файл будет того же размера, что и два независимо сжатых файла в сумме. Но если информация в файлах частично перекрывается, то повторения будут выявлены и объем объединенного архива будет меньше. Таким образом, различие в размерах общего *zip*-файла и суммы

двух независимых архивов может служить мерой сходства файлов.

Будем считать мерой схожести долю общей информации, для вычисления которой нужно определить, на сколько процентов суммарная длина сжатых по отдельности файлов превосходит размер файлов, сжатых совместно. Тогда независимо от длины степень связанности изменяется от 0 для совершенно непохожих файлов до 1 (или 100%) для идентичных.

Очевидно, оценка схожести будет зависеть от выбора архивирующей программы. В идеале нужно использовать алгоритм, упаковывающий любой файл до наименьшего возможного размера.

Определению меры информации в терминах предельной сжимаемости посвящен элегантный раздел теории информации, известный как алгоритмическая теория информации, или теория сложности Колмогорова (в честь одного из ее создателей, советского ученого Андрея Колмогорова). К сожалению, теоретики доказали, что для работы идеальной zip-программы потребуется бесконечно долгое время. Мы использовали специальный алгоритм сжатия GenCompress, разработанный Син Ченом (Xin Chen) из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре для геномов. Позже оказалось, что он подходит и для цепочных писем.

Итак, на первом этапе GenCompress автоматически определяет степень сходства цепочных писем. Следующий шаг – превращение полученных данных в эволюционное древо – также полностью автоматический (для этой цели разработано множество программ). Результат может быть представлен в виде простой схемы с произвольной длиной ветвей, качественно иллюстрирующей процесс изменения, или в виде детальной диаграммы, на которой длина ветвей количественно отражает степень родства.

Задача исследователя – определить корень древа, т.е. первого предка в цепочке писем (или видов). В случае

ТЕМА С ВАРИАЦИЯМИ

Цепочное письмо L11 иллюстрирует мутации, возникающие при перепечатке. Наибольшим изменениям подвергались незнакомые имена и денежные суммы – ошибки в этих элементах легко проглядеть, так как они не влияют на смысл письма.

Веруй в Господа всем сердцем, и он осветит путь

«И все, чего ни попросите в молитве с верою, получите». (Матф. 21:22)

С любовью все возможно

Получив это письмо, поцелуй любимого человека и соверши чудо

**ВВС США
ВМФ США
ВМФ
ВДВ
ЦРУ
ФБР
США**

**Баббит
Бранд
Брент
Крадит
Крадут
Даббит
Дадди
Даддиан
Дадин
Дадит
Дадито
Дадидот
Дадидитт
Давид
Дэвид
Додас
Радик**

**Арла
Карл
Карла
Кэрио
Кэррол
Кэррол
Чарльз
Чарли
Энала
Энди**

**г-на
ген.
генерала
Герда**

**Уатса
Уолша
Уотса
Уэлса
Уэлша**

Письмо послано тебе на счастье. Его оригинал находится в **Новой Англии**. Оно обошло Землю девять раз. Теперь счастье достигло тебя. Оно придет к тебе в течение четырех дней, если ты перешлешь письмо дальше.

Это не шутка. Удача пришла к тебе по почте. Не посылай денег, так как судьба не имеет цены. Отшли копии людям, которым, по твоему мнению, нужна удача. Не держивай письмо у себя. Оно должно покинуть тебя в течение 96 часов.

Офицер **ВВС** получил **\$47 000**.
Джо Эллиот получил \$40 000 и потерял их, так как прервал цепочку.

**\$1 755
\$7 755
\$70 000
\$470 000
\$75 000
\$115 000
\$775 000
\$7 750 000
\$7 770 000
\$7 775 000**

Во время пребывания на Филиппинах у **Гена** **Уэлча** умерла жена через **51** день после получения письма. Однако до **ее** смерти он получил **\$7 755 000** и потерял их, так как остановил движение письма.

Пожалуйста, пошли двадцать копий и увидишь, что случится в ближайшие четыре дня. Письмо пришло из Венесуэлы и было написано Солом Энтони де Грутом, миссионером из Южной Африки. Ты должен сделать 20 копий и отослать их. Через несколько дней ты получишь сюрприз. Это сбудется, даже если ты не веришь.

Запомни следующее. В 1953 г. письмо получил Константин Диас. Он попросил секретаря сделать 20 копий и разослать их. Через несколько дней он выиграл в лотерею два миллиона долларов. Конторский служащий **Карло** **Даддидит** получив письмо, забыл, что должен отправить его в течение 96 часов. Его уволили. Позже он нашел свое письмо, отправил 20 копий и устроился на лучшую работу. Дилан Фэрчайлд получил письмо и выбросил его. Через 9 дней он умер.

Письмо, полученное в 1987 г. молодой женщиной в Калифорнии, было очень неразборчивым. Она собиралась перепечатать и разослать его, но отложила. На нее обрушились всякие напасти, включая капитальный ремонт дорогого автомобиля. Письмо не ушло от нее в течение 96 часов. В конце концов она перепечатала его и вскоре смогла приобрести новый автомобиль.

Помни, **не посылай денег**. Не пренебрегай этим. Св. Иуда. Это исполняется. **Желаю удачи**

Ни в коем случае нельзя разрывать эту цепь. Пересылка этого письма ни в коем случае не должна быть прервана.

ЭВОЛЮЦИЯ ПИСЕМ

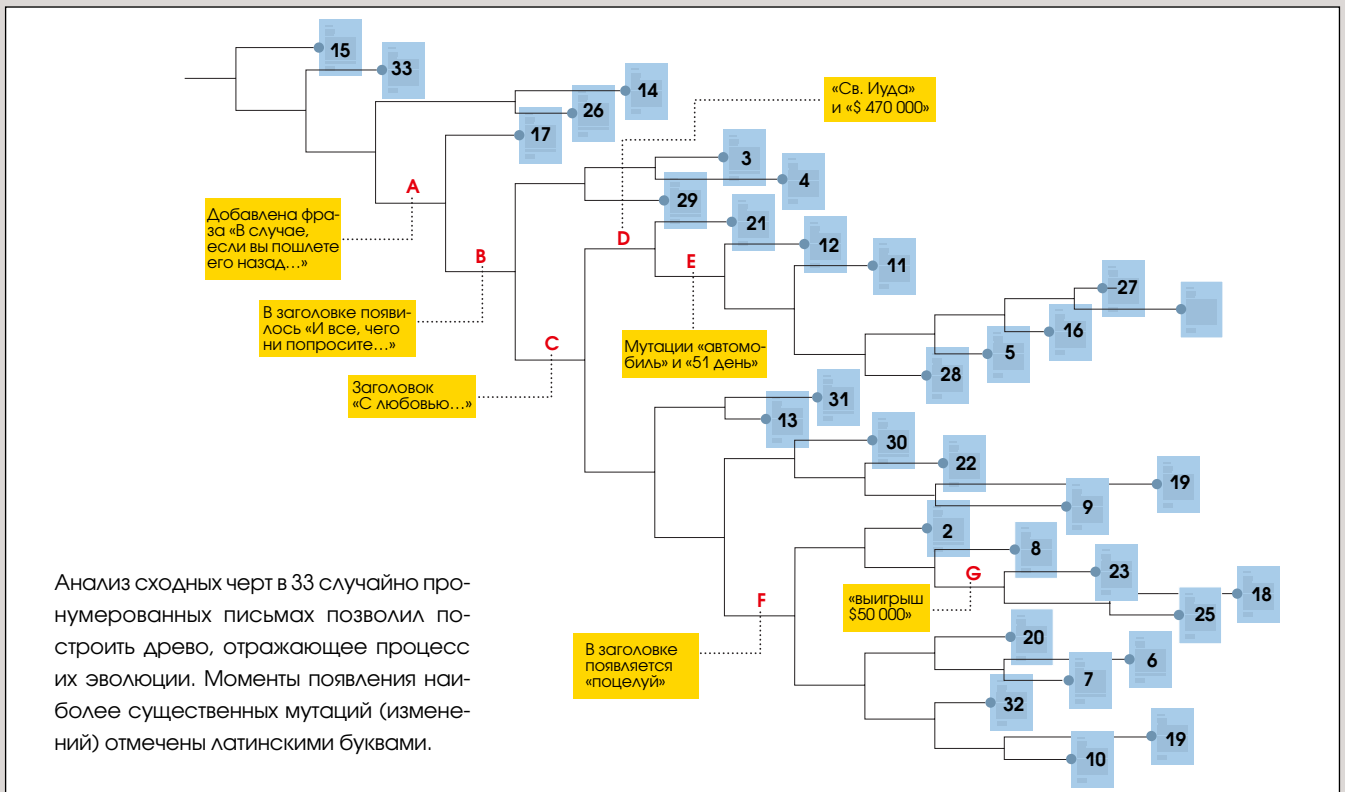
Эволюционное древо цепных писем, построенное методом автоматического поиска меры родства, имеет ряд интересных черт. В точке *A* была включена фраза «в случае, если вы пошлете его назад». В точке *B* возникло новое заглавие: «И все, чего ни попросите в молитве с верою, получите». В точке *C* в заглавии появляется «с любовью все возможно». Также в точке *C* «Новая Зеландия» превращается в «Новую Англию», а «генерал Уэлч» становится «Геном Уэлчем». Фраза «ни в коем случае нельзя разрывать эту цепь» исчезает.

В точке *F* в заглавии появляется «получив это письмо, поцелуй любимого человека и соверши чудо». После завершения анализа мы обнаружили результаты подробного исследования 460 цепных писем, проведенного математиком Дэниелом ван Арсдейлом (Daniel W. Van Arsdale). Возник вопрос, какой заголовок появился раньше: «поцелуй» или «любовь»? Мы еще не успели применить свой алгоритм к большинству писем из коллекции ван Арсдейла, но на основании полученной картины филогенеза первой возникла «любовь». Этот вывод подтвердился денежной суммой, полученной Джином Уэлчем: во всех письмах, содержащих «поцелуй» (за исключением мутации в точке *G*), он получил \$7 755, в то время как в группе «с любовью» – \$7 755 000. Последовательность мутаций \$775 000 → \$7 755 000 → \$7 755 более естественна, чем \$775 000 → \$7 755 → \$7 755 000.

В точке *D* сумма \$70 000 выросла до \$470 000 и был включен «Св. Иуда». Ни \$470 000, ни «Св. Иуда» не встречаются вне

этой группы. В точке *E* происходят одновременно два изменения: добавляется рассказ о происшествии с автомобилем женщины из Калифорнии, а время, прошедшее от получения письма Джином Уэлчем до смерти его жены, увеличивается с 6 дней до 51. Мутации «автомобиль» и «51 день» не встречаются нигде вне группы *E*.

Письмо *L28* представляет пример горизонтального переноса, т.е. передачи информации от одного «организма» к другому помимо обычной наследственности. В группе, начинающейся в точке *D*, каждый офицер военно-воздушных сил США получает \$470 000 или \$470, за исключением *L28*, где сумма составляет \$70 000. В *L28* фигурирует также «ген. Уэлч», который встречался только в письмах до точки *C*. Во всех письмах группы *D*, кроме *L21*, содержится история с автомобилем, и во всех, кроме *L21* и *L28*, присутствует мутация «51 день». Трудно поверить, что в *L28* \$70 000 и «ген. Уэлч» возникли независимо от подобных мутаций в других частях древа. Можно было бы попробовать поместить мутации «автомобиль» и «51 день» перед мутациями «\$470 000» и «Св. Иуды», но тогда генезис письма *L21* становится совершенно невероятным: либо оно должно было потерять весь сюжет с автомобилем и мутировать «51 день» обратно в «6 дней», либо «\$470 000» и «Св. Иуда» должны были появиться в нем независимо. Очевидно, что у составителя *L28* (или *L21*) оказались два письма, и он (или она) ввел в письмо чужой ген из письма, появившегося до точки *C*.



биологического филогенеза корень представляет собой вымерший миллионы лет назад вид, который не должен быть слишком тесно связан с ветвями, соответствующими существующим ныне организмам. Цепочные письма собирались в течение 15 лет, а в некоторых была указана дата, близкая к началу этого периода. Поэтому мы предположили, что корень близок к одному из них (L15). К сожалению, в большинстве посланий дата отправления или получения не зафиксирована.

Эпистолярная родословная

Родословная цепочных писем демонстрирует почти совершенный филогенез в том смысле, что документы с общими характеристиками сгруппировались вместе. Построение эволюционного древа помогло нам выдвинуть несколько гипотез о том, как развивались тексты.

Прежде всего мы предположили, что письма до точки C – самые старые (см. рис. на стр. 43). Действительно, имя Карло Даддит и заголовок письма изменялись чаще всего. Мы считали, что в самых старых письмах ошибки встречались чаще потому, что тогда копирование было менее доступно и письма перепечатывались чаще. Кроме того, из 14 датированных писем два письма в группе до точки C относятся к самым старым. В тексте обоих писем из Новой Зеландии присутствует молитва и фраза «ни в коем случае нельзя разрывать эту цепь».

Мы также наблюдали эффект, известный из молекулярной биологии, когда различные отрезки геномов

мутируют с разной скоростью. Активные участки энзимов почти не изменяются, в то время как с генами, расположенными вдали от них, постоянно происходят метаморфозы. Аналогично фрагменты цепочных писем, связанные с «жизнестойкостью» цепи, почти не изменяются, а менее значимые (скажем, бедствия, угрожающие тем, кто прервал цепь) мутируют. В предложениях, несущих мало смысловой нагрузки, ошибку допустить легче. Например, незнакомые имена, такие как Ген Уэнч или Карло Даддит, мутируют чаще всего.

Другой биологический эффект, присущий цепочным письмам, – появление параллельных, компенсирующих мутаций: два изменения, губительные по отдельности, нейтрализуют друг друга и даже приносят определенную пользу. За исключением писем L12 и L26, в которых никто не умер, во всех письмах до точки C (кроме L29) говорится:

...*General Welch* (возможны варианты) *lost his life... however before his death...*

(...Генерал Уэлч умер... но незадолго до его кончины...)

С другой стороны, в письмах после точки C написано:

...*Gene Welch* (возможны варианты) *lost his wife... however before her death...*

(...у Гена Уэлча умерла жена... но незадолго до ее кончины...)

Чтобы сохранился смысл, когда как *lost his life* (умер) мутировало в *lost his wife* (умерла жена), *bis* (его) мутировало в *ber* (ее). (На стр. 43 представлены и другие примеры.)

Филогенез всего на свете

Наша мера сходства была использована в целом ряде случаев. В биоинформатике с ее помощью были проанализированы митохондриальные геномы 18 млекопитающих. Митохондрии – это продуцирующие энергию внутриклеточные органеллы, чей геном передается только по материнской линии (так же, как цепочные письма наследуют признаки только одного родителя). Поскольку никакого перемешивания материнских и отцовских генов не происходит, накопление мутаций в митохондриальном геноме действует как механизм часов, показывающих, когда предок данного организма выделился из родственных видов.

Традиционные методы, применяемые для различных митохондриальных генов, часто приводят к построению противоречащих друг другу родословных, и многие из них нельзя применять к геному в целом из-за перестановок. Так, например, результаты обработки нескольких митохондриальных генов традиционными методами свидетельствуют, что приматы более схожи с грызунами, а не с ферунгулятами – обширной группой, включающей коров, лошадей, китов, кошек и собак. Анализ целого ряда других генов показывает, что приматы и ферунгуляты являются близкородственными отрядами, что подтверждается изучением ископаемых останков. Применение нашего метода ко всему митохондриальному геному позволяет построить показанное здесь эволюционное древо без привлечения дополнительной информации.

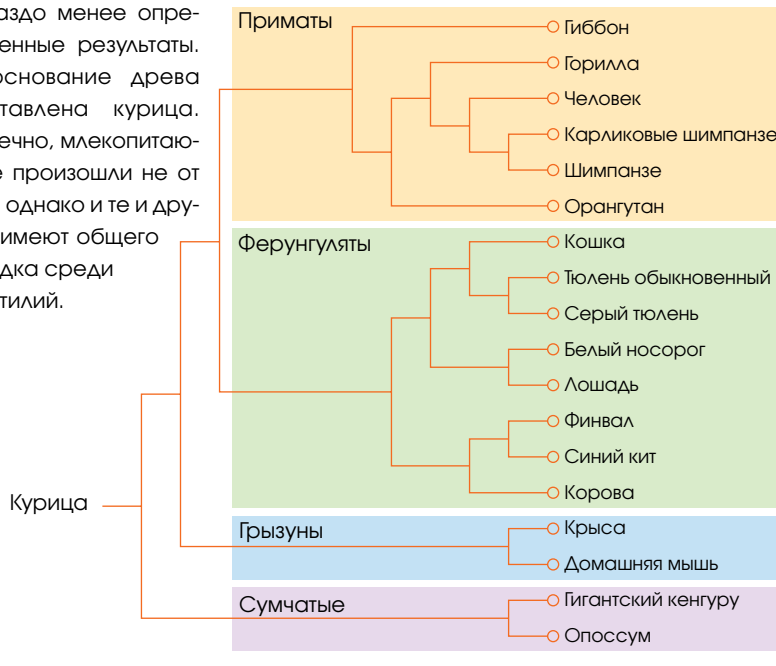
Дарио Бенедетто (Dario Benedetto), Эмануэле Кальоти (Emanuele Caglioti) и Витторио Лопето (Vittorio Loreto) из Римского университета человека попытались построить филогенетическое древо языков по нашей методике, используя не литературные источники и историю, а 52 текста Декларации прав человека на разных языках. Результат оказался на удивление хорошим для столь небольшого объема

ОБ АВТОРАХ:

Чарльз Беннет (Charles H. Bennet), **Минь Ли** (Ming Li) и **Бин Ма** (Bin Ma) приступили к изучению цепных писем после горной прогулки в окрестностях Гонконга, где Беннет рассказал Ли о своей коллекции. Беннет работает в исследовательском отделе IBM в Йорктаун-Хайтс, штат Нью-Йорк. Он занимается физическими аспектами обработки информации и является соавтором открытия квантовой телепортации. Профессор Университета Ватерлоо, провинция Онтарио, Минь Ли изучает биоинформатику и колмогоровскую сложность. Бин Ма – доцент Университета Западного Онтарио, занимается биоинформатикой и программированием.

СВЯЗИ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Предложенная мера родства может быть использована для решения многих задач. Примененная к митохондриальному геному, она позволяет построить показанное здесь филогенетическое древо млекопитающих. Обратите внимание, что приматы связаны с ферунгулятами гораздо сильнее, чем с грызунами, о чем свидетельствуют многие данные. Традиционные методы дают гораздо менее определенные результаты. В основание древа поставлена курица. Конечно, млекопитающие произошли не от кур, однако и те и другие имеют общего предка среди рептилий.



исходного материала. Одной из самых заметных ошибок было отнесение английского языка к романской группе и вывод о его тесной связи с французским, хотя исторически английский входит в германскую группу языков. Недоразумение возникло из-за появления многочисленных заимствований из французского во время завоевания туманного Альбиона норманнами (пример параллельного пенина).

Другой пример использования данного метода – поиск заимствований (плагиата). Однажды домашние работы двух учащихся оказались нашей программе очень похожими, но их подробный разбор не выявил прямых свидетельств списывания. В интересах эксперимента обоим студентам пообещали простить плагиат в обмен на честное признание в сотрудничестве. Выяснилось, что они обсуждали задание и пути его решения, но до открытого списывания дело не дошло.

Значит, наш алгоритм смог выявить даже неуловимое сходство работ, обусловленное всего лишь совместным обсуждением задачи!

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- An Introduction to Kolmogorov Complexity and Its Applications. Second edition. M. Li and P. Vitanyi. Springer-Verlag, 1997.
- An Information-Based Sequence Distance and Its Application to Whole-Genome Phylogeny. M. Li, X. Chen, J. Badger, S. Kwong, P. Kearney and H. Zhang in Bioinformatics, Vol. 17, No. 2, pages 149–154; 2001.
- Language Trees and Zipping. Dario Benedetto, Emanuele Caglioti and Vittorio Loreto in Physical Review Letters, Vol. 88, No. 4, pages 048702-1–048702-4; January 28, 2002.
- Chain Letter Evolution. Daniel W. VanArsdale.
Доступно на www.silcom.com/~barnowl/chainletter/evolution.html
- Цепные письма и другие материалы, использованные в статье, можно найти по адресу: www.math.uwaterloo.ca/~mli/chain.html
- Обсуждение методов разработки филогенетических древ доступно на helix.biology.mcmaster.ca/721/outline2/node47.html
- Теория сложности Колмогорова обсуждается на сайте www.wikipedia.org/wiki/kolmogorov_complexity
- Программу для выявления плагиата можно скачать с сервера dna.cs.usb.edu/SID/

Автоматизм подобной процедуры – это одновременно и преимущество, и недостаток. С одной стороны, удается получить объективные ответы без привлечения дополнительных сведений (например, без анализа ДНК и ископаемых останков) и учета скорости мутации различных участков генома. С другой стороны, в работе используется не вся доступная информация. Все методы выяснения филогенеза несовершенны, и иногда теоретические построения могут отличаться от того, что происходило на самом деле. Историки, палеонтологи и биологи-эволюционисты должны смириться с тем, что полная правда о прошлом никогда не будет восстановлена, особенно если речь идет об исчезнувших видах. Многие вымершие животные никогда не будут известны, так как не оставили после себя ни ископаемых останков, ни потомков. Точно так же и многие языки исчезли бесследно.

Что же касается цепочных писем, очевидно, многие из них пропадали, когда прерывалась цепь. Как и тексты некоторых пьес Софокла, они, возможно, никогда не будут восстановлены, а об их существовании можно будет догадаться лишь по беспричинному росту безработицы и частым ремонтам дорогих автомобилей в Калифорнии. ■



Адаптивные антенны фокусируют радиоизлучение на отдельных абонентах. Увеличивается дальность действия базовых сотовых станций и полнее используется частотный диапазон.

ХИТРОУМНЫЕ антенны

Мартин Купер

Применение адаптивных антенных решеток позволяет улучшить качество беспроводной связи.

Мы с вами живем в море радиоволн. Невидимая электромагнитная энергия излучается множеством различных источников: радиовышками, телебашнями, станциями сотовой связи, милицейскими рациями... И хотя излучение безвредно для нашего здоровья, оно способно значительно ухудшить нашу способность обмениваться информацией. Излишняя электромагнитная энергия подобна загрязнению атмосферы, поскольку может нарушить важные линии связи. С ростом мощности радиопомех приходится увеличивать мощность радиосигналов, чтобы затем уверенно различать их на фоне электромагнитного шума, который, в свою очередь, становится еще больше из-за повышения интенсивности излучения радиоэлектронных средств связи.

Один из способов борьбы с искусственными помехами – использование в сетях персональной связи специальных антенн, способных отслеживать местоположение абонентов и направлять сигнал непосредственно на приемник, как бы создавая виртуальное проводное соединение с каждым мобильным телефоном. В результате увеличивается мощность принимаемого сигнала и уменьшается уровень помех от других пользователей. Такие приемо-передающие системы обычно называют «умными» антеннами, а самые «умные» из них – это адаптивные

антенные решетки (ААР). Их проектированием занимается компания *ArrayComm*. Каждая ее разработка включает в себя до дюжины близко расположенных антенн и мощный процессор, обрабатывающий принимаемые и передаваемые сигналы. Этой технологией также занимаются *Lucent Technologies*, *Nortel Networks* и другие компании, поскольку она позволяет существенно снизить стоимость и улучшить качество работы беспроводных систем связи. Миллионы пользователей сотовых сетей по всему миру уже оценили преимущества ААР, которые идеально подходят для передачи больших объемов данных и поэтому могут стать основой беспроводного Интернета.

Физика антенн

Чтобы понять, как работают «умные» антенны, необходимо рассмотреть принцип действия обычных. Антенна преобразует электрические токи и напряжения, генерируемые передатчиком, в электромагнитные колебания, которые распространяются в пространстве. Они также принимают такие колебания и вновь преобразуют их в ток и напряжение, обрабатываемые приемником. Простейшие и наиболее распространенные антенны представляют собой металлические стержни определенной длины, излучающие энергию во все стороны

(см. иллюстрацию на стр. 49). Распространяясь, радиоволны затухают и поглощаются препятствиями, такими как воздух, здания или деревья.

Коммерческие телевизионные и радиостанции должны охватывать географически рассредоточенную аудиторию и поэтому излучают сигнал во все стороны. А вот разговор по мобильному телефону предназначен только для одного пользователя. В сети персональной связи абоненты соединены с ближайшей базовой станцией, отвечающей за прием-передачу сигналов в некоторой области, которая называется сотой. Всю зону покрытия можно разделить на соты, и когда пользователь переходит из одной в другую, система автоматически передает управление на соседнюю базовую станцию. В данном случае ▶



Обычно **антенна** сотового телефона **принимает** изменяющуюся во времени **комбинацию** переотраженных **сигналов**, которые могут подавлять или усиливать друг друга.

было бы рациональнее сосредоточивать электромагнитное излучение на каждом конкретном приеме-передатчике, подобно тому, как отражатель в маяке собирает свет лампы в луч. При одинаковой мощности направленный радиосигнал распространяется дальше, чем излученный во всех направлениях. К тому же пространственное разделение каналов связи позволяет снизить уровень перекрестных помех.

Радиоволны можно фокусировать с помощью отражателей, однако они громоздки и дороги. Поэтому инженеры придумали более элегантный способ формирования направленного излучения. Если расположить две антенны на расстоянии в половину длины волны, диаграмма направленности (распределение интенсивности излучения по направлениям) полученной системы будет сверху похожа на цифру восемь (см. средний рис. на стр. 49). Дальше всего радиоволны будут распространяться перпендикулярно антенной решетке (вернее, перпендикулярно линии, соединяющей антенны). В этих направлениях пользователь будет принимать сигналы обеих антенн одновременно (другими словами, оба сигнала будут в фазе), и их мощности будут складываться. Находясь

на линии, соединяющей антенны, абонент получит сигналы со сдвигом по фазе на 180°. Гребни одной волны будут приходиться на впадины другой, поэтому сигналы погасят друг друга.

Разумеется, луч такой антенной решетки слишком широк, но его можно сузить, добавив больше антенн. Такие фазированные антенные решетки (ФАР) используются в радиолокации со времен Второй мировой войны. Увеличение количества антенн позволяет сузить диаграмму направленности, но приводит к появлению маленьких побочных лучей, называемых боковыми лепестками (см. нижний рис. на стр. 49). Из-за интерференции принятый сигнал может быть сильнее или слабее излученного. Усиление или затухание зависит от положения приемника.

Наведение луча

Фокусировка электромагнитного излучения совершенно бесполезна, если его нельзя направить на приемник. Поворачивать антенное полотно сложно и невыгодно, но можно использовать электронное управление лучами и, например, создать с помощью антенной решетки группу наложенных друг на друга лучей, покрыва-

ющих определенную зону (см. рис. на стр. 50). Когда абонент звонит по мобильному телефону, аппаратура базовой станции определяет, какой из лучей обеспечивает наилучший прием сигнала, и использует его для передачи. Если пользователь уходит в зону действия другого луча, система управления переводит канал на новое направление.

На практике переключение лучей работает не так хорошо. Как только мобильный приемник смещается от центра луча (см. рис. на стр. 50), мощность сигнала резко падает и система не успевает переключиться на соседний луч. Если в одном из боковых лепестков появится еще один пользователь, пытающийся занять тот же канал, сигналы могут ослабить и даже подавить друг друга. Есть еще одна сложность: в реальной среде радиосигналы редко распространяются прямолинейно. Обычно ваш телефон принимает комбинацию постоянно изменяющихся переотражений от природных и искусственных объектов – зданий, гор, автомобилей, деревьев и т.д. Это явление, называемое многолучевостью, влияет и на сигналы, передаваемые аппаратом абонента на базовую станцию. Если пользователь находится на краю лепестка, излученный сигнал может попасть в соседний луч еще на пути к антенному полотну. В таком случае система пошлет ответ в неправильном направлении и связь с пользователем прервется.

Очевидно, что для практического применения системы с переключением лучей не подходят. Действительно «умная» антенная система должна уметь направлять луч прямо на пользователя, ▶

ОБЗОР: «ХИТРОУМНЫЕ» АНТЕННЫ

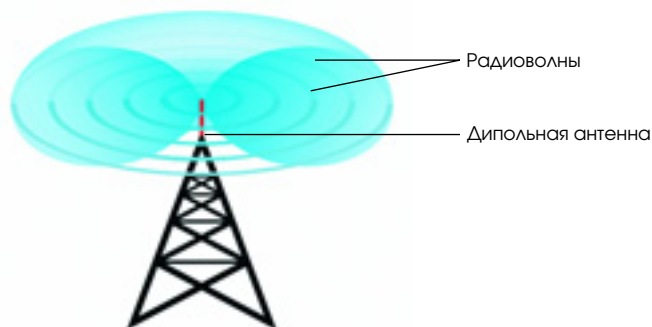
- На базовых станциях сотовой сети желательно устанавливать адаптивные антенные решетки (ААР).
- В состав каждой ААР входит мощный процессор. Цифровая обработка принимаемых и излучаемых сигналов позволяет существенно улучшить качество связи и подавить перекрестные помехи.
- Разработкой ААР занимаются такие компании, как *ArrayComm*, *Navini Networks*, *Lucent Technologies* и *Nortel Networks*.

ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЛУЧА

Направляя сфокусированные радиоволны на сотовые телефоны абонентов, «умные» антенны увеличивают дальность действия приемопередающих станций и снижают уровень перекрестных помех.

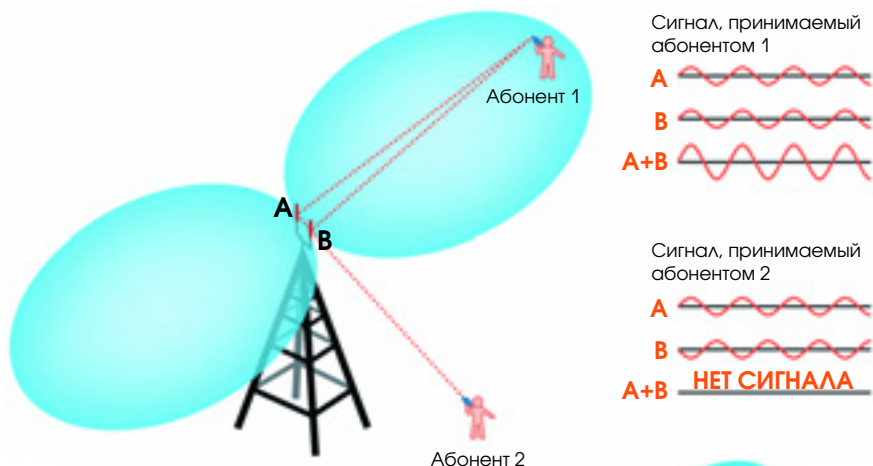
ОБЫЧНАЯ АНТЕННА

Простейшая антенна (диполь) – это металлический прут, излучающий энергию во все стороны. Распространение радиоволн сопровождается их затуханием и поглощением в среде. Дипольные антенны используются в широкоэмиттерных радио- и телепередатчиках.



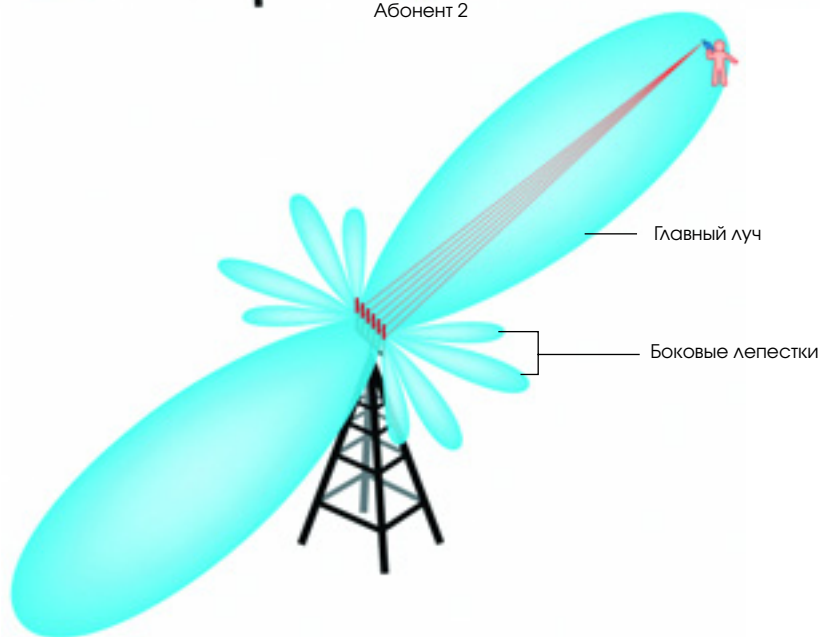
ДВУХАНТЕННАЯ РЕШЕТКА

Представьте две параллельные антенны *A* и *B*, расположенные на расстоянии в половину длины волны излучаемого (принимаемого) сигнала. (В сотовой связи длина волны лежит в пределах от 12 до 37 см.) Пользователь сети, расположенный в направлении, перпендикулярном полотну решетки, получает сигналы обеих антенн одновременно, и их мощности складываются. Для абонента, находящегося на линии, соединяющей антенны, сигнал антенны *A* будет сдвинут на половину периода относительно сигнала антенны *B*. Разность фаз составит 180° , и радиоволны погасят друг друга.



ШЕСТИАНТЕННАЯ РЕШЕТКА

Луч шестиэлементной решетки будет тоньше и мощнее, однако появятся и более мелкие лучи – боковые лепестки.

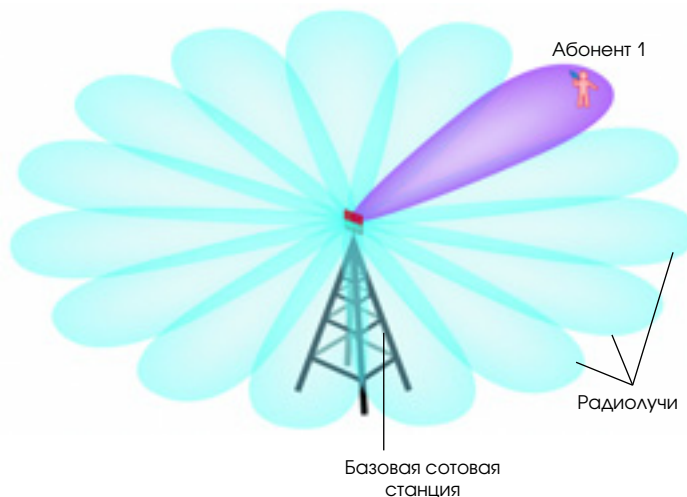


ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛУЧЕЙ

«Умная» антенна должна направлять излучение на приемник абонента. Для этого можно использовать относительно простой, но не лишенный серьезных недостатков метод – переключение лучей.

ВЫБОР ЛУЧА

Для охвата соты антенная система может сформировать несколько частично перекрывающихся лучей (см. справа). Получив сигнал с мобильного телефона, аппаратура базовой станции выбирает наиболее подходящий для связи с абонентом луч (показан фиолетовым).



СМЕШИВАНИЕ СИГНАЛОВ

У схемы с переключением лучей есть серьезный недостаток: луч не всегда точно направлен на аппарат абонента (см. слева). Когда мобильный телефон оказывается на краю луча (абонент 1), мощность сигнала резко падает. Остальные абоненты могут использовать другие лучи на той же частоте (абонент 2). Однако если их сигналы попадают в один из боковых лепестков (абонент 3), связь прерывается из-за перекрестных помех.

а не выбирать ближайший. Идеальная решетка также позволяет изменять форму луча и уменьшать уровень взаимных помех для абонентов, работающих на одной частоте. И последнее: антенна должна отслеживать перемещения пользователя и уметь бороться с переотражениями. Итак, без адаптирующихся антенных систем не обойтись.

Эффект вечеринки

Что делает ААР такими «умными»? Ключевой момент – обработка принятой информации. Рассмотрим процесс обработки звуков мозгом. Человек с нормальным слухом способен определить положение источника звука даже с закрытыми глазами. Спиральные складки наружного уха

резонируют по-разному в зависимости от угла падения звуковой волны. Когда источник звука находится не точно спереди, сзади, сверху или снизу, звук достигает одного уха быстрее, чем другого. Обработав информацию о временной задержке между сигналами, мозг принимает решение о расположении источника.

Более того, люди с нормальным слухом различают тихие звуки на фоне громкого шума (так называемый эффект вечеринки). Исследования показали, что способность концентрироваться на определенном звуке во многом определяется возможностью определения его источника. В проведенных экспериментах слушающие обоими ушами различали более тихие звуки, чем слушающие одним ухом.

Определив положение источника звука, мозг может сфокусироваться на нем и отфильтровывать ненужный шум (пространственная избирательность).

Аналогично адаптивная антенна способна определять, откуда пришел сигнал, и усиливать его, игнорируя остальные. Мозг антенны – это цифровой процессор, обрабатывающий принятые сигналы. В состав типичной ААР входят от 4 до 12 антенн, разнесенные на половину длины волны. Обычно сигналы с обеих антенн просто складываются друг с другом, а в адаптивной решетке они поступают в процессор, который может производить с ними любые математические операции. Допустим, решетка

ориентирована с севера на юг, а сигнал сотового телефона приходит с востока (см. верхний рис. на стр. 52). Программа определяет, что сигнал поступает на обе антенны одновременно, значит, направление на абонента перпендикулярно решетке и сигналы обеих антенн нужно сложить. Передавая данные, система излучает с обеих антенн волны с одинаковой фазой, формируя луч, идентичный лучу обычной двухантенной решетки.

Теперь представьте, что аппарат другого пользователя находится на юге (см. средний рис. на стр. 52). Поскольку разность фаз волн, приходящих на северную и южную антенну, составляет 180°, ААР определит, что сигнал пришел с направления, параллельного полотну. Прежде чем сложить сигналы с разных антенн, процессор инвертирует один из них (превращает спады в подъемы и наоборот), устраняя разность фаз. Когда система посылает сигнал абоненту, на одну из антенн подается сигнал с измененной фазой и таким образом формируется луч с севера на юг. Заметьте, что в обоих примерах луч, сгенерированный для одного из пользователей, не будет принят другим. Поэтому абоненты могут работать с ААР в одном радиочастотном канале, и их сигналы не будут мешать друг другу. Процессор может формировать лучи, направленные

в любую сторону, и производить гораздо более сложные математические операции с сигналами, поступившими от антенн. Итак, задача избирательного приема (передачи) сводится к решению системы уравнений. Чтобы направлять луч на движущийся приемопередатчик, процессор должен периодически решать уравнения с учетом новых принятых данных.

Добавление антенн позволяет повысить разрешающую способность и усиление сигнала (см. нижний рис. на стр. 52). Решетка из 12 антенн способна принять в 12 раз более слабый сигнал, чем единичная антенна, а передаваемый ею сигнал будет в 12 раз мощнее за счет фокусировки. Обработывая сигналы антенн, процессор может придавать лепесткам необходимую форму, обеспечивая максимально возможное усиление сигнала и подавление помех на той же частоте.

Быстродействие процессора позволяет осуществлять манипуляции с сигналом множество раз в секунду, поэтому система может регулировать радиолуч во время движения пользователя. Отражения сигнала от транспорта или зданий не вызывают внезапных изменений направления луча. Отслеживая перемещения мобильного передатчика, ААР предугадывает его местоположение и игнорирует внезапные резкие изменения траектории.

Самые продвинутые адаптивные решетки справляются с эффектом многолучевости, не выпуская источника сигнала из виду. Процессорной мощности таких систем достаточно, чтобы собирать информацию от всех отраженных сигналов, прошедших от сотового телефона до полотна антенны различными путями. Включив их в математические расчеты, процессор рассчитывает не только направление прихода сигнала, но и точное местоположение абонента. В городе, в условиях многочисленных переотражений, ААР поддерживает связь с небольшой «радиосотой» радиусом в несколько сантиметров, окружающей пользователя и перемещающейся вслед за ним.

Достоинства и область применения

Сотовые сети, использующие адаптивные антенны, имеют ряд преимуществ перед традиционными. Поскольку при той же мощности базовая станция, оснащенная ААР, имеет большую дальность действия, для покрытия заданной области требуется меньше станций. Хотя адаптивные антенны дороже традиционных, уменьшение количества базовых станций существенно снижает итоговую стоимость развертывания и обслуживания сети. ▶

ОБ АВТОРЕ:

Доктор технических наук **Мартин Купер** (Martin Cooper) был первым человеком, воспользовавшимся сотовым телефоном. 3 апреля 1973 г. он, тогда еще 44-летний управляющий проектами компании *Motorola*, протестировал прототип сотовой системы и позвонил конкурентам в лабораторию *AT&T Bell*. 10 лет спустя *Motorola* выпустила первый коммерческий сотовый телефон *DynaTAC 8000X* весом почти 1 кг и стоимостью \$3 500. 29 лет Купер возглавлял пейджинговое и сотовое подразделения корпорации, в то же время занимая должность корпоративного директора по исследованиям и развитию. Покинув *Motorola* в 1983 г., он организовал компанию *Cellular Business Systems*, а в 1992 г. стал соучредителем фирмы *ArrayComm*, занимающейся разработкой «умных» антенн.



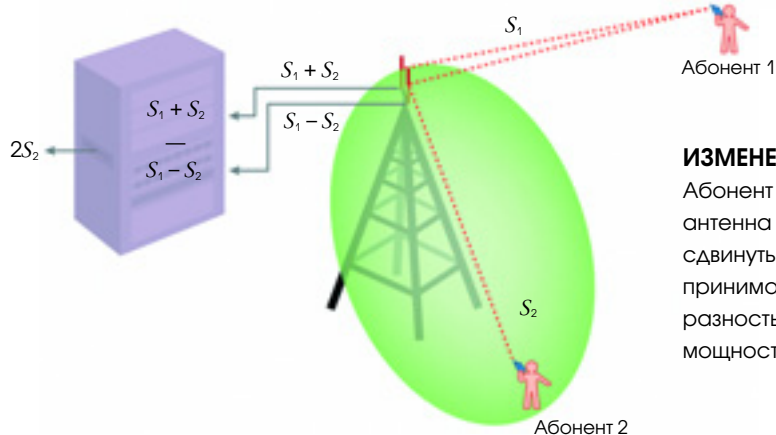
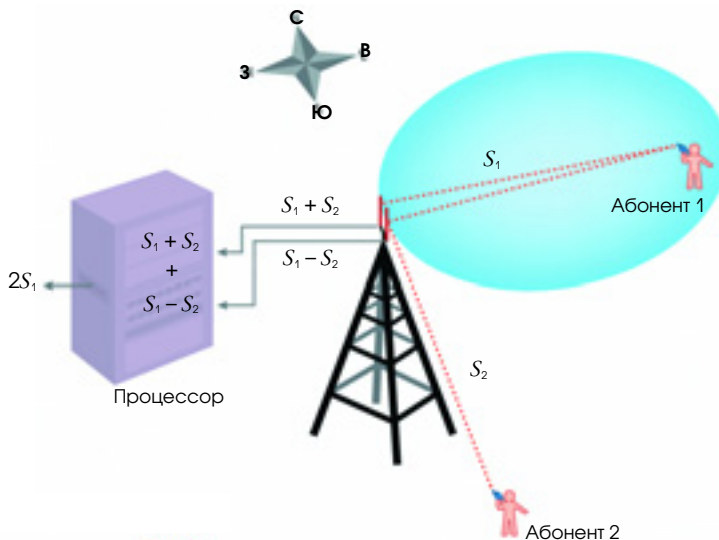
Мартин Купер, отец сотовой связи

АДАПТИВНЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ

В адаптивных антенных решетках для обработки входящих и излучаемых сигналов используются мощные цифровые процессоры.

НАЦЕЛИВАНИЕ ЛУЧА

Простейший пример ААР – две антенны, разнесенные на половину длины волны. Излучение от абонента 1 достигает их одновременно, и аппаратура определяет, что оно пришло с востока. Процессор суммирует принятые антеннами сигналы, мощности которых складываются, а посторонний сигнал от абонента 2 подавляется.

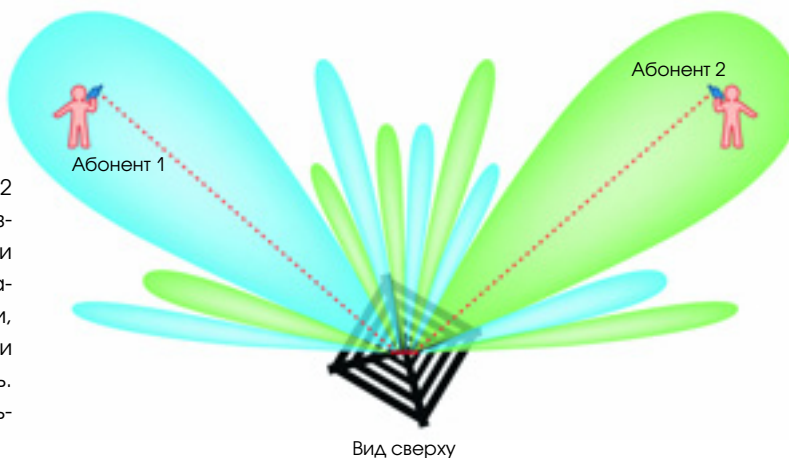


ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Абонент 2 находится к востоку от станции, и одна антенна принимает сигнал его передатчика (S_2) сдвинутым по фазе на 180° относительно сигнала, принимаемого другой ($-S_2$). Процессор находит разность сигналов и, таким образом, увеличивает мощность S_2 и избавляется от S_1 .

ДВА ЗВОНКА ОДНОВРЕМЕННО

На практике ААР включает в себя от 4 до 12 элементарных антенн. Процессор производит сложные математические операции с принимаемыми и излучаемыми сигналами, чтобы радиолуч и боковые лепестки, сформированные для абонента 1 (синий) и абонента 2 (зеленый), не накладывались. Поэтому, работая на одной частоте, пользователи не создают друг другу помех.



ААР позволяют полнее использовать частотный диапазон, выделенный данной компанией. Многие сотовые системы оказываются перегруженными, когда абонентских запросов становится больше, чем выделенных частотных каналов. Звонки пользователей аннулируются или ухудшается качество сигнала. Использование адаптивных антенн позволяет нескольким абонентам

станцию с использованием адаптивных антенн разрабатывает и британская компания *Marconi*.

ААР эффективно используются в беспроводных сетях передачи данных. Поскольку взаимные помехи минимизируются, появляется возможность передавать большие объемы информации в заданном спектральном диапазоне. Усовершенствованная базовая

высокоскоростного доступа в Интернет на природе и во время путешествий.

С конца 1990-х гг. представители телекоммуникационных компаний расхваливают преимущества беспроводного Интернета. Новые сети развиваются медленнее, чем ожидалось, но все же прогресс налицо. Постепенно вводятся в эксплуатацию беспроводные сети 3-го

Внедрение «умных» антенн приводит к увеличению спектральной емкости систем мобильной связи, так как **ПОЗВОЛЯЕТ** нескольким абонентам **ИСПОЛЬЗОВАТЬ ОДИН ЧАСТОТНЫЙ КАНАЛ.**

в пределах одной соты задействовать один частотный канал, в результате чего возрастает спектральная емкость системы. Преимущества над обычными антеннами очевидны: адаптивная система обслуживает в 6 раз больше голосовых соединений и в 40 раз больше каналов для передачи данных. В конечном итоге качество обслуживания возрастает, а уровень помех падает. При этом удастся сократить затраты энергии и избежать чрезмерного засорения радиоэфира.

Неудивительно, что адаптивные антенные решетки уже введены в коммерческую эксплуатацию. Антенны *ArrayComm* установлены на 150 тыс. базовых станций в Японии, Китае, Таиланде и других странах Азии и Африки и обеспечивают связь более 15 млн. человек. Коммерческое использование решеток в США и Европе развивается медленнее из-за экономического спада в сфере телекоммуникаций и сокращения потока инвестиций в эту отрасль. В США базовые станции с использованием технологии *ArrayComm* производит компания *Airnet*. Улучшенную базовую

станция способна передавать данные 40 абонентам на скорости 1 Мбит/с, что примерно в 20 раз быстрее, чем в типичной беспроводной системе. Поскольку в каждый момент времени лишь немногие пользователи сети нуждаются в большой пропускной способности канала, одна станция может обслуживать несколько тысяч абонентов. Обладатели ноутбуков и других портативных устройств получают возможность постоянного

поколения 3G, в которых используется пакетная передача данных. Многие крупные производители телекоммуникационного оборудования успешно внедряют технологию ААР в свои разработки.

С того дня, как Александр Белл изобрел телефон, голос в основном передается по медным проводам и коаксиальным кабелям. Сейчас можно с уверенностью сказать: мы готовы скинуть медные пути. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

- Review of the Cocktail Party Effect. Barry Arons in Journal of the American Voice I/O Society, Vol. 12; July 1992.

Доступно на xenia.media.mit.edu/~barons/cocktail.html

- Intelligent Antennas: Spatial Division Multiple Access. Martin Cooper and Marc Goldberg in 1996 Annual Review of Communications, pages 999–1002.

Доступно на www.arraycomm.com/Company/spatial-division.pdf

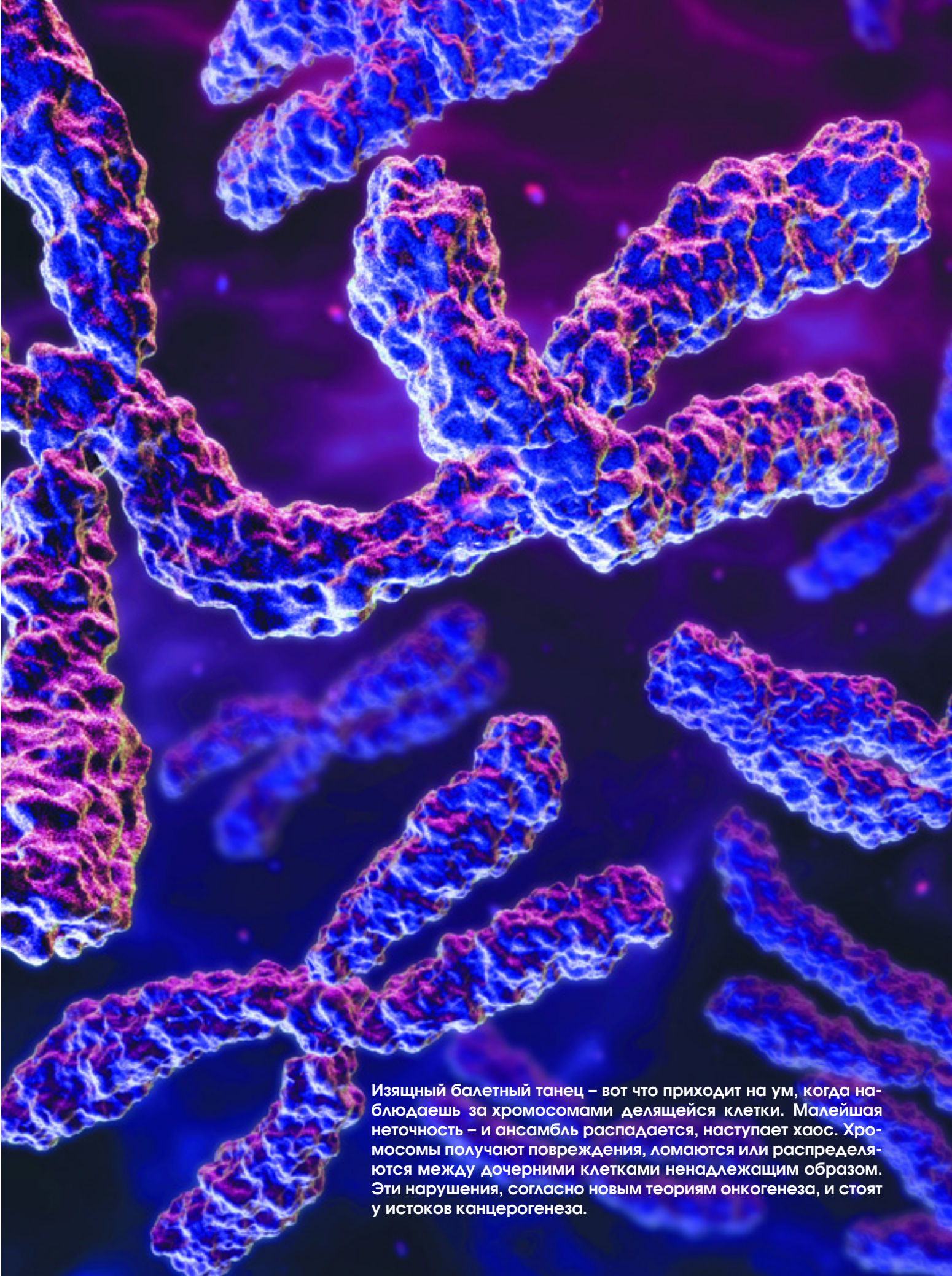
- A Layman's Guide to Cellular. Martin Cooper in 1996 Annual Review of Communications, pages 993–997.

Доступно на www.arraycomm.com/Company/laymans-guide.pdf

- Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications. Joseph C. Liberti and Theodore S. Rappaport. Prentice Hall, 1999.

- Дополнительная информация об «умных» антеннах:

www.arraycomm.com/Company/white_pages.html



Изящный балетный танец – вот что приходит на ум, когда наблюдаешь за хромосомами делящейся клетки. Малейшая неточность – и ансамбль распадается, наступает хаос. Хромосомы получают повреждения, ломаются или распределяются между дочерними клетками ненадлежащим образом. Эти нарушения, согласно новым теориям онкогенеза, и стоят у истоков канцерогенеза.

рак: КАК РАСПУТАТЬ КЛУБОК?

Уэйт Гиббс

Результаты последних исследований опровергают устоявшуюся теорию онкогенеза и помогают находить новые способы борьбы с раком.

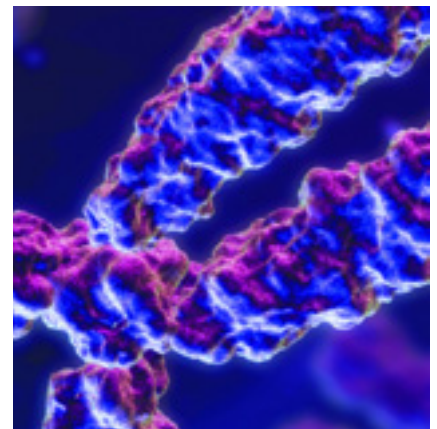
Отчего возникает рак? Большинство скажет – оттого, что люди слишком много курят, загорают, злоупотребляют алкоголем или неправильно питаются. Возможно, кто-то назовет папилломавирусную инфекцию, часто предшествующую развитию рака шейки матки, или асбестоз (заболевание, обусловленное долговременным вдыханием асбестовой пыли). Все вышесказанные факторы, несомненно, имеют отношение к развитию рака, но не являются его первопричиной. Непосредственной же причиной может быть сочетание различных повреждений и расстройств, которые индуцируют превращение нормальных клеток в злокачественные, быстро растущие и распространяющиеся по всему организму, как сорняки.

Десять лет назад многие генетики были уверены, что разгадали тайну рака. Они считали, что он возникает вследствие накопления мутаций в специфических участках клеточной ДНК, приводящих к образованию дефектных белков. Мутации затрагивают два типа генов, ассоциированных с раком. Во-первых, гены-онкосупрессоры, в норме ограничивающие способность

клеток к делению и выходящие из строя под действием мутаций. Во-вторых, онкогены, которые, напротив, стимулируют клеточное деление и под действием мутаций активируются.

Немало ученых до сих пор уверены, что именно мутации запускают бесконтрольное деление клеток и являются виновниками абсолютно всех онкологических заболеваний. Но есть специалисты, у которых эта теория вызывает сомнения. То, что у истоков развития рака лежат аномалии в ДНК – очевидно. Но по мере того как биологи все глубже проникают в суть онкогенеза, они обнаруживают все больше аномалий в ядрах клеток, еще не ставших раковыми, но уже вступивших на этот путь. В них утрачиваются или, наоборот, дублируются целые хромосомы, каждая из которых содержит 1000 и более генов. Также часто меняются места, укорачиваются или сливаются крупные области хромосом, подвергается химическим модификациям ДНК или гистоны (белки, связанные с хромосомной ДНК), в результате чего выключаются важные гены. Однако эти модификации обратимы и не имеют ничего общего с мутациями.

Исходя из полученных данных были созданы три теории канцерогенеза, отличные от общепринятой. В их основе лежат разные представления об очередности изменений в генетическом материале и о том, какие из них в первую очередь отвечают за растянутый на многие годы процесс злокачественной трансформации клеток и за превращение здоровой ткани в агрессивную метастазирующую опухоль. Все оппоненты сходятся в том, что рак – это результат хаотического процесса, некоей комбинации закона Мерфи и закона Дарвина: если неприятность может случиться, то она непременно ▶



случается, а в условиях конкуренции выживают наиболее приспособленные. Однако на способы лечения онкологических заболеваний они смотрят по-разному. Одни полагают, что развитие рака можно предотвратить, проводя тщательный масштабный скрининг, соблюдая надлежащую диету и используя новые лекарственные препараты. Другие ученые не возлагают на эти меры больших надежд.

только при наличии у клетки сразу нескольких необычных свойств. Как утверждает Роберт Уэйнберг (Robert Weinberg) из Массачусетского технологического института, «чтобы нормальная клетка вышла из-под контроля, должен произойти сбой сразу в пяти или шести регуляторных системах». Он считает, что всем угрожающим жизни формам рака присущи по крайней мере шесть особенностей.

бирают другой путь, позволяющий им избежать апоптоза: они «нарастают» близлежащие кровеносные сосуды, создавая из них целую сеть, которая обеспечивает их всем необходимым.

Еще одна особенность злокачественных новообразований заключается в том, что почти все они «бессмертны». Нормальные человеческие клетки в культуре делятся от 50 до 70

Клетки солидных опухолей выглядят так, будто в их ядре кто-то привел в действие взрывное устройство.

Отличительные особенности злокачественных опухолей

Любая теория онкогенеза должна объяснять две вещи: почему рак возникает в основном у пожилых людей и почему его жертвами становятся не все. По оценкам биологов, за поддержание жизнеспособности организма человека в течение всей его жизни (в среднем 80 лет) отвечают более 10 миллионов миллиардов клеток. И если предположить, что любая из них может превратиться в раковую, то почему процесс доходит до опасной черты менее чем у половины населения Земли?

Одно из объяснений состоит в том, что такое изменение происходит

Например, если нормальные покоящиеся клетки начинают делиться только когда к ним поступает соответствующий сигнал (скажем, от своих соседей), то раковые делятся бесконтрольно и не останавливаются, даже получив стоп-сигнал от окружающих клеток или от собственной регуляторной системы, запускающей апоптоз.

Делясь снова и снова, они образуют колонии, которые в конце концов оказываются вне пределов досягаемости кровеносных сосудов, снабжающих их кислородом и питательными веществами. В нормальных клетках в условиях дефицита запускается механизм самоуничтожения, раковые же вы-

раз. Этого достаточно для того, чтобы человек жил до 100 лет. Большинство опухолевых клеток быстро погибает, поскольку имеет серьезные генетические дефекты, но выжившие делятся бесконечно долго. Отчасти за это отвечает их способность синтезировать теломеразу – фермент, обеспечивающий репликацию концевых участков хромосом (теломер). В большинстве нормальных соматических клеток человека теломераза отсутствует, с каждым клеточным циклом теломеры укорачиваются, и в конце концов клетки погибают.

Все перечисленные особенности опухолевых клеток малопривычны, но не смертельны. Губительной же является их способность сначала проникать в прилегающие ткани, а затем распространяться по всему организму, образуя очаги новых опухолей – метастазы. Если опухоль имеет ограниченную инвазивность, то ее можно удалить, но так бывает далеко не всегда, и девять из десяти раковых больных погибают. По-видимому, лишь небольшая часть из всей массы клеток опухоли отделяется от нее, попадает в кровотоки и дает начало новой колонии где-нибудь совсем в другой части тела. К несчастью, когда у больного диагностируют рак, метастазы уже присутствуют. В США такая ситуация

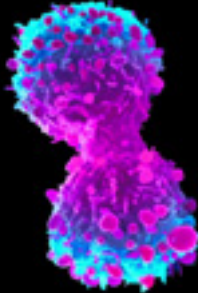
ОБЗОР: КАК ВОЗНИКАЕТ РАК

- Рак – это заболевание, имеющее генетическую природу. Изменения в клеточной ДНК могут наделять клетку поистине дьявольской силой – способностью расти где угодно и делиться сколько угодно.
- Большинство ученых придерживаются давно сложившейся точки зрения, что в основе злокачественной трансформации лежат мутации в относительно небольшом числе специфических генов.
- Недавно появились альтернативные теории онкогенеза. Согласно одной из них, нарушения в системе дупликации или репарации ДНК способствуют накоплению в одной клетке многих тысяч мутаций. Вторая теория полагает, что мутации происходят в небольшом числе «главных» генов, но приводят к поломкам хромосом, имеющим роковые последствия. В основе третьей теории лежит предположение о том, что первый шаг на пути к злокачественной трансформации клетки – ошибка при цитокинезе.

ДЬЯВОЛЬСКАЯ СИЛА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ

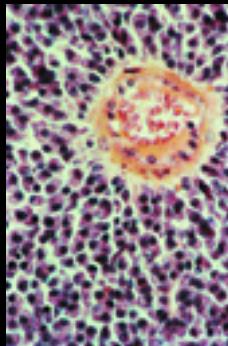
1. Делятся даже в отсутствие сигнала, запускающего этот процесс

Большинство нормальных клеток начинают деление только после того, как получают соответствующую команду. Раковые клетки (справа) часто имитируют собственный сигнал, оповещающий их о переходе к делению.



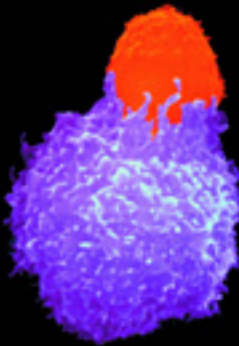
2. Игнорируют «стоп»-сигнал, посылаемый соседними клетками

Разрастаясь, опухоль (желтый цвет) сдавливает прилегающие ткани. Их клетки посылают во все стороны химические сигналы тревоги; нормальные клетки в ответ на них прекращают деление, а опухолевые сигналы игнорируют.



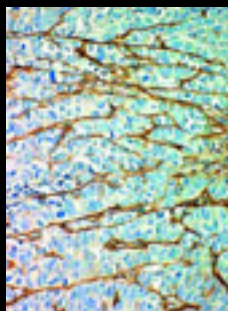
3. Обходят механизмы саморазрушения

Когда в нормальной клетке накапливается слишком много генетических дефектов, срабатывает внутренний механизм саморазрушения. Раковые клетки (сиреневый цвет) обходят этот механизм, хотя иногда антитела, вырабатываемые иммунной системой (оранжевый цвет), разрушают их.



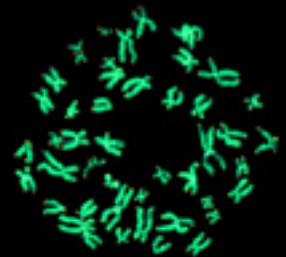
4. Провоцируют образование сети новых кровеносных сосудов

Опухоли нуждаются в кислороде и питательных веществах. Для этого они создают целую сеть ответвлений от проходящих рядом кровеносных сосудов (коричневый цвет).



5. Живут неограниченно долго

Нормальные клетки претерпевают не более 70 делений. Раковым же клеткам этого недостаточно. Чтобы увеличить продолжительность жизни, они прибегают к различным ухищрениям, например, предотвращают укорочение теломер (желтый цвет), концевых участков хромосом.



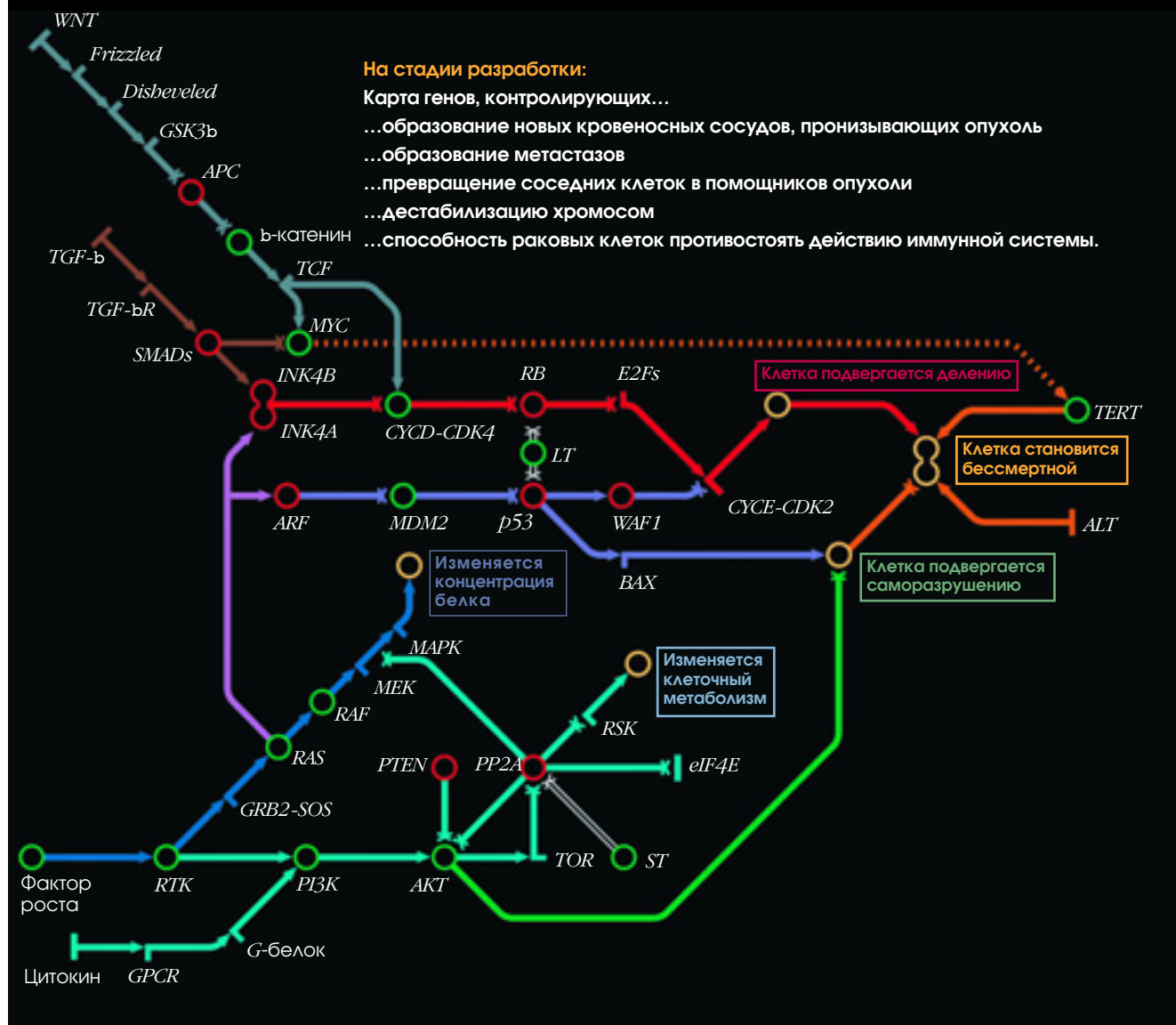
6. Обладают способностью проникать в соседние ткани и распространяться по всему организму

Опухоль становится смертельно опасной только после того, как преодолевает все клеточные барьеры и выходит за пределы ограниченной области в том органе, где она возникла. Появляются новые очаги злокачественного роста (оранжевый и желтый цвета).



Clockwise from top right: CHRIS JONES Corbis; PETER LANSDORP University of British Columbia; SCIENCE PHOTO LIBRARY; FRANK LYNCH Gatteflek Molecular Laboratories; ANDREJ SILJINSKY/SPL; CNRI/SPL; SPL

КАРТА МУТАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С КАНЦЕРОГЕНЕЗОМ



В клетках злокачественных новообразований обнаруживается свыше 100 мутантных генов. Согласно общепринятой точке зрения, в норме белки, кодируемые генами-онкосупрессорами (красные кружки) и онкогенами (зеленые кружки), взаимодействуя друг с другом, образуют сложную сеть, которая контролирует функционирование клеток. Мутации разрывают элементы этой сети (крестики) или, наоборот, чрезмерно активируют их (стрелки), подталкивая клетки к бесконтрольному делению. На схеме указана лишь малая часть генов, мутации в которых могут вызывать рак. На самом деле их неизмеримо больше, а потому очень трудно установить, какие именно являются необходимыми и достаточными для возникновения рака.

характерна для 72% больных раком легких, 57% больных раком прямой кишки, 34% больных раком молочной железы. Прогноз для них неутешителен.

Очередность нарушений

Если бы ученые располагали информацией обо всей цепочке событий,

которые происходят в клетке, ступившей на роковой путь (начиная с воздействия на ее ДНК), врачи могли бы диагностировать рак на самых ранних стадиях. Что касается конечного результата – признаков, которые приобретает пораженная клетка, – то никаких разногласий между учеными нет.

Предмет дискуссий – «движущая сила» процесса и очередность ключевых событий.

Последние 25 лет господствовало мнение, что рост опухолей происходит скачкообразно и представляет собой череду мутаций и последующих периодов интенсивного деления

раковых клеток. Одни мутации состоят в делециях или повреждениях генов-онкосупрессоров (наиболее известные из них – гены *RB*, *p53* и *APC*), в результате чего прекращается синтез белков, в норме обеспечивающих целостность генома и правильность клеточного деления. Другие – повышают активность онкогенов (например, генов *BRAF*, *c-fos* или *c-erbB3*), продукты которых подстегивают деление клеток.

Ускоренное деление клеток, несущих подобные мутации, дает им преимущество перед соседними, нормальными. Каждая мутантная клетка передает свою поврежденную ДНК дочерним клеткам, те своим потомкам и т.д. Так образуется целая армия идентичных клеток, растущая до определенного предела. Затем в одном из генов, ассоциированных с раком, происходит следующая случайная мутация, устраняется еще один барьер на пути бесконтрольного деления, и бурный рост опухоли возобновляется.

В норме клетки содержат по две копии каждой хромосомы: одна из них унаследована от отца, другая – от матери. Таким образом, каждый ген в клетке представлен двумя копиями (аллелями). (Исключение составляют мужские половые клетки, где хромосомы *X* и *Y* присутствуют в единственном числе.) Для того чтобы запустить непрерывный синтез белка (продукта онкогена), достаточно, чтобы мутация произошла в одном из аллелей этого гена. Но чтобы полностью вывести из строя ген-онкосупрессор, должны возникнуть мутации в обоих его копиях. Для трансформации любой клетки достаточно 4–10 мутаций в соответствующих генах.

Мутационная теория онкогенеза получила всеобщее признание, поскольку хорошо объясняла те явления, которые наблюдали ученые в экспериментах на генетически модифицированных мышах и клетках человека в культуре. Но появление новых технологий дало возможность исследовать геном раковых и предраковых клеток, взятых непосредственно от

человека. И тогда обнаружилось множество несоответствий с теорией, согласно которой первопричиной абсолютно всех онкологических заболеваний являются мутации в специфических генах.

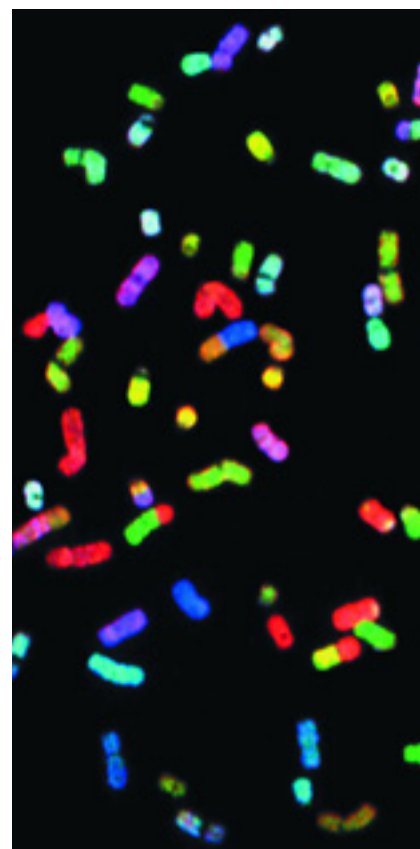
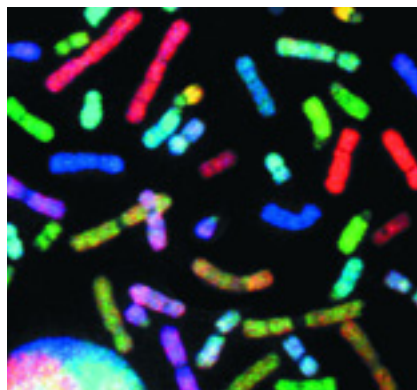
Факты, не нашедшие объяснений

В апреле Мухаммед Аль-Хадж (Muhammad Al-Hajj) из Мичиганского университета в г. Анн-Арбор сообщил, что ему удалось идентифицировать характерные особенности немногочисленной группы клеток из раковой опухоли молочной железы, обладающих способностью индуцировать образование новых опухолей. У иммуносупрессированных мышей, которым инъецировали всего 100 таких клеток, спустя короткое время развился рак. Десятки сотен других клеток, выделенных из девяти опухолей того же типа, но не обладающих характерными особенностями, о которых упоминал

Аль-Хадж, такого эффекта не дали. «Это первый случай, когда подобные клетки были выделены из солидных опухолей», – замечает Джон Дик (John E. Dick), биолог из Торонтского университета, идентифицировавший аналогичные клетки для другого онкологического заболевания – лейкоза.

Он считает весьма заманчивым предположение, что как раз эта небольшая фракция раковых клеток отвечает за разрастание опухоли и образование метастазов, а следовательно, и за гибель больных. Если эта гипотеза подтвердится, то мутационной теории будет нанесен удар. Если мутации, возникшие в клетке, действительно передаются всем ее потомкам и обеспечивают им преимущество перед нормальными клетками, то почему особенно агрессивными оказываются только некоторые из них? Получается, что большинство опухолей не является однородной массой идентичных клеток. Более детальный анализ показывает, ▶

Хромосомные aberrации, характерные для раковых клеток, могут приводить к одномоментному изменению дозы тысяч генов. В нормальной клетке (внизу) присутствует по паре каждой из 22 обычных хромосом (они окрашены в разные цвета) и две половые хромосомы. В раковой клетке (справа) одни хромосомы имеют нехарактерные для них плечи (разноцветные полоски слева), у других они отсутствуют (синий цвет), у третьих наблюдается отличное от нормального число копий (ярко-зеленый цвет).



ЧЕТЫРЕ ТЕОРИИ КАНЦЕРОГЕНЕЗА

Многие годы считалось, что в основе канцерогенеза лежит возникновение мутаций в специфических генах, в результате которых выводятся из строя гены-онкосупрессоры и активируются онкогены. Позже появились

еще три теории. Одна из них – модификация ранее существовавшей теории, в которой постулируется быстрое накопление мутаций по всему клеточному геному и переход клетки в предраковое состояние. В основе двух

ОБЩЕПРИНЯТАЯ ТЕОРИЯ

Гены-онкосупрессоры
APC, *p53*, *RB*

Онкогены
c-fos, *BRAF*, *c-erbB3*

1. **Канцерогены** (например, УФ-лучи или табачный дым) вызывают повреждение в нуклеотидной последовательности генов, ассоциированных с раком.

2. Мутации в генах-онкосупрессорах останавливают синтез белков, в норме подавляющих деление клеток, и последние начинают бесконтрольно делиться.

3. Мутации в онкогенах запускают синтез белков, стимулирующих деление клеток в условиях, при которых они в норме остаются в состоянии покоя.

ВИДОИЗМЕНЕННАЯ ТЕОРИЯ

1. Какой-либо фактор выводит из строя гены, обеспечивающие безошибочную репликацию ДНК или ее репарацию.

Ген, отвечающий за репарацию ДНК

2. По мере деления клетки появляются все новые и новые мутации. В конце концов их число достигает сотен тысяч, и среди них те, которые затрагивают гены, ассоциированные с раком.

РАННЯЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ

1. Какой-либо фактор выключает один или несколько «главных» генов, отвечающих за цитокinesis.

2. При расхождении хромосом возникают ошибки. Дочерные клетки получают больше или меньше хромосом, чем в норме, у некоторых отсутствуют плечи или имеются лишние сегменты. С каждым раундом деления аберрации становятся все более серьезными.

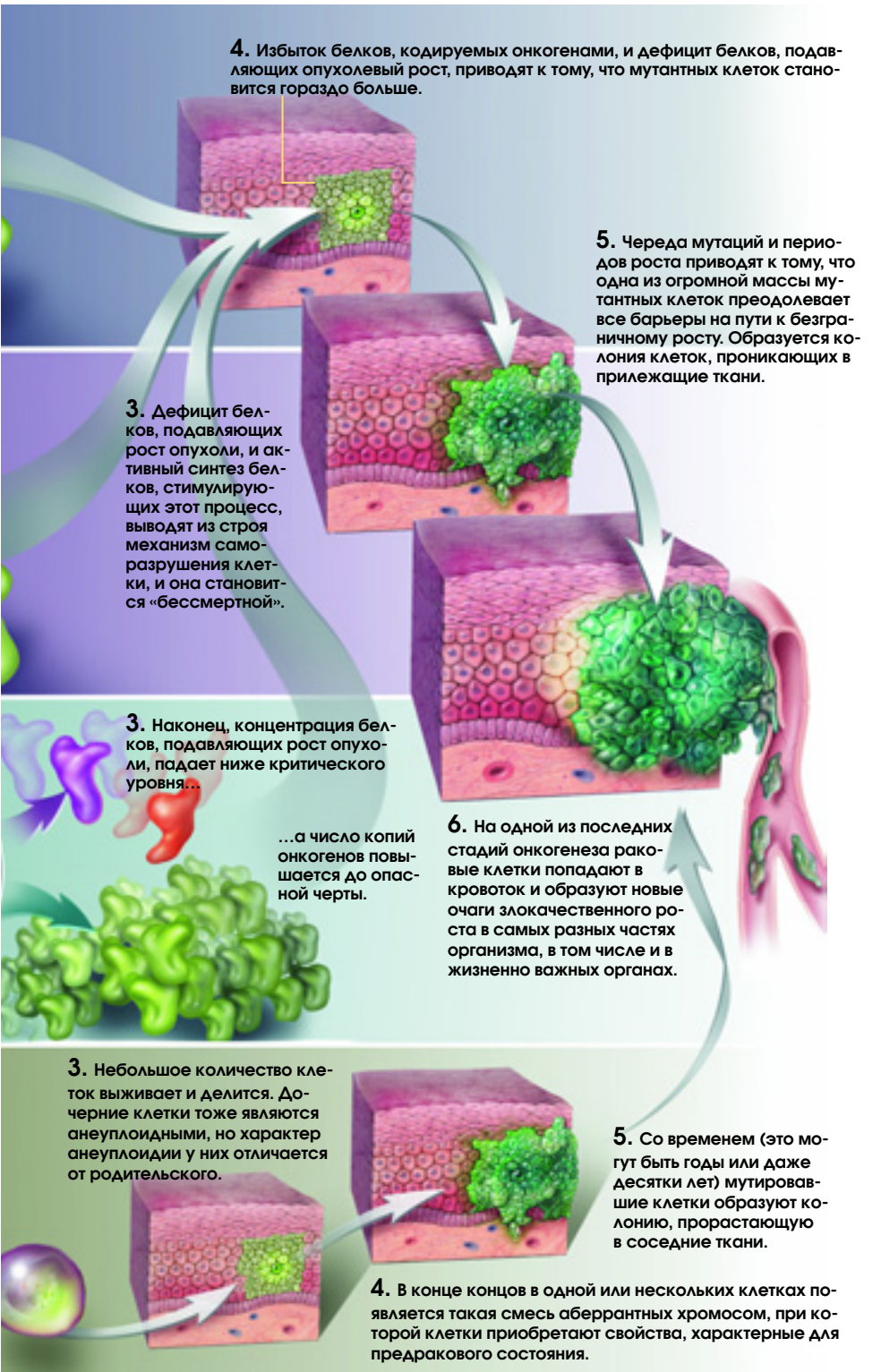
По мере утраты сегментов хромосом и добавления других изменяется доза генов.

АНЕУПОИДИЯ

1. Ошибка при цитокinesis приводит к появлению анеуплоидных клеток.

2. Транслокации сегментов хромосом и утрата ими крупных сегментов изменяет относительную дозу тысяч генов. «Команда» ферментов, в норме поддерживающих дупликацию ДНК и ее стабильность, распадается. Большинство анеуплоидных клеток погибает.

других теорий лежит анеуплоидия – крупные перестройки хромосом. Они могут привести вначале к дестабилизации генома, а затем к мутациям в генах, ассоциированных с раком, либо «запустить» процесс любым другим способом.



что опухолевые клетки обладают удивительным генетическим разнообразием. Некоторые из них настолько отличаются от нормальных (а также от других клеток этой же опухоли), что их можно считать клетками другого типа.

Некоторые гены, ассоциированные с раком (например ген *p53*), действительно несут мутации в большинстве опухолей. Но многие другие гены подобного типа почти повсеместно остаются интактными. Дэвид Сидрански (David Sidransky) из Медицинской школы Университета Джонса Гопкинса исследовал ДНК клеток 476 опухолей разного типа. По его данным, онкоген *BRAF* содержит нарушения в клетках 2/3 опухолей папиллярного рака щитовидной железы, при этом клетки других типов опухолей не несут в этом гене никаких мутаций.

Некоторые ассоциированные с раком гены, наиболее часто подвергающиеся мутациям, ведут себя на удивление непоследовательно. Берт Фогельштейн (Bert E. Vogelstein) из Университета Джонса Гопкинса обнаружил, что самые изученные онкогены *c-fos* и *c-erbB3* в опухолевых клетках не столь активны, как в здоровых. А ген-онкосупрессор *RB* в клетках некоторых злокачественных опухолей прямой кишки не только не инактивирован, но и проявляет гиперактивность и, по-видимому, защищает эти опухоли от их собственных механизмов самоуничтожения.

Гипотеза «двухударного механизма», согласно которой инактивироваться должны оба аллеля гена-онкосупрессора, теперь тоже подвергается сомнению. При некоторых формах рака гены-онкосупрессоры вообще не несут мутаций. Просто они работают менее эффективно, но и этого оказывается достаточно, чтобы подтолкнуть клетку к роковому шагу. Сегодня такое поведение прослеживается у дюжины генов-онкосупрессоров (на самом деле их численность больше). Наличие или отсутствие белкового продукта гена-онкосупрессора еще ни о чем не говорит, важно его количество.

ОСНОВНЫЕ ВЕХИ В ЭВОЛЮЦИИ ТЕОРИЙ КАНЦЕРОГЕНЕЗА



Бовери

1914 г. Теодор Бовери высказал предположение, что нарушения в хромосомах могут приводить к возникновению рака.



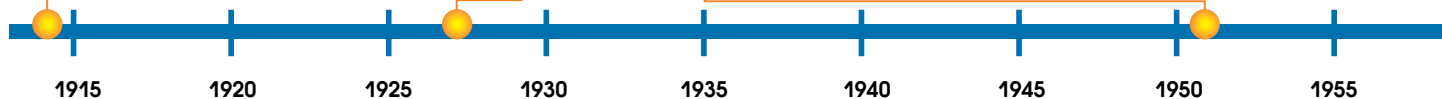
Мюллер

1927 г. Герман Мюллер обнаружил, что ионизирующая радиация вызывает мутации

1951 г. Мюллер предложил теорию, согласно которой за злокачественную трансформацию клеток отвечают мутации.

1971 г. Альфред Кнудсон (Alfred Knudson) объяснил различия в частоте встречаемости наследственной и ненаследственной форм рака сетчатки (ретинобластомы) тем, что для мутации в гене *RB* должны быть затронуты оба его аллеля, причем одна из мутаций должна быть наследуемой.

1960 г. Было сделано открытие – за возникновение хронического миелолейкоза отвечает обмен участков хромосом 9 и 22.



Если не мутации, то что же?

Сегодня ученых в большей степени интересуют не мутационные изменения нуклеотидной последовательности ДНК, а другие нарушения, которые могут приводить к существенному отклонению от нормы содержания в клетке определенных белков. К их числу относятся: утрата целой хромосомы или появление лишней (или их частей), несущей специфический ген; изменение концентрации белков, участвующих в регуляции транскрипции и трансляции определенного гена, а также эпигенетический феномен, при котором обратимым образом изменяется активность гена. Все эти нарушения обнаруживаются в клетках подавляющего числа опухолей.

«Клетки большинства солидных опухолей выглядят так, будто в их ядре кто-то привел в действие взрывное устройство, – говорит Уэйнберг. – Видны крупные фрагменты хромосом, слившиеся друг с другом, одних хромосом больше, чем должно быть, другие – и вовсе отсутствуют».

Пока еще ученые не пришли к единому мнению относительно того, как назвать все хромосомные aberrации, характерные для опухолевых клеток. Применительно к изменению числа хромосом использовался термин «анеуплоидия», но в последнее время его стали применять в более широком смысле. Теперь под анеуплоидией понимают также укорочение и удлинение хромосом, перемещение их крупных участков (транслокации). В этом смысле мы и будем употреблять данный термин.

Еще сто лет назад немецкий биолог Теодор Бовери обратил внимание на странный дисбаланс между числом материнских и отцовских хромосом в раковых клетках. Он даже предположил, что анеуплоидные клетки запускают роковой процесс. Но ученые не смогли выявить никакой закономерности в картине «хромосомного хаоса» – типичные раковые клетки были не только анеуплоидными, но и генетически нестабильными, их генетический материал изменялся от

поколения к поколению. И когда появилась идея онкогенов, о предположении Бовери забыли. Анеуплоидию и геномную нестабильность сочли следствием, а не первопричиной злокачественной трансформации.

Однако гипотеза «онкогены/онкосупрессоры» тоже не выдержала испытания временем – несмотря на двадцатилетние исследования, ученым не удалось установить набор мутаций, ответственных за наиболее распространенные и агрессивные формы рака. Число известных онкогенных мутаций уже достигло 100 для онкогенов и 15 для генов-онкосупрессоров. И, как отмечает Уэйнберг, «скорость, с которой увеличивается число молекулярных маркеров, продолжает расти». Так что в конце концов может оказаться, что каждый вид онкологического заболевания уникален в смысле его генетической подоплеки.

Этот исследователь первым занялся выращиванием опухолей в лаборатории с использованием мутантных генов, ассоциированных с раком. Одна-

1974 г. Лоренс Леб (Lawrence A. Loeb) заметил, что для превращения нормальной клетки в раковую случайные мутации должны накапливаться гораздо быстрее, чем обычно.



Фогельштейн

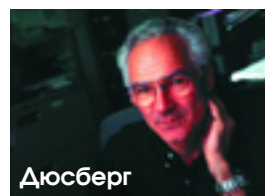
1997 г. Кристоф Лингаур (Cristoph Lengauer) и **Берт Фогельштейн** обнаружили, что в злокачественной опухоли прямой кишки очень много клеток с измененным числом хромосом. Они предположили, что ранняя хромосомная нестабильность обуславливает появление мутаций в онкогенах и генах-онкосупрессорах.

1990 г. Берт Фогельштейн (Bert E. Vogelstein) и **Эрик Фэрон** (Eric R. Fearon) опубликовали карту последовательных мутаций, ассоциированных с раком прямой кишки.

1986 г. Роберт Уэйнберг (Robert Weinberg) впервые идентифицировал ген-онкосупрессор.

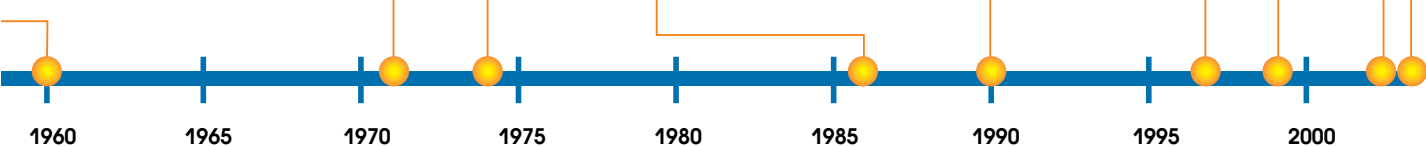
2002 г. Томас Рейд (Thomas Reid) установил характер анеуплоидии при раке шейки матки и прямой кишки.

2003 г. Число идентифицированных генов, ассоциированных с раком, превысило 100 и продолжает быстро расти.



Дюсберг

1999 г. Питер Дюсберг (Peter Duesberg) создал теорию, согласно которой рак является следствием исключительно анеуплоидии, а мутации в специфических генах вовсе ни при чем.



ко, по его словам, эти эксперименты – лишь начало пути. «Главный вопрос, – говорит он, – с чего все начинается: с мутации или с анеуплоидии?» Можно дать по крайней мере три альтернативных ответа исходя из трех разных теорий: видоизмененной традиционной теории, теории ранней нестабильности и теории анеуплоидии.

Первая представляет собой возрожденную идею Лоренса Леба (Lawrence A. Loeb) из Вашингтонского университета, высказанную им еще в 1974 г. По оценкам генетиков, в любой клетке за время ее жизни случайная мутация возникает в среднем всего в одном гене. Но, как считает Леб, иногда по тем или иным причинам (под действием канцерогенов или оксидантов либо в результате нарушения системы репликации и репарации ДНК) частота мутаций резко возрастает. «Возможно, так оно и есть, – соглашается Уэйнберг, – и тем не менее мне кажется, что клетки вряд ли способны накопить достаточно много мутаций, чтобы могла образоваться опухоль».

Леб же полагает, что у истоков канцерогенеза лежит возникновение огромного числа мутаций – от 10000 до 100000 на клетку. Однако он признает, что подтвердить или опровергнуть это очень трудно. Чтобы подсчитать число случайных мутаций, нужно «побуквенно» сравнить геномы отдельных клеток, а такая возможность появилась совсем недавно, с развитием биотехнологии.

Таким образом, новая версия традиционной теории канцерогенеза отличается от исходной только наличием некоего пролога. Ключевым моментом в ней остается возникновение мутаций, обеспечивающих клетке преимуществ при делении. Хромосомные перестройки в рамках этой теории рассматриваются лишь как случайный побочный продукт канцерогенеза.

Начало всему – нестабильность генома

Известные онкологи, специалисты по раку прямой кишки Кристоф Лингаур (Cristoph Lengauer) и Берт Фогель-

штейн из Университета Джонса Гопкинса предложили альтернативную теорию канцерогенеза, согласно которой в основе процесса лежит нестабильность генома. Этот генетический фактор вместе с давлением естественного отбора может привести к появлению доброкачественной опухоли, которая иногда трансформируется в злокачественную, дающую метастазы.

Как считают ученые, в каждой нормальной клетке есть «главные» гены, отвечающие за правильное разделение клеточного содержимого пополам. Если хотя бы один из них перестает работать, то тщательно отрепетированная «хореографическая миниатюра» с участием хромосом дает сбой, и образуются анеуплоидные дочерние клетки. Одно из следствий сбоя – 100000-кратное повышение частоты случайной утраты одного или обоих аллелей генов. Если это ген-онкосупрессор, то потеря даже одного аллеля может привести к полному выведению гена из строя либо потому, что второй аллель уже не ▶

From left to right: SPL (Boveri); HULTON-DEUTSCH COLLECTION/CORBIS (Muller); ALEX WONG/Getty Images (Vogelstein); MARC GELLER (Duesberg)

сет мутацию, либо вследствие эффекта гаплонедостаточности. Специалисты также предполагают, что для запуска процесса необходимо, чтобы изменения произошли в нескольких генах, ассоциированных с раком.

В декабре 2002 г. Лингаур и Фогельштейн совместно с Мартином Новакком (Martin A. Novak) и Натальей Комаровой из Института перспективных исследований в Принстоне опубликовали результаты математического анализа развития ненаследственной формы рака прямой кишки в рамках теории нестабильности генома. Даже если предположить, что в геноме человека содержится всего полдюжины

Как могут клетки со столь ненадежными хромосомами обойти своих конкурентов, у которых с хромосомами все в порядке? «Возможно, в обычных условиях это нереально, – полагает иммунолог Ярле Брейвик (Jarle Breivik) из Университета Осло. – Но в «зоне боевых действий», где нормальные клетки постоянно подвергаются ударам со стороны канцерогенов или другим стрессорным воздействиям, они перестают делиться до тех пор, пока не ликвидируют все повреждения в своей ДНК». В отличие от них генетически нестабильные клетки никак не реагируют на подобное влияние, поскольку не работает их ре-

отвечающие за формирование и функционирование центросом, пока не идентифицированы. Возможно, как раз они и являются «главными».

Всеми виной – анеуплоидия

Нельзя исключить, что клетки превращаются в раковые еще до возникновения мутаций в одном из «главных» генов, онкогенов или генов-онкосупрессоров. Питер Дюсберг (Peter H. Duesberg) и Рунг Ли (Ruhong Li) из Калифорнийского университета в Беркли выдвинули еще одну, четвертую теорию канцерогенеза: все раковые клетки (за исключением лейкозных) анеуплоидны, потому что с

Зарождение и рост опухоли в большей степени связаны с ошибками в распределении хромосом, чем с возникновением в них мутаций.

«главных» генов, то с высокой вероятностью один из них выйдет из строя раньше, чем появится мутация в любом гене, ассоциированном с раком. Но вычисления вычислениями, а подтвердить теорию могут только экспериментальные данные. В 2000 г. в лаборатории Лингаура были исследованы клетки аденомы прямой кишки – доброкачественной опухоли, иногда превращающейся в злокачественную. Обнаружилось, что более 90% из них содержат хотя бы одну хромосому, у которой недостает крупного сегмента или, напротив, имеется лишней. Более чем у половины отсутствует длинное плечо хромосомы 5, где находится ген-онкосупрессор *APC*, долгое время считавшийся ассоциированным с раком прямой кишки. Аналогичные аберрации были обнаружены в клетках предраковых новообразований в желудке, пищеводе и молочной железе.

Однако теория нестабильности по-прежнему вызывает много вопросов.

парацитарная система. Они продолжают делиться, не обращая внимания на повреждения, и вырываются вперед, полагает Брейвик. Он ссылается также на эксперименты Лингаура, в которых клетки человека в культуре обрабатывали канцерогеном в высокой концентрации, выделенным из пережаренного мяса. Испытание выдержали лишь немногие клетки, и все они были исходно генетически нестабильными.

Но что именно дестабилизирует хромосомы? Возможно, разгадкой послужат результаты исследований Германа Пайана (German A. Pihan) из Медицинской школы Массачусетского университета, которому удалось идентифицировать 116 опухолей шейки матки, простаты и молочной железы, находившихся в предраковом состоянии и еще не проросших в соседние ткани. Клетки 30–70% таких опухолей имели дефектные центросомы – структуры, участвующие в расхождении дублированных хромосом. Большинство было анеуплоидными. Гены,

анеуплоидии все и начинается. Есть множество факторов, которые могут вмешаться в процесс деления клетки и привести к тому, что одна из дочерних клеток окажется обделенной и недополучит полагающиеся ей 46 хромосом, а другая, наоборот, приобретет лишнюю. Один из факторов – длительное вдыхание асбестовой пыли, считает Дюсберг.

Большинство анеуплоидных клеток сразу же погибают, но у немногих выживших доза тысяч генов оказывается не такой, как у нормальных клеток. Слаженная команда ферментов, обеспечивающих синтез ДНК и ее целостность, распадается, в двойной спирали появляются разрывы, еще больше дестабилизирующие геном. «Чем выше степень анеуплоидии, тем нестабильнее клетка и тем больше вероятность, что в конце концов появится клетка, способная расти где угодно», – поясняет Дюсберг.

В отличие от трех предыдущих теорий, гипотеза изначальной анеуплоидии

дии полагает, что зарождение и рост опухоли в большей степени связаны с ошибками в распределении хромосом, чем с возникновением в них мутаций. Уже получены некоторые данные в пользу этого предположения. Так, в мае Дюсберг сообщил о результатах работы, в которой исследовались нормальные и анеуплоидные клетки эмбриона хомяка. Чем больше число хромосом в клетке отличалось от нормального, тем быстрее накапливались хромосомные aberrации. Нестабильность генома возрастала экспоненциально с увеличением степени анеуплоидии. Обнадеживающие результаты получил и Томас Рейд (Thomas Reid) из Национального института рака, исследовавший анеуплоидию опухолей шейки матки и толстой кишки. «Я увидел четкую, повторяющуюся картину дисбаланса между числом хромосом, – утверждает он. – Так, в каждом случае наследственной формы рака прямой кишки в клетках присутствовали лишние хромосомы 7, 8, 13 или 20 или отсутствовала хромосома 18. При раке шейки матки отмечалась ранняя анеуплоидия по хромосоме 3, и такие клетки, по-видимому, имели селективное преимущество». По данным Рейда, среднее число аномальных хромосом возрастало от 0,2 в нормальных клетках до 12 в клетках из метастазирующей опухоли шейки матки.

«Я согласен с Дюсбергом, что главную роль в злокачественной трансформации играет анеуплоидия, – говорит Рейд. – Но с его утверждением, что мутации здесь вовсе ни при чем, я категорически не согласен».

Уничтожить рак в зародыше

Ни одна из существующих теорий канцерогенеза не может объяснить первопричину всех случаев с лишним патологий, которые мы называем раком. Необходимо обобщить все эти теории, чтобы учесть роль неразгаданного, но, возможно, ключевого эпигенетического феномена.

Согласно наиболее распространенному мнению, опухоли находятся

в зависимости от белков, кодируемых онкогенами, и не переносят белки – продукты генов-онкосупрессоров. Таким образом, терапия должна быть направлена на то, чтобы устранить зависимость от белков первого типа или вводить вещества, токсичные для опухолевых клеток (к ним относятся белки второго типа). Этой стратегией и руководствовались ученые при разработке новых противоопухолевых препаратов, таких как глевек (предназначенный для лечения редких форм лейкоза и рака желудка) и герцептин (созданный для борьбы с раком молочной железы на поздних стадиях).

Но все химиотерапевтические средства нередко оказываются бессильны, если процесс зашел слишком далеко. По мнению Леба, «в любой опухоли, насчитывающей 100 млн. клеток, всегда найдется одна, в которой произошла мутация, защищающая ее от любого препарата. Можно рассчитывать только на то, что удастся сдержать рост опухоли. Вылечивать раковых больных мы пока не умеем».

Для пожилых людей замедление роста опухоли равносильно исцелению. Но еще лучше сдержать образование опухоли в самом начале. Если Лингауру удастся идентифицировать «главные» гены, можно будет заняться поисками лекарственных веществ, которые поддержат целостность этих генов и их нормальную работу. Исследователь заявил, что уже получил

лицензию на использование клеточных линий для скрининга лекарственных препаратов.

Если теория анеуплоидии окажется правильной, то можно будет проводить более прицельный скрининг. Пока способ избирательного уничтожения клеток с aberrантными хромосомами неизвестен. Но если биопсия показывает, что в образце, взятом из подозрительного участка, слишком много анеуплоидных клеток, это может служить основанием к более тщательному анализу и, возможно, к хирургическому вмешательству. По мнению Дюсберга, для обнаружения соединений, вызывающих анеуплоидию, нужно провести масштабное тестирование пищевых продуктов, лекарственных веществ и различных химикатов.

Когда-нибудь ученые выявят первопричину рака. Надежды в борьбе со смертельным недугом скорее будут возлагаться не на лекарственные препараты, способные уничтожить уже образовавшуюся опухоль, а на средства, предотвращающие ее возникновение. Как показывает практика, одно из них – обычный аспирин, ежедневный прием которого в дозах, назначаемых маленьким детям, предотвращает возникновение аденомы прямой кишки у некоторых взрослых. Надо признать, что наблюдаемый эффект невелик, но это лишь первый шаг на пути от химиотерапии к химиопрофилактике. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Aneuploidy Precedes and Segregates with Chemical Carcinogenesis. Peter Duesberg, Ruhong Li, David Rasnick, Charlotte Rausch, Andreas Willer, Alwin Kraemer, George Yerganian and Ruediger Hehlmann in *Cancer Genetics and Cytogenetics*, Vol. 119, No. 2, pages 83–93; June 2000.
- Chromosome Segregation and Cancer: Cutting through the Mystery. Prasad V. Jallepalli and Cristoph Lengauer in *Nature Reviews Cancer*, Vol. 1, No. 2, pages 109–117; November 2001.
- Rules for Making Human Tumor Cells. William C. Hahn and Robert A. Weinberg in *New England Journal of Medicine*, Vol. 347, No. 20, pages 1593–1603; November 14, 2002.
- Multiple Mutations and Cancer. Lawrence A. Loeb, Keith R. Loeb and Jon P. Anderson in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 100, No. 3, pages 776–781; February 4, 2003.

рыба

НАПЕРЕЧЕТ

Дэниел Поли и Редж Уотсон

Из-за увеличения коммерческого улова запасы рыбы в Мировом океане сократились до небывало низкого уровня. Если не принять срочных мер, в скором будущем человечеству придется довольствоваться тушенкой из медуз и морского планктона.

Банка Джорджес – мелководный участок океана у побережья Новой Шотландии (Канада) – когда-то кишел рыбой. По свидетельству очевидцев, в XVII веке морские суда нередко окружали огромные косяки трески, лосося, окуня и осетров. Сегодня картина совсем другая. Тралы размером с футбольное поле дочиста выскребли морское дно, не оставив на нем даже губок. Болтающиеся в толще воды дрейфтерные сети пытаются перехватить чудом уцелевших акул, мечей-рыб и тунцов. Уловы ценных промысловых рыб становятся все беднее, а размеры рыб – все меньше (многие попадают в сети задолго до созревания). Такая ситуация сложилась не только в Северной Атлантике, она отмечается в Мировом океане повсеместно.

Заблуждается тот, кто всю ответственность за сокращение численности рыб возлагает на загрязнение моря. А многие из тех, кто по-прежнему видит на рынках штабели мороженого каменного окуня или филе тунца,

попросту отказываются верить в истощение рыбных запасов планеты. Почему же люди склонны отводить коммерческому лову столь незначительную роль в уменьшении численности промысловых рыб?

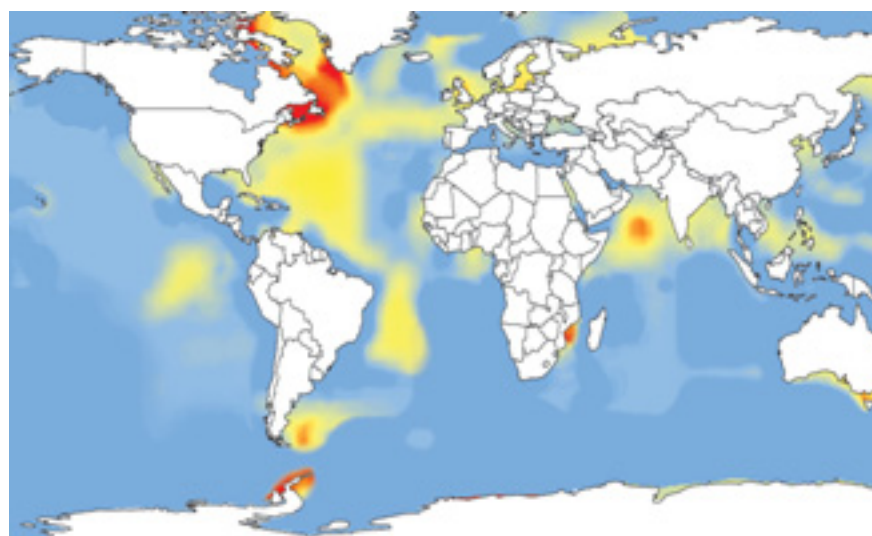
Результаты наших исследований показывают, что море нельзя больше считать бездонным источником пищевых продуктов, чьи мрачные бездны таят в себе безграничные запасы рыбы и прочей живности. Несколько последних лет мы собирали и анализировали данные о добыче рыбы в разных странах мира, и это позволило нам дать всестороннюю оценку современного состояния морских пищевых ресурсов. Мы обнаружили, что ряд стран (особенно Китай) регулярно превышает сведения об уловах, что делает общую тенденцию к снижению добычи рыбы менее объективной. С каждым годом рыбакам приходится вести лов все дальше от берега и на все больших глубинах – только это позволяет им поддерживать объем добычи на постоянном уровне и удовлетворять

постоянно растущий спрос на морские продукты. Чрезмерный промысел рыбы и ее лов вдали от берега мы считаем недопустимой практикой, приводящей к необратимому истощению запасов важных промысловых рыб. Впрочем, еще не поздно принять надлежащие меры, направленные на охрану рыбных запасов планеты и их сохранение для будущих поколений.

Морское право

Испокон веку океан был открыт для всех – его воды за тысячи километров от берега бороздили суда самых разных государств. В 1982 г. ООН приняла конвенцию, которая разрешала странам, граничащим с океаном, объявлять прибрежные акватории шириной в 200 морских миль эксклюзивными экономическими зонами. Эти области включали высокопродуктивные участки моря – континентальные шельфы глубиной 200 м, где как раз и плавает большинство морских рыб.

Конвенция положила конец межгосударственным спорам из-за «рыбных



Снижение трофического уровня



«ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ» МИРОВОГО ОКЕАНА

Вследствие чрезмерного вылова рыбы сложность организации пищевых цепей в местах интенсивного рыболовства уменьшилась за 1950–2000 гг. более чем на один трофический уровень. В открытом океане рыбы обычно меньше, чем в прибрежной полосе.

угодий», но одновременно возложила прямую ответственность на морские державы за промысел рыбы в прибрежных водах. К сожалению, нет ни одной страны, которая отнеслась бы к этой обязанности должным образом.

Правительства США и Канады субсидировали развитие отечественного рыболовного флота, чтобы он смог занять место ушедших из их территориальных вод иностранных кораблей. Канада, к примеру, пополнила свою рыболовную флотилию более крупными и современными судами, способными вести промысел в течение всего года. А чтобы не дать

другим странам возможности пользоваться своими морскими богатствами, эти державы начали вести гораздо более интенсивный промысел, чем прежде.

Поправки и оговорки к Конвенции о морском праве вкупе с использованием на коммерческих рыболовных судах современных технических средств (например, приспособлений для акустического поиска рыбных косяков) привели на какое-то время к увеличению уловов. Но уже в конце 1980-х гг. тенденция изменилась – несмотря даже на сообщения из Китая, который из идеологических

и политических соображений регулярно завышал фактические показатели в два раза.

В 2001 г. мы разработали статистическую модель, позволившую выявлять части света, где уловы рыбы существенно отличаются от тех, которые обычно добываются в водах со сходной продуктивностью на аналогичной глубине моря и широте земного шара. Показатели, относившиеся к китайским территориальным водам (1% Мирового океана), были гораздо выше ожидаемых: они обуславливали 40% всех отклонений от статистической модели. Когда мы оценили данные мирового вылова рыбы с учетом завышенных сведений из Китая, оказалось, что начиная с конца 1980-х гг. общий объем добычи рыбы медленно снижается на 700 тыс. тонн в год.

Сбор статистических данных о добыче рыбы ведется разными методами – с помощью опросов, анкетирования, записей в судовых журналах и т.д. В одних странах (например в Китае) полученная информация сначала направляется в региональные учреждения, а затем по многозвенной цепочке правительственных служб поступает в общенациональные государственные структуры. В других странах принята система перекрестной сверки показателей уловов с данными по импорту и экспорту рыбы и сведениями о потреблении рыбных продуктов в разных регионах государства.

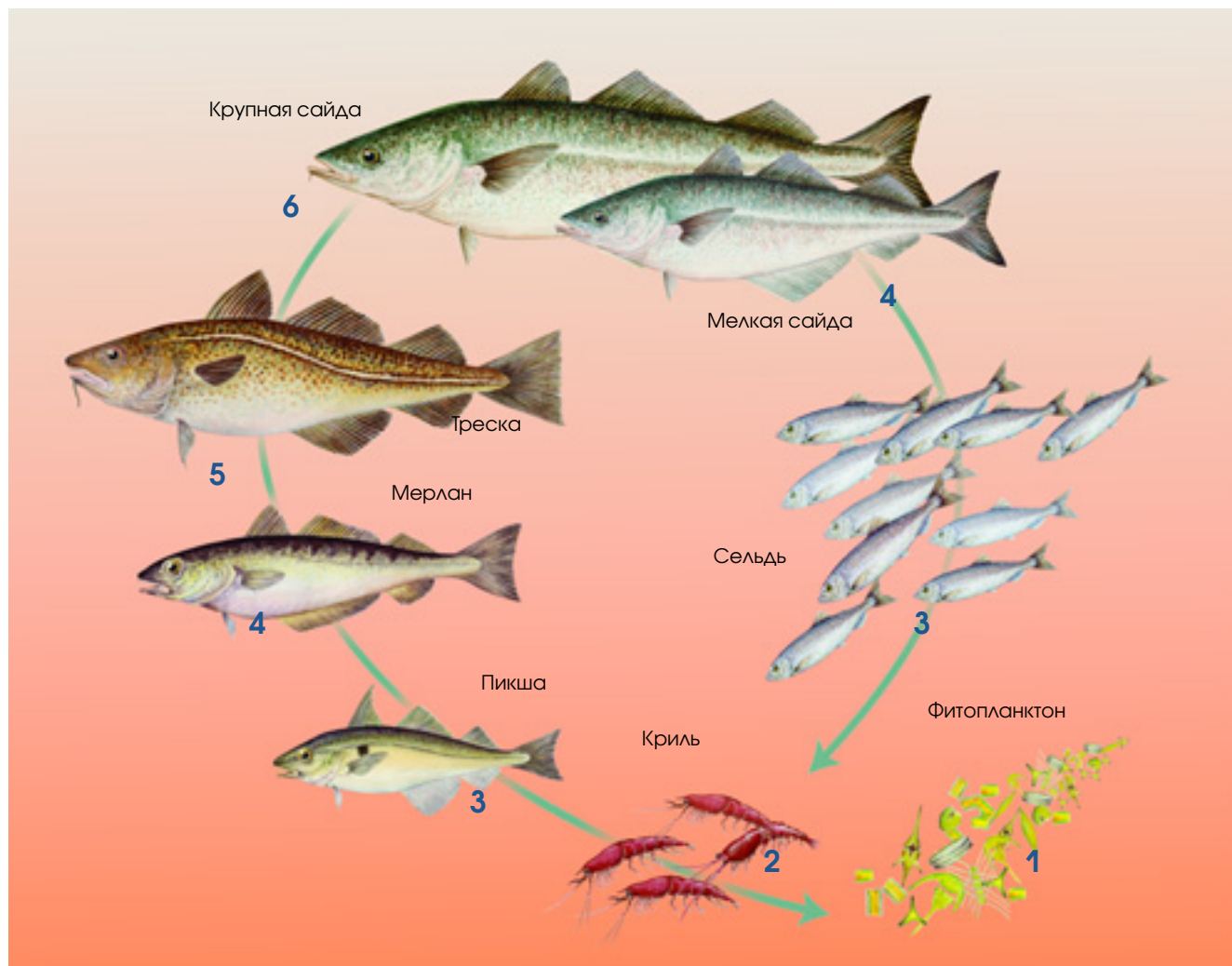
Наиболее убедительным свидетельством того, что рыболовство нещадно опустошает морские экосистемы, является феномен, названный нами «измельчание рыб в пищевых сетях». Это цепь событий, развивающихся после того, как, истребив крупных хищных рыб (тунцов, мечей-рыб и т.д.), составляющих вершину морской пищевой пирамиды, рыболовы принимают за более мелкие виды, являющиеся главной добычей хищников.

Измельчание рыбы

Положение, которое занимает то или иное животное в пищевой сети экосистемы, определяется его размерами,

ОБЗОР: СОКРАЩЕНИЕ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ

- Хотя многие продолжают считать океан неиссякаемым источником пищевых продуктов, проведенный анализ показывает, что из-за увеличения коммерческого лова рыбные запасы планеты находятся на грани истощения.
- Чрезмерный лов рыбы обусловлен резким ростом народонаселения, спроса на рыбу как ценный продукт питания, совершенствованием методов лова, а также политическими тенденциями, не способными противодействовать бессистемному промыслу рыбы.



ПРИМЕР ИЗМЕЛЬЧАНИЯ РЫБЫ В ЭКОСИСТЕМЕ

В результате чрезмерного вылова рыбы число звеньев (трофических уровней) в пищевых сетях уменьшается. Когда в море больше не остается крупных особей медленно растущих хищников (например сайды), рыбакам приходится ловить более мелкие экземпляры. В отличие от старых сайд молодые не настолько крупны, чтобы кормиться треской, которая ест мерлана, а тот, в свою очередь, – «крилеядную» пикшу (слева). Они вынуждены питаться еще более мелкой рыбой (например сельдью), главная пища которой – криль (справа). Таким образом, истребление крупной сайды укорачивает пищевую цепь до четырех трофических уровней, что нарушает структуру экосистемы. Поскольку добычу крупных рыб составляют рыбы самых разных размеров, в реальных экосистемах они занимают трофический уровень 6 очень редко.

строением ротового аппарата и пищевыми предпочтениями. Уровень, который оно занимает в пищевой пирамиде (трофический уровень), зависит от того, сколько звеньев отделяют его от первичных продуцентов в основании пирамиды, представленных фитопланктонными водорослями. Эти микроскопические организмы занимают первый трофический уровень (ТУ).

Главным потребителем фитопланктона является зоопланктон – крошечные рачки (размерами от 0,5 до 2 мм), находящиеся на ТУ 2. ТУ 3 занимают мелкие рыбы от 20 до 50 см – сардины, сельдь и хамса (анчоусы). Они живут в открытом море и питаются смесью из фито- и зоопланктона (как растительного, так и животного). Эти рыбы добываются в огромных количествах: в 2001 г. их улов достиг

41 млн. тонн, что составляет 49% общей добычи морских рыб в мировом масштабе. Большая часть этого улова предназначена для питания людей (например, в виде консервов) либо перерабатывается в рыбную муку или рыбий жир, т.е. идет на корм скоту или искусственно разводимым лососям и другим хищным рыбам.

Типичные столовые рыбы (треска, морской окунь, тунец и разнообразные ▶

камбаловые) – хищники, питающиеся мелкими рыбами и беспозвоночными. В пищевой пирамиде они располагаются между ТУ 3,5 и 4,5. («Дробные» показатели ТУ связаны с тем, что крупные хищники потребляют рыб, занимающих разные уровни трофической пирамиды.)

Возросшая популярность в США питательного мяса таких рыб способствовала сокращению их численности в морях. Мы полагаем, что здоровье и изобилие «рыбных угодий» можно оценивать, анализируя тенденции изменения средних показателей ТУ. Их снижение означает, что рыбаки начали вести лов более мелкой рыбы, а численность крупных хищных рыб стала снижаться.

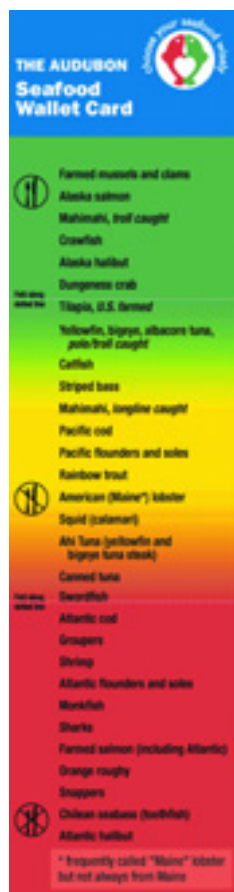
В 1998 г. мы представили наглядные свидетельства «измельчания» рыбы в некоторых районах – в Северной Атлантике, у Патагонского побережья

Южной Америки и Антарктики, в Аравийском море и у берега ряда частей Африки и Австралии. Согласно расчетам, между 1950 и 2000 гг. показатели ТУ в этих регионах снизились на единицу и более (см. карту на стр. 68). У западного побережья Ньюфаундленда, к примеру, средний показатель ТУ упал с 3,67 в 1957 г. до 2,6 в 2000 г., а размеры отлавливаемой здесь рыбы уменьшились на 1 м.

Более того, исследования других ученых свидетельствуют даже о том, что «ужасающие» результаты нашей работы на самом деле недооценивают пагубное влияние рыболовства на состояние популяций морских рыб. Джереми Джексон (Jeremy В.С. Jackson) из Института океанографии Скриппса обнаружил, что значительное сокращение морских млекопитающих, черепах и крупных рыб произошло вдоль всего побережья

задолго до окончания Второй мировой войны. Масштабы сокращения стали очевидны лишь в последнее время, когда биологи начали обсуждать этот вопрос с историками и археологами, изучавшими потребление рыбы населением.

Анализ состояния многочисленных мест рыбного промысла в масштабах планеты позволил Джексону заключить, что под влиянием коммерческого лова биомасса рыбы в области, где прежде ее никогда не добывали, снижается в 10 раз всего через несколько десятилетий. Ученый особенно наглядно документировал этот процесс для мест рыбного промысла вокруг Японии, которые в 1952 г. ограничивались узкой прибрежной полосой вокруг ее островов, а после окончания Корейской войны быстро охватили огромные области Тихого, Атлантического и



Рост спроса на рыбные продукты (вверху) привел к сильному сокращению запасов рыбы в морях. Чтобы его удовлетворить, рыбакам приходится использовать все более совершенные приспособления и вести лов на все больших глубинах и расстояниях от берега. Национальный союз промышленников США распространяет среди потребителей рыбопродуктов специальные карточки (справа) с перечнем видов, подвергшихся перелову (красные) или природоохранный статус которых вселяет тревогу (желтые).

Индийского океанов. В результате этой «экспансии» резко уменьшились популяции тунца во всем Мировом океане. А совсем недавно Джексон сообщил, что популяции крупных хищных рыб сократились на 90%.

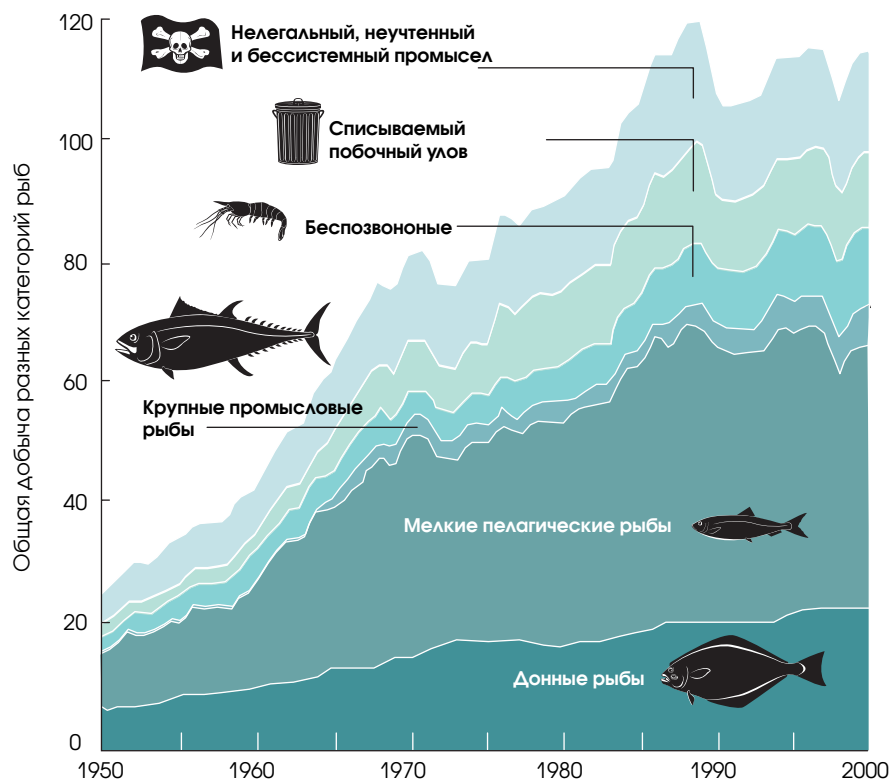
Как изменить ситуацию?

Многие полагают, что сокращение рыбных запасов в океане можно приостановить искусственным разведением рыбы. Но эффект будет ощутимым только если их не будут кормить продуктами, получаемыми в результате переработки морских жителей. (Без использования животных кормов можно, к примеру, разводить мидий, гребешков и тилипию – цикловую растительноядную рыбу.) Кормление рыбопродуктами лишь усугубит ситуацию, превратив многих рыб, обитающих в толще воды (включая сельдь, сардины, хамсу и скумбрию), в простой «корм для скота». По сути дела, фермы по разведению лососей потребляют рыбы больше, чем производят: чтобы получить 1 кг лососины, необходимо израсходовать 3 кг корма из рыбопродуктов.

Проблемы современного мирового рыболовства можно разрешить с помощью рационального управления экосистемами – подхода, призванного поддержать (а где необходимо – то и восстановить) структуру и функции экосистем, в которых ведется промысел рыбы. При этом необходимо учесть пищевые потребности важнейших видов животных (в том числе и морских млекопитающих), постепенно отказаться от использования рыболовных снастей, разрушающих морское дно, и учредить морские заповедные зоны.

Создание заповедных зон должно стать решающим фактором в сохранении мировых рыбных запасов. Одни из таких убежищ должны располагаться у берега и защищать прибрежные виды рыб, другие, более обширные, – в открытом море и оберегать океанические виды. Такие заповедники сегодня кое-где уже существуют, но они небольшие и разрозненные. Общая площадь акватории, где запрещены любые формы рыболовства, – всего

РОСТ МИРОВОГО ПРОМЫСЛА РЫБЫ



За последние 50 лет объем добычи рыбы увеличился в 5 раз.

0,01% поверхности Мирового океана. Морские заповедники, проекты которых разрабатываются сегодня рыбаками-промысловиками (и даже правительствами некоторых стран) под давлением требований природоохранных организаций, должны стать средством спасения промысловых видов рыб от перелова.

Главная цель морских заповедников – охрана тех видов рыб, которые

прежде (до того, как рыбаки стали использовать усовершенствованные снасти) встречались в более глубоких водах и дальше от берега, чем сегодня. Современный рыболовный промысел можно сравнить с разработкой невозобновляемых горных копей: ведь рыбы очень уязвимые существа, а их плодовитость в темных и холодных океанских пучинах очень невысока. ■

ОБ АВТОРАХ:

Дэниел Поли (Daniel Pauly) и **Редж Уотсон** (Reg Watson) – специалисты в области промыслового рыболовства, участвующие в проекте «Море вокруг нас» в Ванкувере. Д.Поли – главный исследователь-координатор, а Р.Уотсон – ведущий научный сотрудник проекта, главная цель которого – изучение влияния рыбного промысла на морские экосистемы. Д.Поли – автор компьютерных программ для оценки рыбных запасов планеты и инициатор создания интернет-энциклопедии рыб мира. Р.Уотсон занимается составлением карт эффектов глобального промысла рыб и разработкой компьютерных моделей для оптимизации промыслового лова рыбы.



Для людей, населявших долину реки Инд, бусы из цветных камней были не просто безделушками, а служили символами богатства и власти. Искусные мастера придумали сложные способы изготовления различных видов украшений для знати, жившей в древнем городе. Археологи полагают, что великолепно вырезанная из мыльного камня фигурка так называемого короля-священника означает принадлежность к правящему классу.

Ключи

ОТ ЗАТЕРЯННЫХ ГОРОДОВ



Джонатан Кенойер

Найденные в Пакистане **предметы** материальной культуры говорят о величии древней и **загадочной цивилизации.**

В середине 1980-х гг. мы проводили первые раскопки древнего города Хараппа, расположенного в долине реки Инд. Тогда я попал на ежегодную весеннюю ярмарку-санг, которая собирает жителей окрестных деревень, множество музыкантов и циркачей, бродячих торговцев и лавочников. Гулянья продолжаются весь день, и лишь к вечеру пестрая толпа жителей и священнослужителей пешком или на повозках отправляется по дорогам, по которым пролегли древние торговые пути, к святому месту, расположенному в горах Белуджистана (см. иллюстрацию на стр. 76). Здесь люди молятся, женщины совершают религиозные подношения, обращаясь к богам с просьбой дать им здоровое потомство.

Мы приступили к раскопкам у южных ворот Хараппы, рядом с местом проведения традиционных празднеств. В верхних слоях почвы попадались черепки горшков, монеты, пуль-

ки для ружей, из которых стреляют по воздушным шарам на ярмарках, игрушки, стеклянные браслеты, золотые кольца, напоминающие современные изделия. В ходе раскопок нам удалось обнаружить более древние предметы хараппской культуры. Подчас они ничем не отличались от найденных ранее, но иногда попадались таблички с надписями, которые могли использоваться торговцами и сборщиками налогов. Все свидетельствовало о том, что 4 тысячи лет назад здесь процветала торговля, а крестьяне, как и в наши дни, приходили в большие города, чтобы принять участие в ярмарках, повидаться с родственниками, купить или обменять товары. В городе было много мастерских. Ремесленники славились искусно изготовленными предметами роскоши, часть которых приобретала местная знать, а другая шла на экспорт. Как и сейчас, обеспеченные жители долины Инда носили

дорогие украшения, указывающие на то, что их владелец богат и знаменит. Поразительно, что с тех пор ничего не изменилось. Мы хотели выяснить причину такой преемственности. Это особенность местной культуры и уклада жизни? Почему на протяжении тысячелетий не менялись материалы и способы их обработки? ▶



Загадочная Харапская цивилизация наряду с Древним Египтом, Месопотамией и Древним Китаем – одна из четырех древнейших культур человечества. Известно о ней крайне мало. Причина проста: лингвистам до сих пор не удалось расшифровать письмена, начертанные на печатах, амулетах, глиняной посуде.

Тем временем мы продолжали раскопки, стремясь отобрать у земли новые свидетельства жизни народа Харалпы. Мы хотели понять, как древние люди управляли своей страной, выяснить, что стало причиной расцвета древнего общества. Собранная коллекция надписей на языке Харалпы, накопленный опыт и новые методы анализа позволили сделать первые шаги к разгадке тайн древней цивилизации.

Затерянные города

В 1920-х гг. археологам удалось раскопать несколько могильников в долине реки Инд. В пакистанских провинциях Пенджаб и Синд были обнаружены города Харалпа и Мохенджо-Даро – «Могильник смерти» или «Могильник Мохен», относящиеся к бронзовому веку. Открытие привлекло внимание ученых всего мира. Новые исследования и раскопки в Западной Индии и Пакистане дали ошеломляющие результаты: были обнаружены более 1500 крупных памятников древней



Древние купцы Инда ставили на свои товары печати, украшенные изображениями животных и надписями, которые до сих пор не расшифрованы.

культуры, разбросанных по территории, вдвое превосходящей Древний Египет или Месопотамию. Жители долины не воздвигали гигантских каменных идолов, не хоронили усоп-

ших в богатом убранстве, зато они строили хорошо спланированные города и изготавливали по определенной технологии предметы домашнего обихода и роскоши. Все это свидетельствовало об однородности экономического и социального развития обширного древнего государства.

Ювелирные изделия пользовались спросом на рынках стран Персидского залива, Центральной Азии и Месопотамии.

В 1986 г. Джордж Дейлз (George F. Dales) из Калифорнийского университета в Беркли совместно с Ричардом Медоу (Richard H. Meadow) из Гарвардского университета, Ритой Райт (Rita Wright) из Нью-Йоркского университета, в тесном сотрудничестве с департаментом археологии и музеев Пакистана приступили к Проекту археологических исследований Харал-

ОБЗОР: РЕМЕСЛО КАК КЛЮЧ К РАЗГДКЕ

- Цивилизация долины реки Инд возникла в 2600 г. до н.э. на территории современных Пакистана и западной Индии. Она входит в число четырех главных культур Древнего мира, включающих Месопотамию, Египет и Китай.
- Поскольку не найден аналог Розеттского камня*, лингвистам до сих пор не удается расшифровать древнеиндийские письмена. Ученые изучают бусы и другие сохранившиеся свидетельства прошлого, чтобы понять социальную, экономическую и политическую структуру огромного государства.
- В результате долгих исследований удалось восстановить способы производства многих художественных, торговых и ритуальных артефактов, обнаруженных при раскопках самых древних индийских городов.

*Розеттский камень — уникальная находка, давшая ключ к расшифровке древнеегипетских текстов. Он был обнаружен 19 августа 1799 г. неподалеку от города Розетта солдатами Наполеона. Эта массивная плита из черного гранита, или египетского базальта, содержит три надписи: иероглифическую, демотическую и греческую.

пы. Наша группа проводила работы как на месте раскопок, так и в лабораториях, наблюдая за становлением Хараппы, самого большого города цивилизации.

В его истории прослеживается несколько фаз.

Самые ранние поселения (фаза Ра-ви) датируются 3300–2800 гг. до н.э. Шумеры в это время только приступили к строительству первых зиккуратов и крепостей, а египтяне стали хоронить правителей в гробницах из кирпича-сырца. В это время основу экономики Хараппы составляло земледелие и животноводство. Жители возделывали плодородные земли, разводили скот, выращивали пшеницу, ячмень, бобы и кунжут, занимались охотой и рыболовством. Дополнительный доход приносили изготовление и продажа разнообразных предметов быта, изделий из шерсти. Процветали ремесла и торговля. Все художественные произведения были выдержаны в едином стиле с одинаковой религиозной символикой.

На севере и юге от Хараппы вдоль реки Рави мы обнаружили развалины древних поселений, где процветало производство каменных бус и браслетов, которые, вероятно, носили простые люди. Знать же предпочитала изделия из дорогих камней и предметы с орнаментом из морских раковин.

Первые абстрактные символы – пиктограммы, нанесенные на посуде, сохраняются и в поздний период с более развитой письменностью. Аналогичный процесс происходил в Месопотамии и Древнем Египте: символы с глиняных табличек и горшков периода 3500–3200 гг. до н.э. перешли соответственно в клинопись и иероглифы.

Между 2800 и 2600 гг. до н.э. Хараппа стала экономическим центром. Город разросся и занимал площадь в 25 га. Вся территория разделилась на два сектора, каждый из которых был защищен крепостными стенами. В окрестностях появлялись многочисленные деревни. Ремесленники осваивали новые методы обработки

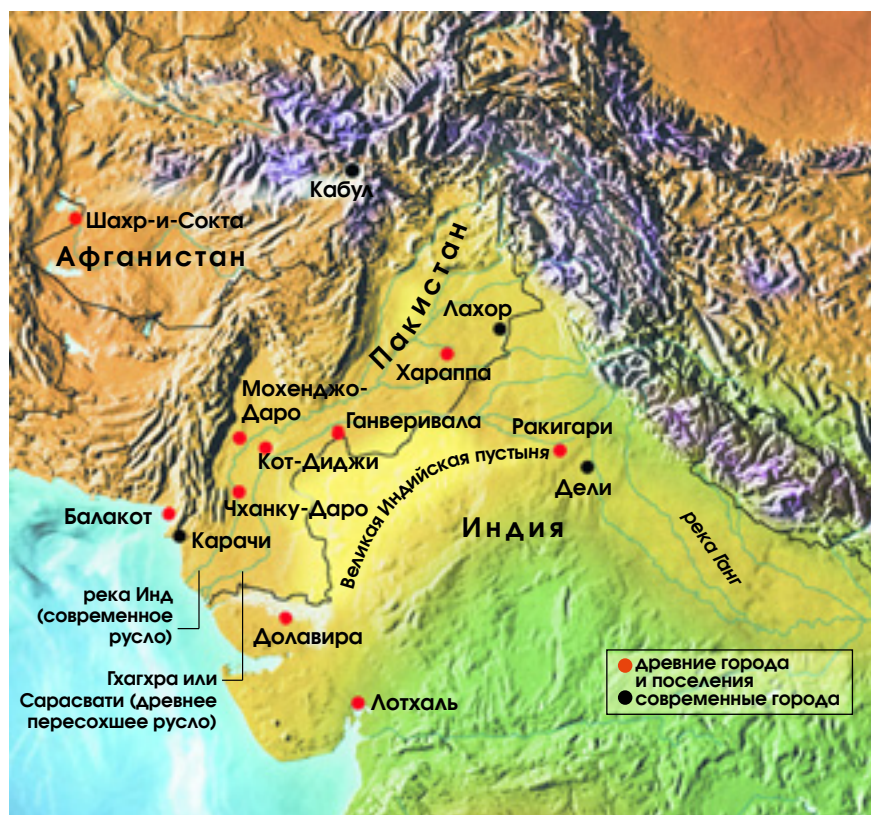
материалов. В ходе раскопок нам попадались браслеты и фаянс (глиняная посуда, покрытая глазурью), которые могли изготавливаться только в высокотемпературных печах (см. стр. 80).

Хараппе требовалось больше сырья и дорогих камней. Вероятно, их привозили по реке на лодках или в повозках, запряженных быками. Об этом свидетельствуют находки: игрушечные упряжки, браслеты, фигурки скота и людей. В этот период формировалась раннеиндийская письменность. Купцы делали надписи на посуде и печатях (они обычно имели квадратную форму), чтобы засвидетельствовать свое право на товар. Попадались изображения геометрических фигур и животных, но их было найдено немного. Это свидетельствует о том, что пиктограммы наносились людьми, наделенными определенными полномочиями – землевладельцами, купцами и т.д.

Вскоре экспедиция обнаружила крошечные гирьки (кубики весом 1,13 г), которые использовались при взимании налогов и дани. Два века позже единая весовая система распространилась на все города долины Инда.

Помимо экономики процветала религия: найдено много ритуальных предметов, относящихся к обоим периодам в истории Хараппы: посуда, фигурки человека с рогами.

Работа археологов позволила выявить отличительную особенность древней индийской цивилизации. В Древнем Египте и Месопотамии единые государства возникали в результате завоеваний отдаленных провинций. Иначе происходило объединение территорий вокруг Хараппы: на плодородные земли приходили мирные переселенцы, которые выращивали и собирали урожай, занимались торговлей. Окончательно экономическая и



Цивилизация долины реки Инд возникла 4800 лет назад. 1500 городов и поселений располагались на территории Пакистана и Западной Индии.

политическая власть стала легитимной благодаря религии, которую цивилизация Хараппы предпочла войне.

Период Хараппы

Период урбанизации длился с 2600 по 1900 гг. до н.э. Оставаясь в течение семи веков одним из самых мощных экономических и политических центров долины Инда, Хараппа не имела армии. Весной и осенью проходили ярмарки, собирающие тысячи людей из окрестных селений, множество торговцев направлялись к стенам города, где одновременно могли разместиться от 40 до 80 тыс. человек. Жесткая конкуренция способствовала появлению новых технологий и рас-

ширению торговых связей. По всей долине Инда археологи находили великолепные ритуальные сосуды, выполненные в едином стиле, уникальные гирьки и печати с изображением мифического единорога.

Торговля проходила в городах долины Инда, однако археологические находки свидетельствовали о связи с отдаленными странами. Сырье и готовые изделия прибывали из Афганистана и Центральной Азии, откуда купцы везли лазурит, олово, золото и ткани. В городе продавались зерно и скот, тонковолокнистый хлопок и, может быть, шелк. Конечно, мы не нашли доказательств этого: такие материалы не сохраняются в течение

тысячелетий. До нас дошли элегантные агатовые бусы и браслеты из морских раковин, которые были также найдены и в Центральной Азии, и в Месопотамии. В период наивысшего расцвета Хараппа с пригородами располагалась на площади в 150 га. (Для сравнения, современный город с населением 20 тысяч человек занимает лишь треть этой территории.) Древние архитекторы предусмотрели разделение частных и общественных секторов, а также свободный проезд по городу, что обеспечивало быстрый доступ к центральным районам. Высокие стены возвышались над холмами, а узкие ворота позволяли въехать только одной повозке. Мно-

Эта **ЦИВИЛИЗАЦИЯ** не воздвигала гигантских каменных идолов, не хоронила усопших в богатом убранстве. Зато строила хорошо спланированные города и умела делать предметы **РОСКОШИ**.



По древним торговым маршрутам, вознося молитвы и собирая религиозные подношения, паломники возвращались в святыне места.

гоэтажные дома были построены из обожженного кирпича. Улицы тянулись с севера на юг и с востока на запад. Главные из них были шириной более 8 м и имели разграничительный барьер для организованного двустороннего движения.

Для снабжения жителей питьевой водой в городе и окрестностях строители бурили скважины. Дома оборудовались банями и канализацией. Сточные трубы были во всех жилых кварталах и соединялись с коллекторами, которые выходили за пределы города. Ни одна цивилизация не обладала такой совершенной системой водоснабжения и удаления сточных вод. Даже в Древнем Риме спустя две тысячи лет немногие богатые люди могли позволить себе подобный комфорт.



Шаг за шагом пакистанские археологи раскапывали стены затерянной Хараппы. Исследователь Джонатан Кенойер объясняет гостям значение раскопок.

В этот период продолжала развиваться письменность. Дешифровка обнаруженных символов может привести к положительному результату, если кому-нибудь посчастливится найти аналог Розеттского камня. Тогда специалисты узнают код к древним пиктограммам.

Как уже упоминалось, письменность была распространена по всей долине Инда. Материальные свидетельства этого дошли до нас в виде печатей, на которых надпись могла обозначать имя владельца и его общественный статус, а образы животных – слонов, буйволов, тигров и носорогов – демонстрировали принадлежность к определенной касте или социальной группе. Например, единорог (см. иллюстрацию на стр. 74) обозначал касту торговцев. Помимо печатей исследо-

ватели нашли большие сосуды, в которых продукты и товары отправлялись на рынок. Сохранившиеся на них надписи могли быть именами собственников или получателей, а также описанием содержимого. Пиктограммы на бронзовых инструментах означали имя владельца, на золотых украшениях – его ценность.

На большинстве табличек из стеатита (мыльного камня) фигурируют сочетания одних и тех же образов.

Может, это своеобразные инструменты для счета? Расположенная рядом надпись могла означать имя владельца, название товара, его количество, кредитора. Некоторые были соединены попарно, являясь как бы письменным свидетельством заключенного контракта.

Ходившие в Хараппе и Мохенджо-Даро медные таблички с надписями и изображениями животных, на наш взгляд, были первыми попытками ▶

ОБ АВТОРЕ:

Джонатан Кенойер (Jonathan Mark Kenoyer) – профессор антропологии в Висконсинском университете г. Мадисон, где он преподает археологию, этноархеологию, экспериментальную археологию. Он уже 27 лет ведет исследовательские работы на территории долины реки Инд. С 1986 г. он стал содиректором и руководителем Проекта археологических исследований Хараппы.

чеканки монет. В 2001 г. мы обнаружили цех по их производству (см. вставку на стр. 80). Этому предшествовали 16 лет раскопок. Прделанная работа позволила выстроить новую хронологию развития раннеиндийской письменности.

Между 2300 и 1900 гг. до н.э. города долины Инда росли и развивались. Украшения, инструменты и технологии их производства совершенствовались. Археологи изучили особенности этого периода и пришли к заключению, что развитие цивилизации шло в двух направлениях: с одной стороны, материальные достижения разделяли общество на классы, с другой – объединяли различные социальные группы. Именно

в этот период служители культа через вполне материальные вещи – печати, таблички и ритуальные сосуды, ритуальные обряды – оказывали сильнейшее идеологическое воздействие на население. На изделиях со всех территорий долины Инда повторяется один и тот же образ – увенчанная рогами фигура мужчины, застывшая в позе йога. Встречаются различные сцены: бык приносится в жертву некоему божеству, которое или находится в окружении диких зверей, или стоит на слоне. Иногда оно обретает облик женщины с рогами, сражающейся с тигром. На глиняных табличках часто встречается божество, пленившее двух тигров. Похожий сюжет присутствует в месопотам-

ской мифологии: Гильгамеш удерживает пару львов. Сходство религиозных мотивов в культуре двух цивилизаций налицо.

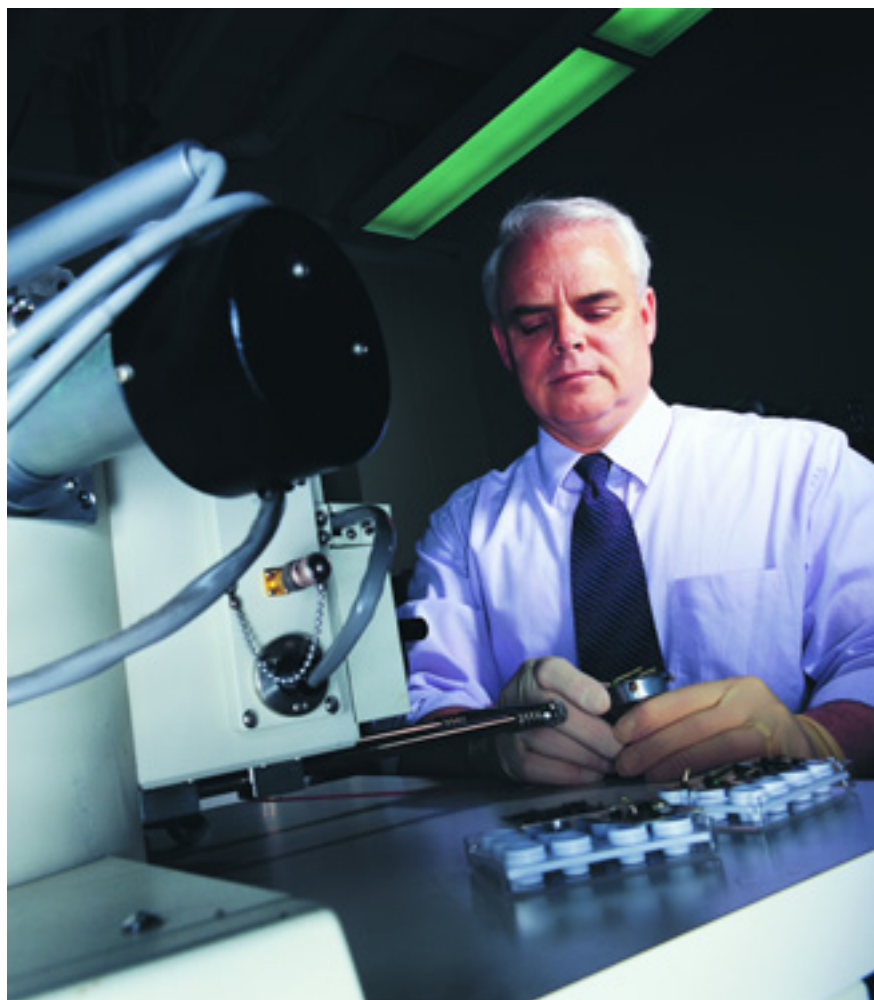
Со временем население Хараппы росло, в том числе за счет притока людей с других территорий. Правящий класс укреплял свою власть посредством публичных церемоний и ритуалов, внедрения религиозных традиций, а в Месопотамии и Древнем Египте решали эту задачу, возводя сооружения, украшенные изображением правителей, сокрушающих своих врагов.

Культура Хараппы меняется

Традиционно считалось, что к 1750 г. до н.э. города Инда внезапно опустели. Наша экспедиция пришла к выводу, что в период с 1900 по 1300 гг. до н.э. Хараппа была населена. Правящий класс во многих городах был уже не способен контролировать жизнь общества. Перенаселение и постоянные нарушения правопорядка повлекли ослабление власти. Изменения охватывают почти весь регион, которым Хараппа управляла семь веков, в том числе Мохенджо-Даро и Долавиरो в западной Индии.

Кризис привел к упадку культуры Инда. Среди археологических находок больше не встречалось ни ритуальных сосудов с текстами, ни традиционных квадратных печатей с единорогами и другими животными, ни кубических гирек. Разрушилась разветвленная торговая сеть. В месопотамских текстах больше не упоминался город Мелуха – давний торговый партнер.

Исследователи полагают, что было несколько причин упадка цивилизации Хараппы. Политическая и экономическая системы не смогли справиться с ростом поселений и бурным развитием торговых связей в долине реки Ганг и районе Западной Индии. К тому же около 1900 г. до н.э. одна из главных рек региона Гхагхра (Сарасвати) начала менять свое русло, а затем пересохла. Окрестные города оказа-



В результате исследования, проведенного в Висконсинском университете г. Мадисон, на украшениях были обнаружены следы обработки инструментов.

О ЧЕМ ПОВЕДАЛИ БУСИНЫ?

Во время наших раскопок Хараппы во всех культурных слоях попадались каменные бусины, фигурки из камня, обильно украшенные драгоценностями. Нам удалось найти мастерские, где делались наиболее изысканные бусы, которые изготавливались с использованием сложных технологий. По-видимому, мастерские находились под опекой высокопоставленных горожан Хараппы.

Мы нашли много незавершенных изделий, что позволило проследить, как менялись стили украшений и приемы их обработки на протяжении 1400 лет.

Уже в период Рави – 3300–2800 г. до н.э. – изготавливались изысканные бусы. Сделать крупные бусы из камня не сложно, однако уже тогда ценились мелкие изделия от 1,5 до 3 мм в диаметре длиной от 1 до 2 мм. Процесс требовал особого мастерства: надо было просверлить отверстия диаметром 0,5–0,75 мм.

Самые ранние бусы изготавливались из мягкого стеатита, известного как мыльный камень, обнаруженный во всех районах Инда начиная с периода Рави до поздней Хараппы. Медными сверлами или тонкими иглами из акации ремесленники просверливали отверстия в грубо обработанной заготовке из стеатита. Затем бусина подвергалась дальнейшей обработке и шлифовалась. Конечная стадия – обжиг в печах для придания белого цвета и большей твердости.

Некоторые изделия не шлифовались и покрывались сплавом из силики – стекловидной пасты из кварцевого порошка, смешанной с оксидом меди. При нагревании в печи покрытие приобретало красивый зелено-голубой цвет. Бусины обжигали при температуре 850°C. Подобный прием использовался многими ремесленниками древности. Он послужил основой для развития более поздней технологии нанесения покрытия из глазури на фаянсовые изделия, печати и таблички.

Мастеровые Инда обрабатывали и более твердые камни – агат и яшму. В них отверстия делали каменными



При изготовлении модных украшений древнеиндийские мастера прибегали к сложным технологическим приемам.

сверлами, изготовленными из острых осколков, которые проникали в бусину с обеих сторон. Индийские ученые попытались воспроизвести этот метод, но потерпели неудачу. Древняя технология так и осталась загадкой.

Около 2600 г. до н.э. хараппские мастера стали применять более твердый камень для сверл. Мы назвали его эрнестит, в честь английского археолога Эрнста Макая (Ernest J.H. Mackay), который первым открыл его в Чханху-Даро, в Пакистане. Точный состав эрнестита до сих пор неизвестен. Анализ древних сверл говорит о том, что он представляет собой мелкозернистую метаморфную скальную породу. В ней есть кварц, силиманит, муллит, гематит и двуокись титана. Муллит редко встречается в свободном виде, но его можно найти в современных керамических материалах, изготавливаемых при высоких температурах. Наличие его в древних сверлах наводит на мысль, что это побочный продукт интенсивного нагревания первичной скальной породы. Таким образом, хараппские мастера широко использо-

вали высокотемпературную обработку различных минералов.

Неизвестно, где производились сверла из эрнестита, которые позволили умельцам Хараппы делать украшения из сердолика, экспортируемые в Центральную Азию и Месопотамию. Знать часто украшала себя поясами, изготовленными из сердолика, или бусами с бронзовыми полированными пластинами. Высокоэффективные сверла из эрнестита (другие древние цивилизации не знали такого инструмента) использовались на протяжении семи веков после того, как были нарушены торговые связи. Около 1900 г. до н.э. в северных регионах эта техника сверления исчезает. Однако производство бус не останавливается. Мастера начали использовать медные сверла в комбинации с абразивами. Раньше они использовались при изготовлении больших каменных колец и алебастровых сосудов, затем инструменты становятся тоньше, достигая в диаметре всего 1 мм. Медные сверла справлялись с некоторыми твердыми камнями, но они не могли сравниться с эрнеститовыми.

СЕКРЕТЫ ХАРАППСКОЙ ГЛАЗУРИ

Изготовление фаянсовых изделий – одна из самых сложных технологий, которая когда-либо использовалась древними мастерами для производства предметов роскоши, приобретаемых знатью. Фаянс Хараппы был прочнее того, что производился в Древнем Египте и Месопотамии. Умельцы готовили мелкодисперсную пасту из расплавленного кварца, которая наносилась на изделие, после чего оно повторно обжигалось. Ремесленники Хараппы делали разнообразные предметы из фаянса, в том числе браслеты, крошечные бусины, тонкие таблички с символами.

Фаянсовые таблички с изображениями ритуальных сцен, возможно, использовались во время проведения специальных церемоний и вручались участникам, которые приносили жертвоприношения.

Фаянсовые изделия делались из доступного сырья, а сама технология была весьма искусной: кварц измельчался

в порошок и частично плавился в высокотемпературной печи с использованием флюса из древесного угля. Образовавшуюся в результате стекловидную массу наносили на изделие, обжигали при температуре 940°C и получали плотный глазурованный фаянс, который при добавлении окиси меди или азурита напоминал бирюзу или лазурит. Изделия были прочны и не обесцвечивались от контакта с кожей человека, что характерно для стран с жарким и влажным климатом. В 2001 г. мы раскопали небольшую фаянсовую мастерскую. Нам удалось повторить процесс производства бус, браслетов и др. Изготавливая таблички, древние мастера сначала распиливали сырой стеатит на тонкие полоски, вырезали зеркально обратные изображения, делали отливки, с помощью которых создавали тонкие таблички, помещавшиеся в контейнеры из песка и глины, смешанной с соломой, которые не плавилась при высокой темпе-

ратуре, необходимой для нанесения глазури. Чтобы предотвратить слипание табличек с контейнером, его внутренняя поверхность покрывалась слоем белого порошка из жженой кости и стеатита.

На месте раскопок мы нашли много угля и пришли к выводу: хараппцы использовали новаторский метод обжига. Летом 2001 г. вместе со студентами Висконсинского университета в г. Мадисон мы попытались воспроизвести данный процесс и пришли к заключению, что древние мастера собирали одновременно два контейнера, которые образовывали нечто вроде мини-печки. Нагрев осуществлялся на открытом огне. Достигалась высокая температура, достаточная для обжига небольших предметов. В наших экспериментах мы обходились теми же инструментами и материалами, что и древние жители долины реки Инд. Предварительно обожженные таблички и другие предметы мы помещали в контейнер, после чего ставили конструкцию на один слой угля, а прикрывали ее сверху вторым, чтобы разогреть до состояния красного свечения.

После трех часов обжига фаянсовые предметы в контейнере начали светиться глубоким красно-оранжевым цветом и появлялся характерный запах. Используя термометр с числовым пирометром, мы вычислили оптимальную температуру для покрытия глазурью хараппского фаянса – 935°C. Добавляя уголь, мы удерживали ее в течение часа.

После того как мини-печка остыла, мы осмотрели ее содержимое: перед нами красовались покрытые глазурью таблички и бусинки. Хотя по внешнему виду они и отличались от древних, наша импровизированная мини-печка могла бы быть использована для производства фаянса. Еще больше обнадеживало то, что на нашей рабочей площадке после обжига мы увидели остаточные материалы, напоминавшие те, которые мы находили на раскопках древних мастерских Хараппы.



Изготовить глазурованные камни и керамику, известную как фаянс, индийским мастерам помогала особая технология обжига и нанесения покрытия. Для придания голубого цвета добавлялись минералы, содержащие оксид меди (в центре).



Торгуя на городских рынках, купцы Хараппы пользовались мерными камнями.

лись на грани вымирания, и их население было вынуждено переселяться в крупные города Хараппа и Мохенджодаро или на близлежащие плодородные земли, что привело к перенаселению, и ситуация стала неуправляемой. Справиться с ней без регулярной армии было невозможно. Общество менялось кардинально. В 1300–1000 гг. до н.э. на просторах от Инда до Ганга возникла новая социальная формация. Согласно древним индийским источникам (Веды, «Махабхарата» и «Рамаяна»), на этой территории проживали многочисленные противоборствующие народы, придерживающиеся единой идеологии, изложенной в священных текстах Вед. Разговаривали они на диалектах санскрита и других индоарийских языках.

Традиции древней культуры сохранились и в наши дни. До сих пор местные ремесленники старинным способом изготавливают глиняную посуду, в том числе покрытую глазурью, а также изделия из меди и бронзы. Стекланные бусы появились в Хараппе в 1700 г. до н.э., на 200 лет позже, чем в Древнем Египте. С 1200 по 800 г. до н.э. уже на

всей территории современного Пакистана и Западной Индии делали бутылки, браслеты и бусы из стекла. Тогда же распространилось железолитейное производство, которое, как нам удалось установить, не было связано с его возникновением у западных соседей – Анатолией и Западной Азией.

Еще много загадок таит земля долины реки Инд. Однако результаты пос-

ледних работ приоткрывают завесу тайны над историей древней цивилизации Хараппа. ■

Древние артефакты долины Инда на выставке «Искусство первых городов: третьье тысячелетие до н.э. от Средиземноморья до Инда» в Метрополитен-музее в Нью-Йорке 17 августа 2003 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- Deciphering the Indus Script. Asko Parpola. Cambridge University Press, 1994.
- Excavation at Harappa 1994 – 1995: New Perspectives on the Indus Script, Craft Activities, and City Organization. Richard H. Meadow and Jonathan Mark Kenoyer in South Asian Archaeology 1995, Edited by Bridget Allchin and F. Raymond Allchin. Oxford & IBH. New Delhi, 1997.
- Origins of a Civilization: The Prehistory and Early Archaeology of South Asia. Bridget Allchin and F. Raymond Allchin. Viking Penguin. Delhi, 1997.
- Trade and Technology of the Indus Valley: New Insight from Harappa, Pakistan. Jonathan Mark Kenoyer in World Archaeology, Vol. 29, № 2, pages 262–280; October 1, 1997.
- Ancient Cities of the Indus Valley Civilization. Jonathan Mark Kenoyer. Oxford University Press, Karachi, 1998.
- The Indus Valley Mystery. Richard H. Meadow and Jonathan Mark Kenoyer in Discovering Archaeology, Vol. 2, № 2, pages 38–43; April 2000.

ЯСНО О ТЕМНЫХ ВЕКАХ

Впервые отечественный читатель держит в руках труд, в котором темное средневековье рассматривается как один из самых важных периодов в развитии человеческой культуры. Словарь содержит статьи, посвященные реалиям и понятиям эпохи средневековья. В нем нет привычных рассказов о великих людях, вместо этого авторы предлагают ряд обстоятельных и фактографических статей, которые рассматривают такие аспекты как религия, образ мышления, система приоритетов средневекового человека. И во французских городах, и в немецких княжествах, и в небольших итальянских синьориях люди жили и думали одинаково, верили в одних и тех же богов, стремились удовлетворить сходные потребности и, следовательно,

но, единым образом воспринимали окружающий мир. Авторы показывают, что культура европейского Средневековья, отличаясь одновременно единством и многообразием конкретных форм, представляла собой однородное мыслительное, философское и религиозное пространство.

Междисциплинарный подход позволил не только отразить сложный и противоречивый мир ушедшей эпохи в ее основных понятиях, но и обновить современную концепцию истории средних веков. Статьи словаря написаны такими крупнейшими отечественными и зарубежными специалистами, как Е. М. Мелетинский, А. Я. Гуревич, С. С. Аверинцев, М. Л. Гаспаров, Ж. Ле Гофф, П. Динцельбахер, Ж.-К. Шмидт. ■



Словарь средневековой культуры.
– М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН).
– 2003. – 632 с.



Недавно издательство «Слово» приступило к выпуску серии «Большая библиотека», которая сразу же привлекла внимание как читателей, так и широкой группы авторов. Вероятно, причину подобного успеха объяснили и издатели в одном из своих анонсов: «Большая библиотека» рассказывает

ПО ОДЕЖКЕ ВСТРЕЧАЮТ

об истории мировой культуры и искусства, эволюции стилей и творчестве отдельных художников, о самых современных проблемах гуманитарных наук. Особое место в серии занимают тома, посвященные русскому искусству и литературе».

Книга известного историка моды, доктора искусствоведения Р. М. Кирсановой «Русский костюм и быт XVIII–XIX веков» рассматривает костюм как отражение повседневной русской жизни. Автор полагает, что он «играет в искусстве роль универсальной метафоры» и может сообщить очень многое о жизни, привычках, обычаях и даже настроениях определенной эпохи.

По мнению автора, история костюма «необычайно интересна и полна напряженных, драматических событий». Так, введение европейского кос-

тюма Петром I практически сломало сложившийся уклад жизни.

Р. М. Кирсанова рассматривает моду самых разных слоев общества: от знати до низов, от светской красавицы до бедного студента, уделяя внимание и головным уборам, и аксессуарам.

Материал основан на трудах искусствоведов, историков, воспоминаниях, исторических романах.

Делая как бы попутные замечания, автор говорит и о семантике цвета, и об отличиях народного костюма от светского, и о правилах его ношения, и даже об организации сундука невесты. Интересен иллюстративный ряд, включающий как работы известных мастеров, так и малоизвестные картины. ■

Кирсанова Р.М.
Русский костюм и быт XVIII–XIX веков.
– М.: Слово/Slovo. – 2003. – 224 с.

РАССВЕТ ИСТОРИИ

Второй том «Истории человечества» охватывает период протяженностью примерно в 2,5 тысячи лет – так называемый «рассвет истории». За это время произошел переход от родовых поселений к первым городам и государствам. Если в доисторическую эпоху протяженность событий измерялась геологическими эпохами, то теперь основной единицей времени становится сначала тысячелетие, а затем век.

Чтобы добиться максимально полного отражения истории, создатели тома предлагают читателю два параллельных ряда изложения материала. Первый посвящен реконструкции прошлого на основе письменных источников, вторая часть основывается на археологических находках.

Впервые история человечества раскрывается во всем ее объеме и многообразных проявлениях. Читатель проследит, как постепенно менялась жизнь людей, как на смену скотоводству пришло земледелие, как конец сис-

темы равного распределения добычи между членами сообщества привел к возникновению частной собственности и войнам.

Авторы тома показывают, как создаются предпосылки для возникновения городов-государств, как постепенно зарождаются взаимосвязи регионов и начинается перемещение народов, возникают культурные взаимоотношения. Именно в заключительную эпоху рассматриваемого периода создаются памятники, которые имеют общечеловеческое значение, такие как «Махабхарата», Библия, архаический эпос.

Основным итогом развития человечества на данном этапе становится так называемая городская революция, то есть появление городов-полисов и формирование первых государств: в Египте, на Ближнем Востоке, в Месопотамии, в Индии и в Китае возникают великие цивилизации, достижения которых определяют развитие человечества на многие века.



Глубина и последовательность изложения, богатство фактографического материала, тщательно подобранный иллюстративный и графический ряды делают книгу незаменимым справочным и методическим пособием. ■

**История человечества. Том II.
III тысячелетие до н.э. – VII век до н.э.
– М.: Магистр-пресс – 2003. – 550 с.**



Третий том посвящен периоду между 700 годом до нашей эры и 700 годом нашей эры. Основное внимание уделено Европе и Западной Азии, где произошли

изменения, определившие путь дальнейшего развития всего человечества.

Развитие производства, строительство оросительных систем и путей сообщения, повышение мобильности населения привели к росту уровня жизни в Средиземноморском и Западноазиатском регионах. Начиная с 500 года нашей эры там идет неуклонный рост численности населения. В это же время зарождаются основные мировые религии: буддизм, христианство, ислам. Это привело к образованию системы культурных полей и кодов, определивших лицо культуры.

Кроме локальных событий в томе рассмотрены и транснациональные процессы: великое переселение народов, потоки миграции, круто изменившие карту Европы. Ширина привлекаемого материала позволяет ярко показать динамику социальных изменений, зарождение демократии и образование раннеевропейских империй, разработку

правовых норм (некоторые из них сохранились до настоящего времени).

В данный период главные районы развития цивилизации оставались изолированными друг от друга, но процесс объединения уже начался, одновременно с подготовкой к следующему этапу развития человечества – Средневековью.

В этот том составители впервые включили сводную хронологическую таблицу, дающую своеобразную панораму событий, нововведений и дат. Нельзя не отметить и иллюстративный ряд книги: помимо традиционных схем в него входит множество графических иллюстраций, некоторые из них впервые появляются на страницах общедоступных изданий. ■

**История человечества. Том III.
VII век до н.э. – VII век н.э.
– М.: Магистр-пресс – 2003. – 613 с.**

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕННЫМИ СИЛАМИ

До сих пор проблемы стратегического управления ВС оставались вне поля зрения политологов и историков, поскольку долгое время считалось, что стратегия – прерогатива военных. А. А. Кокошин показывает, что ни одно решение, касающееся вооруженных сил, не должно приниматься без учета экономических и политических процессов, происходящих в стране. В книге подробно анализируется процесс принятия решений по вопросам «войны и мира», а также структуры и деятельности вооруженных сил.

Анализируя фактический материал, собранный за время работы на посту первого заместителя министра обороны и секретаря Совета обороны и Совета безопасности РФ, автор раскрывает историю развития стратегического управления в СССР и России и доказывает, что просчеты и ошибки неизменно оборачиваются тяжелыми потерями и поражениями, как это было в начале Великой Отечественной войны.

Будучи гражданским человеком, автор прекрасно ориентируется в военных вопросах, знает психологию лю-

дей, носящих форму. Сопоставляя опыт России и зарубежных стран, он выявляет типичные ошибки, совершаемые как политиками, принимающими военные решения, так и военными, вмешивающимися в политику. Его теоретические рассуждения основаны на анализе реальных отношений между правительством и Министерством обороны.

Автор делит материал на несколько блоков. Вначале он рассматривает роль верного решения в стратегическом управлении и выявляет совокупность факторов, влияющих на его принятие. Вторая часть книги посвящена истории формирования системы стратегического управления на протяжении XX века. Рассуждения историка подкреплены документами, воспоминаниями и свидетельствами очевидцев. Не абсолютизируя опыт прошлого, автор дает его трезвую и четкую оценку. В заключительной части А. Кокошин анализирует современную систему стратегического управления в России.

Несмотря на то что книга рассчитана прежде всего на специалистов, глубокие экскурсы в историю, малоизвестные до-



кументы и увлекательность повествования, несомненно, привлекут читателей, интересующихся историей страны. ■

Кокошин А.

Стратегическое управление: Теория, исторический опыт, сравнительный анализ, задачи для России.
– М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН). 2003. – 528 с.



«Очевидное – невероятное»

Смотрите в октябре по понедельникам в 0.30 на канале ТВЦ:

Наука и третья власть

В студии президент телеканала ТВЦ, писатель и публицист **О. М. Попцов** и директор института кристаллографии **М. В. Ковальчук**.

В СМИ уже давно преобладают материалы, в черных тонах рисующие положение отечественной науки. Так ли это на самом деле? Кому выгодно такое положение вещей? Журналисты должны освещать проблемы науки, не приукрашивая действительность, и не искажая факты.

Назад к сталинизму?

В студии профессор Литературного института **М. О. Чудакова**.

На этот раз беседа с известным литературоведом шла не о судьбах литературы, а о самых острых проблемах нашего общества. В последнее время результаты опросов общественного мнения показывают, что все больше становится тех, кто симпатизирует Сталину. В чем причина этого явления? Какую роль играет пресса в формировании общественного мнения?

Кризис образования

В студии ректор МГУ **В. А. Садовничий**.

Престиж науки и образования снижается во всем мире. Россия исключением не является. Каковы пути выхода из кризиса? Как в условиях все возрастающей доли платного обучения дать возможность талантливой молодежи получить образование? Как остановить утечку мозгов? Какую роль может сыграть в этом расширение международного сотрудничества в сфере образования?



КА-226 — ВЕРТОЛЕТ СО СМЕННОЙ КАБИНОЙ

ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

10

2003

- До тысячи саженцев выращивают из одного черенка в тульском садовом питомнике, используя технологию микроклонального размножения
- Компьютер научили различать тексты по половому признаку: кто писал — мужчина или женщина?
- Внеземные фуллерены, найденные на границе мелового и третичного периодов, еще одно доказательство того, что многочисленное и многоголокое племя динозавров погубил метеорит
- Цветочный горшок XXI века по телефону сообщает своему владельцу о влажности почвы: пора поливать!


LADA



Прочитав очередной номер журнала «Наука и жизнь», вы узнаете:

...как отвечает современная физика на вопрос «из чего все состоит?», а также о причинах, заставляющих ученых отказываться от ранее принятых теорий и построений;

...о малоизвестной космической программе Физико-энергетического института по разработке двигателей на атомной тяге и созданию термо-

эмиссионных реакторов-преобразователей для космических кораблей, а также какое отношение ко всему этому имеет керосиновая лампа;

...какое отношение имеют недавно открытые фуллерены C_{60} к давней загадке гибели динозавров;

...насколько ваше лицо соответствует идеалу, созданному на основании статистического опроса и теоретических построений;

...что проверка нынешнего состояния на АЭС позволила сделать авторитетному проверяющему вывод: история все же нас многому научила;

...что всего за 150 миллисекунд вы делаете оценку встреченного вами человека: красив он (она) или нет. Оценка, сделанная соседом, может быть иной;

...как записать созданный вами в персональном компьютере мультимедийный семейный альбом на CD-диск, чтобы ваша бабушка смогла посмотреть его у себя дома;

...как Исаак Ньютон доказывал, что белый свет содержит все семь цветов радуги, и сможете показать детям его знаменитый опыт с мыльной пеной;

...что в Научно-производственном центре «Фитогенетика» действует «конвейер» микроклонального размножения плодово-ягодных и цветочных культур. Новейшая технология позволила увеличить коэффициент размножения элитных саженцев в 1000 раз;

...что модная сейчас трехдневная щетина опасна для здоровья. Факт установлен, но причина еще до конца не выяснена;

...что на стенах старинных соборов и монастырских храмов живут и водоросли, и грибы, и микробы. Ученые, помогающие реставраторам фресок Ферапонтова монастыря, научились консервировать настенную нечисть;

...что Марс, побывав на кратчайшем расстоянии от Земли, теперь, как и положено, удаляется, теряя блеск и величие. На память остались документальные снимки Земли с Марса;

...что недостаток йода в организме не только ведет к заболеванию щитовидной железы, но и снижает умственные способности человека;

...что для любителей шахмат готовится к изданию книга экс-чемпиона мира В. Смылова и кандидата химических наук С. Розенберга (конечно, он также шахматный мастер) «Тайны ладейного эндшпиля». Некоторые тайны раскрываются в публикуемых партиях постоянного раздела «Шахматы».



ПОТОМКИ АФРИКАНСКОЙ ЕВЫ

Генетики иногда **сравнивают гены** с карточной игрой: хороший игрок может выиграть и **с плохими картами**.

Чем определяется генетическое разнообразие народов? Что может сказать генетика о групповых и индивидуальных характеристиках человека, начиная с его здоровья и заканчивая поведением? Что в формировании личности зависит от природы, а что от воспитания, социальных условий? Именно об этом шла речь в беседе профессора Сергея Петровича Капицы со старшим научным сотрудником лаборатории анализа генома человека Института общей генетики Российской Академии наук Светланой Александровной Боринской.

Наша генетическая родина

Молекулярная генетика позволяет реконструировать историю формирования как отдельных народов, так и человечества в целом. Исследования последних десятилетий буквально перевернули наше представление о происхождении человека. Изучение и сравнение образцов ДНК, выделенных из крови жителей разных континентов, дали возможность установить степень их генетического родства. Как в сравнительной лингвистике по числу общих слов определяют родственные языки, так же в генетике по числу общих элементов в ДНК выстраивают

родословную человечества (см. «В мире науки», №7, статью Л. Животовского и Э. Хуснутдиновой «Генетическая история человечества»). Оказалось, что по женской линии всех людей можно возвести к единой общей пра-матери, которую окрестили митохондриальной (митохондрия – клеточный орган, в котором находится ДНК), или африканской Евой. По скорости появления нейтральных мутаций в ДНК генетики установили, что она жила более 100 тыс. лет тому назад в популяции численностью около 10 тыс. индивидов. Конечно, она не была единственной женщиной на Земле. Ее соплеменники – мужчины и женщины – также передали свои ДНК и гены потомкам. Но именно «Евы» происходит участок ДНК, наследуемый по женской линии как своеобразная «генетическая фамилия». Так, у человека может быть много предков – две бабушки, четыре прадедушки и т.д., но фамилию он получает только от одного из них, а остальные могут оставить ему в наследство деньги, земли, имущество.

Мужские генетические линии исследуются на основе Y-хромосомы, характерной только для мужчин (у женщин ее нет) и передающейся от отца

к сыну. Это позволило восстановить родословную человечества по мужской линии. В результате сравнения данных двух генетических исследований удалось получить общую картину происхождения разных ветвей развития человечества и понять, как наши предки расселялись по Земле.

Согласно последним данным генетических исследований, человечество возникло в Африке более 100 тыс. лет назад, около 70 тыс. лет назад люди стали покидать континент и примерно 40–50 тыс. лет назад пришли в Европу, где жили неандертальцы, чьи предки поселились здесь около 300 тыс. лет тому назад. Восстанавливать генетическую историю населения Европы крайне трудно, поскольку вынужденные миграции (вплоть до возвращения в Африку и повторного исхода оттуда), вызванные ледниковыми периодами, привели к сильному смешению народов. История заселения Азии менее запутанна, поскольку там не было ни ледников, ни скачкообразной миграции (см. рис. 1).

Расселяясь по Земле, люди оказывались в разных климатических условиях и вынуждены были к ним приспосабливаться, а потому многие генетические и антропологические различия ▶

(например, по цвету кожи) в значительной мере связаны с адаптацией к условиям жизни и способу питания. Немаловажную роль сыграло и развитие культуры, ставшей своеобразным посредником между человеком и средой обитания.

Ты – то, что ты ешь

Существуют генетические различия, связанные с особенностями питания. Современному человеку свойственна смешанная диета. Во всяком развитом обществе основу питания составляют продукты земледелия и животноводства, а охота и собирательство отошли в прошлое и стали не более чем развлечением. Кроме того, цивилизованные люди отличаются низкой физической активностью по сравнению с нашими предками, что также требует генетической адаптации. Таким образом, существует очень сложная взаимосвязь образа жизни и генетики.

Например, распространенный в Эфиопии местный злак тефф (он настолько мал, что 150 зернышек весят столько же, сколько одно пшеничное

зерно) входит в состав 60% продуктов питания, потребляемых местным населением: местные хозяйки выпекают из него пресный хлеб инжера по рецепту, дошедшему из глубины веков. Подобная диета вызвала увеличение числа копий определенного гена, предположительно связанное с перевариванием именно такой пищи и не встречающееся у других народов.

Непереносимость того или иного продукта также обусловлена генетически (см. «В мире науки», №4, статью У.Леонарда «Пища для размышлений»). Так, молоко у многих народов традиционно считается детской пищей и у взрослых вызывает нарушения пищеварения. Например, большинство китайцев вовсе не могут его пить. Это связано с тем, что при рождении у всех млекопитающих, в том числе и у человека, вырабатывается специальный фермент лактаза, расщепляющий молочный сахар. В возрасте от трех до пяти лет, когда заканчивается грудное вскармливание, он становится не нужен и исчезает. Однако у ряда народов (в основном у европейских

и некоторых африканских) произошла мутация, позволившая взрослым сохранить синтез этого фермента. Считается, что толчком послужило распространение молочного скотоводства. Немаловажную роль сыграл и географический фактор. Под воздействием солнечных лучей в клетках кожи человека вырабатывается витамин *D*, необходимый организму для нормального усвоения кальция. Поэтому северяне, лишенные достаточного количества УФ лучей, обладают более светлой, чем у жителей южных регионов, кожей, чтобы она не препятствовала выработке важного витамина. Молоко для северян является ценным ресурсом, поскольку обеспечивает организм кальцием и способствует нормальному формированию костей. Возможно, оба фактора – молочное животноводство и суровые климатические условия севера – привели к тому, что у северных народов частота этой мутации оказалась самой высокой. Аналогичный генетический механизм отвечает и за непереносимость спиртного. В основном это

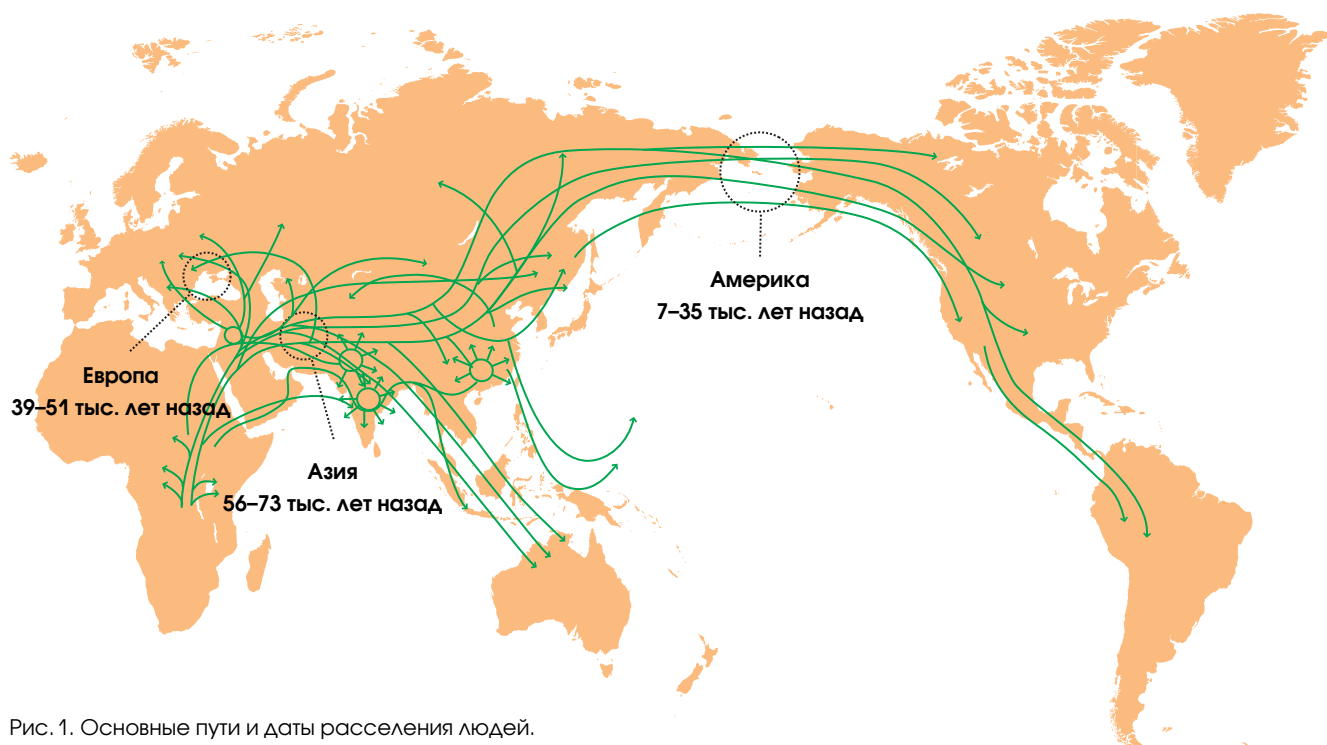


Рис. 1. Основные пути и даты расселения людей.

Соотношение европейских и азиатских материнских линий (мтДНК) у народов России

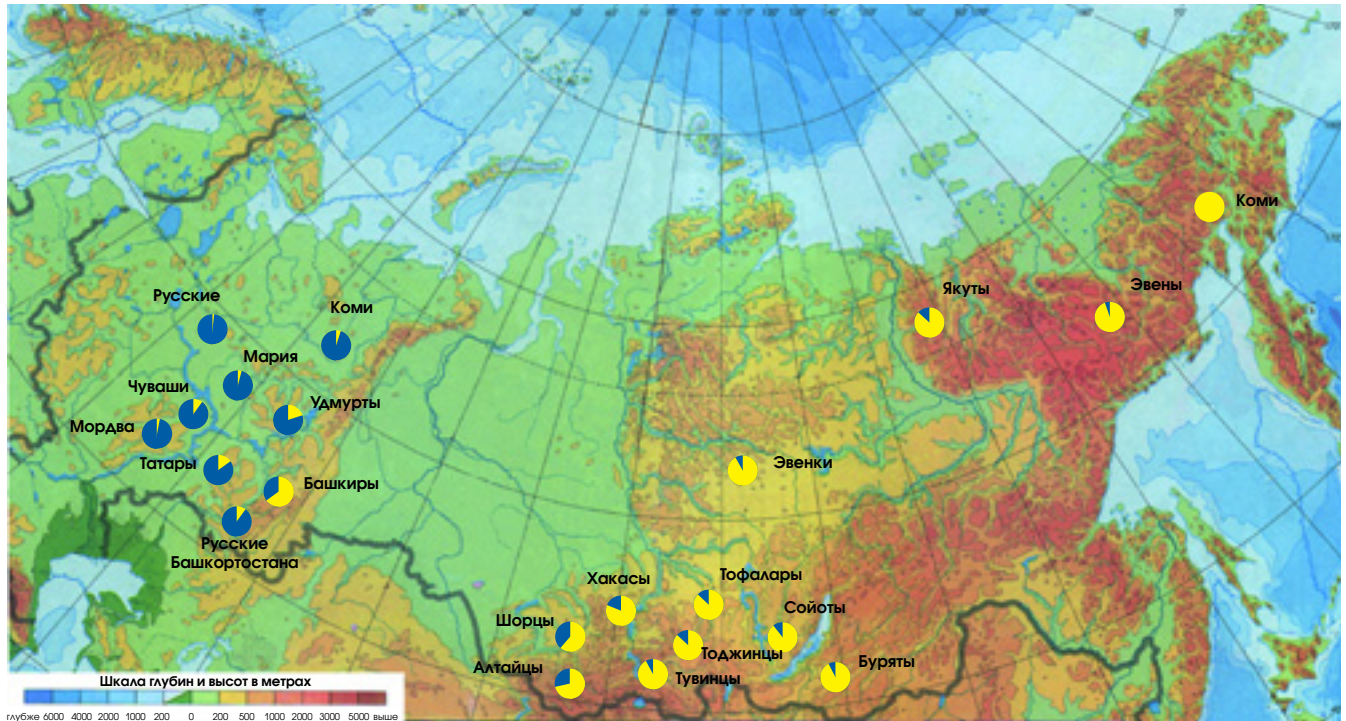


Рис. 2. Как представлены европейские и азиатские линии в Европе? На рисунке европейские генетические линии окрашены голубым цветом, а азиатские – желтым. Чем дальше на Восток, тем больше появляется желтого цвета. «Генетическая граница» между Европой и Азией проходит по Уралу, где столкнулись две волны расселения – европейская и азиатская.

относится к представителям монголоидной расы, в истории которых, возможно, был некий фактор, который привел к накоплению мутаций, препятствующих нормальному расщеплению спирта.

Генетическая диета

Генетические исследования показывают, что различным людям в силу их наследственных особенностей следует придерживаться определенной диеты, воздерживаться от потребления тех или иных продуктов. Так, исследователями был выявлен ген, участвующий в регуляции уровня холестерина в крови. Определенная его мутация, ведущая к повышению количества данного вещества, может в 10 раз увеличить вероятность развития старческого слабоумия и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Однако при высоком уровне физической активности риск заболеваний уменьшается. Кроме того, у некоторых афри-

канских народов вариации этого гена не влияют на уровень холестерина. Предполагается, что у наших предков, которые вели кочевой образ жизни охотников и собирателей и много двигались, «высокохолестериновый» вариант гена помогал компенсировать нехватку этого вещества в пище. Когда образ жизни и диета изменились, наличие такого варианта гена превратилось в фактор риска. То же самое происходит с геном, отвечающим за усвоение соли, которая в свое время была дефицитным продуктом, а сейчас общедоступна и потребляется в избытке. «Соляной ген» грозит развитием гипертонии. Таким образом, то, что нам обычно рекомендуют врачи: физическая активность, низкосолевая диета, витамины – все это, по существу, предназначено для восстановления той естественной среды, к которой человек биологически адаптировался за миллионы лет биологической эволюции.

Наследственные заболевания

Иммунитет напрямую связан с наследственностью. Именно она предопределяет невосприимчивость к некоторым инфекциям, в частности к СПИДУ. Были обнаружены мутации, определяющие устойчивость к вирусу иммунодефицита человека (см. рис. 3). На графике показаны кривые выживаемости ВИЧ-инфицированных. Нижняя линия (синяя) соответствует смертности больных, не имеющих защитных мутаций. Наличие защитных изменений в одном из генов ведет к замедлению развития СПИДа после инфицирования (зеленая и красная кривые). Носители изменений в нескольких генах либо вовсе не восприимчивы к инфекции, либо, являясь носителями вируса, очень долго не заболевают (верхняя оранжевая кривая).

Хотя СПИД появился совсем недавно, мутации, защищающие от него, возникли много тысяч лет назад. Одна из мутаций устойчивости к ВИЧ ▶

распространилась в Европе около 700 лет назад, что совпадает с эпидемией чумы 1348 г., в результате которой Европа буквально обезлюдела – в среднем погибло около трети населения, а в некоторых районах – до 80%. Однако другая часть людей не заболела, хотя, несомненно, подвергалась опасности заражения. Можно предположить, что мутации, о которых идет речь, защищают не только от ВИЧ, но и от некоторых других инфекций, так как воздействуют на работу иммунной системы.

Любое заболевание, поразившее человечество впервые, переносится очень тяжело и зачастую приводит к смерти большого количества людей. Но через несколько поколений происходит адаптация, меняются и инфекции, и люди, которые приобретают генетическую устойчивость к данному недугу. Заболевание, циркулируя в популяции, из разряда смертельно опасных переходит в более легкую «весовую категорию». Наиболее убийственные вирусы и бактерии постепенно исчезают, поскольку, убивая своих носителей, они и сами лишаются возможности распространяться.

Социальные кризисы, войны, сопровождающиеся голодом и мором, эпидемии приводят к массовой гибели людей, что может вызывать значительное изменение генофонда.

Культура, воспитание и генетические нарушения

Некоторые факторы, связанные с социально-культурными аспектами жизни, определяются генетическими особенностями индивида. В частности, существуют нарушения речи (например, проблемы с артикуляцией и затрудненное восприятие грамматики), которые передаются по наследству, что подтверждается родословной.

Предполагается, что нарушение функции гена, участвующего в формировании коры головного мозга, влияет на возникновение подобного устранимого генетического дефекта речи, которая относится к высшим проявлениям нервной деятельности человека. Обнаружены генетические участки, отвечающие и за другие наследственные нарушения, например за дислексию (когда ребенок не может научиться читать). Трудности в обучении чтению испытывают от 5 до 15%

школьников, причем часть из них, имея вполне сохранный интеллект, страдает от генетически обусловленной дислексии. Если удастся выявить дефект на ранней стадии, то введение специальных коррекционных программ может дать положительные результаты.

Детское врожденное заболевание фенилкетонурия, связанное с нарушением обмена веществ, вызывается одной-единственной мутацией, блокирующей работу фермента, отвечающего за превращение аминокислоты фенилаланина в тирозин. Мутация ведет к нарушению синтеза пигментов, а потому больные дети, как правило белокурые, с голубыми глазами и светлой кожей. В первые месяцы жизни они развиваются нормально, но уже к году проявляются нарушения, основным из которых является умственная отсталость. Когда ученые выяснили молекулярную природу заболевания, были разработаны эффективные методы лечения недуга. Наиболее действенной оказалась специальная диета. Таким образом, некоторые генетические отклонения могут быть скорректированы социально-культурной средой. Генетики сравнивают изучение генов с карточной игрой: хороший игрок может выиграть и с плохими картами. Но для этого необходимо знать негативное воздействие определенных генов и подобрать условия жизни и воспитания, которые позволяют человеку полноценно развиваться и свести к минимуму врожденные дефекты.

Характер и поведение

Несомненно, существует генетическая предрасположенность к тому или иному образу жизни. Сегодня можно определить генетические задатки человека и дать соответствующие рекомендации. Однако генетика влияет не только на физиологические процессы, но и на характер и поведение человека.

В одной голландской семье все мужчины отличались агрессивностью. Исследования показали, что такое поведение связано с наследственным

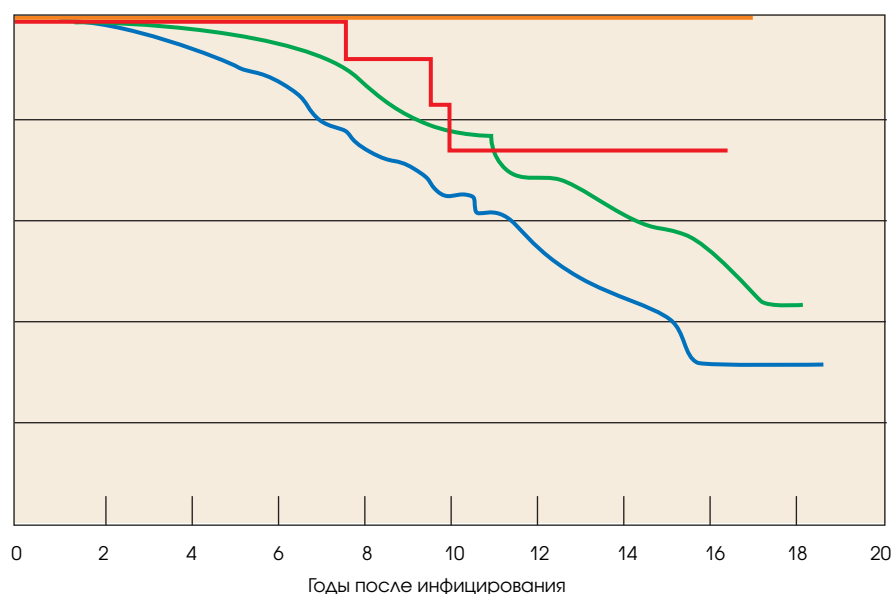
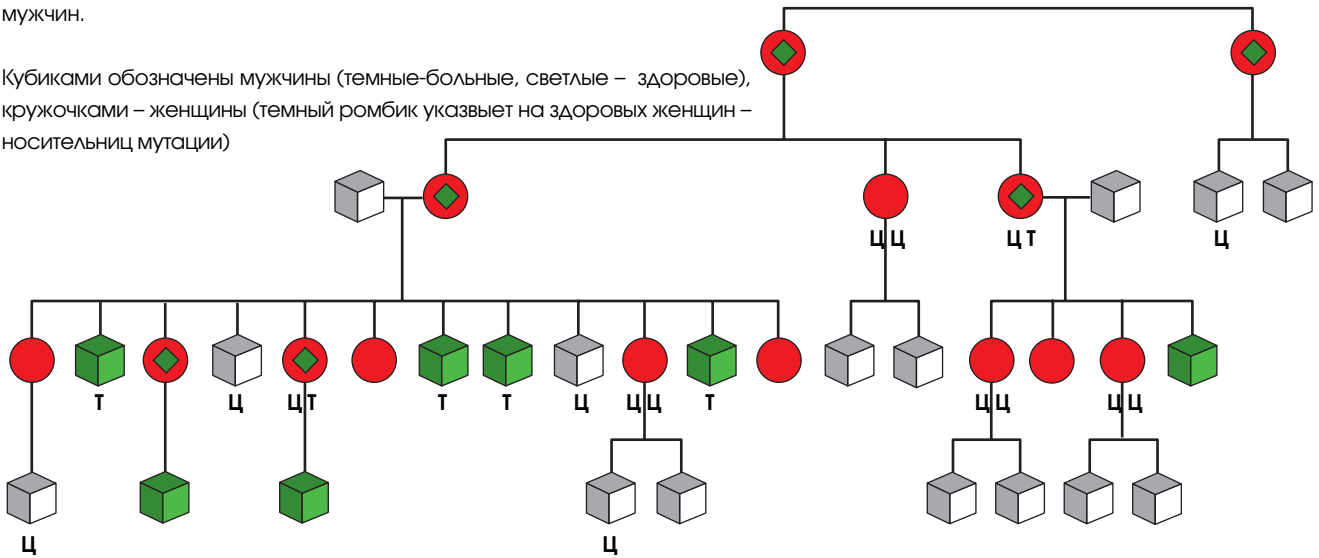


Рис. 3. Выживаемость после ВИЧ-инфицирования в зависимости от наличия защитных мутаций. Оранжевая линия – защитные мутации одновременно в двух генах; красная и зеленая – мутации в одном гене; синяя – нет защитных мутаций.

Рис. 4. В голландской семье выявлена мутация в гене моноаминоксидазы MAO-A, связанная с повышенной агрессивностью у мужчин.

Кубиками обозначены мужчины (темные-больные, светлые – здоровые), кружочками – женщины (темный ромбик указывает на здоровых женщин – носительниц мутации)



Исследователи утверждают, что **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОПТИМИСТЫ СУЩЕСТВУЮТ.**

заболеванием, вызванным мутацией в гене, регулирующим работу нервной системы. Причем болели только мужчины, а женщины являлись только носителями мутации и передавали ее своим сыновьям. Поврежденный ген находился в X-хромосоме, которых у женщин, как известно, две. Если в одной из них ген мутировал, то во второй продолжал работать нормально. У мужчин же мутация в гене на единственной X-хромосоме приводила к прекращению выработки фермента. Однако даже у членов одной семьи мутация проявлялась по-разному (см. рис. 4).

Наследственность влияет не только на развитие таких психических заболеваний, как шизофрения, депрессия, но и на вполне нормальные личностные характеристики человека. Оказывается, например, что стремление к новым впечатлениям отчасти тоже генетически детерминировано. По оценкам специалистов, 40–60% личностных свойств человека достаются

ему по наследству. Так, найден ген, который влияет на то, будет ли человек наделен беспечным, веселым, легким характером или он окажется тревожным и подозрительным. Можно сказать, что существуют генетические оптимисты и пессимисты.

Но не все, конечно, зависит от генов – они лишь предопределяют вероятность развития того или иного признака, а выбор человека основан в конечном счете на полученном воспитании и культурной традиции. Например, отважный человек, стремящийся к новым впечатлениям, может стать альпинистом или спасателем, но может избрать и «карьеру» террориста. На такой выбор влияют уже не гены, а общество, социальная, религиозная среда, воспитание.

Приспособленность людей к тем условиям, в которых они сегодня живут, оплачена ценой гибели тысяч их предков, не сумевших привыкнуть к требованиям среды. Выжить людям помогло исключительное генетическое и

культурное разнообразие. Гены, конечно, не определяют культуру. Скорее они адаптируются к тому хозяйственно-культурному типу, который позволяет человеку освоить определенную среду обитания. Процессы культурной и генетической эволюции в определенном смысле аналогичны. Вероятно, отбор идей, стереотипов поведения происходит так же, как и отбор генов: то, что не годится – вымирает; то, что годится – идет дальше и развивается. Выживание человечеству обеспечивало как появление новых вариантов генов, элементов культуры и традиций, так и сохранение старых признаков. С точки зрения эволюции разнообразие (как генетическое, так и культурное) очень ценно для выживания. Как для всего рода людского, так и для каждого отдельного народа, оно – залог эволюционного развития и существования самой человеческой природы – самой очевидной и невероятной изо всего, что нас окружает. ■

как поймать волну

Марк Фишетти

Несмотря на широкое распространение кабельного телевидения и интернет-радио, миллионы людей продолжают использовать антенны для приема теле- и радиопередач. Популярность спутникового телевидения, сотовой связи и других беспроводных сетей передачи данных вызывает небывалый спрос на антенны.

Чем же обусловлено такое разнообразие форм и размеров антенн? Лучший прием обеспечивает антенна, размер которой соответствует половине длины волны принимаемого сигнала. Обычно длина волны лежит в пределах от 5,5 м (второй телевизионный канал) до 5 см (сотовая связь), поэтому выбор габаритов антенны играет самую важную роль.

Многое зависит и от ориентации антенны. Поскольку электрическая составляющая телевизионных и ультракоротких радиоволн лежит в горизонтальной плоскости и их лучше всего принимают горизонтально расположенные антенны. Средние волны обычно поляризованы вертикально. Впрочем, современное теле- и радиовещание ведется на обеих поляризациях, так что сигнал принимается уверенно в любой плоскости. Конструкция обычной V-образной телевизионной антенны позволяет поворачивать ее элементы и изменять их наклон, чтобы снизить уровень помех.

Длина антенны и ее ориентация – вот все, что влияет на качество приема. Радиоволны просто индуцируют в металле электрическое напряжение, поэтому замысловатые формы и различные ухищрения (спирали, «плавники» и т.п.), расхваливаемые в рекламе, как правило, бесполезны и несут исключительно декоративную нагрузку. Взять, к примеру, модные автомобильные антенны, встраиваемые в ветровое стекло. По электрическим характеристикам они существенно уступают своим наружным собратьям, однако торчащие прутья, несомненно, нарушают плавность линий автомобиля.

Встроенные антенные усилители увеличивают мощность слабого милливольтового сигнала, но не всегда оправдывают свою стоимость. Дело в том, что в большинстве случаев усиление сигнала более чем на 12–14 децибел приводит к перегрузке входных каскадов приемника. Поэтому 30-децибельный усилитель ничем не лучше 20-децибельного. ■



Антенна СВ-диапазона представляет собой катушку из медной проволоки, намотанной на ферритовый стержень, который улавливает магнитную составляющую трехсотметровых радиоволн. Такая конструкция менее эффективна, но зато более удобна, чем диполь длиной 150 м.

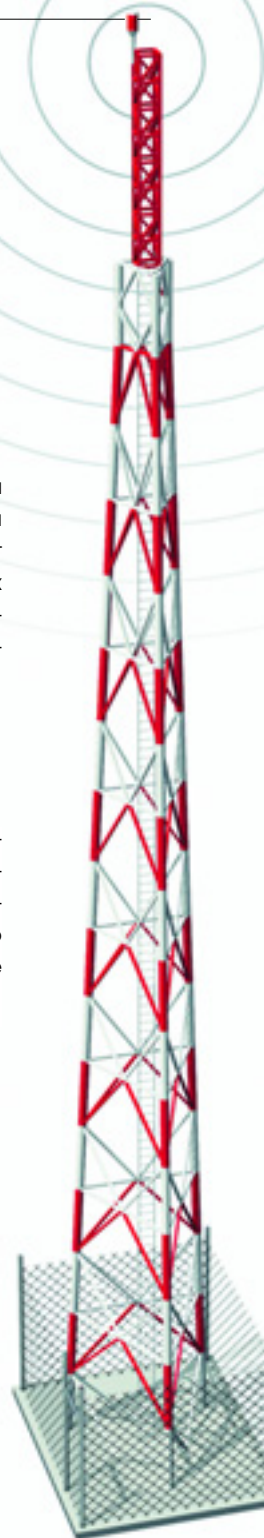


Обычная УКВ-антенна – это простой проволочный диполь, улавливающий электрическую составляющую электромагнитного излучения. Его длина составляет от одного до полутора метров, что соответствует половине длины ультракоротких волн.



В активной телевизионной антенне имеются небольшие усилители, питаемые постоянной составляющей наведенного тока. Они соединены с угловыми приемными элементами, расположенными в середине круглого основания. Часто этими компактными и легкими антеннами снабжают спутниковые тарелки, неспособные принимать обычные телепередачи.

JOHN MACNELL

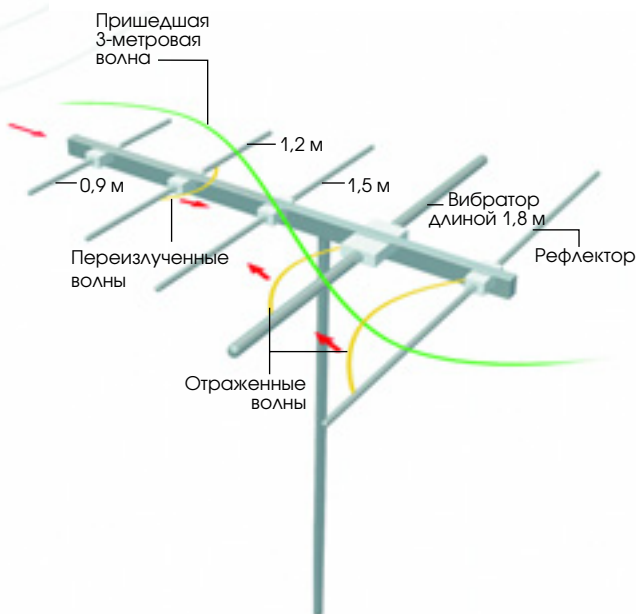


ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

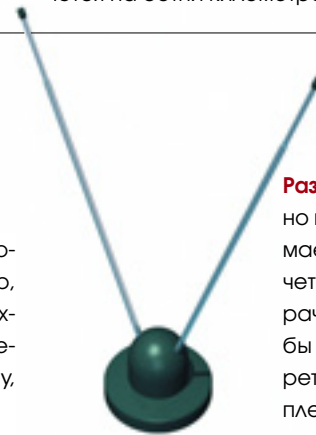
•**Дискретная перестройка частоты:** Некоторые высокопроизводительные средства связи, такие как мобильные телефоны и военные локаторы, для снижения перекрестных помех принимают и передают сигналы в расширенном дискретном частотном диапазоне – например, на 64 частотах, близких к 900 МГц. В зависимости от назначения антенна может представлять собой как пятисантиметровый стержень, так и барабан диаметром 1 м.

•**Мокрые волны:** Земные электромагнитные волны, излучаемые телебашнями и радиовышками, распространяются над поверхностью воды или над гладкой влажной почвой существенно дальше, чем над сухим неровным грунтом, который обладает меньшим коэффициентом преломления. Благодаря стелющемуся туману или проливному дождю могут возникать каналы, по которым радиоволны распространяются на сотни километров.

Конструкция коллективной телевизионной антенны позволяет ей принимать сразу несколько каналов. Например, полтораметровый вибратор оптимально принимает трехметровые волны. Более длинные элементы антенны (рефлекторы) повышают коэффициент усиления, отражая волну, а более короткие (директоры) – переизлучая ее.



Размер плеч V-образной антенны можно настраивать на целую длину принимаемой радиоволны, ее половину или четверть. Конструкция позволяет поворачивать антенну таким образом, чтобы она принимала сигналы разных ретрансляторов. Изменяя угол между плечами, можно добиться наилучшего приема в условиях интерференции переотраженных сигналов.



Спутниковая тарелка фокусирует радиоизлучение на рупорной антенне малошумящего СВЧ-приемника. В старых параболических антеннах приемный рупор и его крепление затеняли раскрыт отражателя, снижая эффективность системы до 50–55%. В современных конструкциях элементы приемника располагаются под тарелкой со смещенным фокусом, благодаря чему эффективность возрастает до 80%.

Оптимальная длина антенны	150 м	3 м	60 см	4 см	Личная беспроводная связь						
Типичная длина волны	300 м	5,5 м	1,2 м	8 см							
Диапазоны	СВ	ТВ каналы 2–6	УКВ	ТВ каналы 14–69	Сотовая связь	Спутниковое ТВ					
Частоты	500 кГц	54	108	174	216	470	806	902	2,4 ГГц	10,7	12,5

В США разделение радиочастотного диапазона регламентируется Федеральной комиссией связи. Оптимальная длина антенны равна половине длины принимаемых электромагнитных волн. Успешно используются и четвертьволновые

антенны, закрепленные на обширных отражающих металлических поверхностях, таких как капот или крыша автомобиля. Чем точнее подобран размер антенны, тем большая часть энергии радиоволны будет передана приемнику.

ПРОСТЫЕ Квадраты

Дэннис Шаша

Чуть ниже изображен простой квадрат: цифры в столбцах и строках образуют простые числа (769, 953, 797 и 797, 659, 937), ни одно из которых не начинается с нуля. Заметьте, что в нем нет двух одинаковых строк или столбцов. Более того, этот квадрат – двунаправленный, поскольку числа в рядах остаются простыми, если их читать справа налево. Однако всенаправленным его не назовешь. Такого титула он удостоился бы только в том случае, если бы числа в столбцах и диагоналях тоже были простыми при прочтении в обоих направлениях (см. квадраты справа). В нашем примере в средней колонке снизу вверх получается четное, следовательно, не простое число 956.

Для разминки попробуйте составить простой квадрат 434 (необязательно двунаправленный), используя при этом 9 различных цифр. Список

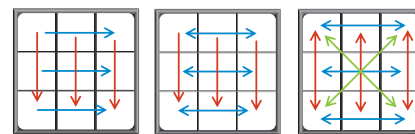
7	6	9
9	5	3
7	9	7

3	2	5	3
8	4	1	9
8	2	6	3
9	3	7	1

простых чисел можно найти по адресу www.sciam.com/ontheweb.

А теперь к делу. Придумайте двунаправленный простой квадрат 333, задействовав как можно меньше различных цифр. Затем используйте все 10 цифр для создания квадрата 535, пусть даже не всенаправленного или двунаправленного. Сумеете ли вы найти множество чисел N , из которых можно составить простые квадраты $n \times n$ – обычные, дву- или всенаправленные? Ученые пока не нашли ответа на этот вопрос, я тоже.

И на десерт – игра «Простые крестики-нолики». Соперники ходят по очереди и располагают по одной цифре в клетках игрового поля 333. Есть лишь один нюанс: и восьмой, и девятый ходы принадлежат второму игроку. Как только один из играющих завершает одну или несколько линий из трех цифр, он получает по одному очку за каждое вновь образованное трехзначное простое число, читаемое в прямом или обратном направлении (таким образом, за двунаправленное простое число начисляется сразу два очка). Готовы ли вы придумать выигрышную стратегию для обоих оппонентов? ■



Обычный Двунаправленный Всенаправленный

ОТВЕТ НА ГОЛОВОЛОМКУ ИЗ ПРЕДУЩЕГО НОМЕРА:

Когда за каждый билет дают \$1 или \$5, то лучше всего сначала продать 50 штук невзирая на цену, а затем соглашаться только на пятидолларовые предложения. Если киоскер будет платить по \$1 за билет, а потом прекратит торги, то ваш коэффициент потерь составит 1,8 (\$90, деленное на \$50). Если же сначала вам будут все время предлагать по \$1, а затем – по \$5, то коэффициент все равно останется равным 1,8 (\$450, деленное на \$250).

Теперь предположим, что киоскер отдает \$1 или \$1 000 000 за билет. В этом случае сначала нужно сдать 45 билетов по любой цене, а оставшиеся менять только на миллионные купюры. При такой стратегии коэффициент потерь равен двум.

Пример игры в «Простые крестики-нолики»

Первый ход, Игрок 1
Счет 0:0

	5	

Второй ход, Игрок 2
Счет 0:0

6		
	5	

Третий ход, Игрок 1
Счет 1:0

6		
	5	
		9

Четвертый ход, Игрок 2
Счет 1:0

6		
3	5	
		9

Пятый ход, Игрок 1
Счет 3:0

6		
3	5	3
		5

Шестой ход, Игрок 2
Счет 3:2

6		7
3	5	3
		5

Седьмой ход, Игрок 1
Счет 6:2

6		7
3	5	3
1		5

Восьмой ход, Игрок 2
Счет 6:3

6	1	7
3	5	3
1		5

Девятый ход, Игрок 2
Счет 6:6

6	1	7
3	5	3
1	1	5

почему ДНЕВНОЙ СВЕТ ТУСКНЕЕТ, ПРОХОДЯ СКВОЗЬ ТОЛЩУ ВОДЫ?

На вопрос отвечает Олег Ширяев, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Института общей физики РАН:

Люди с давних пор мечтали о погружениях в пучины океана. Прыжок вниз – и водная гладь смыкается над головой. Сначала пропадают все звуки, слышно лишь собственное дыхание и бульканье пузырьков воздуха, стремящихся вверх. Потом теряется ощущение веса собственного тела... Радужные краски подводного мира постепенно меркнут, и черная бездна раскрывает свои объятия.

Прежде всего не весь падающий на поверхность свет проникает в морские пучины. Переходя из воздуха в воду, его лучи преломляются на границе сред. Это явление носит название эффекта поверхностных потерь. Интенсивность данного процесса зависит главным образом от высоты солнца над горизонтом и от состояния морской поверхности. Когда солнце в зените, коэффициент отражения минимален, на восходе и закате он максимален. При небольшом ветерке под переливающейся водной рябью можно заметить скачущие по дну солнечные зайчики. Мелкие волны действуют на лучи света как собирающие и рассеивающие линзы. Штормовые волны снижают коэффициент пропускания. При волнении моря освещенность под водой в среднем на 15–30% меньше, чем во время штиля.

Вода в сотни раз сильнее, чем воздух, препятствует распространению света. Объяснением этому служат два взаимосвязанных явления: поглощение и рассеяние.

Поглощение – сложный физический процесс. Во-первых, свет приводит молекулы воды в состояние активного движения, т.е. его энергия

переходит в тепло. Во-вторых, он поглощается растворенными в воде органическими и неорганическими веществами. Замечено, что чем меньшей энергией обладает свет, тем быстрее он поглощается. Поэтому длинноволновая часть спектра, красный и оранжевый цвета, полностью отсутствуют уже на глубине 5–8 м. Затем исчезают желтый, и значительно позже – синий и зеленый. Спектр поглощаемого света зависит и от собственного цвета воды.

Вода не является абсолютно однородной средой. Когда речь идет о кристально чистой воде, реально имеется в виду лишь прозрачность на глубинах до 30–40 м.

Неоднородности концентрации молекул и взвешенные микроскопические частицы рассеивают лучи света в различных направлениях, в основном вглубь. Каждый луч дробится на множество более тонких лучей, и так до тех пор, пока не наступает кромешная тьма. По рассказам аквалангистов, рассеянный свет под водой напоминает «запыленные» лучики, которые так хорошо видны во время грибного дождя.

Рассеяние значительно преобладает над поглощением, поэтому по мере погружения направленный свет сменяется рассеянным, идущим со всех сторон. На определенной глубине возникает «световой» туман, скрывающий обитателей подводного мира от глаз наблюдателя. Попав в плен «голубой пелены», ныряльщик теряет ориентацию в пространстве. Найти нужное направление, чтобы благополучно подняться на поверхность, аквалангистам всегда помогают поднимающиеся вверх пузыри выдыхаемого из акваланга воздуха.

Ныряльщикам подводный мир представляется ирреальным, как бы отраженным в кривом зеркале. Лучи света,

попадая в человеческий глаз прямо из воды, практически не испытывают преломления. Изображение предмета фиксируется не на сетчатке, а далеко за ней, как при сильной дальнозоркости. В результате острота зрения ухудшается в 100–200 раз, и пловец видит расплывчатые и неясные очертания предметов, с трудом различает, кто или что находится рядом с ним. У рыб зрение устроено совершенно иначе. Хрусталик глаза у них имеет шаровидную форму и способен смещаться, что позволяет им хорошо видеть на расстояниях от 1 до 15 м. Может показаться, что это немного, но видимость под водой редко бывает больше. Угловое поле зрения у рыб значительно шире, чем у человека, что помогает им видеть часть пространства вокруг себя. Некоторые морские обитатели даже обзавелись «выдвижными телескопическими глазами», обеспечивающими круговой обзор.

Но и люди, не желая отставать от хладнокровных подводных обитателей, придумали множество приспособлений, позволяющих улучшить видимость при погружении. Самые распространенные из них – маска и очки. Правда, из-за того, что луч, проходя через плоскопараллельное стекло, дважды преломляется на границах сред «вода-стекло» и «стекло-воздух», все предметы кажутся аквалангисту на четверть крупнее и ближе, чем на самом деле. Но пока он не погрузится на глубину, до которой лучи света не доходят, подобные неудобства ничуть не мешают любоваться красотами подводного царства, изучать морскую флору и фауну, исследовать коралловые рифы, наблюдать завораживающий «полет» скатов, разглядывать останки затонувших кораблей или проводить спасательные работы. ■



Читайте в ноябрьском выпуске журнала:

**Планета человекообразных
Этот загадочный мозжечок
Спроси дельфийского оракула
Геномные цензоры
Информация в голографической Вселенной**

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

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

Розничная продажа в Москве осуществляется:

- в передвижных киосках «Метрополитеновец» около станций метро;
- в киоске «Деловые люди», 1-я Тверская-Ямская ул., 1;
- в киоске РосНОУ, ул. Радио, 22, 1-й этаж;
- в Доме технической книги, Ленинский проспект, 40;
- в киосках МГУ, МГИМО, РУДН, МИРЭА;
- в павильоне у метро «Тимирязевская»;
- в киоске в г. Пушкино, Московский проспект, 5;
- в киоске на Большой Якиманке, 49;
- в киоске на Дмитровском шоссе, 25;
- в киоске на Дмитровском шоссе, 43;
- в киоске на Ленинградском шоссе, 112/1;
- в киоске Министерства внутренних дел;
- в киоске у м. Петровско-Разумовская, Локомотивный проезд, 32;
- в киоске на Селезневской улице, 11;
- в киоске на Тверской, Мамонтовский пер., 9;
- в киоске на ул. Тимирязевская, 15;
- в павильоне в г. Химки;
- в павильоне в г. Зеленоград;
- в магазинах на Курском вокзале;
- на лотке и в магазине на Ленинградском вокзале

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



**ДОМОДЕДОВСКИЕ
АВИАЛИНИИ**



**Авиакомпания “Домодедовские авиалинии”
предлагает прямые регулярные рейсы
из Москвы в города:
Южно-Сахалинск, Магадан, Хабаровск,
Анадырь, Норильск, Благовещенск, Якутск,
Иркутск, Петропавловск-Камчатский,
Владивосток, Ташкент, Красноярск,
Бангкок, Утапао, Баку и Гянджа.**

**Представительство в Москве:
(095)323-84-18, 504-03-24**

**Заказ билетов:
(095)504-03-26, 504-03-46(круглосуточно)
E-mail: commerce@akdal.ru
Сайт: WWW.AKDAL.RU**

**сертификат эксплуатанта №004/01 от 11.12.2001 г.
Выдан ГСГА Минтранса России (Росавиация)**

НАШЕ ОБРАЗОВАНИЕ - ПУТЬ К УСПЕШНОЙ КАРЬЕРЕ

Государственная лицензия № 24-0722 от 13.11.2001 г. Министерства образования РФ
Государственная аккредитация № 0426 от 26.11.2001 г. Министерства образования РФ



Факультеты:

финансово-экономический

юридический

второго высшего образования

социально-культурного сервиса и туризма

информационных систем
и компьютерных технологий

психологии и педагогики

иностранных языков
и межкультурной коммуникации

Rosnou

Отсрочка от призыва
на военную службу

www.rosnou.ru

для лиц, обучающихся по очной
форме в университете и колледже

Адрес приемной комиссии:

ул. Радио, дом 22
Проезд: метро «Бауманская», тм. №37, 45, 50,
до остановки «Лефортовская набережная»
метро «Курская», тм. №24,
до остановки «Лефортовская набережная»

Тел.: (095) 105-0388, 244-8080