ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

№7 2007

ПРОГНОЗ ЗДОРОВЬЯ

Спросите у антител, заболеете ли вы

Атлас генома рака

Экспансия черных дыр

Чистый дизель

Триумф цифрового телевидения

Лего из молекул

www.sciam.ru

содержание

ИЮЛЬ 2007

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

АСТРОФИЗИКА
20 **ЭНЕРГИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ**
Уоллес Такер, Харви Тананбаум и Эндрю Фабиан
Одиночная черная дыра размером меньше Солнечной системы может определять судьбу целого скопления галактик

НЕЙРОНАУКИ
28 **КИНО В НАШИХ ГЛАЗАХ**
Фрэнк Верблин и Ботонд Роска
В сетчатке глаза происходит гораздо более серьезная обработка информации, чем считалось ранее

БИОТЕХНОЛОГИИ
36 **ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КАРТА РАКА**
Анна Баркер и Фрэнсис Коллинз
Идентификация генов, ответственных за канцерогенез, поможет проложить новые пути в сложном ландшафте онкологических болезней

МЕДИЦИНА
44 **ПРЕДВЕСТНИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ**
Абнер Луис Ноткинс
Аутоантитела образуются в организме человека задолго до появления первых симптомов. Тест на наличие таких молекул поможет отсрочить или предотвратить недуг

ПУТЕШЕСТВИЯ
52 **ЛЕДЯНОЕ СЕРДЦЕ ОКЕАНА**
Ольга Бараева
В третий Международный полярный год позывные UPOL стали символом преемственности международных арктических исследований

ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ
58 **МУДРЫЙ ВОРОН**
Томас Багнаяр и Бернд Хейнрих
Недавние эксперименты показали, что во́роны умеют логически мыслить, причем некоторыми способностями даже превосходят человекообразных обезьян

ЭНЕРГЕТИКА
66 **«УМНАЯ» ЭНЕРГОСИСТЕМА**
Массуд Амин и Филипп Шьюи
Использование энергосистем, автоматически реагирующих на неполадки в подаче электроэнергии, способно значительно уменьшить количество сбоев

ЭКОЛОГИЯ
74 **ПЛОТИНЫ УХОДЯТ**
Джейн Маркс
В наши дни многие плотины, отслужившие свой срок, демонтируются, что приводит к возрождению рек. Но столь ли однозначны последствия сноса гидросооружений?

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
80 **ТРИУМФ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**
Майкл Антонофф
Вскоре аналоговое телевидение уступит место цифровому. Однако до этого исследователям предстоит решить множество непростых технических задач

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки

Учредитель и издатель: ЗАО «В мире науки»

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

Зав. отделами:
фундаментальных исследований А.Ю. Мостинская
естественных наук В.Д. Ардаматская

Ответственный секретарь: О.И. Стрельцова

Редакторы: Ю.Г. Юшкявичюте, А.А. Приходько

Выпускающий редактор: М.А. Янушкевич

Спецкорреспондент: Д.В. Костикова

Над номером работали:
О.В. Бараева, Е.Г. Богадист, Б.А. Квасов, А.А. Корнеев, Т.А. Митина, М.Б. Молчанов, Т.Н. Саранцева, И.Е. Сацевич, В.Г. Сурдин, П.П. Худолей, И.В. Человеков, Б.В. Чернышев, Н.Н. Шафрановская

Научные консультанты:
профессор, доктор экономических наук М.В. Конотопов; ведущий научный сотрудник Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова, кандидат физико-математических наук С.В. Писарев; советник генерального директора ЮНЕСКО, вице-президент Евразийской академии телевидения и радио Г.З. Юшкявичюс

Верстка: А.Р. Гукасян

Корректура: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор ЗАО «В мире науки»: О.А. Василенко

Главный бухгалтер: Н.М. Воронина

Отдел распространения, подписка: Л.В. Старшинова

Адрес редакции и издателя:
105005, Москва, ул. Радио, д. 22, к. 409
Телефон: (495) 727-35-30, тел./факс (495) 105-03-72
e-mail: edit@sciam.ru; **www.sciam.ru**

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

Отпечатано в Эстонии, типография **Printall**
Петербургское шоссе, дом 64а, Таллинн 11415, Эстония
E-mail: myyk@printall.ee
Тел: +372 669-8400; Факс: +372 644-421
Факс отдела маркетинга: +372 669-8426

© В МИРЕ НАУКИ
Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати.
Свидетельство ПИ №ФС77-19285 от 30.12.2004

Тираж: 10 000 экземпляров
Цена договорная.

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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, Steve Mirsky, George Musser, Christine Soares

News Editor: Philip M. Yam

Contributing editors: Mark Fichetti, Marguerite Holloway, Philip E. Ross, Michael Shermer, Sarah Simpson, Carol Ezzell Webb

Art director: Edward Bell

Vice President and publisher: Bruce Brandfon

Chairman emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and chief executive officer: Gretchen G. Teichgraeber

Vice President and managing director, international: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

© 2004 by Scientific American, Inc.

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

РАЗДЕЛЫ:

ОТ РЕДАКЦИИ

3 **КЛОНИРОВАННЫЙ БИФШТЕКС**

4 **50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД**

6 **СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ**

- Зеленое золото
- Лунатики: правда и вымысел
- Химический контроль
- Принимать или не принимать антибиотики?
- Универсальная группа крови
- Гамма-всплески: длинные и короткие
- Мыши-мутанты
- Метан на Титане
- Не такая уж и темная материя
- Ракеты на природном газе
- Пещеры на Марсе
- Побег из атома
- Разрушительный смерч
- МИРЭА — 60 лет
- Небесные камни

ПРОФИЛЬ

18 **РЕЦИПИЕНТ И ТРАНСПЛАНТАТ: НАВЕКИ ВМЕСТЕ**
Маргерит Холлоуэй
Томас Старцл, пионер в области использования иммуносупрессантов в трансплантологии, надеется, что вскоре не будет необходимости в препаратах, подавляющих иммунитет

ЗНАНИЕ — СИЛА

86 **ЗВУКОВОЙ ПРОЖЕКТОР**
Марк Фишетти
Если обычные динамики распространяют звук во всех направлениях подобно тому, как светит лампочка, то направленный звуковой излучатель испускает концентрированный пучок волн подобно прожектору

ТЕХНИЧЕСКИЕ НЮАНСЫ

88 **ДОКТОР ДЛЯ АВТМОБИЛЯ**
Филип Ям
Вряд ли кто-то откажется от возможности выявить неисправности автомобильного двигателя, даже не открывая капота

ОБЗОРЫ:

90 **КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ**

92 **СПРОСИТЕ ЭКСПЕРТОВ**
Можно ли с помощью теоремы Байеса оценить вероятность существования бога?
Что такое загрязнение светом?
Почему волосы знают, что им нужно расти?

КЛОНИРОВАННЫЙ БИФШТЕКС

Официант ставит перед вами тарелку с аппетитным, сочным, поджаристым бифштексом и сообщает, что он приготовлен из мяса клонированного бычка. Станете ли вы его есть? Большинство американцев ответят отрицательно. Как показывает исследование, проведенное *Pew Initiative on Food and Biotechnology*, предложение заказать на обед блюдо из мяса животного, полученного в результате искусственного переноса клеточного ядра, не понравится шестерым из каждых десяти опрошенных.

Оправдана ли подобная реакция? Администрация по контролю над продуктами питания и лекарствами США (*FDA*), суммировав всю имеющуюся информацию о клонировании животных, пришла к выводу, что «клонированное мясо столь же безопасно, как и обычные продукты». Однако заключение экспертов *FDA* вряд ли приведет к тому, что полки магазинов тут же заполнятся «клонированными» продуктами, т.к. клонирование остается слишком дорогостоящей процедурой, чтобы использовать ее для промышленного производства. Правда, скотоводы и фермеры вряд ли пожалели бы $15 тыс. за производителя с первоклассными генетическими данными. Сторонники клонирования утверждают, что это позволит без применения стимуляторов роста выращивать здоровых, устойчивых к болезням, высокопродуктивных элитных животных.

Противники же заявляют, что в таком оптимистичном сценарии не учитываются нерешенные проблемы клонирования. Известно, например, что «зачатие в пробирке» чаще заканчивается выкидышем, появлением на свет потомков с различными аномалиями или преждевременным старением и смертью особи, чем оплодотворение естественным путем. Многие опасаются также появления генетически идентичных популяций животных, которые могут разом погибнуть от какой-нибудь одной болезни. Против клонирования выступают даже некоторые работники мясомолочной промышленности, поскольку опасаются запрета на вывоз своей продукции в другие страны.

Кто из них получен методом клонирования? Об этом знает только владелец фермы

JIM RICHARDSON Corbis

Многие потребители мясных продуктов будут крайне удивлены, узнав, что скотоводы уже давно применяют процесс, называемый «почкованием» (*budding*), при котором из оплодотворенной яйцеклетки, претерпевшей несколько делений, отбираются недифференцированные клетки. Такие клетки могут дать начало идентичным особям, так что в некоторых случаях получаются сотни искусственно созданных близнецов, или «природных» клонов.

Мы полагаем, что потребители имеют полное право знать, каким именно способом получены приобретаемые ими продукты. Помочь в этом может четкая маркировка (не та, что используется сейчас). Необходимо давать полную информацию, а не просто играть словами «органическое» и «природное». И касается это не только продуктов, полученных с использованием клонирования. ■

Странность и очарование кварков ■ Марс обитаем? ■ Премудрый лосось

ИЮЛЬ 1957

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ. «Теория странности дает нам основание классифицировать эти необычные частицы. Данная концепция не противоречит фундаментальной идее о существовании четырех групп частиц и трех типов реакций. Сегодня наш уровень понимания проблемы — как у Менделеева, обнаружившего лишь существование определенных закономерностей свойств элементов. Наша цель — достичь уровня понимания как у Паули, чей принцип исключения объясняет, почему такие закономерности существуют, и как у создателей квантовой механики, которые могут делать достаточно точные и детальные прогнозы относительно атомных систем. Мы хотим открыть законы движения частиц, мочь предсказывать (помимо прочего), как они будут взаимодействовать при столкновении, и как это будет изменять направление их движения». — Мюррей Гелл-Манн и Е.П. Розенбаум. (*Гелл-Манну принадлежат термин «кварк» и Нобелевская премия по физике 1969 г. за эту работу. — Ред.*)

ИСКУССТВЕННЫЙ ДОЖДЬ. На недавнем заседании Американского метеорологического общества были подытожены все имеющиеся данные по эффективности засевания облаков химическими реагентами. Вердикт был следующий: «Не подтверждено». Условия, благоприятные для искусственного вызывания дождя, как указывается в бюллетене общества, почти идентичны предпосылкам, ведущим к естественному дождю. Засевание химикатами только стимулирует выпадение осадков из уже сформировавшихся дождевых облаков. Неубедительной представляется также гипотеза, согласно которой установленные на Земле генераторы йодида серебра повышают количество осадков на равнинной местности. Подобные устройства эффективны только в холодную погоду и в тех регионах, где горные цепи создают восходящие потоки воздуха. Засевание же неактивных скоплений облаков скорее заставит их рассеяться, чем излиться дождем.

ИЮЛЬ 1907

ИЗОБРЕТАТЕЛЬНЫЕ МАРСИАНЕ. Если на Марсе действительно есть растительность, во что предлагает нам поверить профессор Персиваль Лоуэлл, то на этой планете вполне возможно существование живых организмов, в том числе разумных. На Марсе, с одной стороны, есть каналы и оазисы, с другой же стороны, планета выглядит как необитаемая. Единственный возможный источник воды на Марсе — снега на полюсах, таяние которых может происходить каждые полгода. Если на планете обитают разумные существа, они должны были найти какие-то пути доставки скудных водных ресурсов от полюсов к населенным центрам. Вероятно, именно поэтому и были сооружены каналы.

АВТОХРОМНЫЕ ПЛАСТИНЫ. Новый способ цветной фотографии изобрели в Париже Огюст и Луи Люмьер. Теперь возможно сделать цветной снимок при помощи всего одной пластины и обычной камеры с экспозицией в одну секунду или меньше. На стеклянную пластину наносятся окрашенные в три цвета микроскопические частицы (для этой цели предпочтителен картофельный крахмал), образующие цветовые фильтры. Слой крахмальных зерен сначала покрывается водонепроницаемым лаком, а затем светочувствительной панхроматической эмульсией. (*Автохромная технология цветной фотографии была самой популярной до появления цветных обращаемых пленок «Кодак» в 1935 г. и «Агфа» в 1936 г. — Ред.*)

ИЮЛЬ 1857

ЗАЩИТИТЬ ПОЖАРНЫХ. Критическая концентрация дыма в горящем помещении, мешающая дышать, создается на уровне человеческого роста, а невысоко от пола в любом случае остается достаточное количество прохладного и чистого воздуха. На основе этого физического явления была разработана плотная маска с трубками, через которые пожарные могут дышать. Трубки пропускаются по спине и заканчиваются в нескольких сантиметрах от пола.

ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ РЫБА. Мы хотим, чтобы те, кто желает вновь наполнить наши реки хорошей рыбой, накрепко запомнили: успех возможен только если реки будут чистыми. Действительно, лосось пропал из тех рек, где раньше водился в изобилии, но это не было результатом хищнической деятельности рыболовов, как принято считать. Возведение лесопильных заводов на речных берегах нарушило условия для откладывания икры таких рыб, как лосось и форель; было выяснено также, что рыба ушла из тех мест, где построены химические производства. Лосось весьма чувствителен и любит чистую проточную воду.

БОРЬБА С ОГНЕМ:
защита для пожарных, 1857 г.

SCIENTIFIC AMERICAN, VOL. XII, NO. 44, JULY 11, 1857

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ ОЧЕРЕДНОЙ НОМЕР ЖУРНАЛА «НАУКА И ЖИЗНЬ»

Тематика статей номера, как всегда, широка и разнообразна.

Мечта о полете человека на планету Марс имеет давнюю историю, но только сегодня мы подошли к возможности ее исполнения очень близко. Во многом интерес к Марсу был связан с ожиданием встречи братьев по разуму. И хотя рассчитывать на обнаружение на Марсе разумных существ не приходится, какие-то формы жизни там, вероятно, можно отыскать. Но значение полета человека на Марс выходит далеко за пределы поиска жизни вне Земли. Важно, что Марс — единственная планета, перспективная с точки зрения ее колонизации. Существует мнение, что на Марс следует отправлять не экипаж, а автоматические станции, которые способны заменить человека-исследователя (см.: Наука и жизнь, № 4, 2006; № 1, 2007). Несмотря на это, работы по осуществлению полета ведутся, а в Институте медико-биологических проблем начинается эксперимент по моделированию полета.

Ст. «Полет человека на Марс».

Полоску московской земли, протянувшуюся с востока на запад между Водоотводным каналом и Москвой-рекой, называют Островом. Длина Острова всего лишь 4,5 км, и на этом отрезке суши сохранились памятники архитектуры, имеющие немалое историческое и культурное значение.
В мартовском номере журнала рассказывалось о западной части Острова — от Стрелки до Балчуга. Сейчас речь пойдет об истории улицы Балчуг и о памятниках архитектуры, расположенных к востоку от нее.

Ст. «Остров в центре Москвы».

Россия включилась в гонку по созданию стратосферных беспилотных платформ и может находиться среди ее лидеров. Не исключено, что отечественный стратодирижабль сделает нашу страну родиной не только космонавтики, но и аэронавтики. По крайней мере, воздухоплавательная индустрия имеет достаточный ресурс для работы на перспективу.

Ст. «Дирижабли набирают высоту».

• Объем мировой торговли за один день сейчас так же велик, как за весь 1949 год.
• Одна из английских фирм разработала сушилку для рук, в которой вместо струи горячего воздуха используется инфракрасный свет. Этот метод считается более гигиеничным. Поэтому новая сушилка найдет применение прежде всего в больницах.
• Из-за бурного развития промышленности без оглядки на экологию природе Китая ежегодно наносится ущерб в 84 миллиарда долларов.
• Французские биологи из Института Пастера нашли в слюне человека обезболивающее вещество, которое в 3–6 раз сильнее морфина.

«О чем пишут научно-популярные журналы мира. Цифры и факты».

Ускорители тяжелых ионов Лаборатории ядерных реакций имени Г.Н. Флерова в Дубне объединились в комплекс DRIBs — Dubna Radioactive Ion Beams (пучки радиоактивных ионов). На ускорителях комплекса получены пучки гелия-6, ядро которого — альфа-частица (она состоит из двух протонов и двух нейтронов), окруженная гало из двух слабо связанных с ней нейтронов. О работах по исследованию реакций под действием этих экзотических изотопов, ведущихся в лаборатории, известной своими открытиями сверхтяжелых элементов, и о планах на будущее рассказывает ее научный руководитель академик Юрий Цолакович Оганесян.

Ст. «О ядрах и ускорителях. Что такое «хороший» ускоритель».

• Итальянская фирма «Ла Сфера» начала выпуск магазинных тележек, изготовленных из переработанных пластиковых бутылей. На одну тележку уходит 250 бутылей.
• Американский штат Нью-Мехико рассматривает законопроект, по которому Плутон в пределах данного штата снова будет считаться полноценной планетой. Дело в местном патриотизме: открыватель Плутона астроном Клайд Томбо работал в университете Нью-Мехико.
• Билл Гейтс ежедневно получает четыре миллиона электронных писем. Интересно, сколько из них он прочитывает?

«Кунсткамера».

Как это ни покажется странным, долгое время даже в серьезных справочниках можно было встретить противоречивые утверждения о том, кто первым достиг Северного полюса: Роберт Пири или Фредерик Кук. Почему возникло это противоречие, разрешить которое удалось только благодаря последним достижениям науки — исследовательским разработкам наших и международных дрейфующих станций, а также фотографиям из космоса, — рассказывает полярник Владислав Сергеевич Корякин.

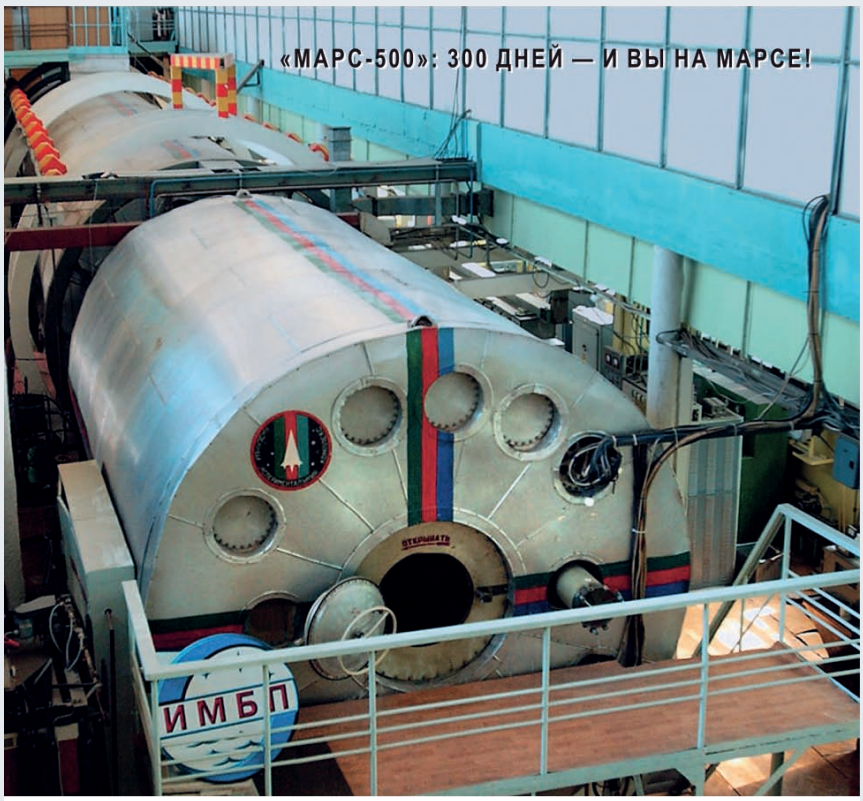
Ст. «Достижение Северного полюса — интригующий детектив XX века».

Не торопитесь отвечать на вынесенный в заголовок этой статьи вопрос, потому что за вас на него ответил шведский невролог Йонас Фрисен: каждому взрослому человеку в среднем пятнадцать с половиной лет. Если по паспорту вам, например, шестьдесят, то хрусталики ваших глаз на 22 недели старше, мозг — примерно ваш ровесник, а вот вашей коже всего две недели от роду.

Ст. «Сколько вам лет?»

Никакое электрическое чудо техники не способно заменить настоящий угольный самовар, на несколько веков завоевавший почетное место в русской жизни. «Лично у меня к этому предмету чувства особые, — пишет постоянный автор журнала Наталья Георгиевна Замятина. — Как только наша семья стала выезжать на дачу, как по волшебству, возник и самовар... Чаепитие, да еще с домашним вареньем и пирогами, может стать и вашей семейной традицией. Вынесите столик в сад, и все вместе — несколько поколений — садитесь пить чай из настоящего самовара». Особенно хороши и полезны травяные чаи.

Ст. «Чай из самовара».



ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

7
2007

● Стратосферные дирижабли — почти забытые беспилотные корабли — готовы сказать новое слово в воздухоплавании ● Если из семян хлопка удалить яд, хлопок будет и одевать, и кормить людей ● Имело ли смысл разрушать Бастилию? — вопрос пока открытый ● Тренируя интеллект, занимаясь творчеством и относясь с юмором прежде всего к самому себе, можно продлить свою жизнь — на годы ● Июль на дворе: лукошко в руки да по ягоды!

Электронная версия ISSN 1683-9528 представлена в сети Интернет, ежемесячно регистрируется более 60 000 обращений.
Адрес редакции: 101990, Москва, Центр, ул. Мясницкая, д. 24. Тел.(495) 624-1835, факс (495) 625-0590.
Служба распространения и связей с общественностью: Ю.А. Сигорская — (495) 621-9255. Рекламная служба: (495) 628-5965.
http://www.nkj.ru, e-mail: mail@nkj.ru.
Продолжается подписка на журнал «Наука и жизнь». Подписные индексы: 70601, 79179, 99349, 99469, 34174.

КУСТАРНИК – ЗЕЛЕНОЕ ЗОЛОТО

Предприниматели планируют использовать ятрофу в качестве нового источника биотоплива

Древесный кустарник с крупными маслянистыми семенами может быть идеальным источником для получения биотоплива. На протяжении сотен лет в Танзании и Мали использовали ятрофу (*Jatropha curcas*) как живую изгородь. Сейчас занимающиеся созданием биотоплива предприниматели в Индии и Африке, создают плантации и намереваются производить топливо из семян этого растения.

Важными возобновляемыми источниками энергии стали этиловый спирт, производящийся из кукурузы или сахарного тростника, и биотопливо из масла канолы, сои или пальмового масла. Однако данные продовольственные культуры являются дорогостоящими и требуют интенсивного ухода. Производство биотоплива из ятрофы обеспечивает все преимущества биогорючего. Для ее выращивания благоприятны условия жаркого сухого климата. Не встанет также вопрос, использовать это растение для производства горючего или как продукт питания, т.к. масло ятрофы ядовито. Джон Мэтьюз (John Mathews), профессор стратегического планирования из австралийского университета Маквари отмечает, что во многих развивающихся тропических странах колоссальные участки полузасушливых земель пришли в упадок, и их можно использовать для высадки культур для биотоплива. Рабочая сила там также дешева. Мэтьюз выступает за широкомасштабные посадки ятрофы, что позволит добиться независимости в области энергоресурсов таким странам с расширяющейся экономикой, как Китай и Индия, и стимулировать экспорт в слаборазвитых странах Африки.

Саженцы ятрофы высаживаются в Замбии для британской фирмы *D1 Oils*. Сухой жаркий климат благоприятен для выращивания этого кустарника

D1 OILS PLC

Британская компания по производству биогорючего *D1 Oils* засадила ятрофой 150 тыс. га земель в Свазиленде, Замбии и ЮАР, а также в Индии, где создано совместное предприятие. В этом году фирма планирует удвоить размеры посевов. Голландская компания *BioKing*, производитель оборудования для создания биотоплива, осуществляет посевы в Сенегале, правительство Китая также приступило к проведению в жизнь широкомасштабного проекта. «В настоящее время не производится много масла ятрофы, потому что не хватает ее семян для посевов», — считает Рейнхард Хеннинг (Reinhard Henning), специалист по ятрофе. Он нашел семена бразильской *Jatropha curcas*, которые содержат 40% масла — примерно столько же, сколько канола, и более чем вдвое больше по сравнению с 18% масла, содержащимися в соевых бобах. В Индонезии растет карликовая ятрофа, убирать урожай которой особенно легко.

Как объяснил Хенк Йоос (Henk Joos), директор агрономического отдела компании *D1 Oils*, сейчас мало достоверной научной информации о ятрофе. Известно, что *Jatropha curcas* хорошо приспосабливается к условиям окружающей среды. Однако представление, что это чудо-растение, которое можно сажать в пустыне и получать золото, — опасная идея. Йоос заявил, что на плантациях компании *D1 Oils* фермеры выращивают ятрофу на плодородных землях, не заменяя продовольственных культур. Дикий кустарник не должен составлять конкуренцию продовольственным культурам. Поэтому наиболее эффективными становятся небольшие проекты, предусматривающие его высаживание вместе с другими растениями. Такой метод применяется в Кении и на Мадагаскаре, где ятрофа растет вместе с ванилью.

Биотопливо не может конкурировать с нефтью, цены на которую невысоки, поэтому ятрофа лучше всего подойдет для местных проектов, которые улучшают благосостояние сельского населения и благоприятствуют предоставлению основных энергетических услуг. Затем, по мере роста цен на топливо, выращивание ятрофы может приобрести более широкие масштабы. Тогда, возможно, дикий кустарник станет топливом будущего.

Ребекка Реннер

ТРУДНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТОПЛИВА

Ятрофа обладает рядом преимуществ по сравнению с другими растениями, используемыми для получения биотоплива, которые требуют интенсивных методов ведения сельскохозяйственных работ и ставят под угрозу поставки продовольствия. Проводящаяся в последнее время США кампания за этиловый спирт в качестве горючего уже способствовала повышению цен на кукурузу. Плантации растений, используемых для производства биотоплива, также могут наносить ущерб окружающей среде. В Европе введение квоты на биотопливо привело к негативным результатам, поскольку усилился спрос на пальмовое масло из стран Юго-Восточной Азии. В результате фермеры стали вырубать влажные тропические леса (площадь которых и без того уменьшается), чтобы создавать плантации.

ПЛЕННИКИ ЛУНЫ: ПРАВДА И ВЫМЫСЕЛ

Говорят, что лунатики ведут себя очень странно: например бродят по дому в неглиже или отправляются готовить пищу и возвращаются в постель, даже не попробовав ее. Обычно такие рассказы сопровождаются строгими предупреждениями не будить сомнамбул, чтобы не спровоцировать их смерть.

Хотя неожиданное пробуждение (особенно резкое и энергичное) действительно может стать стрессом для человека, который ходит во сне, утверждение о том, что он может умереть от шока, абсолютно не соответствует истине, считает Майкл Салеми, исследователь Калифорнийского центра изучения расстройств сна. «Вы можете испугать лунатика, он может быть крайне дезориентирован, когда вы разбудите его, его реакция может быть агрессивной, но я никогда не сталкивался с документально зафиксированными летальными исходами». Гораздо большую опасность представляет то, что, бродя по комнатам во время своих ночных грез, человек может пораниться.

Снохождение (сомнамбулизм) относится к так называемым парасомниям — широкому кругу расстройств, связанных со сном. В большинстве случаев лунатики выполняют какие-либо несложные действия — садятся в кровати, расхаживают по дому, одеваются и раздеваются. Гораздо реже встречается более сложное поведение — они могут готовить, вылезать в окно или водить машину. И в это время они действительно спят. Продолжительность таких эпизодов может варьировать от нескольких секунд до получаса и более.

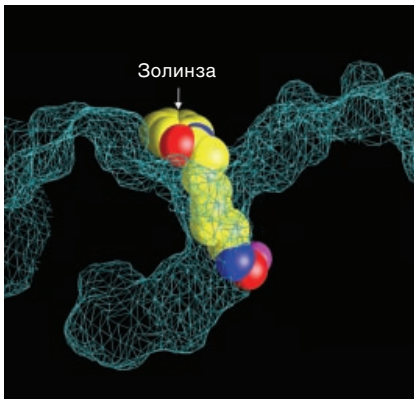
«Во время снохождения человек наполовину спит, наполовину бодрствует, — говорит Карлос Шенк из Регионального центра изучения расстройств сна Миннесоты. — Проявления лунатизма обычно происходят во время третьей и четвертой стадии глубокого сна, характеризуемого медленным дельта-ритмом и практически полным отсутствием сновидений».

«У детей вероятность появления лунатизма гораздо больше, — утверждает Шенк. — Если ребенок действительно ходит во сне, разбудив его через 45 минут после того, как он заснул, можно прервать цикл. В общем, самое лучшее, что можно сделать в такой ситуации, — успокоить ребенка и отвести назад в кровать». У 17% детей наблюдался хотя бы один эпизод снохождения. Чаще всего случаи лунатизма наблюдаются в возрасте 11–12 лет, к концу подросткового периода их частота уменьшается. У взрослых такое расстройство встречается гораздо реже (2,5% населения). Его появление может быть вызвано стрессами, недосыпаниями или нерегулярностью сна.

«Описано много случаев, когда лунатики были опасны и для себя, и для окружающих, отмечает Шенк — Так, например, худенькая девочка-подросток однажды ночью сняла с петель дверь своей спальни, на что в состоянии бодрствования у нее не хватило бы сил. А один юноша мчался на машине с огромной скоростью, стремясь добраться до дома своих родителей, и проснулся от стука собственного кулака в их входную дверь». В таких случаях врачи назначают бензодиазепины, чтобы ослабить ночную активность пациентов. В целом же сомнамбулизм — это нечастое явление, с которым легко справиться, просто уложив лунатика обратно в кровать.

Робин Бойд

ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



Препарат эпигенетической направленности золинза блокирует фермент, подавляющий активность целевого гена

Применяющиеся сегодня противораковые лекарственные средства — это высокотоксичные химические вещества, которые убивают как раковые клетки, так и нормальные. Процедура подбора препарата и адекватной дозы напоминает игру «орел–решка», весьма рискованную в данной ситуации и к тому же отнимающую драгоценное время. Все может измениться с появлением препаратов, которые оказывают действие на эпигенетическом уровне. На их основе можно будет разработать новые способы борьбы с раком, которые не дают столь тяжелых побочных эффектов. Ведь сегодня больные часто погибают не от самого рака, а от последствий химиотерапии.

Термин «эпигенетический» подразумевает, что речь идет не о самих генах, а о структурах, связанных с ними. Небольшие изменения в этих структурах служат сигналами для клетки к активации (т.е. транскрипции) одних генов и подавлению других. В раковых клетках молекулярные регуляторы выходят из-под контроля: они включают все гены, побуждающие клетку к делению, и выключают гены, тормозящие этот процесс. Сравнивая эпигенетический профиль раковых и нормальных клеток, исследователи пытаются идентифицировать те аномалии в эпигенетических структурах, которые вызывают бесконтрольное деление клеток. Для некоторых типов рака (рака толстой кишки, предстательной железы, молочной железы, лейкозов) такие аномалии уже выявлены.

Как и мутации в генах, эпигенетические изменения могут передаваться от одного поколения к другому. Но, в отличие от мутаций, они обратимы, и в частности под действием химических веществ. Вместо того чтобы убивать клетки, которые превратились в раковые в результате эпигенетических изменений, эти вещества корректируют их поведение и возвращают «на путь истинный».

Наибольший интерес вызывают два молекулярных механизма переключения — метилирование и ацетилирование. Если говорить в двух словах, то метилирование — это сигнал к выключению генов, а ацетилирование — к включению. *FDA* уже одобрила к применению два препарата, которые подавляют метилирование: видазу (*Vidasa*) в 2004 г. и дакоген (*Dacogen*) в 2006 г. Оба они доказали свою эффективность при лечении больных с миелодиспластическим синдромом — заболеванием крови, предшествующим лейкозу. А в 2006 г. *FDA* дала добро на использование препарата под названием золинза (*Zolinza*), который ускоряет ацетилирование и помогает при кожной *Т*-клеточной лимфоме. На разных стадиях клинических испытаний находятся десятки препаратов сходного действия. К сожалению, лекарства эпигенетической направленности не могут полностью излечить больного. «Мы не рассчитываем на то, что такой способ противораковой терапии позволит избавить человечество от рака, — предупреждает Пол Маркс (Paul Marks), почетный президент Мемориального онкологического центра Слоуна и Кеттеринга в Нью-Йорке. — но мы надеемся, что нам удастся переводить некоторые виды рака в хроническую форму».

Чтобы повысить эффективность нового метода, имеет смысл вначале получить эпигенетический профиль того или иного заболевания. «Мы знаем, например, что среди заядлых курильщиков очень много таких, у кого возникает масса эпигенетических изменений, — поясняет онколог Стивен Бейлин (Stephen

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ

Эпигенетический анализ, вероятно, станет еще одним элементом персонифицированной медицины, о которой сейчас так много говорят. Определив эпигенетические особенности опухоли, врачи смогут точнее предугадать, какие лекарства нужны больному. Но от традиционной диагностики этот подход во многом отличается. Как показали недавние исследования, для одного только рака предстательной железы идентифицировано 12 типов биомаркеров. «Чтобы провести молекулярное тестирование, обычно берут образец опухоли больного», — поясняет Марк Ладани (Marc Ladanyi), директор недавно организованного диагностического центра при Мемориальном онкологическом центре Слоуна и Кеттеринга. Но скоро в распоряжении клиницистов появятся новые инструменты, например скрининг крови с целью выявить в ней ДНК клеток опухоли, находящейся в недоступном месте в теле больного. Разработка подобных тестов — дорогостоящее мероприятие, и Ладани предупреждает, что процесс будет долгим.

SOURCE: "DIMETHYLSULFOXIDE TO VORINOSTAT: DEVELOPMENT OF THIS HISTONE DEACETYLASEINHIBITOR AS AN ANTICANCER DRUG," BY P. MARKS ET AL., IN NATURE BIOTECHNOLOGY, VOL. 25; JANUARY 2007

Baylin) из Университета Джонса Хопкинса. — Важно выяснить, какие из них являются предвестниками рака легких. Но тогда возникает вопрос: должны ли мы назначать соответствующие препараты пока еще здоровым людям, пристрастившимся к курению? На самом деле мы уже сейчас всерьез этим озабочены». Вещества эпигенетической направленности могут повышать эффективность обычных химиотерапевтических препаратов, которые взаимодействуют с ДНК: они облегчают им доступ к мишеням, упрятанным в этой двухцепочечной молекуле.

Конечно, предстоит сделать очень много, чтобы надежды на новые методы терапии стали реальностью, но специалисты уже осознали необходимость исследований в этом направлении. «Старые подходы несомненно устарели, — говорит Эндрю Аллен (Andrew Allen), главный медицинский эксперт компании *Pharmion*, разработавшей препарат видазу. — Например, если раньше мы говорили, что в легких пациента обнаружены раковые клетки, то теперь можем высказываться более определенно: у него рак легкого. Мы проникаем в суть патологического процесса гораздо глубже, чем раньше».

Дженин Интерланди

ПРИНИМАТЬ ИЛИ НЕ ПРИНИМАТЬ антибиотики?

На прошедшем весной в Москве конгрессе «Человек и лекарство» ученые из НИИ антимикробной химиотерапии Смоленской государственной медицинской академии рассказали о наиболее распространенных среди врачей заблуждениях относительно лечения пациентов антибиотиками. Как сообщила в своем докладе кандидат медицинских наук старший научный сотрудник И.В. Андреева, по статистике почти в 50% случаев антибиотики назначаются и применяются неправильно.

Одно из наиболее распространенных заблуждений — длительность антибактериальной терапии, составляющая не менее 10–14 дней. В действительности, современные антибиотики в ряде случаев можно применять короткими курсами и даже однократным приемом. Кроме того, не стоит продолжать курс приема лекарств до полного исчезновения симптомов заболевания.

Также антибиотик необходимо менять каждые 5–7 дней. Однако если у больного не происходит улучшения самочувствия через 48–72 ч., антибиотик надо менять незамедлительно. Если же препарат эффективен, то замена его другим не снижает, а повышает риск формирования резистентности у бактерий.

Всем известно утверждение, что антибиотики токсичны, вызывают аллергию и угнетают иммунитет. Вероятно, в свое время, когда широко использовались такие препараты, как хлорамфеникол, аминогликозиды, сульфаниламиды, тетрациклины, то они действительно были токсичны и нередко вызывали нежелательные реакции. В настоящее время все препараты, подавляющие иммунитет, отбраковываются еще на стадии доклинических исследований. Новейшие же антибиотики (например, макролиды) не только не угнетают, но и стимулируют иммунную систему.

Нередко врачи при лечении назначают антигистаминные препараты, хотя доказано, что они не предотвращают развитие аллергических реакций при использовании других лекарственных средств, в том числе антибиотиков.

Оказалось, что и назначение противогрибковых средств при лечении антибиотиками (например, нистатина) не оправдывает себя. Как отмечают смоленские ученые, этот препарат практически не всасывается в желудочно-кишечном тракте и не способен предотвратить грибковую суперинфекцию полости рта, дыхательных и мочевыводящих путей, половых органов.

По мнению ученых, если врачам при лечении антибиотиками удастся избавиться от подобных заблуждений, эффективность и безопасность лекарственной терапии несомненно повысятся.

Михаил Молчанов
(По материалам журнала «Наука и жизнь»)

универсальная группа крови

Найдены белки, позволяющие превращать вторую, третью и четвертую группы крови в первую

В больницах, особенно небольших, расположенных вдали от крупных городов, обычно остро не хватает донорской крови I группы, которая подходит буквально всем пациентам. Возможно, проблема скоро будет решена: международная группа исследователей под руководством Хенрика Клаузена (Henrik Clausen) из Копенгагенского университета разработала эффективный метод получения крови I группы из крови других групп.

Группы крови различаются по наличию или отсутствию в эритроцитах антигенов *A* и *B*. Кровь I (0) группы считается донорской, т.к. в отличие от II (*A*), III (*B*) и IV (*AB*) не содержит антигенов, способных вызывать иммунную реакцию. Поэтому она подходит любому человеку. В то же время кровь, содержащая антигены *A*, *B* или *AB* (то есть II, III или IV), перелитая пациенту с другой группой, может вызывать свертывание красных телец.

Поэтому для того, чтобы обеспечить всех нуждающихся донорской кровью, исследователи в течение многих десятилетий искали способ, как отделить антигены *A* и *B* от красных кровяных телец с помощью класса белков, который специализируется на разделении цепочек сахара. Но до сих пор это удавалось сделать только для II группы.

Клаузен и его коллеги исследовали экстракты 2500 грибов и бактерий в поисках ферментов, способных расщеплять антигены *A* и *B*. В итоге в двух бактериях они обнаружили не только белок, который отделяет антиген *A* от красных кровяных телец человека, но и белок, который способен быстро удалять антиген *B*, причем в достаточно простых для контроля лабораторных условиях. По мнению исследователей, два фермента, содержащиеся в бактериях, позволят превратить любую кровь в универсальную I (0) группу.

В ближайшее время планируются клинические испытания, которые должны подтвердить переносимость и эффективность «универсальной» крови, полученной биотехнологическим способом.

(По материалам немецкого информационного агентства *DDP* и журнала *Wissenschaft*)

длинные и короткие

С точки зрения современной астрофизики гамма-всплески можно разделить на те, которые длятся менее двух секунд и те, которые видны дольше. Первые возникают при падении старой нейтронной звезды на черную дыру, вторые появляются, когда массивная молодая звезда претерпевает вспышку сверхновой и превращается в черную дыру. Эти два типа всплесков отличаются также спектром и интенсивностью излучения.

Однако гамма-всплеск *GRB060614*, зарегистрированный в июне прошлого года, не подпадает ни под один из них. Его длительность составила 102 с, что относит его ко второму типу, однако интенсивность излучения оказалась более характерной для первого. По словам Нила Джерелза (Neil Gehrels) из центра управления космическими полетами им. Годдарда *NASA*, автора одной из работ, посвященных описанию этого феномена, все данные свидетельствуют о том, что это новый, однако, возможно, не такой уж и необычный тип космических взрывов.

По одной из гипотез, подобные всплески могут возникать в результате рождения столь мощных черных дыр, что звезда-родитель не претерпевает взрыва сверхновой.

Дэвид Биелло

Мыши-мутанты

Как показали результаты экспериментов с лабораторными мышами, обитающими в головной части Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа), повышенный радиационный фон, оставшийся на территории Восточного Урала после ядерной аварии на ПО «Маяк» (один из крупнейших российских центров по переработке радиоактивных материалов) в 1957 г., подавляет иммунную систему животных, и это приводит к их бурному размножению. К такому выводу пришли ученые Института экологии растений и животных УрО РАН.

Специалисты уже давно обнаружили у мышевидных грызунов многочисленные внешние изменения и хромосомные перестройки, а также нарушения работы кроветворной и иммунной систем. Однако численность грызунов в этой зоне в течение многих лет не стала меньше, чем на соседних, незараженных участках, а по плодовитости мыши даже превзошли своих соседей.

Чтобы проверить гипотезу о том, что в плодовитости мутантных грызунов повинна дисфункция иммунной системы, самкам лабораторной линии мышей СВА в течение семи дней вводили иммунодепрессант, что привело к развитию иммунологических нарушений (состояние крови и кроветворных органов животных). После проведенного курса инъекций самок подсадили к самцам, и оказалось, что на фоне угнетенного иммунного статуса плодовитость возросла, а эмбриональные потери сократились. В результате у матерей родилось больше детенышей, чем в контрольной группе, и в потомстве женских особей оказалось почти в два раза больше, чем мужских.

Подобные изменения исследователи оценили как результат нарушения работы иммунной системы, которая не в состоянии контролировать качество потомства, поэтому на свет появляются мутанты, погибающие при нормальных условиях еще на эмбриональной стадии.

Ученые пришли к выводу, что в зонах радиоактивного загрязнения грызуны выживают за счет повышенной плодовитости. При этом качество потомства отходит на второй план, и если патология детенышей совместима с жизнью, они живут и затем снова оставляют потомство. Поэтому подобное нарушение различных функций системы иммунитета можно рассматривать как один из механизмов адаптации к радиации.

Михаил Молчанов
(По материалам журнала «Химия и жизнь»)

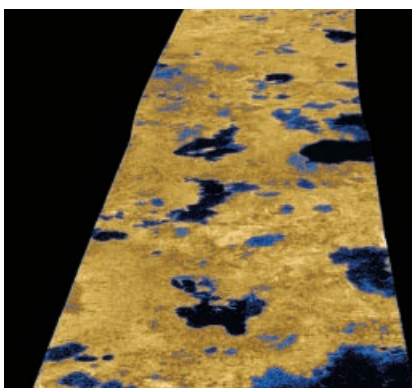
Метановые озера на Титане

Титан, загадочный спутник Сатурна, окутан метановым смогом. Это и натолкнуло исследователей на мысль о том, что на поверхности небесного тела должен существовать жидкий метан. Но экспериментально обнаружить его не удалось.

Однако недавние наблюдения с помощью радара космического зонда «Кассини» позволили обнаружить вблизи северного полюса 75 областей, похожих на озера, отдельные из которых достигают размера в 70 км. По мнению исследователей, это впадины, заполненные жидкостью, т.к. температура (-179 °C) и давление (в полтора раза выше давления у поверхности Земли) в данной области подходят для существования метана и продукта его распада — этана в жидком виде. Такие впадины могут заполняться либо из подземных резервуаров, либо за счет испарения и углеводородных дождей.

Дальнейшие наблюдения покажут сезонную динамику озер, а также позволят определить, существуют ли где-либо еще на Титане подобные образования.

Дэвид Биелло



На этом изображении, полученном радаром зонда «Кассини», видны озера метана, покрывающие поверхность Титана

NASA/JPL/USGS (bottom)

НЕ ТАКАЯ УЖ И ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Считается, что сутью темной материи является ее темнота. Что-то притягивает звезды и газовые облака, заставляя их менять свою траекторию, однако при попытке обнаружить загадочный объект астрономы ничего не видят. Следовательно, что бы это ни было, оно не излучает и не поглощает свет. Более того, если бы темная материя могла взаимодействовать с излучением, галактики бы даже не сформировались: то море фотонов, которое заполняло Вселенную на ранних стадиях ее развития, бомбардировало бы материю и не давало бы ей слипаться и образовывать более или менее массивные объекты.

Тем не менее, астрономы вот уже несколько лет спорят о том, что темная материя могла дать энергию некоторым необъяснимым источникам излучения в космосе. Такое утверждение спорно, т.к. описание каждого из необъяснимых источников излучения требует различных наборов свойств темных частиц. Однако сейчас исследователи обнаружили более состоятельное объяснение данного феномена. По словам исследователя Дугласа Финкбейнера (Douglas Finkbeiner) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра, эта идея все объединяет и, благодаря введению одной новой частицы, может все объяснить.

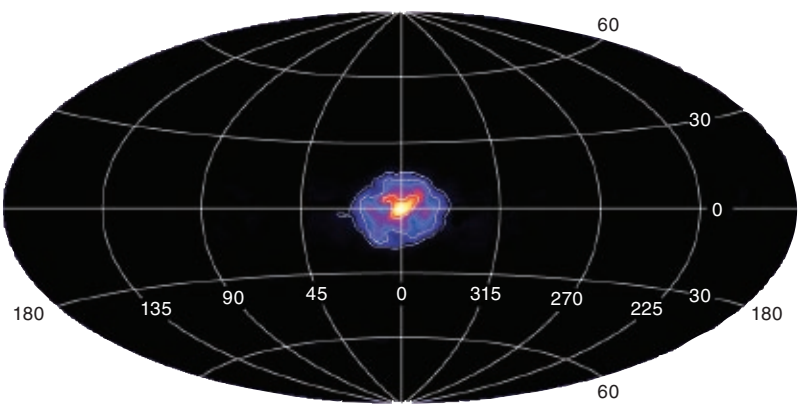
Один из возможных механизмов излучения для темной материи — взаимодействие с темной антиматерией, при котором они аннигилируют, и возникает всплеск гамма-излучения. Десять лет назад гамма-обсерватория «Комптон» (*CGRO*) зарегистрировала вдвое более интенсивное гамма-излучение, чем ожидалось. Если предположить, что частицы темной материи весят в 100 раз больше протонов, то аннигиляция темной материи могла бы объяснить такое расхождение.

В 1970-х гг. астрономы регистрировали огромное число электрон-позитронных аннигиляций. Позитроны рождаются во многих процессах — от сверхновых до нейтронных звезд, однако не в таком изобилии, а источники концентрируются ближе к галактической плоскости, в то время как данное излучение пришло из внешних областей. В 2003 г. одна из научных групп предположила, что позитроны в данном случае возникли при аннигиляции темной материи. Проблема лишь в том, что позитроны очень легки, и для того, чтобы это объяснение было состоятельным, пришлось бы предположить, что масса частиц темной материи должна составлять ~0,001 от массы протона. Все это не согласуется с результатами, полученными обсерваторией «Комптон».

Финкбейнер и Нил Вейнер (Neal Weiner) из Нью-Йоркского университета могут истолковать эти наблюдения посредством данных о поведении тяжелых частиц. На конференции Американского астрономического общества Финкбейнер предположил, что частицы могут рассеиваться, преобразуя часть своей кинетической энергии во внутреннюю и в результате выстреливая электрон и позитрон.

Кинетическая энергия темных частиц во внутренних частях Галактики совпадает с количеством энергии, необходимой для рождения электрон-позитронной пары. При рассеянии частицы должны взаимодействовать посредством неизвестной силы, которая «включается», когда они сближаются до расстояния 10^{-14} м. Пролет с таким прицельным расстоянием в 10 тыс. раз вероятнее прямого попадания, необходимого для аннигиляции. Такое соотношение вероятностей может объяснить как результаты *CGRO*, так и количество регистрируемых позитронов. По словам Джонатана Фэна (Jonathan Feng) из Калифорнийского университета, данная идея наиболее вероятна из всех, предложенных ранее.

Несмотря на то, что необходимость введения нового типа взаимодействия может показаться неоправданной, исследователи утверждают, что появление новых частиц обычно влечет за собой введение новых типов взаимодействия. Как считает Вейнер, регистрация позитронов в центре Галактики требует некоторой дополнительной динамики в темном секторе. Вероятно, предложенная ими модель сможет пролить свет и на другие загадки астрофизики. Например, возможно, именно таков механизм подогрева межгалактического газа. В любом случае, новый гамма-телескоп



Возможно, антиматерия, наблюдаемая в центральной области Галактики, была произведена темной материей

ESA/J. KNÖDLSEDER CESR AND INTEGRAL/SPI TEAM

с большой рабочей площадью *GLAST* (*Gamma-ray Large Area Telescope*), который *NASA* планирует запустить осенью, многое прояснит. По мере того, как исследователи будут все больше узнавать о темной материи и о законах, по которым она существует, новые частицы будут обретать свои настоящие имена, и сам термин «темная материя», который пока используется лишь от незнания ее природы, со временем канет в небытие.

Джордж Массер

СВЕЧЕНИЕ ВО ТЬМЕ

Глубоко в центре Галактики вы, возможно, смогли бы в буквальном смысле этого слова читать при свете темной материи. В прошлом году Игорь Москаленко из Стэнфордского университета и Ларри Вей (Larry Wei) из Стэнфордского Центра линейного ускорителя обратились к концепции, что звезда может сметать так много темных частиц на своем пути, что их аннигиляция будет генерировать больше энергии, чем ядерное горение внутри ее самой. Покидая звезду, это излучение перейдет из гамма- в видимый и инфракрасный диапазоны спектра. Действительно, неестественно яркие звезды наблюдаются в центре Галактики.

ракеты на природном газе

Исследователи в области ракетостроения стремятся разработать двигатель, работающий не на жидком горючем, а на метане (CH_4)

MIKE MASSEE XCOR

На рисунке видны конусы ударной волны метанового двигателя, наземные испытания которого были проведены в декабре прошлого года компанией *XCOR Aerospace*. Возможно, в будущем такие двигатели будут использоваться на космических кораблях

Уже полвека инженеры пытаются использовать смеси сжиженного при низкой температуре кислорода и углеводороды, такие как керосин или водород, в качестве химического топлива. Однако, по словам Дэвида Райзборо (David Riseborough) из *C&Space* (Соннам, Южная Корея), у того и другого имеются серьезные недостатки: «При сжигании керосина образуется сажа, оседающая на поверхности двигателя, что приводит к закупоркам и осложняет его многоразовое использование». Для хранения водорода необходимы дорогостоящие и потенциально опасные изолированные криогенные цистерны, которые занимают дополнительный объем и снижают полезный полетный вес.

Поскольку в данной отрасли любая поломка почти всегда заканчивается катастрофой, конструкторы ракет стремятся быть консервативными, выбирая проверенные оборудование и топливо. Однако в последние годы исследователи обратились к альтернативным видам топлива, включая метан. Он относительно безопасен, при его сжигании образуется меньше сажи, чем от керосина, в то время как реактивные свойства у него лучше. То же можно сказать и о его удельной тяге — мере эффективности топлива (импульс, придаваемый кораблю при сжигании единицы массы данного топлива).

Несмотря на то, что удельная тяга водорода превосходит эффективность метана, использование последнего имеет ряд преимуществ. Жидкий CH_4 более стабилен и медленнее выкипает. Более того, метановые цистерны требуют меньшей изоляции, что позволяет уменьшить ▸

ОДНОЙ ПРОБЛЕМОЙ МЕНЬШЕ

Главное в ракете — надежность. Именно поэтому конструкторы стремятся использовать так называемое гиперголовое жидкое топливо, такое, например, как гидразин или четырех-окись азота, в двигателях малой тяги, служащих для коррекции положения кораблей в космосе. Гиперголовое топливо воспламеняется при соприкосновении двух компонентов, поэтому такие ракетные двигатели, нуждающиеся лишь в двух клапанах, надежны и просты в управлении. Однако токсичное горючее загрязняет космическое пространство вокруг корабля. Несколько компаний, среди которых *Orion Propulsion* (Мэдисон, Алабама) и *Orbital Tochnologies* (Мэдисон, Висконсин), разработали малые — с тягой в 450 Н и менее — метановые ракетные двигатели, в которых нет вышеуказанных проблем, возникающих при использовании гиперголового топлива.

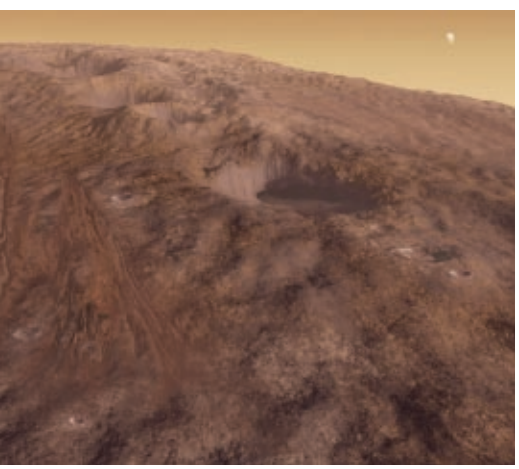
вес всей системы. Кроме того, жидкий метан (-163 °C) по температуре ближе к жидкому кислороду (-183 °C), чем жидкий водород (-253 °C), что упрощает использование топлива и устройство аппарата. Еще одно преимущество использования CH_4 заключается в том, что космонавты при полете на Марс, возможно, смогут синтезировать его на месте из атмосферы Красной планеты, в составе которой преобладает двуокись углерода, что поможет снизить размеры и массу их космического корабля. В обозримом будущем метан может быть использован в миссии *NASA* «Орион» в качестве топлива для взлета посадочного модуля с поверхности Луны или для возвращения капсулы с экипажем на Землю.

Несколько компаний при финансовой поддержке *NASA* набирают опытный материал в использовании ракет на метановом топливе. По сообщению Ричарда Пурнелла (Richard Pournelle) из ракетостроительной компании *XCOR Aerospace*, в декабре прошлого года ими были проведены наземные испытания ракетного двигателя с тягой в 34 тыс. Н, работающего на смеси жидкого метана и жидкого кислорода. Конкурирующая компания *KT Engineering* планирует провести первоначальные испытания метанового двигателя в этом году.

В марте 2006 г. инженеры из *C&S Space* провели испытания метано-кислородного двигателя, развивающего тягу в 90–120 тыс. Н. Система для поднятия полутонных спутников на низкие околоземные орбиты, разработанная с помощью российских специалистов, может быть также использована для суборбитальных туристических полетов или служить в качестве второй разгонной ступени. Метановые двигатели позволят сократить время подготовки ракеты к старту. Но успех проекту еще не гарантирован. Создание ракетоносителя «Галактический экспресс» с метановым двигателем в качестве второй ступени, разработанного Японским аэрокосмическим исследовательским агентством и объединенным коммерческим венчурным фондом, было отложено в результате перерасхода сотен миллионов долларов.

Стивен Эшли

пещеры НА МАРСЕ



Как видно на модельном рисунке, созданном художником на основе фотографий, марсианские кратеры указывают на подземные пещеры

MICHAEL CARROLL

Исследователи обнаружили на Марсе семь пещер размером с футбольное поле.

В результате анализа фотографий, полученных спутником *NASA* «Марс Одиссей», были обнаружены темные пятна вблизи огромного древнего вулкана-горы Арсиа (*Arsia Mons*), которые не похожи на метеоритные кратеры, поскольку не содержат следов взрыва и кольцевого вала. По словам ученых из университета Северной Аризоны и их коллег, ширина предполагаемых пещер лежит в диапазоне от 100 до 300 м, а глубина составляет 125 м. Ученые назвали их именами своих любимых: Дина (*Dena*), Хлоя (*Chloe*), Уэнди (*Wendy*), Энни (*Annie*), Эбби (*Abbey*), Ники (*Nikki*) и Дженни (*Jeanne*). Пещеры могут служить укрытием от излучения, достигающего поверхности, и поэтому являются наиболее вероятными приютами жизни. В них также может находиться лед, который пригодится в будущих проектах исследования Марса с участием человека. А спутник «Разведчик Марса» позволил бы провести наклонные наблюдения предполагаемых пещер. Результаты исследования были представлены в марте этого года на научной конференции, посвященной Луне и планетам, которая проходила в городе Лига, шт. Техас.

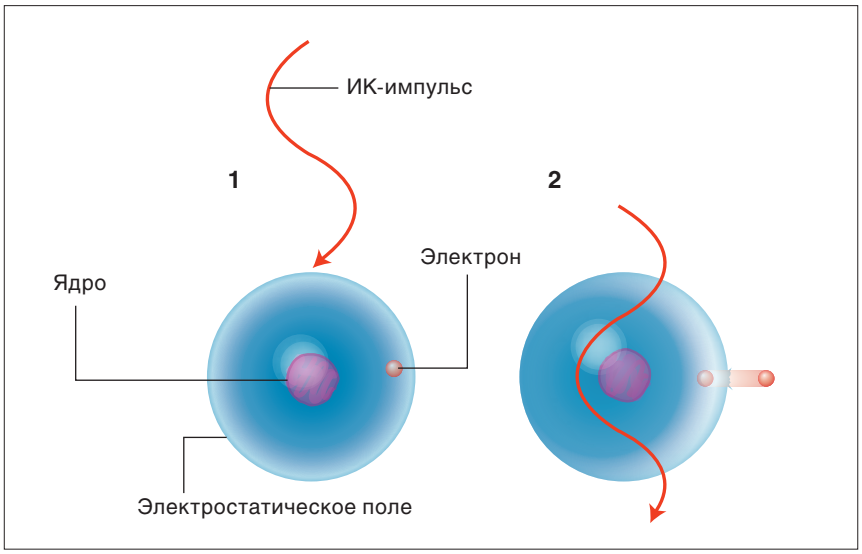
Чарлз Чой

побег из атома

Обычно ионизация происходит следующим образом: отрицательно заряженному электрону, чтобы преодолеть силу электростатического притяжения, которая удерживает его у положительно заряженного ядра, и вылететь из атома, требуется поглотить фотон достаточно большой энергии (ультрафиолетовый или рентгеновский). Однако недавно немецко-голландская группа исследователей впервые продемонстрировала другой механизм ионизации. Сильные электрические поля лазерного импульса способны на короткое время ослабить электростатическую связь и дать электрону возможность покинуть атом посредством квантового туннельного эффекта.

Этот эффект предсказал еще в 1964 г. Леонид Келдыш, работающий сегодня в Физическом институте им. Лебедева в Москве. Но возможность наблюдать это явление появилась только тогда, когда удалось получить лазерные импульсы длительностью всего в несколько сотен аттосекунд (аттосекунда, ас — одна миллиардная одной миллиардной секунды, или 10^{-18} с). Аттосекундные лазерные импульсы уже позволили исследовать движение электронов в атомах и молекулах, а их усовершенствованные варианты помогут проследить движение электронов, происходящее, например, в ходе химических реакций.

Группа Ференца Крауса (Ferenc Krausz) из Института квантовой оптики им. Макса Планка в Германии описала свой эксперимент в журнале *Nature* от 5 апреля 2007 г. Для подталкивания одного из электронов в сторону от ядра впервые были использованы импульсы УФ-лазера длительностью 250 ас, которыми облучали газообразный неон. Почти одновременно физики запускали инфракрасный (ИК) лазер, импульсы которого длительностью 5 тыс. ас содержали всего несколько периодов колебаний электрического поля, ослаблявшего электростатическое притяжение поля ядра. Это позволяло электрону, связь которого с ядром уже была ослаблена, вылететь из атома, как могут вылетать квантовые частицы через узкий потенциальный барьер. Постепенно увеличивая задержку ИК-импульсов относительно УФ-импульсов, ученые обнаружили рост числа образующихся ионов. Это показывает, что с ростом электрического поля ИК-импульса растет и интенсивность образования ионов.



ЧЕРЕЗ ТУННЕЛЬ НА СВОБОДУ. Когда в атом попадает ИК-фотон (1), его электрическое поле может деформировать электростатическое поле атомного ядра, в частности ослабляя его с одной стороны (2), что позволяет электрону вылететь посредством туннельного эффекта

Теория ионизации сильным полем Келдыша была общепризнанна, и поэтому полученный результат не стал для исследователей «сюрпризом», признает Краус. Однако группа продемонстрировала новый способ исследования динамики электронов, отметил Пол Коркэм (Paul Corkum) из Национального научного совета Канады. Этот метод позволяет изучать пока еще плохо понятные процессы обмена энергией между электронами.

В качестве примера Краус приводит процесс «встряхивания» атомов, при котором рентгеновский фотон большой энергии выбивает из атома электрон с одной из внутренних оболочек. Вылетая, такой электрон может передать часть своей энергии другому электрону, который переходит в возбужденное состояние и смещается дальше от ядра. Следовательно, между поглощением рентгеновского фотона выбиваемым электроном и изменением положения другого электрона может существовать задержка, которая, как отмечает Краус, может составлять всего 50 ас, но если задержка существует, то это будет означать, что второй электрон получает энергию от первого, а не возбуждается одновременно с ним тем же рентгеновским фотоном.

Краус заявил, что ему удалось получить УФ-импульсы длительностью всего 100 ас и поэтому вскоре он, возможно, сумеет разгадать загадку. Совершенствование лазеров несомненно даст в ближайшие годы, если не в ближайшие аттосекунды, ответы и на многие другие вопросы.

Александр Эллеман

LUCY READING-IKKANDA

РАЗРУШИТЕЛЬНЫЙ СМЕРЧ

В последние годы, особенно в весенне-летний период, часто можно наблюдать жестокие смерчи, которые, не щадя ничего живого, сметают все на своем пути. До сих пор никто в мире ученых еще не научился предсказывать смерчи или торнадо заблаговременно, т.е. хотя бы за полтора или полдня. В значительной степени на практике все зависит от интуиции самого синоптика.

Обычно подобные природные явления возникают из кучево-дождевых облаков большого вертикального развития, что связано с образованием мощной конвекции. Однако штормовое предупреждение, сопровождающееся значительными разрушениями, почти никогда не дается синоптикам, т.к. даже в областях с активной конвекцией смерчи повторяются очень редко.

Российские ученые пытаются прогнозировать появление смерчей за 12 часов, за сутки и за полтора суток, выделяя области, где возникают сильные порывы ветра со скоростью более 20 м/с. Исследования проводятся с помощью оперативного метода прогноза скорости сильных ветров, основанного на учете большого количества параметров атмосферы. Метод был разработан специалистами из Гидрометцентра РФ и успешно используется в разных регионах России и Украины.

Как объясняют метеорологи, при прогнозе высоких скоростей ветра (более 35 м/с) можно с вероятностью, близкой к единице, говорить о возникновении в данном районе смерчей. Поэтому для уточнения прогноза возникновения смерчей в выделенных областях они предлагают также использовать экспертную систему. Она опирается на большое количество известных качественных признаков опасных метеорологических ситуаций и атмосферных характеристик, собранных за длительный период.

Михаил Молчанов
(По материалам журнала «Химия и жизнь»)

60 лет МИРЭА

В 2007 г. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) отмечает свое шестидесятилетие. Его история началась в 1947 г. с образования в Москве Всесоюзного заочного энергетического института (ВЗЭИ) в 1967 г. В связи с нехваткой специалистов в новых наукоемких отраслях промышленности, таких как микроэлектроника, радиотехника, вычислительная техника, ВЗЭИ был преобразован в Московский институт радиотехники, электроники и автоматики — МИРЭА. Высокий уровень подготовки специалистов, широкий технический кругозор выпускников и значительные достижения ученых явились основанием для присвоения в 1993 г. институту статуса технического университета.

Сегодня МИРЭА — это современный учебно-научный комплекс. На 10 факультетах по 30 специальностям обучается около 12 тыс. студентов, в том числе более 5 тыс. — на вечернем и заочном отделениях. Научно-педагогический коллектив МИРЭА включает 16 членов Российской академии наук, около 300 докторов наук и профессоров и более 800 кандидатов наук и доцентов. 40 лет в МИРЭА успешно готовят специалистов по схеме «вуз — базовая кафедра — базовое предприятие». В настоящее время университет имеет более 50 базовых кафедр, образованных на предприятиях, фирмах и в научных институтах сферы высоких наукоемких технологий Москвы и Московского региона.

Ученые МИРЭА добились общепризнанных успехов в области физики твердого тела и физики плазмы, в микро- и наноэлектронике, в квантовой электронике и информационно-телекоммуникационных технологиях, в интеллектуальном управлении сложными динамическими объектами и математическом моделировании. Итоги исследований докладываются и обсуждаются на ежегодных научных конференциях университета, публикуются в «Научном вестнике МИРЭА» и научных изданиях.

небесные камни

В мае текущего года в окрестностях села Раздольное Родинского района Алтайского края экспедиция общественного всероссийского научно-исследовательского объединения «Космопоиск» обнаружила место падения метеорита.

10 января, около 22.30 (19.30 по московскому времени) жители Угловского и Ключевского районов Алтайского края, а также все, кто находился на трассе Змеиногорск — Курья, наблюдали падение огненного шара, который оказался метеоритом.

Обычно метеороиды (так называются метеориты до тех пор, пока они не ударились о поверхность) влетают в атмосферу Земли на скорости от 11 до 30 км/с, а на высоте около 100 км, проходя плотные слои атмосферы, нагреваются и начинают оплавляться, превращаясь в огненный шар (болид), летящий по небу. (Иногда под напором воздуха небесное тело дробится на множество фрагментов, или полностью сгорает.)

По свидетельствам очевидцев, болид довольно быстро снижался под углом около 60–70 градусов с юго-запада на северо-восток, а когда он исчез из поля зрения, раздался громкий звук, похожий на взрыв. (Поскольку звук распространяется гораздо медленнее света, то наблюдатели слышат удары, грохот, треск, хлопок, гул с опозданием в несколько минут после того, как произошел удар о землю.) Это означало, что небесный посланник (или его фрагменты) достигли Земли. После этого начались поиски.

Исследователи, опираясь на показания очевидцев, а также учитывая, где были обнаружены «метеоритные камни», сумели рассчитать траекторию падения небесного тела и место его удара о поверхность Земли. Таким образом, на восьмой день поисков метеорита, упавшего в морозный январский вечер, в лесах Угловского района был обнаружен кратер диаметром 6 м и множество обломков в радиусе 15 м вокруг эпицентра падения «посланца небес».

На основе полученных данных, координатор «Космопоиска» Вадим Чернобров сообщил корреспонденту РИА НОВОСТИ, что метеорит взорвался в воздухе, а его осколки разлетелись по эллипсу на расстояние до 10 км.

Исследователи уверены, что им удалось обнаружить именно тот метеорит, который они искали. Однако сомнения очевидцев, из разных областей Алтайского края наблюдавших его падение и считавших, что он ударился о землю где-то совсем недалеко от того места, где они находились, вполне объяснимы. Дело в том, что болиды могут наблюдаться за сотни километров от места падения метеорита, а звук, напоминающий взрыв, как в нашем случае, может быть слышен с расстояния в десятки километров.

Среди ранее найденных фрагментов, а также обломков, которые в дни работы «Космопоиска» приносили местные жители, предположительно могут оказаться и осколки других метеоритов, что еще предстоит установить в ходе изучения их минералогического, химического и изотопного состава. Возможно, исследования «кусков» внеземного вещества, являющихся осколками более крупных объектов Солнечной системы, помогут ответить на вопрос, откуда пришли эти тела и что служит основным источником метеоритов — астероиды, кометы или они могут быть выбитыми оторвавшимися фрагментами планет, например Луны? (*см. также: Светцов В, Потапова Т. и Шувалов В. Вековая загадка Тунгуски // ВМН, № 3, 2007.*)

После завершения исследований все найденные осколки будут переданы музеям. А пока на Алтае продолжаются не менее увлекательные поиски еще одного метеорита: томские ученые ищут эпицентр и следы небесного гостя, упавшего в 1904 г. в болотах Троицкого района.

Павел Худолей

Маргерит Холлоуэй

РЕЦИПИЕНТ И ТРАНСПЛАНТАТ: навеки вместе

Томас Старцл, пионер в области использования иммуносупрессантов в трансплантологии, надеется, что вскоре не будет необходимости в препаратах, подавляющих иммунитет

THEO ANDERSON

Ему 80 лет и он полон замыслов. Он — легенда трансплантологии, ниспровергатель основ и первооткрыватель, его именем назван созданный при Питтсбургском университете институт. Хирург-трансплантолог из Питтсбургского университета Томас Старцл (Thomas E. Starzl) за последние 50 лет прославился своими революционными работами. Именно он впервые провел операцию по пересадке печени у человека, разработал новые методы трансплантационной хирургии, создал методику пересадки почек и был пионером гетеротрансплантации: в 1960-х гг. он трансплантировал почки павиана шестерым пациентам (впрочем, ни один орган так и не прижился).

Что не менее важно, Старцл занимался поисками лекарственных веществ, которые подавляли бы иммунную реакцию организма на чужеродное тело и предотвращали его отторжение. Он широко пропагандировал применение иммуносупрессантов, благодаря которым операции по трансплантации становились все успешнее и их число с каждым годом возрастало. Так, в 2005 г. их было проведено более 28 тыс. Иммуносупрессанты спасли жизнь многим людям, но ослабленная этими препаратами иммунная система впоследствии оказывалась

не в состоянии бороться с вирусами или раком. Однако долгое время иммуноподавляющие препараты были неизбежным злом: без них организм рано или поздно избавился бы от чужеродных тканей.

В 1992 г. Старцлу пришлось пересмотреть свое отношение к иммуносупрессантам. Он опросил бывших пациентов, в том числе и тех, кто перенес операцию еще в начале 1960-х гг., и выяснил, что многие из них давно не принимают назначенных лекарств, однако чувствуют себя прекрасно. Старцл обследовал «непослушных», надеясь понять, что позволяет им обходиться без подавляющих иммунитет снадобий. Оказалось, что в их крови и различных тканях находятся чужеродные донорские клетки, не отторгаемые организмом.

Данная особенность получила название микрохимеризм. Суть его в том, что в организме одного человека присутствует немногочисленная популяция клеток другого, генетически отличающегося индивида. Микрохимеризм наблюдается, например, у близнецов или у матери и ее детей. Обычно разные клетки сосуществуют вполне мирно, однако есть данные, что иногда микрохимеризм причастен к возникновению аутоиммунных заболеваний.

костного мозга. По мнению хирурга, использование микрохимеризма в трансплантологии позволит его пациентам избежать пожизненной зависимости от препаратов, подавляющих иммунитет.

Коллеги Старцла по Питтсбургскому университету уже взяли на вооружение его идею. За три недели до операци они вводят больному мощный иммуносупрессант, затем инъецируют ему донорские клетки и уже перед самим оперативным вмешательством назначают небольшую дозу иммуноподавляющего препарата. «Таким образом обрабатываются не только клетки реципиента во избежание реакции отторжения трансплантата, но и введенные ранее донорские клетки, чтобы они не отвергли нового хозяина», — поясняет Старцл. После операции пациенты получают иммуносупрессанты в меньшей, чем обычно, дозе, которую постепенно снижают. Подобной тактике следуют сегодня уже многие центры трансплантологии США и Европы.

Тем не менее, идея микрохимеризма как основы толерантности принимается далеко не всеми. «Это только гипотеза, не подкрепленная фактами», — считает Дэвид Сатерленд (David E.R. Sutherland) из Миннесотского университета, который

Использование микрохимеризма в трансплантологии позволит его пациентам избежать пожизненной зависимости от препаратов, подавляющих иммунитет

По мнению Старцла, данное обстоятельство и есть ключ к толерантности — принятию трансплантата телом реципиента. Согласно его гипотезе, организм сначала присматривается к попавшим в него «чужим» клеткам (например, донорским), оценивает их, определяет количество и затем признает их «своими», тем самым проявляя готовность принять их в большем количестве. В частности, присутствие донорских клеток давно отмечалось у больных, перенесших пересадку полагает, что микрохимеризм является следствием «признания» организмом чужеродных клеток, а не его предпосылкой.

За Старцлом закрепилась слава рьяного пропагандиста своих идей и подходов. Проведенные им в 1960-х гг. операции по гетеротрансплантации закончились неудачей, за что он был нещадно раскритикован. В 1980-х гг. ученый ратовал за применение при пересадке препарата *FK 506*, или такролимуса, токсичность которого была доказана в опытах на животных. «Томас настаивал на использовании данного средства, несмотря на проблемы, возникавшие вначале у его коллег», — говорит Николас Тинли (Nickolas L. Tinley) из Гарвардской медицинской школы, президент Общества трансплантологов и автор вышедшей в 2003 г. книги «Трансплантация: от мифа к реальности» (*Transplantant: From Myth to Reality*). Между тем Старцл оказался прав, и в 1994 г. *FDA* выдала разрешение на продажу такролимуса. Сегодня препарат применяется в 80% операций по пересадке почек и в 90% — печени и поджелудочной железы.

Независимо от того, будет ли доказана причастность микрохимеризма к толерантности, никто не оспаривает авторитет Старцла в области трансплантологии. Рон Шапиро (Ron Shapiro), коллега ученого по Питтсбургскому университету, говорит: «Когда он впервые выдвигает новую гипотезу, многим кажется, что он сошел с ума. Но затем он увлекается чем-то другим, а его прежние предположения становятся общепризнанными». Все, кому предстоит операция по пересадке органов, надеются, что Старцл в очередной раз окажется прав. ■

ТОМАС СТАРЦЛ: ЭНТУЗИАСТ И НИСПРОВЕРГАТЕЛЬ

- Старцл считает необходимым перед операций по пересадке органов создавать в организме больного условия иммунотолерантности, для чего предлагает в течение нескольких недель до операции вводить реципиенту клетки донора.
- Использование иммуносупрессантов значительно повышает число успешных операций по трансплантации, однако эти вещества увеличивают риск развития инфекционных заболеваний, гипертонии, рака и других патологий.
- «Старцл — масштабная личность с богатым воображением. Подобные люди совершенно необходимы в развивающихся областях медицины», — считает Николас Тинли из Гарвардской медицинской школы.

Уоллес Такер, Харви Тананбаум и Эндрю Фабиан

ЭНЕРГИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

Не советуем вам заглядывать в бездну, из которой вырывается поток энергии от сверхмассивной черной дыры. Под его напором образуются пузыри горячего газа, энергия которых равна миллиардам взрывов сверхновых

Одиночная черная дыра размером меньше Солнечной системы может определять судьбу целого скопления галактик

Если представить себе какую-либо обширную область Вселенной, то она будет напоминать карту шоссейных дорог США: галактики будут располагаться вдоль линий, пересекающих межгалактическое пространство, наподобие скоростных автострад, между которыми раскинулись области относительно низкой плотности — космическая окраина. А на перекрестках, где сходятся многочисленные «магистрали», образовались скопления галактик — космические мегаполисы, размеры которых ошеломляют.

Чтобы преодолеть расстояние от Луны до Земли, лучу света потребуется чуть более секунды, от Солнца до нашей планеты — восемь минут, а от центра нашей галактики — 25 тыс. лет. Но и это пустяк по сравнению с тем временем, которое необходимо свету, чтобы пересечь типичное скопление галактик — около 10 млн. лет. Оказывается, скопления галактик — крупнейшие гравитационно связанные объекты во Вселенной. Цепочки галактик между ними могут быть еще большими по размеру, но они не являются едиными и связанными гравитацией.

Галактики и прочее вещество внутри гравитационно связанного скопления находятся в динамическом равновесии: они движутся внутри скопления, но не покидают его пределов, поскольку их удерживает притяжение темной материи. Эта загадочная форма материи проявляет себя только через гравитацию. Взаимодействие компонентов скопления приводит к целому ряду явлений, в которых астрономы только начинают разбираться.

Как и крупные города на Земле, скопления — нечто большее, чем просто сумма их обитателей. Процессы, происходящие в них, отражаются в более мелких масштабах, влияя на рост галактик и питание сверхмассивных черных дыр в их центрах. В свою очередь, черные дыры, с большой скоростью выбрасывающие огромное количество вещества, могут влиять на эволюцию всего скопления. На первый взгляд это кажется загадочным. Черные дыры в диаметре меньше Солнечной системы, а по сравнению со скоплением галактик они все равно что горошины в сравнении с Землей. И, тем не менее, они влияют на все скопление.

Дело об исчезновении газа

Это взаимное влияние объясняет некоторые давно подмеченные парадоксы «космических мегаполисов». Один из них — проблема остывающих потоков, возникающих в горячем (миллионы градусов) газе, который заполняет пространство между галактиками в скоплении. Если галактики внутри скопления можно уподобить районам плотной городской застройки, то газ похож на расползающиеся пригороды, вбирающие в себя большую часть населения: масса межгалактического газа заметно превосходит массу всех звезд в галактиках скопления.

Газ, разогретый в основном за счет медленного гравитационного сжатия скопления, излучает в рентгеновском диапазоне. Но поскольку земная атмосфера не пропускает рентгеновские лучи, оптические телескопы его не видят. С помощью рентгеновских космических телескопов астрономы два десятилетия назад заметили, что

рентгеновские лучи уносят очень много энергии, и сделали вывод, что газ должен постепенно остывать и собираться в центре скопления. Так появился термин «остывающий поток». На основании данных, полученных рентгеновскими обсерваториями «Эйнштейн» и *ROSAT*, группа одного из нас (Фабиана) провела вычисления, показавшие, что если потоки сохраняются в течение миллиарда лет, то из собравшегося в центре скопления газа могут родиться триллионы новых звезд. Но наблюдатели напрасно искали массы холодного газа и россыпи новорожденных звезд. Если бы их поглотила черная дыра, то она должна была бы весить столько же, сколько триллионы звезд, но даже самые крупные черные дыры не имеют таковой массы.

Второй из нас (Такер) утверждал, что крупномасштабных остывающих потоков не существует. Он считал, что выбросы энергии из находящейся в центре скопления галактики достаточно нагревают газ, чтобы компенсировать его остывание из-за излучения. Радиоастрономы давно уже получали свидетельства такой активности, но не было ясно, дают ли данные выбросы достаточно энергии, чтобы препятствовать остыванию газа во всем объеме скопления. Поэтому ситуация оставалась парадоксальной: горячий газ в скоплении должен остывать, но конечных продуктов этого процесса не видно.

Решение данной проблемы и стало основной целью двух мощных рентгеновских телескопов, запущенных в 1999 г.: рентгеновской обсерватории «Чандра» (*NASA*) и спутника *XMM-Newton* Европейского космического агентства. Поскольку газ в скоплениях излучает энергию довольно медленно, он «помнит» об активных событиях, происходивших в них на протяжении миллиардов лет. Например, он содержит химические элементы и энергию, выброшенные из галактик при вспышках сверхновых. Как археологи, занимающиеся раскопками, астрономы с помощью новейших телескопов выявляют древние следы в скоплениях галактик, надеясь восстановить их историю.

Черная дыра в сравнении со скоплением галактик все равно, что горошинка рядом с земным шаром

Всплывающие пузыри

Рентгеновские телескопы смогли зарегистрировать ярчайшее скопление галактик в Персее благодаря его высокой светимости и относительной близости к Земле (около 300 млн. св. лет). В центральной его области размером 50 тыс. св. лет в 1990-е гг. *ROSAT* обнаружил две огромных дыры, напоминающие песочные часы, центр которых совпадает с гигантской галактикой *NGC 1275*. Используя телескоп «Чандра», Фабиан с коллегами получили их детальные изображения. Оказалось, что они совпадают с найденными ранее радиоджетами, истекающими из центра гигантской галактики (*рис. на стр. 26*). Рентгеновские дыры не пусты: их заполняют магнитные поля и частицы высокой энергии — протоны и электроны. Эти сверхгорячие пузыри с веществом низкой плотности раздуваются и всплывают, расталкивая менее горячий газ, излучающий в рентгеновском диапазоне.

Телескоп «Чандра» выявил рентгеновские пустоты, испускающие радиоизлучение, и в других скоплениях — Гидра А, Геркулес А и Абель 2597. Обнаружены также пузыри, еле заметные как в рентгеновском, так и в радиодиапазоне, что свидетельствует о том, что быстрые частицы в них уже потеряли большую часть своей энергии. Такие «пустоты-призраки» удалены от центральной галактики и могут быть остатками старых пузырей.

С помощью телескопа «Чандра» Брайен Макнамара (Brian R. McNamara) из университета Ватерлоо в Онтарио установил, что в скоплении *MS 0735.6+7421* (краткое обозначение — *MS 0735*) каждая из двух рентгеновских пустот имеет в диаметре 600 тыс. св. лет, что более чем в 6 раз превосходит размер диска нашей галактики. Размеры пузырей, наблюдаемая плотность и температура газа вокруг них свидетельствуют о том, что их возраст около 100 млн. лет и в них заключена энергия, эквивалентная кинетической энергии 10 млрд. сверхновых. Это объясняет парадокс остывающих потоков.

Джон Петерсон (John R. Peterson) из Университета Пердью, используя спектры, полученные спутником *XMM*, обнаружил, что остывающие потоки не возникают в скоплениях с пузырями, которые, вероятно, удерживают газ от остывания. Однако остается неясным, как энергия передается от пузырей к газу.

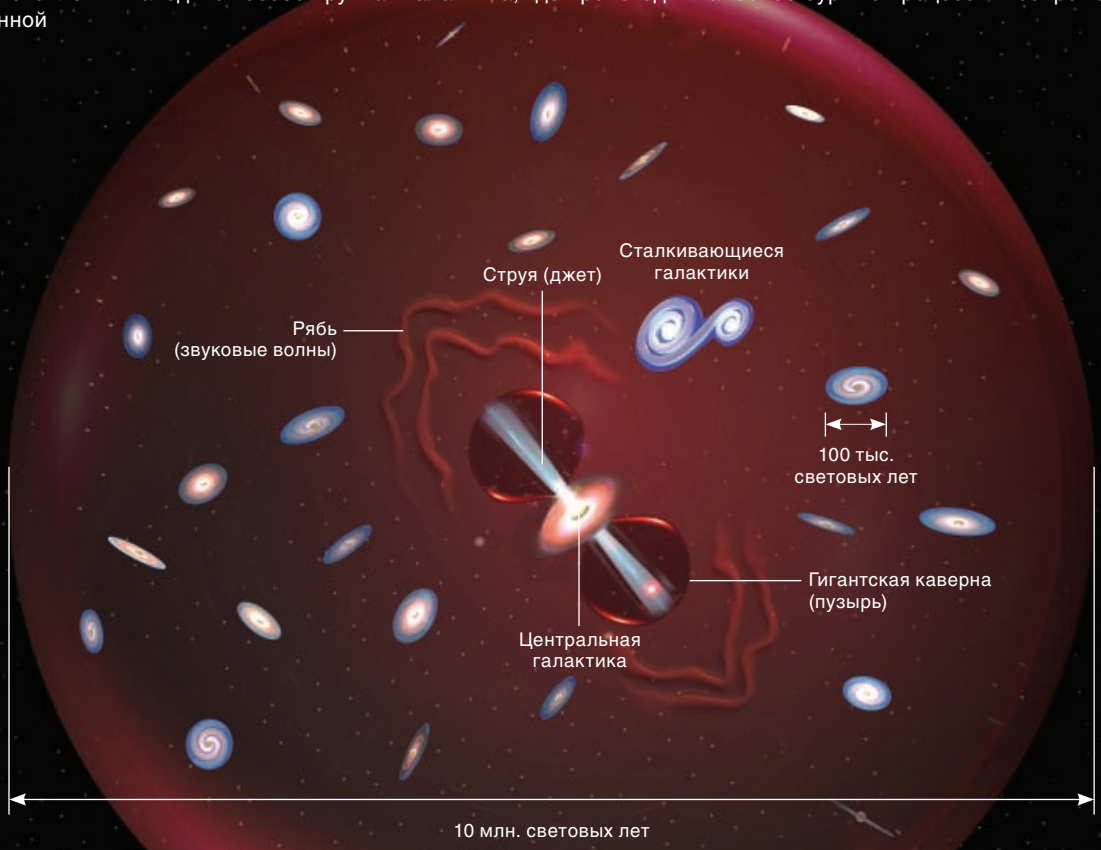
ОБЗОР: ГИГАНТСКИЕ ПУЗЫРИ

- С помощью рентгеновских и радиотелескопов астрономы открыли гигантские пузыри размером в сотни тысяч световых лет, заполненные быстрыми частицами. Для их формирования требуется энергия, эквивалентная взрыву 100 млн. сверхновых!
- Не все вещество, падающее на черную дыру, исчезает. Когда горячий намагниченный газ в аккреционном диске движется по спирали к дыре, возникают электромагнитные силы, отбрасывающие часть газа в виде тонкой струи — джета.
- Струи создают пузыри, разогревая межгалактический газ в скоплении галактик. Этот процесс — лишь часть цикла продолжительностью во многие миллионы лет, которому подчиняется рост гигантских галактик в центрах скоплений.

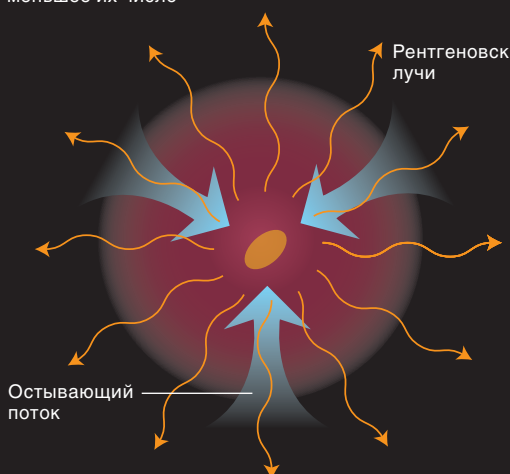
DON DIXON (preceding pages)

АНАТОМИЯ СКОПЛЕНИЯ

Крупнейшие объекты во Вселенной — скопления галактик. Каждое из них включает в себя примерно 1000 галактик, движущихся как рой пчел в облаке горячего газа (*красный*) и удерживаемых от разлета взаимным притяжением. В ядре скопления находится особо крупная галактика, где происходят наиболее бурные процессы в современной Вселенной



Поскольку рентгеновские лучи уносят энергию, газ должен остывать и стекать к центру. За миллиард лет из него должны были сформироваться триллионы звезд, но исследователям удается наблюдать значительное меньшее их число



Отсутствие этих звезд объясняется циклом нагрева и охлаждения. Струи от черной дыры возвращают энергию газу и препятствуют его охлаждению и сжатию

ALFRED T. KAMAJIAN (top); JANA BRENNING (bottom)

Супербасы

Пузыри порождают сильные ударные волны вроде тех, что возникают при взрывах в атмосфере Земли. Когда взорвавшееся вещество со сверхзвуковой скоростью выбрасывается в атмосферу, оно расталкивает окружающий воздух и уплотняет его в тонкую оболочку. Столкновения между сжатыми в оболочке частицами преобразуют кинетическую энергию взрыва в тепло. Мощные ударные волны наблюдаются во многих космических явлениях, например в остатках вспышек сверхновых.

Генри Менкен (H.L. Mencken) както сказал: «У каждой сложной проблемы существует решение — простое, ясное, но ошибочное». Похоже, что разогрев газа в скоплении мощными ударными волнами как раз и есть такое решение. Телескопы не видят тонких горячих оболочек, нагревающих газ. К тому же, нагрев мощными ударными волнами был бы сконцентрирован в центральной области скопления и не смог бы предотвратить остывание газа во всем его объеме.

Более вероятным переносчиком энергии могут быть звуковые волны. Несмотря на то, что по земным меркам межгалактический газ в скоплениях очень разрежен (всего лишь несколько тысяч атомов водорода на кубометр), звуковые волны все же могут в нем распространяться. Постепенно они становятся слабыми ударными волнами, нагревающими газ. Группа Фабиана нашла подтверждение данной гипотезе. Применив специальный метод обработки изображений, исследователи заметили в скоплении Персея некоторое количество почти концентрических колец. Резкое изменение плотности и давления газа (но не его температуры) на внутреннем кольце указывает, что это слабая ударная волна; а плавное изменение параметров на внешних кольцах говорит о том, что это звуковые волны. Расстояния между кольцами (35 тыс. св. лет) и вычисленная скорость звука в газе (1170 км/с) говорят, что между появлением колец проходило 10 млн. лет. Частота данных звуковых волн на 57 октав ниже нот первой октавы.

Частота звуковых волн в межгалактическом газе на 57 октав ниже нот первой октавы

Нечто подобное наблюдается и в ближайшем к нам скоплении Девы, расположенном на расстоянии 50 млн. св. лет. Уильям Форман (William Forman) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра, наблюдая центральную доминирующую галактику данного скопления — *M 87* — при помощи телескопа «Чандра», обнаружил сеть волокон. Диаметр каждого из них — около 1000 св. лет, а длина — до 50 тыс. св. лет. Как и кольца в скоплении Персея, волокна могут быть продуктом звуковых волн, порожденных серией всплывающих пузырей, возникающих в результате вспышек, которые разделяют в этом случае примерно 6 млн. лет. Следовательно, данные звуковые волны примерно на октаву выше, чем в Персее. Группа Формана обнаружила также более горячее излучение в виде кольца радиусом примерно 40 тыс. св. лет, вероятно, связанного со слабой ударной волной, а также большую рентгеновскую каверну на расстоянии около 70 тыс. св. лет от центра галактики.

Как же энергия звуковых волн нагревает газ? Тот факт, что в Персее температура внутренних волн не увеличивается за ударным фронтом, подсказывает ответ. Причиной быстрой утечки энергии частиц газа, нагретых ударными волнами, может быть теплопроводность. К тому же, высокоэнергичные электроны, вылетающие из пузыря или из области ударного фронта, могут прогревать окружающий газ. Оба процесса понижают температуру ударного фронта.

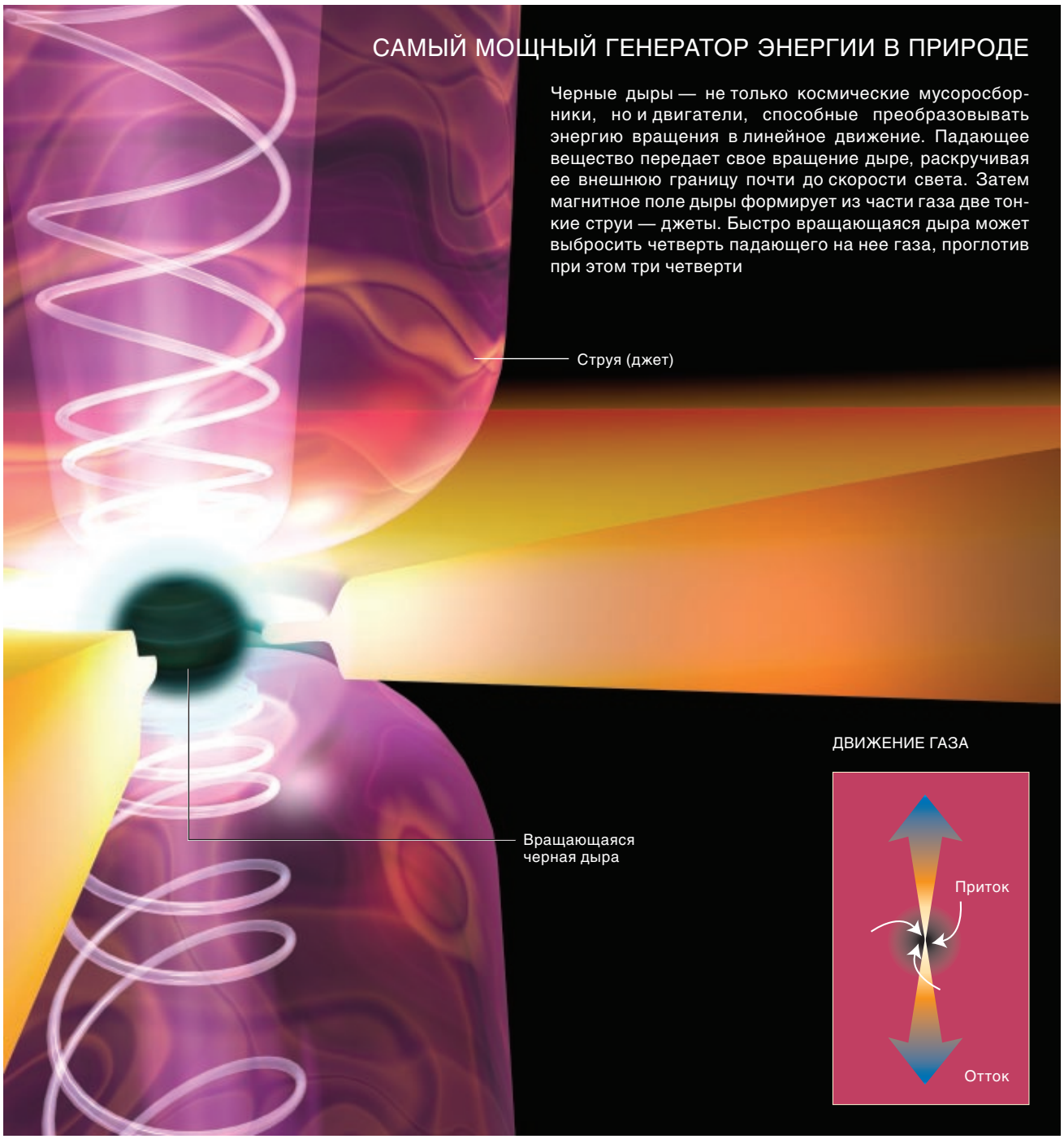
Электромагнитное торнадо

В чем причина раздувания пузырей? Несмотря на то, что большинство людей считают черные дыры всепоглощающими монстрами, они все же могут выбрасывать часть вещества наружу с большой скоростью. Хотелось бы понять, как это происходит.

В 1970-е гг. Роджер Блэндфорд (Roger D. Blandford) из Стэнфордского университета и Роман Знайек (Roman Znajek) из Кембриджского университета предположили, что вращающаяся черная дыра скручивает пространство вокруг себя, заставляя магнитное поле падающего газа принять форму воронки. Таким образом, возникает своеобразное электромагнитное торнадо, выбрасывающее поля и заряженные частицы в виде двух противоположно направленных струй (джетов). Медленно вращающаяся черная дыра

ОБ АВТОРАХ

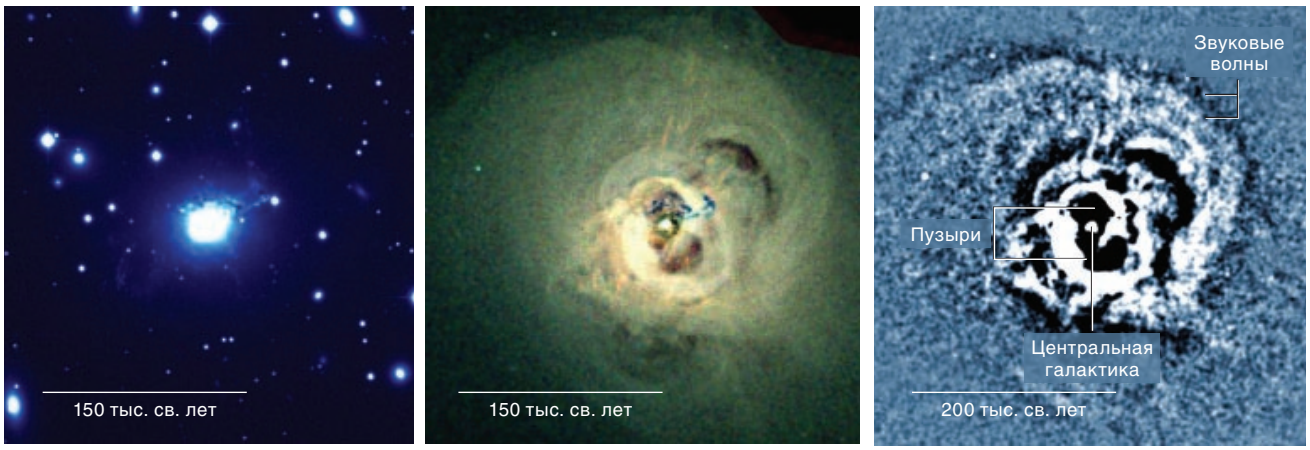
Уоллес Такер (Wallace Tucker), **Харви Тананбаум** (Harvey Tananbaum) и **Эндрю Фабиан** (Andrew Fabian) — лидеры рентгеновской астрономии почти с момента ее зарождения. Такер, научный представитель рентгеновского центра «Чандра», изучает темную материю, скопления галактик и остатки сверхновых. Кроме научных и популярных статей (включая три статьи в *Scientific American*), а также полудюжины книг, он написал три пьесы о коренных американцах, завоевавшие различные премии. Тананбаум — директор рентгеновского центра «Чандра», член Национальной академии наук, лауреат премии Росси по астрономии за 2004 г. Он изучает рентгеновские двойные звезды, квазары и активные галактики, а также галактики, спокойные в оптике, но яркие в рентгеновском диапазоне. Фабиан — профессор Кембриджского университета, член Королевского общества и лауреат премии Росси за 2001 г. Он соавтор более 500 научных статей о скоплениях галактик и аккрецирующих черных дырах различной массы.



ALFRED T. KAMAJIAN; JANA BRENNING (inset)

порождает слабые струи, поэтому большая часть выбрасываемого ей газа попадает обратно в дыру и там исчезает. Но, быстро вращаясь, она способна извергнуть примерно четверть падающего на нее газа.

Вращение сверхмассивных черных дыр в центрах галактик должно подгоняться падающим на них газом. Если черная дыра поглотит такое количество газа, которое позволит ее массе удвоится, то ее горизонт (внешняя граница) будет вращаться почти со скоростью света. Правда, согласно теории относительности Эйнштейна, черная дыра никогда не раскрутится до скорости света, сколько бы газа она ни поглотила. Однако многие черные дыры вращаются достаточно быстро, что способствует образованию мощных струй. Похожее явление наблюдается и в меньших масштабах. Такой способностью обладают и черные дыры звездной массы, чья масса в десятки, а не в миллиарды раз больше солнечной. Они тоже могут выбрасывать мощные струи со скоростью близкой к скорости света, разогревая и расталкивая окружающий газ.



Скопление в Персее на оптическом снимке (*слева*) выглядит спокойным, но оживает в рентгеновских лучах (*в центре*). Пространство между галактиками заполнено горячим газом, пронизанным яркими петлями, нитями и прослойками. Два пузыря по бокам от центральной галактики *NGC 1275*, кажущиеся пустыми, на самом деле заполнены высокоэнергичными частицами. Усилив контраст снимка (*справа*), мы видим рябь, вероятно связанную со звуковыми волнами, переносящими энергию межгалактическому газу. Анимацию см. на *chandra.harvard.edu/photo/2003/perseus/animations.html*

Вычисления показывают, что джеты черных дыр состоят из двух основных компонентов. Внешняя часть воронки образована веществом, движущимся со скоростью примерно в треть скорости света. А внутренняя ее часть, расположенная вдоль оси воронки, содержит разреженный газ из частиц высокой энергии; она-то и несет большую часть энергии и формирует гигантские структуры, наблюдаемые в радио- и рентгеновском диапазонах.

Поразительное свойство струй: их форма, напоминающая тонкий карандаш, сохраняется даже за пределом родительской галактики, на расстоянии в сотни тысяч световых лет. Более того, она не меняется, даже когда струя теряет почти всю свою энергию. Давление газа вблизи черной дыры может выбросить тонкую струю, а инерция может поддерживать эту узкую форму джета по тому же принципу, как вырывается вода из шланга или струя пара из кипящего чайника. Свою роль здесь может играть и спираль магнитного поля, разгоняющая джет.

Несмотря на сдерживающий механизм, давление газа в струе постепенно берет свое. Струя замедляется и рассасывается, образуя большие намагниченные облака из частиц высокой энергии. Эти облака продолжают расширяться, выталкивая наружу окружающий их газ и образуя темные рентгеновские пустоты, наблюдаемые обсерваторией «Чандра».

Галактический цикл

Черная дыра, подверженная влиянию скопления галактик, и сама воздействует на него. Наиболее вероятный сценарий развития событий таков: вначале газ в скоплении очень горячий, и сверхмассивная черная дыра центральной галактики остается спокойной. Примерно через 100 млн. лет газ в центральной области скопления охлаждается, и остывающий поток начинает двигаться к главной галактике. Некоторая часть газа формирует звезды и становится частью центральной галактики, а другая — падает на сверхмассивную черную дыру и питает ее, образуя аккреционный диск и формируя быстрые струи.

Эти струи вырываются из галактики наружу, в газ скопления, где их энергия преобразуется в тепло, которое уменьшает остывающий поток или вовсе его прекращает. Выделяя энергию, сверхмассивная черная дыра мешает снабжению себя газом и постепенно становится пассивной. Струи угасают, оставляя газ без источника нагрева. Через миллионы лет горячий газ в центральной области скопления вновь остывает, и начинается новый этап роста галактики и ее сверхмассивной черной дыры, и таким образом цикл повторяется.

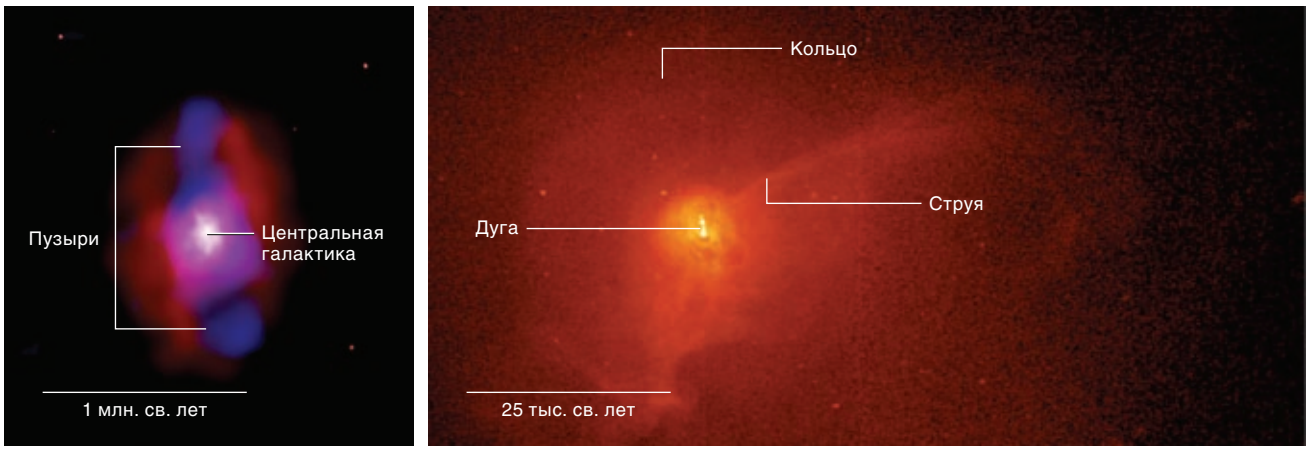
Этот сценарий подтверждают рентгеновские и радиоизображения скоплений в Деве, Персее, Гидре и др., на которых запечатлены свидетельства повторяющихся вспышек вблизи черных дыр центральных галактик. Намагниченные кольца, пузыри и струи размером от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч световых лет показывают, что периодическая бурная активность была характерна для данных скоплений на протяжении сотен миллионов лет.

Сверхмассивные черные дыры даже в нашу эпоху быстро растут. Астрономы считали, что их рост замедлился, но активность в скоплении *MS 0735* показывает, что сверхмассивная черная дыра за последние 100 млн. лет поглотила около 300 млн. масс Солнца, удвоив свой размер и массу. Пока центральная черная дыра не проявляет других признаков активности, таких как мощное рентгеновское или оптическое излучение. И только по рентгеновским пузырям мы можем оценить характеристики этой необычной системы.

Космические взаимосвязи

Такой сценарий был дополнен столкновениями галактик, которые

NASA/CXC/IOA/A. FABIAN ET AL.



Самое мощное извержение из когда-либо виденных началось 100 млн. лет назад в скоплении *MS 0735*. Пузыри (*синие*) на данном составном (радио + рентген) снимке в 250 раз более мощные, чем в скоплении Персея

нередко происходят в центральных областях их скоплений. Небольшая галактика, проходящая вблизи своего гигантского центрального собрата, разрывается на части — ее звезды присоединяются к большей галактике, часть ее газа поглощается черной дырой, а ее центральная черная дыра сливается с дырой центральной галактики. Наблюдаемые в *MS 0735* огромные пустоты, вероятно, возникли в результате ряда событий, начавшихся при слиянии галактик, вызвавшем мощный приток газа к сверхмассивной черной дыре.

Столкновения в скоплениях помогают понять, как происходила эволюция галактик в молодой Вселенной. Скопления — единственные области, где сохранились условия, царившие во Вселенной миллиарды лет назад, когда галактики были ближе друг к другу и чаще сталкивались. Все больше появляется доказательств того, что эволюцию важнейших параметров галактик (их размера, формы, скорости звездообразования) можно объяснить в рамках космического цикла, включающего слияния галактик. Компьютерные модели Филипа Хопкинса (Philip F. Hopkins) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра показали, что слияния богатых газом галактик вызывают вспышки звездообразования и приток газа в центральную область, способствующий быстрому росту сверхмассивной черной дыры и порождающий мощное излучение из ее окрестностей. В результате существенная часть газа выбрасывается из галактики, звездообразование резко затухает, и аккреция на черную дыру слабеет — до следующего слияния галактик.

Большинство потоков от черных дыр, повлиявших на эволюцию галактик, возникали 8–10 млрд. лет назад. С тех пор Вселенная стала намного разреженнее везде, кроме скоплений. Выбросы в них похожи на происходившие в молодой Вселенной, что позволяет астрономам изучать струи, пузыри и волны, сформировавшие нашу и другие галактики.

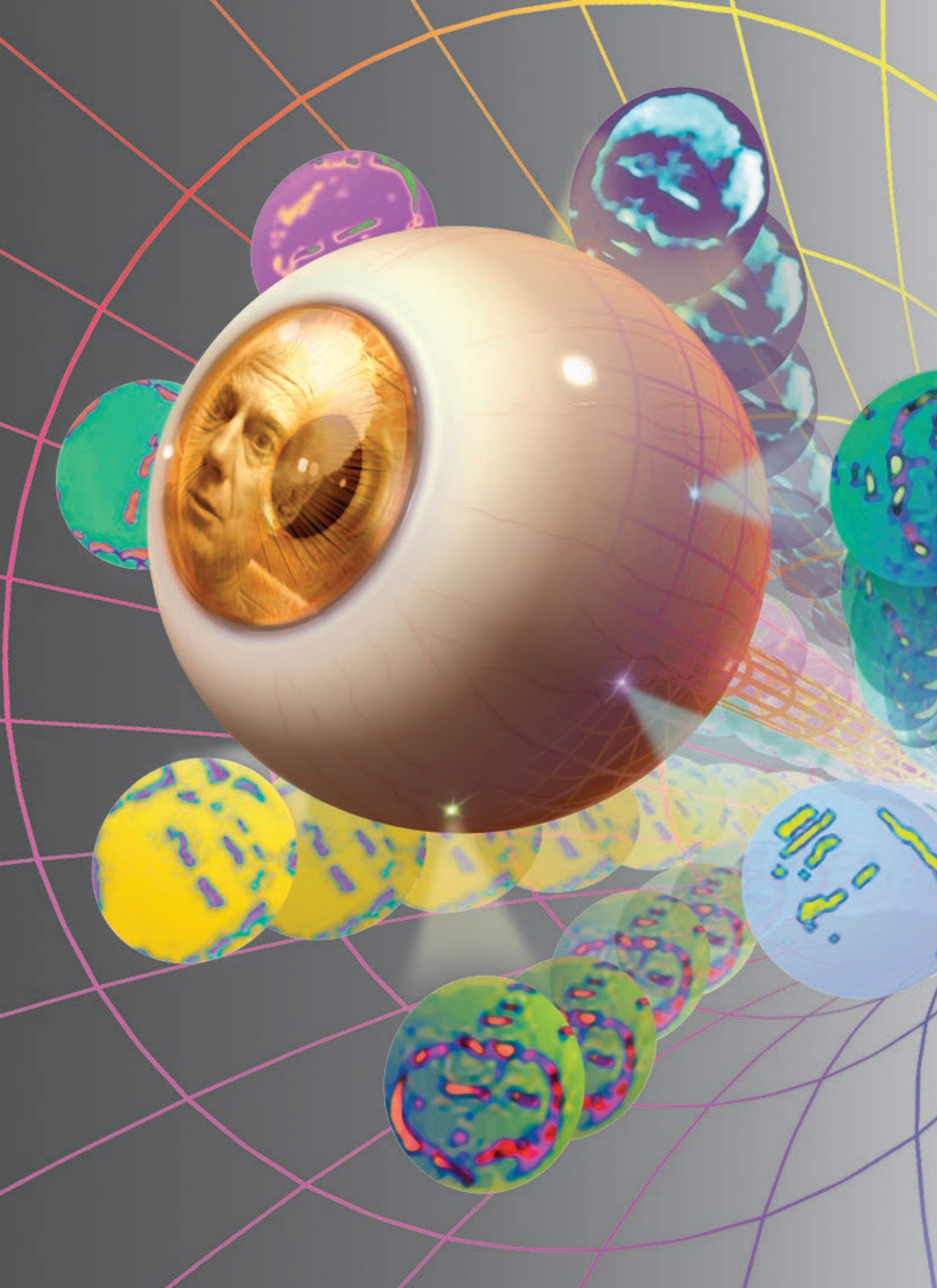
Может показаться странным, что сверхмассивные черные дыры (объекты массой от нескольких миллионов до сотен миллионов масс Солнца) могут существенно влиять на галактики массой от нескольких миллиардов до сотен миллиардов масс Солнца, не говоря уже о скоплениях галактик массой в сотни триллионов Солнц. Причина кроется в колоссальной концентрации массы в черных дырах и высочайшей силе их гравитационного поля. Сверхмассивные черные дыры — мощнейшие источники гравитационной потенциальной энергии. Выделение этой энергии в аккреционных дисках и ее выброс в форме мегаджетов, увеличивающих радиус действия черной дыры, делает это одним из важнейших процессов, происходящих во Вселенной. ■

Перевод: В.Г. Сурдин

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Black Holes and Time Warps. Kip Thorne. W. W. Norton, 1994.
- Cooling Flows in Clusters of Galaxies. A.C. Fabian in Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 32, pages 277–318; 1994.
- A Deep Chandra Observation of the Perseus Cluster: Shocks and Ripples. A.C. Fabian et al. in Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 344, No. 3, pages L43–L47; September 2003. Available at http://arxiv.org/abs/astro-ph/0306036
- Energy Input from Quasars Regulates the Growth and Activity of Black Holes and Their Host Galaxies. Tiziana Di Matteo, Volker Springel and Lars Hernquist in Nature, Vol. 433, pages 604–607; February 10, 2005. arxiv.org/abs/astro-ph/0502199
- Magnetically Driven Jets in the Kerr Metric. J. Hawley and J. Krolik in Astrophysical Journal, Vol. 641, No. 1, Part 1, pages 103–116; April 10, 2006. arxiv.org/abs/astro-ph/0512227
- Результаты последних наблюдений орбитальных обсерваторий «Чандра» и XMM-Newton см. на сайтах http://chandra.harvard.edu и http://xmm.esac.esa.int/

NASA/CXC/OHIO UNIVERSITY/B. MCNAMARA ET AL. (left); NASA/CXC/W. FORMAN ET AL. (right)



Фрэнк Верблин и Ботонд Роска

КИНО В НАШИХ ГЛАЗАХ

В сетчатке глаза происходит гораздо более серьезная обработка информации, чем считалось ранее

Зрительную систему часто сравнивают с телевизионной камерой: хрусталик глаза фокусирует свет, падающий на матрицу фоторецепторов в сетчатке, которые словно по волшебству превращают фотоны в электрические сигналы, передаваемые по зрительному нерву в мозг. Однако, как показывают исследования, подобная аналогия неверна. На самом деле значительная часть предварительной обработки информации производится уже на уровне сетчатки, затем в мозг для дальнейшей интерпретации посылается целая серия динамических образов, каждый из которых отражает лишь один аспект общей зрительной картины.

Мы пришли к столь неожиданному выводу, исследовав сетчатку кроликов, которая чрезвычайно сходна с человеческой (аналогичные результаты также дали опыты на саламандрах). Каким же образом сетчатка строит те картины, которые затем пересылает в мозг? На что они похожи в тот момент, когда попадают в зрительные центры мозга? Как они передают все богатство и разнообразие окружающего мира? Заложено ли в них понимание увиденного?

В целом наши выводы сводятся к тому, что специализированные нервные клетки, или нейроны, расположенные в толще сетчатки, передают нечто, что напоминает дюжину различных видеофильмов, транслируемых одновременно. Каждый такой видеопоток представляет собой непрерывное упрощенное отображение одного из аспектов наблюдаемой сцены, которую сетчатка непрерывно посылает в мозг. Например, один из зрительных потоков передает подобный карандашному наброску контур предмета, намечающий лишь границы объектов, другой реагирует на движение, причем часто лишь в одном определенном направлении, третьи каналы несут информацию о свете и тенях, а функции некоторых и вовсе трудно интерпретировать однозначно.

Каждый видеоролик передается по своей группе волокон зрительного нерва в высшие центры мозга, где происходит еще более сложная обработка информации. (Кстати, слуховая система человека имеет сходную организацию: каждое волокно слухового нерва несет данные лишь о небольшом диапазоне частот, а мозг объединяет все сигналы ▸

в единую картину.) Исследователи доказали, что такие параметры, как движение, цвет, глубина и форма, обрабатываются в разных областях зрительной коры, и разрушение какого-либо участка вызывает дефицит в восприятии лишь одного конкретного аспекта. Однако сама по себе способность мозга воспринимать все многочисленные параметры начинается с сетчатки.

На приводимых нами рисунках мы постарались показать, как сетчатка создает свои сюрреалистические электрические образы, передаваемые в мозг. В ходе исследований мы начали постепенно понимать, как строится каждый из видеопотоков. Нам известно, что информацию, на основе которой мозг строит свою интерпретацию зрительного мира, несут 12 каналов, но пока нельзя сказать, как происходит их объединение. Возможно, видеопотоки служат лишь строительными кирпичиками, или своего рода опорами, на основе которых мозг возводит собственные конструкции. Процесс напоминает детально описанный «внутренний взор», связывающий слова книги в осмысленное повествование.

Несмотря на то, что образы, формирующиеся в сетчатке, должны в совокупности охватывать все детали наблюдаемых объектов (будь то обеденный стол, водопад или лицо человека), некоторые важные компоненты все же могут отсутствовать. Данные картины ничего не говорят об ощущении, субъективном отношении, текстуре или фокусе внимания. Возможно, названные компоненты каким-то образом скрыты в видеопотоках, которые получает мозг. Или, может быть, в сетчатке кролика просто нет того, что мы смогли бы увидеть в глазах человека — например чувств.

Тем не менее, очевидно, что образы на сетчатке представляют собой естественный «язык» зрения, который очень важно понять. Специалисты пытаются восстановить зрение у ослепших людей, помещая перед зрительным нервом искусственные сенсоры вместо сетчатки. Получены обнадеживающие результаты, однако такие устройства дают лишь грубую зрительную картину. Испытания на людях уже проводятся в Глазном институте Дохени при университете Южной Калифорнии и скоро начнутся в Медицинской школе университета Уэйна. Успех зависит от того, сможем ли мы передать в мозг такие же паттерны активности, какие рождаются при нормальной работе сетчатки, заложить в искусственные устройства естественный язык зрения. Однако появится новая проблема: как правильно подключить каждый поток, несущий абстрактные детали изображения, к соответствующим волокнам зрительного нерва?

Для создания эффективных протезов глаза необходимо точно установить, какие процессы происходят в сетчатке. Такое знание поможет исследователям понять, как совместная работа глаза и мозга обеспечивает нам ясное восприятие, как возникают зрительные иллюзии, как мы видим быстро перемещающиеся объекты и восполняем недостающие детали.

Активная анатомия

Удивительные свойства сетчатки связаны со сложностью ее строения. Труднейшая экспериментальная работа позволила добавить много новых деталей к классической модели связей в сетчатке, впервые описанной великим испанским анатомом Сантьяго Рамон-и-Кахалем 100 лет назад.

Прозрачная сетчатка (*1*) состоит из филигранно организованных слоев нейронов (*2*). Наружный пласт, наиболее удаленный от хрусталика, содержит палочки и колбочки, которые поглощают падающий свет и превращают его в нервную активность. Эти фоторецепторы соединены с нейронами десяти различных типов, называемых биполярными клетками. Они с помощью своих длинных отростков (аксонов) передают сигнал во внутренний плексиформный слой, который четко делится на 10 параллельных подслоев. Аксон каждой отдельной биполярной клетки направляет импульс всего в несколько подслоев.

На внутренней стороне плексиформного слоя (*3*) располагаются ганглиозные клетки двенадцати различных типов (*фиолетовый цвет*). Большинство из них посылает дендриты всего в один подслой, где они получают возбудительный вход от ограниченного количества биполярных нейронов (*зеленый*). Ганглиозные клетки направляют видеопотоки в различные области мозга для дальнейшей обработки. Дендриты некоторых ганглиозных клеток широко ветвятся и передают диффузный сигнал, а другие имеют узкое дендритное дерево и несут информацию высокого разрешения. Одни реагируют на возрастание скорости выделения медиатора (молекул-передатчиков), продуцируемых биполярными клетками, а другие — на снижение скорости.

Однако входов от биполярных клеток на ганглиозные в пределах каждого подслоя еще недостаточно для формирования двенадцати видеопотоков. Сигналы от биполярных клеток модулируются разнообразными мелкими нейронами, называемыми амакриновыми клетками (*серый*).

JEAN FRANCOIS PODEVIN (preceding pages)

ОБЗОР: СЮРРЕАЛИСТИЧЕСКОЕ ВИДЕНИЕ

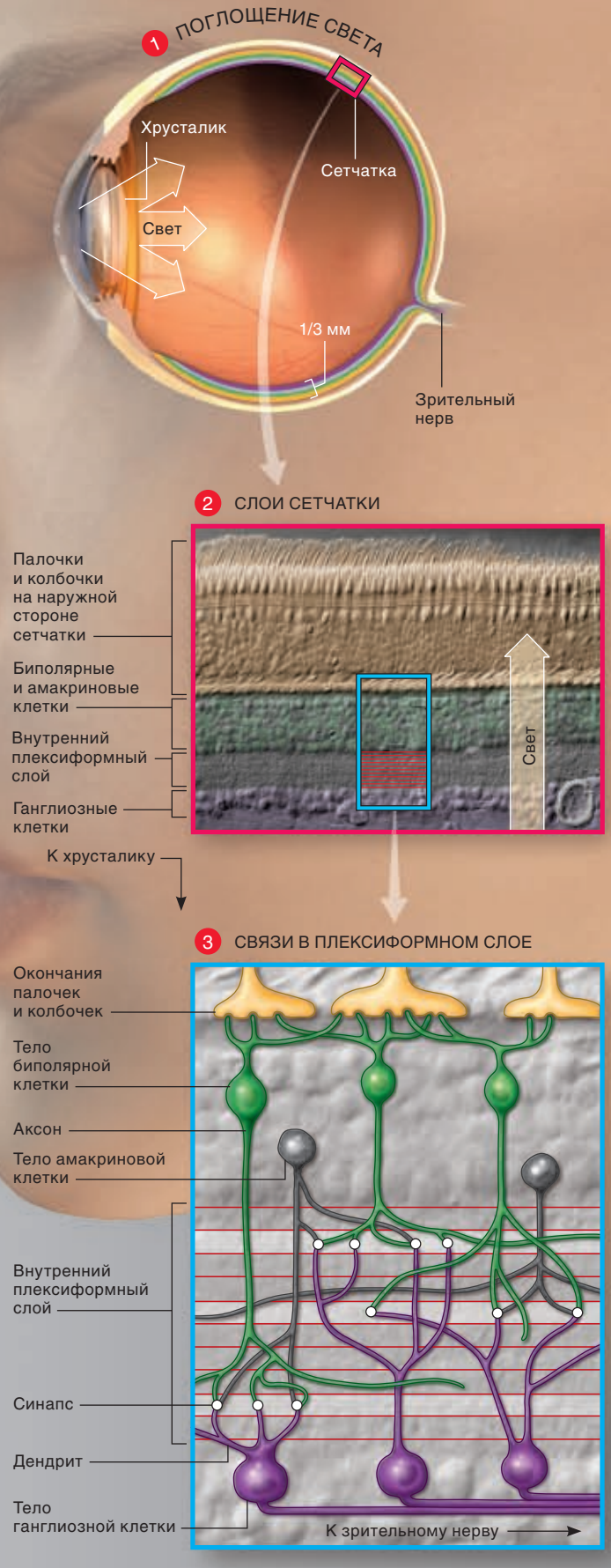
- Сетчатка не просто передает сигналы в мозг. Как ни удивительно, она выделяет 12 различных аспектов видимой картины. В результате работы групп нейронов рождаются видеопотоки, состоящие из призрачных образов.
- На основе таких абстрактных картин мозг строит свой зрительный мир, которому присущи и четкость восприятия деталей, и богатство смысла.
- Понимание «зрительного языка», заключенного в видеопотоках, поможет исследователям в создании искусственных сенсоров для слепых людей. Кроме того, успешные работы в данном направлении позволят понять, каким образом глаз и мозг обеспечивают нам ясное зрение, и как на них воздействуют оптические иллюзии.

Некоторые из них направляют свое действие в сторону в пределах того же подслоя, подавляя взаимодействие между удаленными ганглиозными клетками. Другие амакриновые клетки передают тормозной сигнал вертикально между подслоями (и соответственно между видеопотоками) как бы информируя один пласт, что не надо записывать в свой поток то, что уже записывается в другом. Таким образом, амакриновые клетки координируют распределение содержания между видеопотоками.

Исследователи, в том числе Хайнц Вассле (Heinz Wassle) из Института исследования мозга Макса Планка (Франкфурт), Томас Ойлер (Thomas Euler) из института Медицинских исследований Макса Планка (Гейдельберг) и Ричард Мэсленд (Richard Masland) из Массачусетского госпиталя общего профиля, выделили 27 различных типов амакриновых клеток.

Все что мы видим, воспринимается нами во времени. Даже взгляд на черную точку, неподвижно висящую в бесцветном трехмерном пространстве, рождает зрительные потоки, поскольку сетчатка видит ее непрерывно во времени. В сетчатке располагается множество ганглиозных клеток различных типов, и каждая из них передает свой видеоролик. Однако в отличие от обычного кинофильма, состоящего из отдельных кадров, ганглиозные клетки посылают непрерывный поток сигналов.

Из взаимодействия между биполярными и амакриновыми клетками и рождается тот канал информации, на основе которого мы воспринимаем видимый мир. Видеопотоки образуют фундаментальный «зрительный язык» со своими правилами синтаксиса и грамматики.



DON FOLEY (head); STEPHEN C. MASSEY University of Texas Medical School at Houston (micrograph, colorized); JEN CHRISTIANSEN (plexiform diagram)

ОБ АВТОРАХ

Фрэнк Верблин (Frank Werblin) — профессор нейронаук в Калифорнийском университете в Беркли. В 1973 г. совместно с Джоном Доулингом (John Dowling) из университета Джонса Хопкинса он опубликовал в журнале *Scientific American* статью об уникальных открытиях в области физиологии нейронов сетчатки. **Ботонд Роска** (Botond Roska) возглавляет научную группу в Институте биомедицинских исследований Фридриха Мишера в Базеле, Швейцария, где он занимается созданием генетических методов выявления зрительных путей.

Одинокий луч света

Основываясь на собственных экспериментах, нам удалось описать сложную работу сетчатки. С помощью тончайшей полой стеклянной иглы, называемой микропипеткой, мы вводили в ганглиозную клетку желтый краситель, который быстро распространяется по всем дендритам и позволяет выявить, какого подслоя они достигают. Микропипетка одновременно служит электродом, регистрирующим электрическую активность клетки, которая отражает комбинацию возбудительных сигналов от биполярных клеток и тормозных сигналов от амакриновых.

Для того чтобы получить представление о том, какие же видеоизображения ганглиозные клетки посылают по зрительному нерву, мы начали с регистрации реакции ганглиозных клеток, расположенных в один ряд, на лучик света, проецируемый непосредственно на сетчатку глаза кролика (*4*). Воздействие светом на квадрат сетчатки со сторонами 600 микрон длилось одну секунду. Мы регистрировали тормозные и возбудительные воздействия на ганглиозные клетки одного типа, и повторяли процедуру для всех остальных. Клетки каждого вида имели свои характерные и разнообразные ответы. На рисунке (*5*) один квадрат соответствует одной секунде, а цветом обозначена амплитуда электрического сигнала от одной клетки.

Любопытно, что у клеток того типа, который показан на иллюстрации, реакция возникала по всей ширине светового пятна, однако клетки не поддерживали активность на протяжении всего времени воздействия света. Необычно то, что некоторые из них, располагающиеся за пределами 600-микронного светового пятна, активировались после выключения света (на рисунке это отмечено полосками синего цвета, возникающими после секундного интервала). Даже по прошествии двух секунд в том месте, где было световое пятно, видна слабая реакция.

Как нам интерпретировать такую закономерность? Если бы все клетки посылали сигнал на протяжении целой секунды, то соответствующий квадрат на нашем рисунке был бы закрашен целиком (*6*). На самом же деле выходной сигнал фильтруется: он показывает реальный размер светового пятна, однако сокращен во времени и длится порядка одной десятой секунды, начавшись с опозданием примерно на одну десятую секунды от начала воздействия света. Очевидно, длительность ответа только сообщает об изменении освещенности. Возможно, ганглиозные клетки такого типа распознают лишь появление света, а не его постоянное присутствие. Слабая активация клеток в двух полосках по бокам может передавать своего рода «*off*-сигнал». Смысл третьего

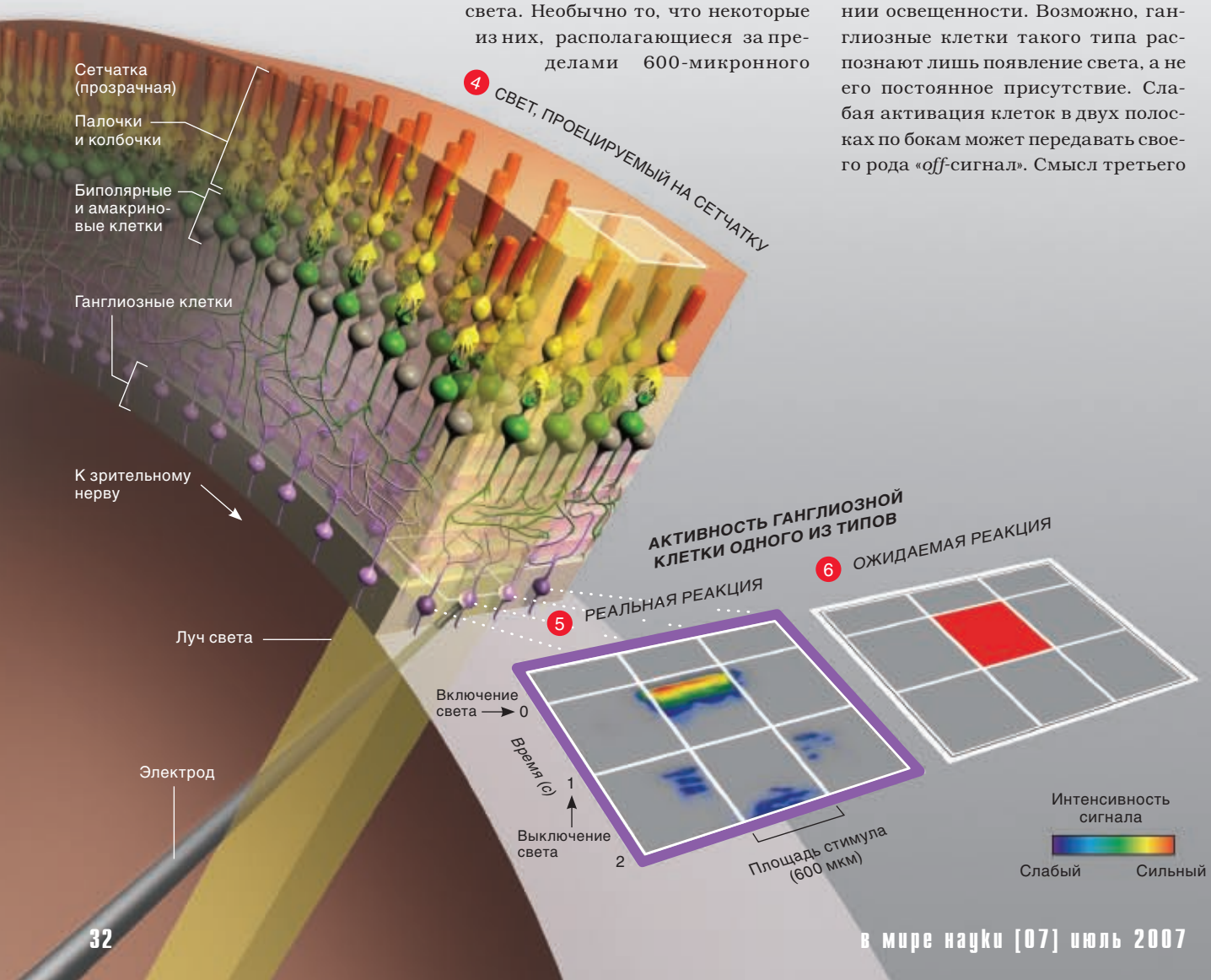
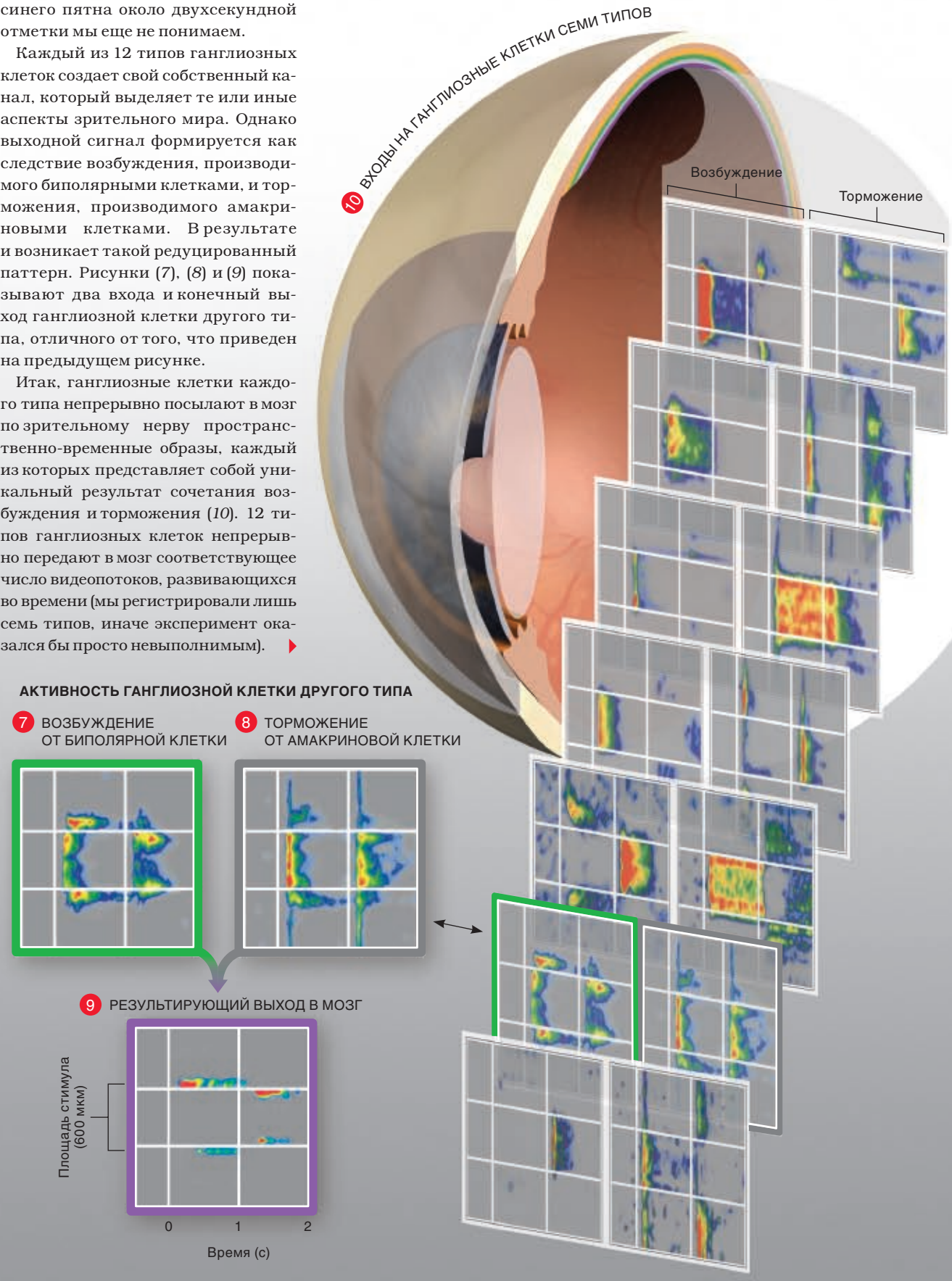


ILLUSTRATION BY DON FOLEY; IMAGE DATA FROM FRANK WERBLIN

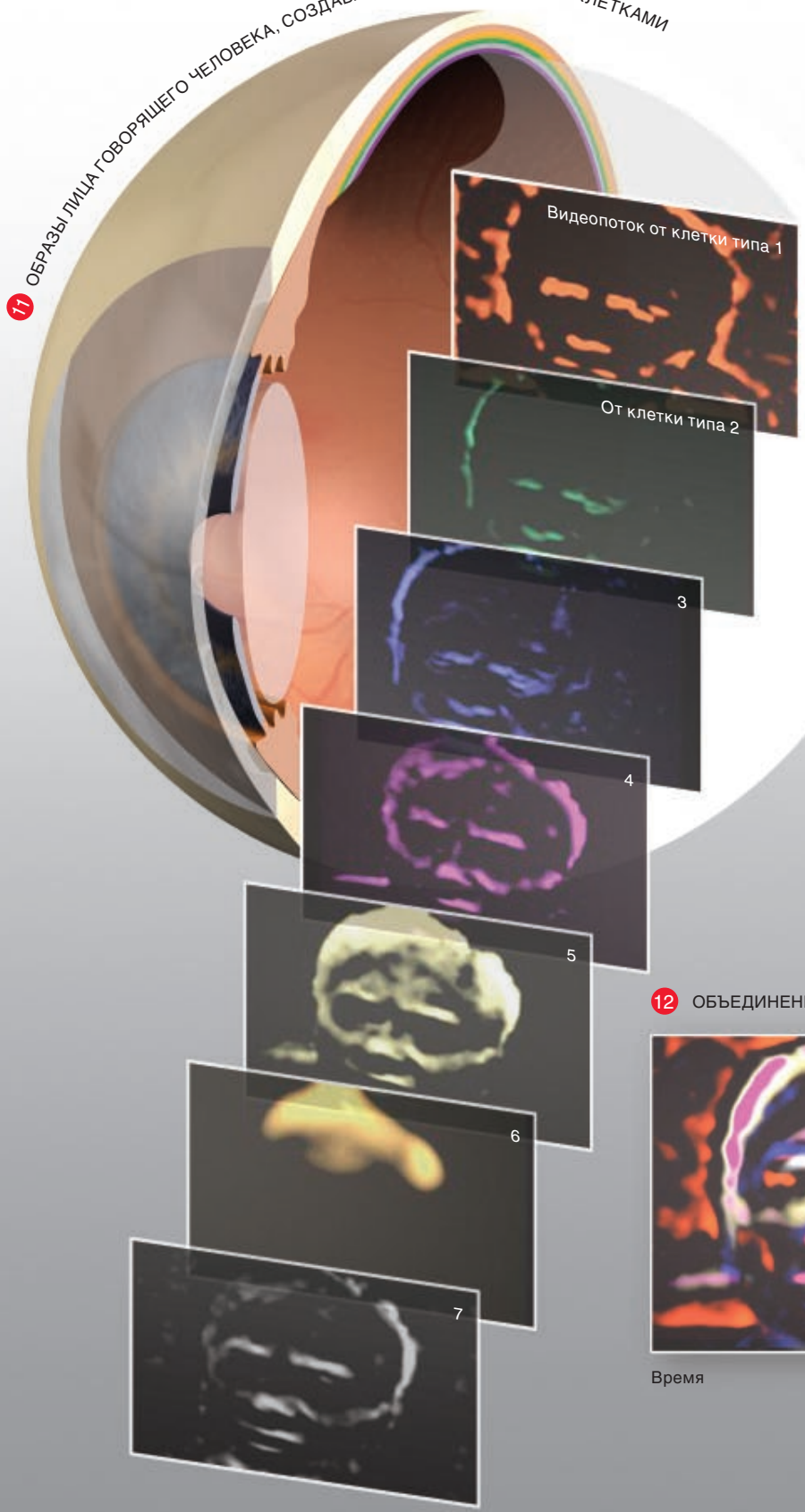
синего пятна около двухсекундной отметки мы еще не понимаем.

Каждый из 12 типов ганглиозных клеток создает свой собственный канал, который выделяет те или иные аспекты зрительного мира. Однако выходной сигнал формируется как следствие возбуждения, производимого биполярными клетками, и торможения, производимого амакриновыми клетками. В результате и возникает такой редуцированный паттерн. Рисунки (*7*), (*8*) и (*9*) показывают два входа и конечный выход ганглиозной клетки другого типа, отличного от того, что приведен на предыдущем рисунке.

Итак, ганглиозные клетки каждого типа непрерывно посылают в мозг по зрительному нерву пространственно-временные образы, каждый из которых представляет собой уникальный результат сочетания возбуждения и торможения (*10*). 12 типов ганглиозных клеток непрерывно передают в мозг соответствующее число видеопотоков, развивающихся во времени (мы регистрировали лишь семь типов, иначе эксперимент оказался бы просто невыполнимым).



11 ОБРАЗЫ ЛИЦА ГОВОРЯЩЕГО ЧЕЛОВЕКА, СОЗДАВАЕМЫЕ ГАНГЛИОЗНЫМИ КЛЕТКАМИ



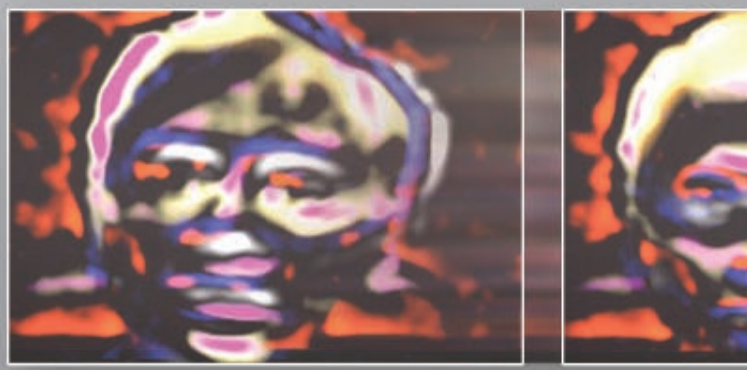
Отфильтрованное лицо

Поскольку глаз рассчитан на восприятие более интересной картины, нежели простой светлый квадрат, мы заинтересовались: что произойдет, если на сетчатку спроецировать естественный объект, например лицо говорящего человека. Что покажет каждый из 12 каналов? Будут ли отдельные аспекты изображения попадать в один видеопоток и игнорироваться остальными?

Несмотря на кажущуюся простоту описанного выше эксперимента, на практике невероятно трудно поместить в живую сетчатку кролика достаточно электродов, чтобы зафиксировать путь мгновенной вспышки света, не говоря уж о реальной сцене, длящейся минуту. Поэтому мы ввели результаты наших экспериментов со световым квадратом в компьютер, который воспроизводит микросхему искусственной сетчатки — клеточную нервную сеть, разработанную Леоном Чуа (Leon Chua) из Калифорнийского университета в Беркли и Тамашем Роска (Tamás Roska) из Венгерской Академии в Будапеште. Система преобразовывала световой квадрат в 12 пространственно-временных паттернов возбуждения и торможения,

ILLUSTRATION BY DON FOLEY; IMAGE DATA FROM FRANK WERBLIN

12 ОБЪЕДИНЕНИЕ ОБРАЗОВ, ПОСЫЛАЕМЫХ В МОЗГ



Время 1 с

которые были очень похожи на те, что возникают в живой сетчатке.

Обнадеженные результатом, мы предъявили компьютерной сетчатке реальный объект: один из нас (Верблин) сел перед камерой и говорил в течение минуты. Модель, запрограммированная для поставленной задачи Давидом Балья (David Balya) из Будапештского технико-экономического университета, генерировала видеопотоки для семи различных типов ганглиозных клеток (*11*).

Чтобы проверить правильность эксперимента, мы зарегистрировали реакции нескольких нейронов живой сетчатки кролика, увидевшего лицо говорящего человека. Вскоре стало ясно, что каждая популяция ганглиозных клеток действует как фильтр, извлекающий свои собственные пространственно-временные характеристики зрительного мира. Каждому видеопотоку мы придали свой цвет, чтобы отличать их друг от друга.

Например, один фильтр (*стр. 34, оранжевый цвет*), вероятно, передавал только границы основных деталей лица и показывал мир в виде контурного наброска. Другой фильтр (*пурпурный цвет*) выделял тени под глазами и носом. Третий (*бежевый*) показывал уже не границы и не тени, а наиболее освещенные места.

Разумеется, наши предположения о функционировании каждого из 12 фильтров могут быть не совсем точными. И, к сожалению, невозможно полностью воспроизвести на бумаге записанные нами паттерны, поскольку они развиваются во времени как фильм, однако следует отметить, что в них содержится много пустых интервалов. Каждый видеопоток включается всякий раз всего на несколько миллисекунд, а в остальное время он пуст. Тем не менее, наш метод показывает, что каждый фильтр воспринимает одно качество физического облика и его движения. У каждой ганглиозной клетки свой способ отображения мира.

Благодаря тому, что мы придали разным видеопотокам свои цвета, при их наложении можно увидеть вклад каждой популяции ганглиозных клеток в общую картину. Мы объединили семь потоков в один фильм. Четыре кадра из минутного выступления Верблина (*12*) позволяют увидеть мимику, как открывается и закрывается рот, как сигнал в отдельных потоках нарастает и убывает, отчего лицо кажется призрачным. Такой сигнал рождается в сетчатке, такую информацию получает мозг.

Наши фильмы, конечно, дают лишь отдаленное представление о процессах, происходящих в сетчатке. Однако они показывают, что слой нервной ткани толщиной с лист бумаги, расположенный на задней стороне нашего глаза, способен разделить зрительный мир на 12 дискретных компонентов, которые независимо друг от друга передаются в различные зрительные области мозга и там взаимодействуют. Задача нейрофизиологов теперь состоит в том, чтобы понять, как мозг интерпретирует полученную информацию и создает из нее великолепную целостную картину мира. ■

Перевод: Б.В. Чернышев

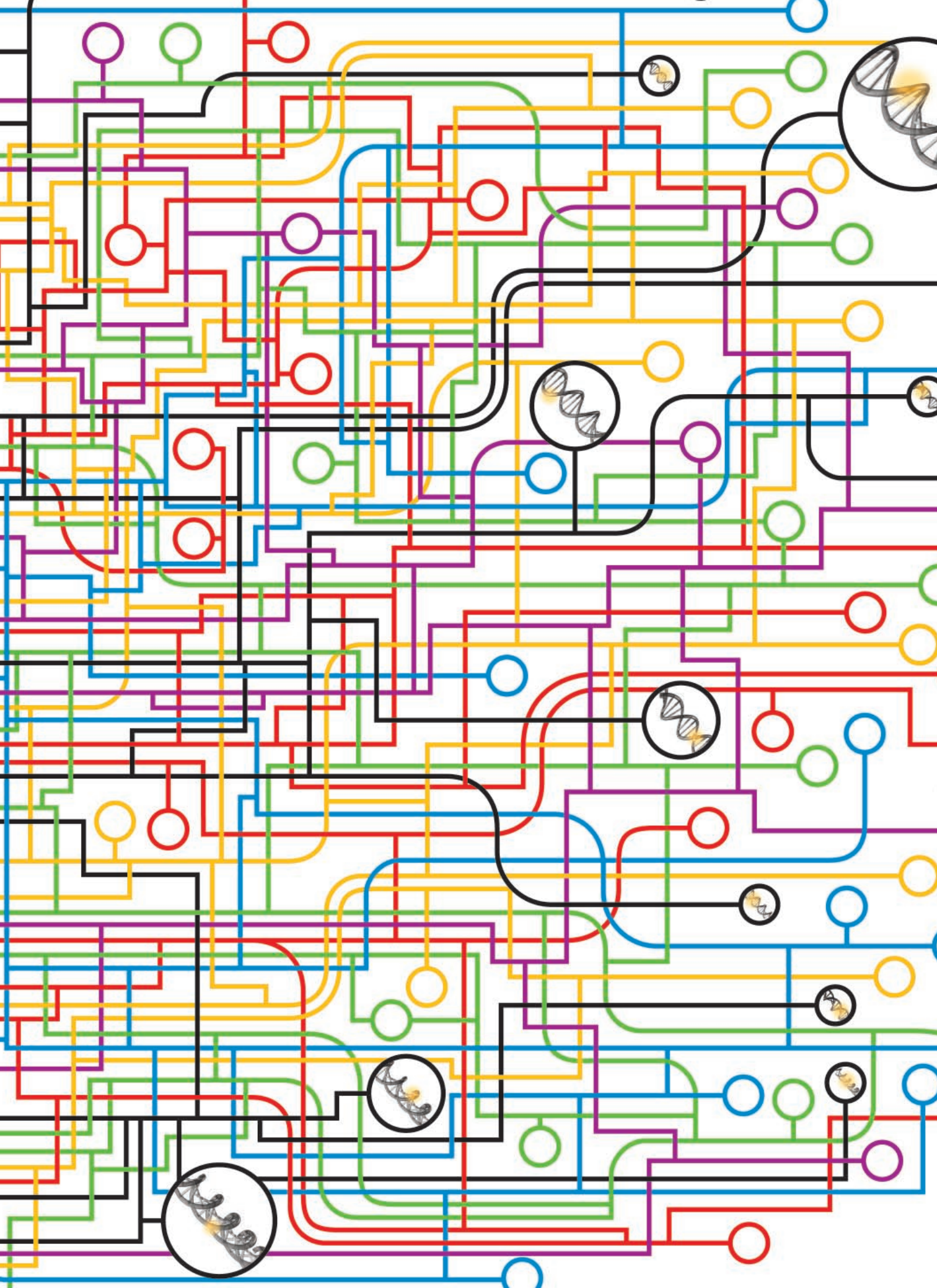
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Directional Selectivity Is Formed at Multiple Levels by Laterally Offset Inhibition in the Rabbit Retina. Shelley I. Fried, Thomas A. Münch and Frank S. Werblin in Neuron, Vol. 46, No. 1, pages 117–127; 2005.

■ Parallel Processing in Retinal Ganglion Cells: How Integration of Space-time Patterns of Excitation and Inhibition Form the Spiking Output. Botond Roska, Alyosha Molnar and Frank S. Werblin in Journal of Neurophysiology, Vol. 95, pages 3810–3822; 2006.

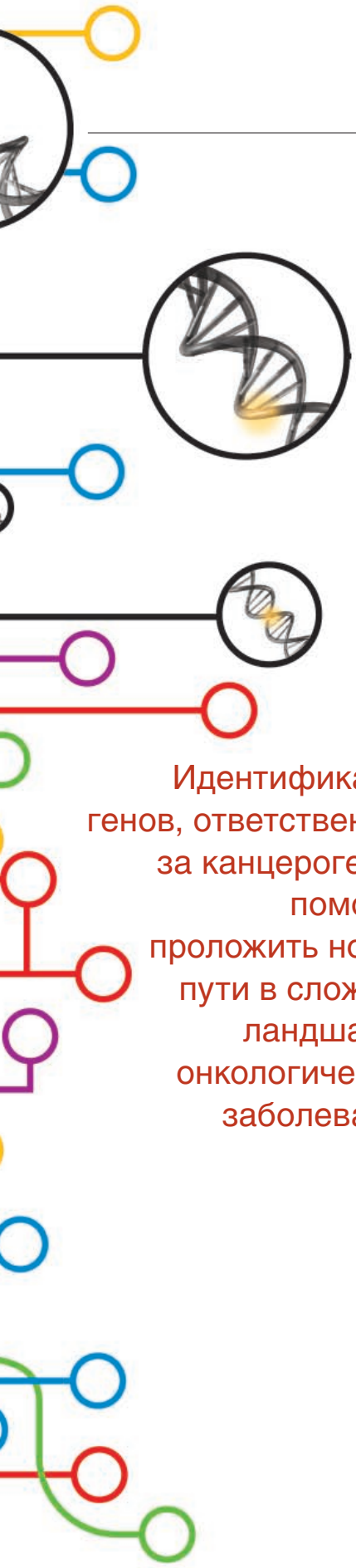
■ Фильм о рождении видеопотоков в сетчатке в ответ на предъявление лица говорящего человека можно посмотреть на www.sciam.com/ontheweb

2 с 3 с 4 с



Анна Баркер и Фрэнсис Коллинз

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КАРТА рака



Идентификация генов, ответственных за канцерогенез, поможет проложить новые пути в сложном ландшафте онкологических заболеваний

Нобелевский лауреат Ренато Дульбекко более 20 лет назад сказал: «Если мы хотим узнать о раке как можно больше, нам необходимо направить все усилия на исследование клеточного генома». Открытия предыдущих лет показывали, что аномальное поведение раковых клеток обусловливается нарушениями в структуре и функциях генов. «У нас есть две возможности, — писал ученый — попытаться идентифицировать один за другим гены, участвующие в злокачественной трансформации, или... расшифровать весь геном».

Дульбекко и другие исследователи прекрасно понимали, что секвенирование (определение нуклеотидной последовательности) генома человека служит лишь первым шагом на пути к полному пониманию биологических основ рака. Имея в руках нуклеотидную последовательность ДНК здорового человека, ученым еще предстоит классифицировать огромное число генов в соответствии с их функциями, что в свою очередь прояснит роль каждого из них в возникновении и развитии онкологических заболеваний. За два последних десятилетия идеи Дульбекко, представлявшиеся пустыми мечтами, превратились в реальность. Менее чем через три года после реализации проекта «Геном человека» Национальные институты здравоохранения США официально объявили о начале работы над созданием исчерпывающего каталога изменений в геноме, ассоциированных с раком, — Атласа генов рака (*TCGA*, от *The Cancer Genome Atlas*).

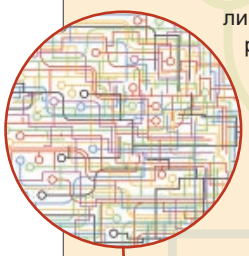
Срочность реализации столь амбициозного проекта продиктована колоссальным уроном, который наносит человечеству рак. От этой болезни ежедневно умирает более 1,5 тыс. жителей США (примерно один человек каждую минуту). А по мере увеличения продолжительности жизни в стране эта цифра в ближайшие годы станет еще больше, если только не будут найдены способы быстрой идентификации новых уязвимых мест в раковых клетках и методы воздействия на них.

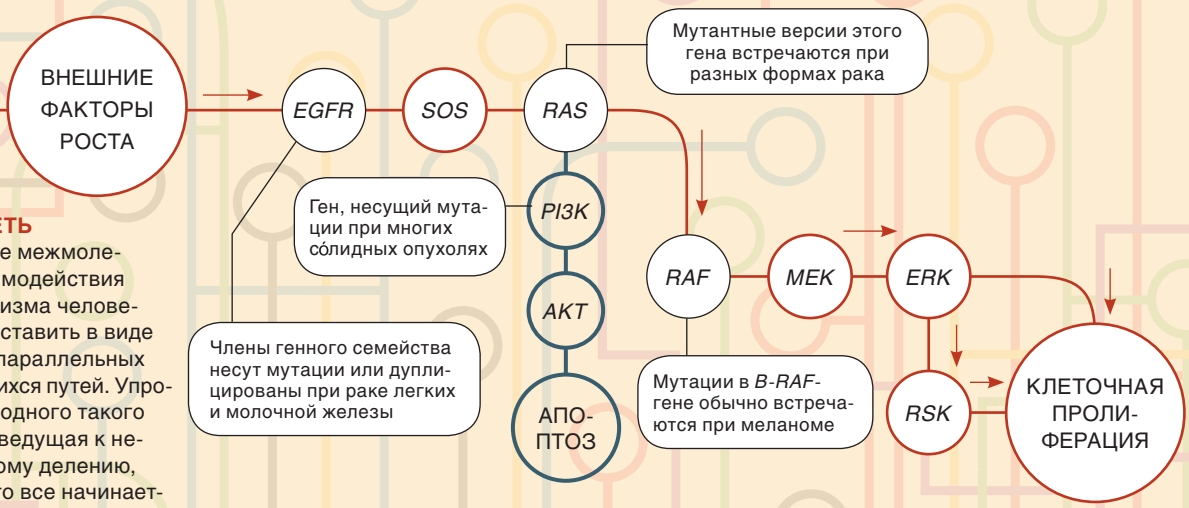
Болезнь генов

Со времени идентификации в 1981 г. первого человеческого гена, несущего повреждения, ассоциированные с раком (онкогена), получено множество свидетельств того, что первопричина онкологического

ПУТИ, ВЕДУЩИЕ К РАКУ

Способность раковых клеток преодолевать ограничения, налагаемые на поведение нормальных клеток, обусловливается нарушениями в генах. Гены кодируют белки, служащие строительным материалом клетки, регулируют работу других генов и выполняют сигнальные функции. Поэтому мутация, которая выводит какой-нибудь ген из строя, или, напротив, неумеренно повышает его активность, оказывает на клетку дезорганизующее действие (*внизу*). Для превращения клетки в раковую в ее генетическом материале должна возникнуть не одна мутация, а несколько, причем не в любых, а в определенных генах. Идентификация всех таких генов когда-нибудь позволит ответить на вопрос, какие мутации ответственны за возникновение разных типов рака, и в соответствии с этим выбрать наиболее эффективный способ лечения





СЛОЖНАЯ СЕТЬ

Разнообразные межмолекулярные взаимодействия в клетке организма человека можно представить в виде сложной сети параллельных и пересекающихся путей. Упрощенная схема одного такого пути (*справа*), ведущая к неконтролируемому делению, показывает, что все начинается с присоединения к рецепторам на клеточной мембране специфических белков — факторов роста эпидермиса. Такое событие сопровождается передачей сигналов клеточным белкам и генам, подталкивающих клетку к незапланированному делению

ОНКОГЕННЫЕ МУТАЦИИ

Часто опухолевые клетки при раке легких и молочной железы несут мутации в генах семейства *EGFR* (*epidermal growth factor receptors*), которые приводят к увеличению числа кодируемых или поверхностных рецепторов или к их гиперактивности. Изменения в гене *B-RAF* отмечаются в 70% случаев при меланоме. Мутантные версии *RAS*-гена встречаются при самых разных типах рака. Они влияют на рост клеток, а также на пересекающиеся пути, в частности на путь, ведущий к апоптозу (запрограммированной гибели поврежденных клеток)

заболевания — мутации в определенных генах. Они могут возникать под действием токсичных веществ или радиации, вследствие нарушения процессов репарации ДНК или ошибок при копировании ДНК перед делением клетки. Иногда происходит наследование мутантного гена от одного из родителей.

Какова бы ни была причина мутаций, они всегда приводят к тому, что клетка начинает бесконтрольно делиться. Раковые клетки проникают в соседние ткани, а затем распространяются по всему организму. Некоторые мутации нарушают работу генов, в норме препятствующих раковой трансформации клеток, другие повышают активность онкогенов. Большинство клеток для превращения в раковые должны накопить в геноме несколько специфических мутаций, и этот процесс может длиться годами.

Последние два десятилетия исследователи разных стран занимались поисками мутаций в генах, «подозреваемых» в причастности к раку. Используя специальные молекулярно-биологические методы, они идентифицировали примерно 350 ассоциированных с раком вариантов генов. Группа Майкла Стратона (Michael Stratton) из Института Сэнгера при консорциуме *Wellcome Trust* (Кембридж, Англия) создала базу данных о генных вариациях — каталог связанных с раком мутаций

ОБЗОР: ГЕНЫ И РАК

- В основе раковой трансформации клеток лежат изменения в структуре или активности генов.
- Идентификация генов, причастных к возникновению рака, уже сейчас облегчает диагностику и лечение.
- Цель проекта «Атлас генов рака» — выявление всех генетических изменений при разных формах рака.

LUCY READING-IKKANDA; ACKNOWLEDGMENT: SPECIAL THANKS TO JEFFREY SETTLEMAN OF THE CENTER FOR CANCER RESEARCH AT MASSACHUSETTS GENERAL HOSPITAL AND DAPHNE W. BELL OF THE NHGRI CANCER GENETICS BRANCH FOR THEIR ADVICE ON THE PATHWAY ILLUSTRATION

ТИПИЧНЫЕ ПРИЗНАКИ РАКА

Шесть перечисленных здесь признаков рака обусловливают агрессивность опухолей и способность разрастаться до размеров, превосходящих размеры органов, в которых они возникли, а также распространяться за их пределы

Самодостаточность сигнальных механизмов
Усиление сигналов к делению, поступающих извне, или выработка собственных сигналов

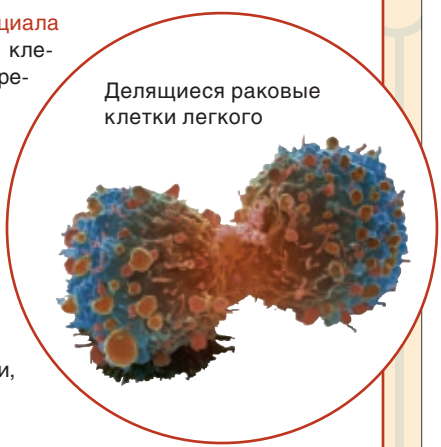
Нечувствительность к сигналам остановки деления
Невосприимчивость к посылаемым соседними клетками сигналам к переходу в состояние покоя

Предотвращение запрограммированной гибели клеток
Повреждение механизмов, запускающих «самоубийство» аномальных или поврежденных клеток

Неограниченность репликативного потенциала
Выход за рамки, ограничивающие число клеточных делений нормальных клеток или время деления

Стимулирование роста кровеносных сосудов
Генерация опухолями сигналов к образованию новых кровеносных сосудов, снабжающих их кислородом и питательными веществами

Инвазивность и подвижность
Игнорирование сигналов к неподвижности, проникновение в другие ткани



Делящиеся раковые клетки легкого

STEVE GSCHMEISSNER Photo Researchers, Inc.

в соматических клетках (*COSMIC*, от *Cataloge of Sematic Mutations in Cancer*). Конечно, этот каталог далеко не полон.

Имеет ли смысл продолжать создание базы данных прежними методами, когда сегодня в распоряжении ученых имеются инструменты, позволяющие неизмеримо увеличить и масштаб изысканий, и скорость получения информации? В последние годы появились новые идеи, способы и технологии, подтолкнувшие ведущих специалистов в области молекулярной биологии и онкологии к мысли о системном, совместном и всеобъемлющем исследовании геномики рака.

Солидной базой для *TCGA* стал проект «Геном человека». Теперь у исследователей имеется ценный «справочник», в котором приводится последовательность всех 3 млрд. пар оснований, составляющих геном здорового человека. Это позволяет сопоставлять нуклеотидные последовательности ДНК и другие физические характеристики геномов нормальных и раковых клеток с тем чтобы идентифицировать те генетические изменения, которые определяют отличительные особенности рака.

И, наконец, в ходе реализации проекта «Геном человека» было сделано много технологических открытий, которые сразу стали применяться для секвенирования и анализа геномов и существенно ускорили и удешевили процесс. Например, если в 1990 г., когда работа только начиналась, стоимость секвенирования ДНК в пересчете на один нуклеотид составляла $10, то сегодня — менее одного цента. Благодаря технологическим инновациям проект *TCGA* с его масштабностью уже не кажется неосуществимым. Напротив, это будет наиболее эффективный и экономичный способ идентификации широкого спектра генетических факторов, вовлеченных в развитие ракового процесса.

Практические результаты

Свидетельства того, что идентификация генетических изменений в раковых клетках помогает диагностировать, лечить и даже предотвращать само заболевание, не только обнадеживают, но и показывают, что дорога к цели будет долгой, трудной и потребует немалых средств.

В 2001 г. ученые из Института Сэнгера при консорциуме *Wellcome Trust* пытались самостоятельно использовать геномные технологии для исследования канцерогенеза. Их задача состояла в оптимизации робототехнических и информационных систем для секвенирования 20 генов в 378 образцах опухолей. Спустя год они обнаружили, что ген *B-RAF* несет мутацию в 70% исследованных образцов меланомных клеток. На новую потенциальную мишень в борьбе с наиболее агрессивной формой рака кожи сразу же обратили внимание. Для того чтобы блокировать ген *B-RAF* (кодирующий белок *МЕК*) или хотя бы уменьшить его активность, в опытах на мышах были апробированы все имеющиеся в распоряжении клиницистов и ученых средства: от традиционной химиотерапии до интерферирующих РНК. Всего через 5 лет самые перспективные из них были проверены в клинических испытаниях.

Другая группа ученых уже готова к началу тестирования мутаций, связанных с некоторыми формами рака молочной железы, толстой кишки, лейкозом и лимфомой. Исследователи намерены разработать методы их молекулярной диагностики, а также прогностические

ГЕНЫ И РАК

Предположение о наличии связи между генетическими аномалиями и особенностями в поведении раковых клеток впервые высказал немецкий биолог Теодор Бовери еще 100 лет назад. Многочисленные прямые свидетельства стали появляться только в последние десятилетия. В 1986 г. впервые заговорили об определении нуклеотидной последовательности генома человека с тем, чтобы выявить гены, ответственные за канцерогенез. В 2003 г. был завершен проект «Геном человека». Начинается работа над новым масштабным проектом — созданием Атласа генов рака. В этом году начато составление каталога всех генных мутаций, лежащих в основе трех видов рака

1890–1914 Исследование аномалий в распределении хромосом во время деления клетки навело на мысль об их связи с развитием рака

1950-е — 1960-е Появились многочисленные данные о том, что вирусы, провоцирующие рак, инъецируют свой генетический материал в клетку

1960 В клетках больных хроническим миелолейкозом обнаружен генетический дефект, связанный с этой патологией. Содержащая его хромосома получила название Филадельфийской

1976 В клетках животных идентифицирован ген *src* невирусного происхождения, который может быть причастен к возникновению рака

1979 Идентифицирован ген *P53*, который, как было показано позже, чаще других несет мутации при разных видах рака человека

1981 Открыт *H-RAS*, первый онкоген человека (ген, изменения в котором провоцируют рак)

1983 Обнаружено, что в раковых клетках нарушен характер метилирования ДНК

1986 В журнале *Science* опубликована статья Ренато Дульбекко, в которой обосновывается необходимость секвенирования генома человека

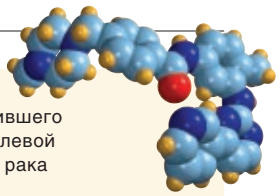
1986 Министерство энергетики США признало важность секвенирования генома человека в изучении последствий радиационного облучения

1986 Идентифицирован первый ген — супрессор опухоли, *RB1*

1987 Показано, что слияние двух генов, *BCR* и *ABL*, приводит к миелолейкозу

1990 Предложена модель ступенчатого канцерогенеза, которая предполагает накопление нарушений в генах, предшествующее злокачественной трансформации

1990 Начало реализации проекта «Геном человека»



1993 Доклиническое тестирование активного компонента препарата, получившего позже название «глевек». Это первый целевой препарат, предназначенный для лечения рака с установленной генетической природой

1999 Впервые показано различие профилей генной активности при разных формах рака, что позволяет предсказывать результаты химиотерапии

2001 Глевек получил официальное разрешение к применению в медицине

2002 Ученые Института Сэнгера при консорциуме *Wellcome Trust* обнаружили мутацию в гене *B-RAF*, которая присутствует в меланомных клетках в 70% случаев

2003 Завершение проекта «Геном человека»

2005 Национальными институтами здравоохранения объявлено о намерении начать работу над проектом «Атлас генов рака» (*TCGA*)

2006 Определены участники пилотного проекта *TCGA* и названы три типа рака, генетические основы которых будут всесторонне исследованы в первую очередь

2007–2010 В рамках *TCGA* будут собраны и проанализированы образцы опухолей из архивов онкологических центров. Для тестирования методов и технологий, получения и обработки данных, открытых для всего мирового сообщества, будут объединены усилия четырех основных подразделений: центра по сбору и хранению биологических образцов, семи центров по характеризации геномов, трех центров по секвенированию геномов и центра по координации данных

КАК БУДЕТ НАЛАЖЕНА РАБОТА?

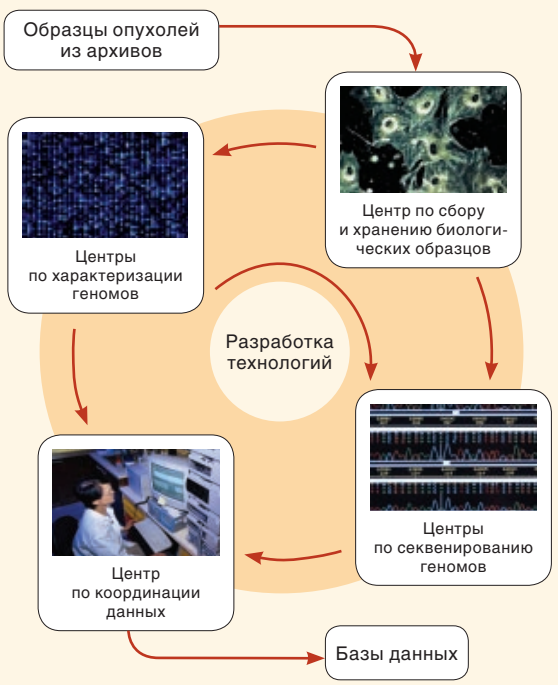


PHOTO RESE ARCHERS, INC. (Boveri); DEPARTMENT OF CLINICAL CYTOGENETICS, ADDENBROOKE'S HOSPITAL Photo Researchers, Inc. (Philadelphia chromosome); STEVE GSCHMEISSNER Photo Researchers, Inc. (tumor cell); MARK J. WINTER Photo Researchers, Inc. (Gleevec molecule); CECIL H. FOX Photo Researchers, Inc. (Biospecimen Core Resource); AFFYMETRIX (Cancer Genome Characterization Centers); NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE (Genome Sequencing Centers); © CDC/PHIL Corbis (Data Coordinating Center)

тесты, которые помогут выбрать оптимальные способы химиотерапии для каждого пациента.

Новый препарат глевек, например, направлен на подавление одного из ферментов, кодируемых двумя слившимися генами — *BCR* и *ABL* (такой генетический дефект связан с хроническим миелолейкозом). Глевек оказался эффективным и в отношении более сложных онкологических заболеваний, таких как опухоль желудочно-кишечного тракта и других редких видов рака, ассоциированных со сходными ферментами. Еще один препарат, герцептин, мишенью которого является белок *HER 2*, применяется при лечении рака молочной железы. Известно, что этот рецепторный белок синтезируется в раковых клетках в избыточном количестве.

Недавно группа ученых из Университета Джонса Хопкинса провела исследование, наглядно проиллюстрировавшее возможности широкомасштабного анализа генома в идентификации генов рака и те перспективы, которые при этом открываются. Они секвенировали около 13 тыс. генов опухолевых тканей, взятых от 11 больных, страдающих раком прямой и толстой кишки, и 11 пациенток с раком молочной железы. Исследователи выявили потенциально опасные мутации в 200 генах.

Одна из основных трудностей при анализе результатов секвенирования геномов раковых клеток заключается в сложности разграничения мутаций, связанных с раком, и тех, которые не имеют отношения к канцерогенезу. Интересно, что спектры мутаций для разного типа рака почти не перекрываются. Более того, они существенно различаются для одной и той же формы онкологии у разных больных. Это означает, что превращение нормальной клетки в раковую может происходить при разных сочетаниях мутаций. Таким образом, даже у пациентов с онкологией одного и того же органа или ткани генетический профиль опухолей может значительно различаться.

Возможно, для составления исчерпывающего каталога мутаций понадобится много лет, но открытия, которые совершат переворот в лечении онкологии, скорее всего, будут сделаны гораздо раньше. Как только ученые получат профиль мутаций очередного типа рака, появится целый набор новых мишеней, на которые они смогут воздействовать.

План работы

Принцип поэтапности, доказавший свою состоятельность в самом начале работы над проектом «Геном человека», предусматривал предварительную проверку всех методик и протоколов экспериментов. Проект *TCGA* предполагает проведение пилотных исследований, задача которых — выработка и апробирование плана действий по картированию всех аномалий в геноме, имеющих отношение к канцерогенезу.

В 2006 г. Национальные институты здравоохранения и Национальный институт изучения генома человека отобрали научные группы, которые будут участвовать в пилотном проекте, обсудили, какое оборудование и материалы понадобятся и с каких типов рака начинать исследования. В ближайшие три года эти два института выделят $100 млн. на составление каталога геномных изменений при трех типах рака: глиобластоме (опухоли головного мозга), раке легких и раке яичника. Такой выбор определяется несколькими причинами, в частности тем, что образцы данных опухолей, хранящиеся в архивах медицинских учреждений, удовлетворяют всем требованиям научного, технического и этического характера, оговоренным в проекте.

В сентябре прошлого года было объявлено об отборе трех архивов, которые будут поставлять уже имеющиеся у них препараты и новые образцы опухолей, а также образцы здоровых тканей тех же пациентов, чтобы можно было проводить сравнительный анализ. Все это будет поступать в центр по сбору и хранению биологических образцов, одно из четырех основных структурных подразделений пилотного проекта.

Три других подразделения — центры по характеризации геномов, центры по секвенированию геномов, центр по координации данных. Семь центров по характеризации генома раковых клеток будут заниматься определением активности генов в клетках опухолей и поиском крупных нарушений в геноме, которые ведут к прогрессированию заболеваний. К таким нарушениям относятся хромосомные аберрации, изменения в числе копий генов и химические модификации ДНК, приводящие к повышению или понижению активности генов без каких-либо изменений в нуклеотидной последовательности.

Гены и другие хромосомные области предполагается секвенировать в трех специализированных центрах. Помимо этого, будет секвенировано семейство генов, предположительно имеющих прямое отношение к раку, в частности тех, которые кодируют ферменты тирозинкиназу и фосфотазу, участвующие в регуляции клеточного цикла. В рамках проекта предполагается секвенировать примерно 2 тыс. генов в каждом из 1,5 тыс. опухолевых препаратов. Точное их число будет зависеть от поставляемых образцов и от того, какая информация будет

ОБ АВТОРАХ

Фрэнсис Коллинз (Francis S. Collins) и **Анна Баркер** (Anna D. Barker) — руководители проекта «Атлас генов рака». Коллинз руководил проектом «Геном человека» вплоть до его завершения. Сегодня он возглавляет Национальный институт изучения генома человека. Баркер — заместитель директора подразделения передовых технологий и стратегического партнерства Национальных институтов здравоохранения. Она была координатором исследований по созданию новых лекарственных препаратов и биотехнологических подходов в государственном и частном секторах, прежде всего тех, которые направлены на борьбу с раком.

получена центрами по характеризации генов рака.

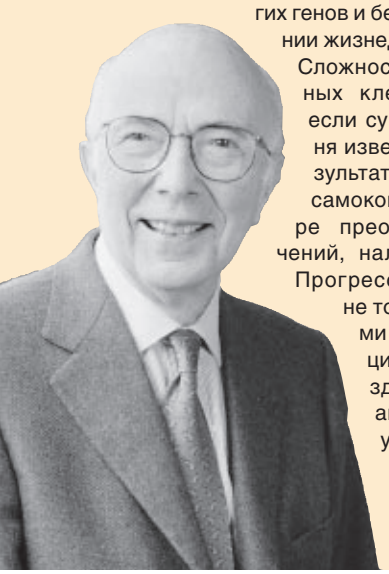
Все участники проекта (многие из них работали над проектом «Геном человека») готовы к тому, чтобы решать гораздо более сложные задачи, чем при исследовании генома нормальных клеток. Как только клетка становится на путь злокачественной трансформации, частота мутаций в ее геноме увеличивается, поскольку происходят сбои в системе репарации ДНК и нарушаются механизмы самоконтроля. Геномные профили клеток одной опухоли существенно различаются, и чтобы выделить значимые мутации на фоне «шума», уровень которого во многих опухолях очень высок, понадобится разработать новые, высокочувствительные методы. Кроме того, почти в любой опухоли присутствует какое-то количество нормальных клеток, что делает препарат еще более неоднородным. Если образец ДНК опухоли, взятый для анализа, будет слишком гетерогенным, какие-то важные мутации могут выпасть из поля зрения.

Все данные, получаемые в ходе проекта, будут немедленно обнародованы. Для того чтобы новую информацию можно было сразу использовать как для проведения дальнейших фундаментальных и клинических исследований, так

ОТ ГЕНОМА К РАКУ — ПОЧЕМУ ИМЕННО СЕЙЧАС

Когда в 1986 г. я высказал идею о необходимости идентификации всех генов человека, моей первой целью было обнаружить гены, причастные к развитию рака. Я надеялся, что это позволит найти новые подходы к лечению заболевания. Этот проект, известный теперь под названием «Геном человека», успешно завершен и со всей очевидностью показал, что он может служить основой для идентификации генов, ассоциированных со многими болезнями человека, в том числе раком. Процедура секвенирования была распространена на многие другие организмы — от бактерий до шимпанзе, и еще раз продемонстрировала единство всего живого. Оказалось, что у далеких друг от друга живых существ очень много одинаковых генов.

В ходе работы было изобретено много новых методов. Они позволили глубоко проникнуть в суть сложных процессов, с помощью которых гены дают начало широкому спектру биологически важных молекул. Один из основных выводов, к которому пришли ученые, состоял в том, что гены работают не поодиночке, они включены в сложную сеть взаимодействий, функционирующую в клетке. Любое изменение в работе одного из генов может привести к изменению поведения целого набора других генов и белков, участвующих в поддержании жизнедеятельности клетки.



Сложность такой системы в нормальных клетках становится очевидной, если суммировать все, что нам сегодня известно о раке: он возникает в результате постепенной утраты клеткой самоконтроля и прогрессирует по мере преодоления очередных ограничений, налагаемых на нее организмом. Прогрессирование обусловливается не только физическими изменениями в специфических генах (мутациями), в значительной мере дело здесь в последующей модуляции активности многих других генов, участвующих в регуляции биохимических процессов в клетке. Таким образом, первым шагом к возникновению рака могут быть изменения в отдельных генах, и эти гены — потенциальная мишень для противораковой терапии. Однако для перехода ракового процесса на следующие стадии (например, перехода от хронического миелолейкоза к острому или от опухоли *in situ* к сенвазивной фазе и далее к образованию метастазов) необходимо участие многих других генов, и о большинстве из них мы пока ничего не знаем.

Рак — это результат постепенной утраты клетками самоконтроля

Исключением из общей картины онкогенеза служит недавно обнаруженный феномен «онкогенного привыкания» (*oncogene addiction*): несмотря на наличие множества мутаций в геноме, один из онкогенов продолжает находиться в выключенном состоянии, а клетки вступают на путь запрограммированной гибели (апоптоза). Механизм этого явления тоже неизвестен, и чтобы его установить, опять-таки необходимо иметь полный каталог структурных и функциональных изменений в генах и клеточных компонентах, которые могли бы нарушить систему регуляции в раковых клетках. Необходимо также выяснить, как встроена эта система в общую сеть взаимодействий.

На пути к достижению намеченной цели исследователям, возможно, удастся прояснить многие другие вопросы. Например, есть предположение об участии в онкогенезе стволовых клеток. На эту мысль наводит сходство в их поведении с раковыми клетками: и те, и другие способны к неограниченному делению; оба типа клеток чувствительны к окружению (нише), в котором они растут; многие гены, проявляющие активность в стволовых клетках, находятся в активном состоянии и в клетках опухолей.

Благодаря успехам новой области науки — геномики — мы кое-что знаем о механизме раковой трансформации клеток — но не более того. Настало время сосредоточить усилия всего научного сообщества, чтобы получить полную картину онкогенеза, и проект «Атлас генов рака» будет этому способствовать как нельзя лучше.

Ренато Дульбекко

Ренато Дульбекко *— почетный президент Института биологических исследований Солка, один из лауреатов Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1975 г., присужденной за исследование взаимодействий онковирусов и генетического материала клетки.*

SALK INSTITUTE FOR BIOLOGICAL STUDIES

и для квалифицированной помощи больным, предполагается постоянно сопоставлять ее с тем, что известно о самих опухолях и о судьбе тех больных, от которых получены биоптаты.

Неизведанные территории

Путь, который предстоит пройти участникам проекта, долог и тернист. Придется преодолевать множество проблем научного, технического и социального характера. Оправдаются ли надежды на значительное удешевление процедуры, связываемые с новыми способами секвернирования? Как быстро будут усовершенствованы методы систематической идентификации эпигенетических и других крупных хромосомных нарушений при раке, особенно тех, которые имеют отношение к метастазированию? Как использовать те возможности, которые дают компьютерные технологии, для создания порталов, полезных и биологам, и ученым-медикам, и практикующим врачам? Как соблюсти закон об охране интеллектуальной собственности, чтобы не возникло преград для фундаментальных исследований и разработки новых методов терапии?

Чтобы избежать всплеска необоснованных ожиданий, мы должны четко разъяснить, на какие вопросы проект ответить не сможет. Прежде всего, следует понимать, что *TCGA* служит только фундаментом для будущих исследований. Если учесть, что сегодня генетическая карта рака — это почти сплошь одно большое белое пятно, то перспектива его заполнения воодушевляет и одновременно пугает. Научное сообщество и обычные люди должны осознавать, что это беспрецедентное по своим масштабам молекулярное картографирование потребует многолетней упорной работы тысяч ученых самых разных специальностей.

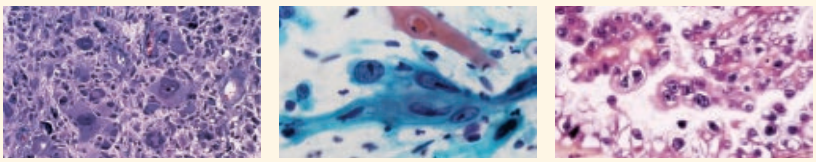
Куда выведет нас дорога, у начала которой мы стоим, можно только предполагать. Наше положение в чем-то похоже на то, в котором находились исследователи новых земель Меривезер Льюис и Уильям Кларк в начале XIX в. В 1804 г. их экспедиция, организованная по инициативе президента Томаса Джефферсона, отправилась вверх по реке Миссури в неизведанные земли Дальнего Запада. Они получили наказ от президента «определить широту и долготу всех примечательных точек... Вы должны проводить свои наблюдения с максимальной аккуратностью и точностью. Все записи должны быть понятны любому, а не только вам».

И хотя Льюис и Кларк не нашли водного пути через континент, составленные ими подробные карты во многом способствовали освоению новых территорий и серьезно усилили позиции США в их претензиях на Орегонские земли. Надежды, возлагаемые на экспедицию Джефферсоном, оправдались с избытком. Ради тех, кто уже болен раком, и тех, кого эта беда настигнет в будущем, мы сделаем все возможное и невозможное, чтобы наша экспедиция XXI в. в неведомую страну принесла плоды, о которых Ренато Дульбекко не может и мечтать. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ЦЕЛЬ — ГЕННЫЕ МУТАЦИИ ПРИ РАКЕ

Пилотная часть проекта *TCGA* предусматривает анализ ДНК 1,5 тыс. образцов, взятых от больных раком легких, раком яичников и раком мозга (глибластомой). Для обнаружения специфических мутаций будет секвенировано 2 тыс. генов в каждом из образцов. Для каждого из перечисленных типов рака будет составлен список целевых генов, предположительно ассоциированных с раком, а также генов, идентифицированных центрами по характеризации геномов

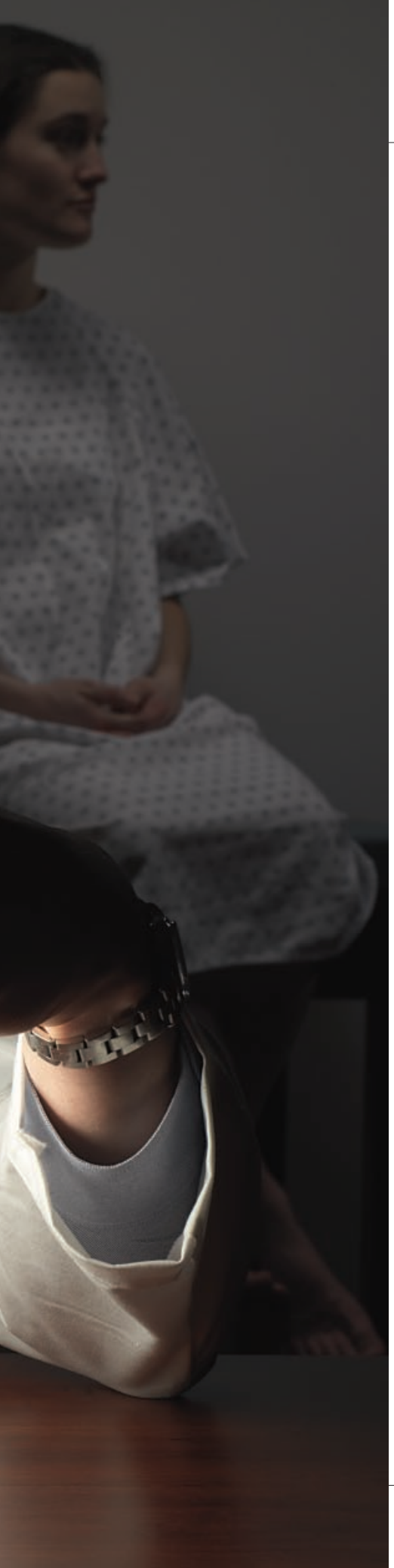


Слева направо: глиобластома, рак легких, рак яичников

Класс генов	Примеры
Гены, идентифицированные Центрами по характеризации геномов по признаку отклонений в структуре или активности в значительном числе опухолевых образцов	В клеточных линиях, полученных из некоторых опухолей мозга, ген белка *NF-KAPPA B* гораздо более активен, чем в нормальных клетках мозга
Хорошо известные онкогены (гены, гиперактивация или изменения которых запускают раковый процесс)	• Гены рецептора фактора роста: *HER 2* (рак молочной железы, рак легких), *EGFR* (рак легких, рак толстой кишки) • Гены сигнальных белков: *BCR-ABL* (хронический миелолейкоз), *RAS* (многие виды рака), *B-RAF* (рак кожи) • Гены, участвующие в регуляции запрограммированной гибели клеток: *BCL-3* (лимфома)
Хорошо известные гены-супрессоры (гены, которые предотвращают развитие рака)	• Гены, участвующие в контроле клеточного деления: *RB1* (ретинобластома) • Гены, связанные с репарацией ДНК: *HNPCC* (рак толстой кишки, рак эндометрия) • Гены, запускающие апоптоз: *P53* (опухоли легких, толстой кишки, молочной железы, мозга)
Гены, связанные функционально с онкогенами или генами-супрессорами	По крайней мере шесть генов, по-видимому, играющих ключевую роль в развитии и прогрессировании рака, функционально связаны с генами *HER2* и *EGFR*

CNRI Photo Researchers, Inc. (glioblastoma and ovarian cancer); JONATHAN ASHTON Photo Researchers, Inc. (lung cancer)

МАГИЧЕСКИЙ КРИСТАЛЛ: настанет день, и обнаружение аутоантител (молекул в форме буквы ***Y***) в крови пациента позволит врачу сказать, станет ли его подопечный жертвой того или иного недуга, и даже оценить, как скоро это может произойти



Абнер Луис Ноткинс

предвестники ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аутоантитела, предвестники некоторых заболеваний, образуются в организме человека задолго до появления первых симптомов. Тест на наличие таких молекул поможет отсрочить или предотвратить болезнь

Анна, женщина средних лет, пришла в ужас, когда однажды ее правая рука не смогла удержать ручку. Через несколько недель отказалась подчиняться и нога. Когда Анна обратилась к невропатологу, ей поставили диагноз «рассеянный склероз» — одно из аутоиммунных заболеваний, приводящих к потере трудоспособности. В норме иммунная система организма реагирует на проникновение чужеродных агентов (например, патогенных бактерий и вирусов), вырабатывая антитела и мобилизуя различные клетки крови, которые распознают и уничтожают «чужака». Однако при аутоиммунных заболеваниях мишенью становятся органы и ткани самого организма. У Анны, например, пострадали нервные клетки, разрушение которых привело к утрате двигательной активности.

Каждый случай аутоиммунного заболевания — отдельная печальная история, а в масштабах человеческой популяции — страшная беда. Известно более 40 болезней этого рода, в их числе диабет 1-го типа (инсулинозависимый), ревматоидный

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АУТОАНТИТЕЛ-ПРЕДВЕСТНИКОВ

Оценка риска
Определение вероятности того, что у пациента разовьется то или иное заболевание, и принятие превентивных мер

Временна́я оценка
Прогнозирование вероятных сроков появления симптомов

Оценка текущего состояния больного
Определение стадии заболевания и скорости его прогрессирования

Упрощение клинических испытаний
Выявление пациентов с высокой вероятностью развития редкого заболевания позволяет ограничить число испытуемых

артрит, целиакия (глютеновая энтеропатия). Смертность и потеря трудоспособности от них стоит на третьем месте после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний.

Однако открытия последнего десятилетия, свидетельствующие о том, что в некоторых случаях аутоантитела начинают вырабатываться в организме человека задолго до появления явных симптомов болезни, позволяют надеяться на то, что по результатам анализа крови можно будет идентифицировать аутоантитела, специфичные для того или иного аутоиммунного заболевания, и спрогнозировать дальнейший ход событий. Это, в свою очередь, позволит принимать превентивные меры, чтобы отсрочить или даже предотвратить появление симптомов.

Найти подобные меры воздействия на организм будет не так-то просто, не исключено, что их придется подбирать для каждого заболевания индивидуально. Блокируя активность аутоантител, участвующих в развитии некоторых болезней (например, миастении), можно останавливать патологический процесс. Однако в случаях, когда они служат лишь провозвестниками патологии, а не ее инициаторами, необходимо воздействовать на другие компоненты иммунной системы, например на *Т*-лимфоциты и макрофаги.

Ранняя диагностика диабета

Однако возникает вопрос: зачем разрабатывать новые тесты, когда можно просто сканировать геном пациента и оценить риск возникновения тех или иных патологий? Дело в том, что большинство хронических болезней появляется в результате сложных взаимодействий факторов среды и многих генов, каждый из которых вносит свой небольшой вклад в патогенез. Так что выявление «подозрительных» генов далеко не всегда указывает на возникновение в будущем аутоиммунного заболевания и уж тем более не позволяет определить, когда это произойдет. Конечно, анализ ДНК пациентов с генетической предрасположенностью к тому или иному недугу не помешает: он поможет выявить тех, кто нуждается в скрининге на наличие аутоантител, сигнализирующих о том, что процесс запущен.

Наблюдения за больными диабетом 1-го типа показали, что заболевание проявляется в детском или юношеском возрасте, когда иммунная система атакует бета-клетки поджелудочной железы, вырабатывающие гормон инсулин, который обеспечивает поглощение глюкозы из крови. При дефиците инсулина клетки лишаются жизненно важного источника энергии, уровень глюкозы в крови повышается, что часто приводит к потере зрения, печеночной недостаточности и многим другим осложнениям.

Еще 40 лет назад не было установлено, что диабет 1-го типа является аутоиммунным заболеванием

Еще 40 лет назад не было установлено, что диабет 1-го типа является аутоиммунным заболеванием. Почему погибают бета-клетки, также было неизвестно. В 1970-х гг. бельгийский исследователь Уилли Джептс (Willy Gepts) изучил поджелудочную железу ребенка, умершего от осложнений диабета, и обнаружил в островках Лангерганса, где находятся бета-клетки, скопление лимфоцитов (признак вероятной аутоиммунной активности). Вскоре Франко Боттаццо (Franco Bottazzo) из Мидлсексской больницы в Лондоне установил,

ОБЗОР: АНТИТЕЛА-ПРЕДВЕСТНИКИ

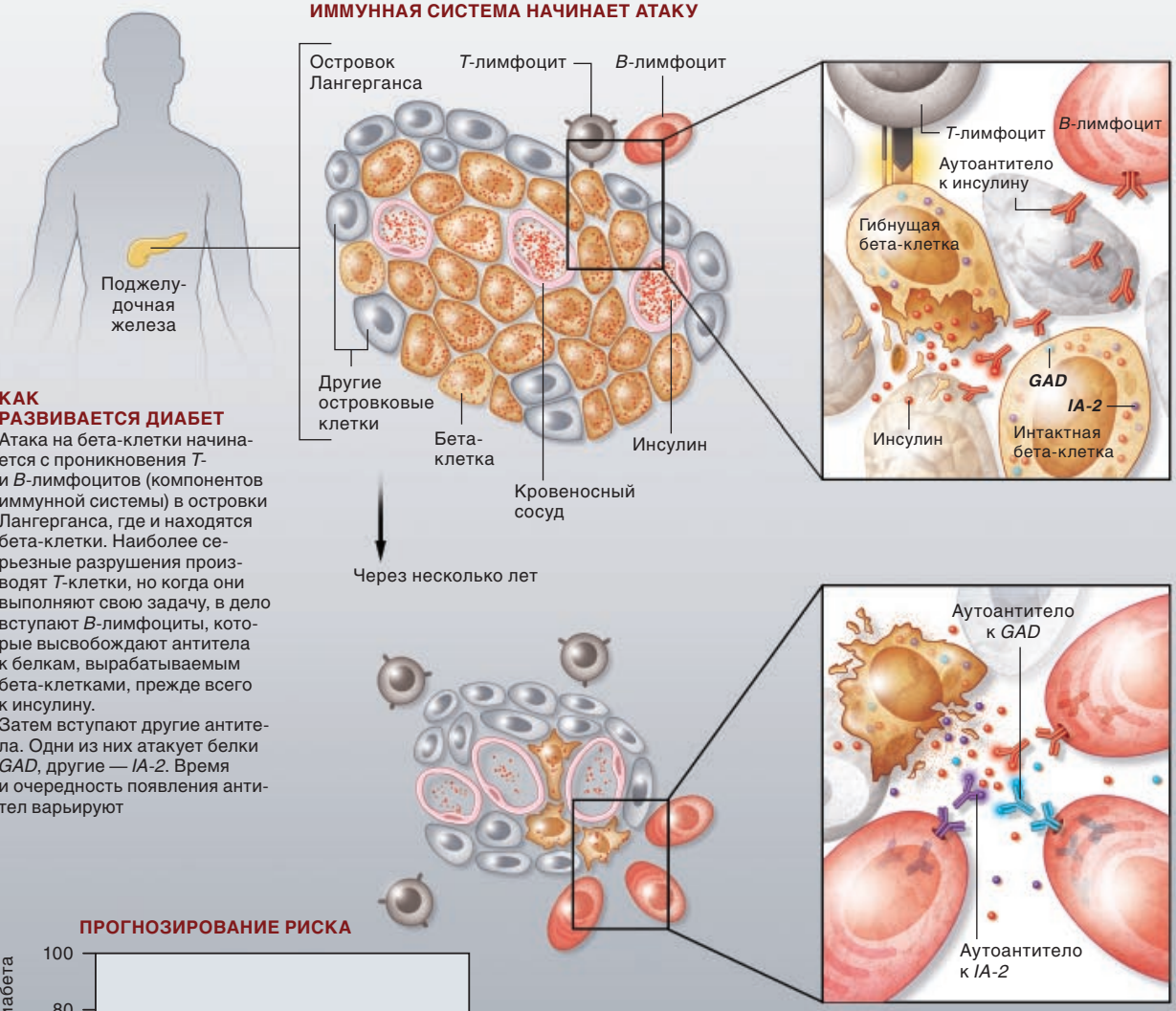
- При таких аутоиммунных заболеваниях, как диабет 1-го типа, иммунная система человека атакует его собственные органы и ткани.
- Некоторые из аутоантител начинают вырабатываться в организме задолго до появления первых симптомов болезни. Выявление таких молекул поможет оценить риск развития заболевания у пациента.
- Определив содержание и тип аутоантител в крови, можно судить о серьезности недуга и скорости его прогрессирования и даже оценить риск развития некоторых болезней, не относящихся к аутоиммунным.
- Когда-нибудь скрининг аутоантител станет рутинной процедурой.

CARY WOLINSKY (photographs); JEN CHRISTIANSEN (photoillustration) (precedenig pages and this page)

УРОКИ ДИАБЕТА

Мысль о том, что аутоантитела (компоненты иммунной системы, провоцирующие атаку на органы и ткани собственного организма) могут служить сигналом, предупреждающим о надвигающейся болезни, появилась у ученых, когда они пытались установить первопричину диабета 1-го типа. Их исследования показали, что основой этой формы диабета служит атака компонентов иммунной системы организма на бета-клетки поджелудочной железы, в которых образуется инсулин, и что аутоантитела начинают реагировать на вещества, вырабатываемые бета-клетками, задолго до появления симптомов заболевания. Последние обнаруживаются лишь тогда, когда неповрежденными остается слишком мало клеток, чтобы удовлетворить потребность организма в инсулине

ИММУННАЯ СИСТЕМА НАЧИНАЕТ АТАКУ



КАК РАЗВИВАЕТСЯ ДИАБЕТ

Атака на бета-клетки начинается с проникновения *T*- и *B*-лимфоцитов (компонентов иммунной системы) в островки Лангерганса, где и находятся бета-клетки. Наиболее серьезные разрушения производят *T*-клетки, но когда они выполняют свою задачу, в дело вступают *B*-лимфоциты, которые высвобождают антитела к белкам, вырабатываемым бета-клетками, прежде всего к инсулину.

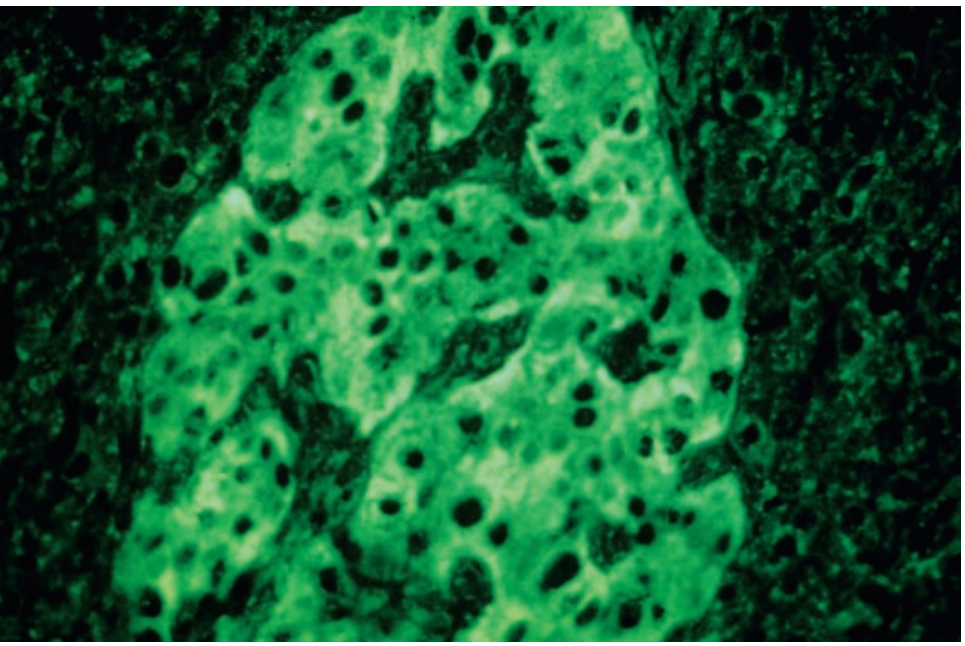
Затем вступают другие антитела. Одни из них атакует белки *GAD*, другие — *IA-2*. Время и очередность появления антител варьируют

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА

АУТОАНТИТЕЛА И РИСК РАЗВИТИЯ ДИАБЕТА

Какое участие принимают аутоантитела к инсулину, *GAD* и *IA-2* в разрушении бета-клеток, неизвестно. Однако установлено, что появление этих молекул в организме свидетельствует о повышенной вероятности развития диабета

TAMI TOLPA (illustrations); JOHNNY JOHNSON, SOURCE: ABNER LOUIS NOTKINS (graph)



Микрофотография островка Лангерганса, инкубированного с кровью больного диабетом 1-го типа. Зеленые флуоресцентные пятна — аутоантитела, темные области — места, где нет островков

что кровь больных диабетом 1-го типа, в отличие от крови здоровых людей, реагирует на островки Лангерганса. Это свидетельствует о том, что в крови первых циркулируют аутоантитела к бета-клеткам организма-хозяина. Начались поиски аутоантигенов (специфических молекул, на которые нацелены аутоантитела) в бета-клетках.

После 20 лет исследований были идентифицированы три основных аутоантигена в поджелудочной железе больных диабетом 1-го типа: сам инсулин, фермент под названием декарбоксилаза глутаминовой кислоты (*GAD*) и белок, известный как островковый антиген-2 (*IA-2*). Последний был открыт моей группой, работавшей в системе Национальных институтов здравоохранения. Участвуют ли аутоантитела, связывающиеся с этими белками, в разрушении бета-клеток, пока неизвестно. Но, как показали высокочувствительные тесты, в 70—90% случаев они присутствуют в организме больных диабетом 1-го типа. Сегодня такие процедуры используются в целях диагностики, а также для того, чтобы различить типы диабета 1 и 2 (последний обычно диагностируется у подростков с избыточным весом и не связан с аутоиммунностью). Удивительно, но тест оказался положительным для ~5% больных диабетом 2-го типа. Может быть, был ошибочен поставленный им ранее диагноз, или они страдали диабетом смешанного типа?

Интерес к аутоантителам и к трем упомянутым аутоантигенам возрос после того, как выяснилось, что они начинают вырабатываться в организме задолго до появления симптомов диабета. Исследователи пришли к такому выводу, наблюдая в течение 10 лет за тысячами здоровых школьников младших классов, у которых в начале испытаний были взяты пробы крови. Как только у кого-то из них обнаруживались симптомы диабета 1-го типа, проводился анализ пробы, находящейся в специальном хранилище, с тем, чтобы проверить в ней содержание аутоантител. У подавляющего большинства, кому был поставлен диагноз «диабет 1-го типа», в давних пробах крови уже присутствовали один или более типов «предвестников заболеваний», связанных с диабетом.

До появления этих данных некоторые эксперты полагали, что диабет развивается очень быстро — возможно, в течение нескольких недель. Оказалось, что в большинстве случаев иммунная система атакует поджелудочную железу долгие годы. В это время и проявляются первые симптомы заболевания: повышается аппетит, появляется чувство жажды, выделяется избыточное количество мочи.

Открытие «предвестников диабета» навело исследователей на мысль, что аналогичные аутоантитела присутствуют и при других аутоиммунных заболеваниях

Важно, что в результате проведенных испытаний врачи научились заблаговременного определять у ребенка риск развития диабета 1-го типа: достаточно сделать анализ крови и посмотреть, присутствуют ли в ней упомянутые аутоантитела. По оценкам клиницистов, если обнаружены «предвестники заболеваний» только одного типа, то симптомы диабета проявятся в течение пяти лет с вероятностью 10%, если двух типов — то 50%, а если трех — то с вероятностью 60–80%.

ОБ АВТОРЕ

Абнер Луис Ноткинс (Abner Louis Notkins) — руководитель отделения экспериментальной медицины Национального института зубной и черепнолицевой медицины в системе Национальных институтов здравоохранения США. Стажировался в больнице Джонса Хопкинса. Занимался исследованиями в области вирусологии и иммунологии, изучал природу диабета. В 1986 г. получил премию Пауля Эрлиха.

A.J.K. WILLIAMS University of Bristol

Открытие «предвестников диабета» навело исследователей на мысль, что аналогичные аутоантитела присутствуют и при других аутоиммунных заболеваниях. Особый интерес представлял ревматоидный артрит, встречающийся в человеческой популяции с частотой 1%. В этом случае иммунная система атакует и разрушает места сочленения в суставах, вызывая их опухание и хроническую боль.

Когда-нибудь скрининг аутоантител станет рутинной процедурой

Диагностика других заболеваний

Недавно иммунологи обнаружили аутоантитела у 30–70% больных, страдающих ревматоидным артритом. Их мишенью оказался цитруллин (производное аминокислоты аргинина), который входит в состав некоторых белков. Антитела-предвестники могут обнаруживаться в крови за 10 лет до появления первых симптомов болезни. Вероятность развития ревматоидного артрита у таких пациентов в 15 раз выше, чем у тех, в чьей крови отсутствуют упомянутые антитела.

В отличие от диабета 1-го типа, для ревматоидного артрита способы предупреждения заболевания известны: интенсивное лечение больных с первыми признаками недуга может замедлить или даже остановить разрушительный процесс. Есть основания полагать, что более раннее вмешательство даст еще лучший результат. Теперь можно будет обследовать всех людей из группы риска и заблаговременно начать лечение тех, у кого обнаружены антитела к цитруллину. Впрочем, вначале необходимо провести клинические испытания, подтверждающие связь между наличием антител и нарушениями в суставах.

Что касается других аутоиммунных заболеваний, то некоторые из них можно предотвратить, исключив внешние провоцирующие воздействия. К таким болезням относится, например, целиакия — патология, связанная с непереносимостью глиадиновой фракции глютена (белка зерновых культур, обнаруженного в пшенице, ржи, ячмене и овсе). Она характеризуется повреждением слизистой тощей кишки, приводящим к мальабсорбции, диарее и резкому снижению веса. Больным целиакией следует исключить из рациона глютен, содержащийся, помимо хлеба, в готовых супах, соусах, мороженом, сосисках.

Исследование первопричины целиакии показало, что в крови многих больных содержатся аутоантитела, взаимодействующие с трансглутаминазой — ферментом, который участвует в модификации многих новосинтезированных белков. Эти аутоантитела появляются в организме задолго (иногда за 7 лет) до обнаружения симптомов, что позволяет предотвратить развитие болезни, полностью исключив из пищи глютен.

Прогноз течения болезни

Аутоантитела могут не только служить предвестниками болезни,

АУТОИММУННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПОД ПРИЦЕЛОМ

Обнаружены аутоантитела, предвещающие развитие целого ряда заболеваний, а не только диабета 1-го типа. Некоторые из них перечислены в таблице

Заболевание	Положение дел
Аддиссонова болезнь (хроническая недостаточность коры надпочечников; проявляется пониженным кровяным давлением, слабостью, дефицитом веса)	Обнаружение у детей аутоантител к тканям коры надпочечников и ферменту 21-гидроксилазе почти однозначно свидетельствует о развитии заболевания
Антифосфолипидный синдром (проявляется рецидивирующим образованием сгустков крови в кровеносных сосудах и выкидышами)	Наличие аутоантител к различным веществам свидетельствует о повышенном риске осложнений
Целиакия (глютеновая энтеропатия; расстройство пищеварения, обусловленное непереносимостью глютена, который содержится во многих продуктах питания)	Идентифицированы аутоантитела-предвестники к ферменту трансглутаминазе
Рассеянный склероз (неврологическое заболевание, проявляющееся в утрате подвижности)	Обнаружение аутоантител к белкам миелиновой оболочки нервных клеток свидетельствует о повышенном риске заболевания
Ревматоидный артрит (хроническое воспаление суставов)	Аутоантитела к цитруллину, компоненту многих модифицированных белков, начинают образовываться в организме за 10 лет до появления симптомов заболевания
Системная красная волчанка (поражаются суставы, почки, кожа и другие органы и ткани)	Обнаружено несколько аутоантител, связанных с этим заболеванием. До 80% из них образуются задолго до клинических проявлений болезни

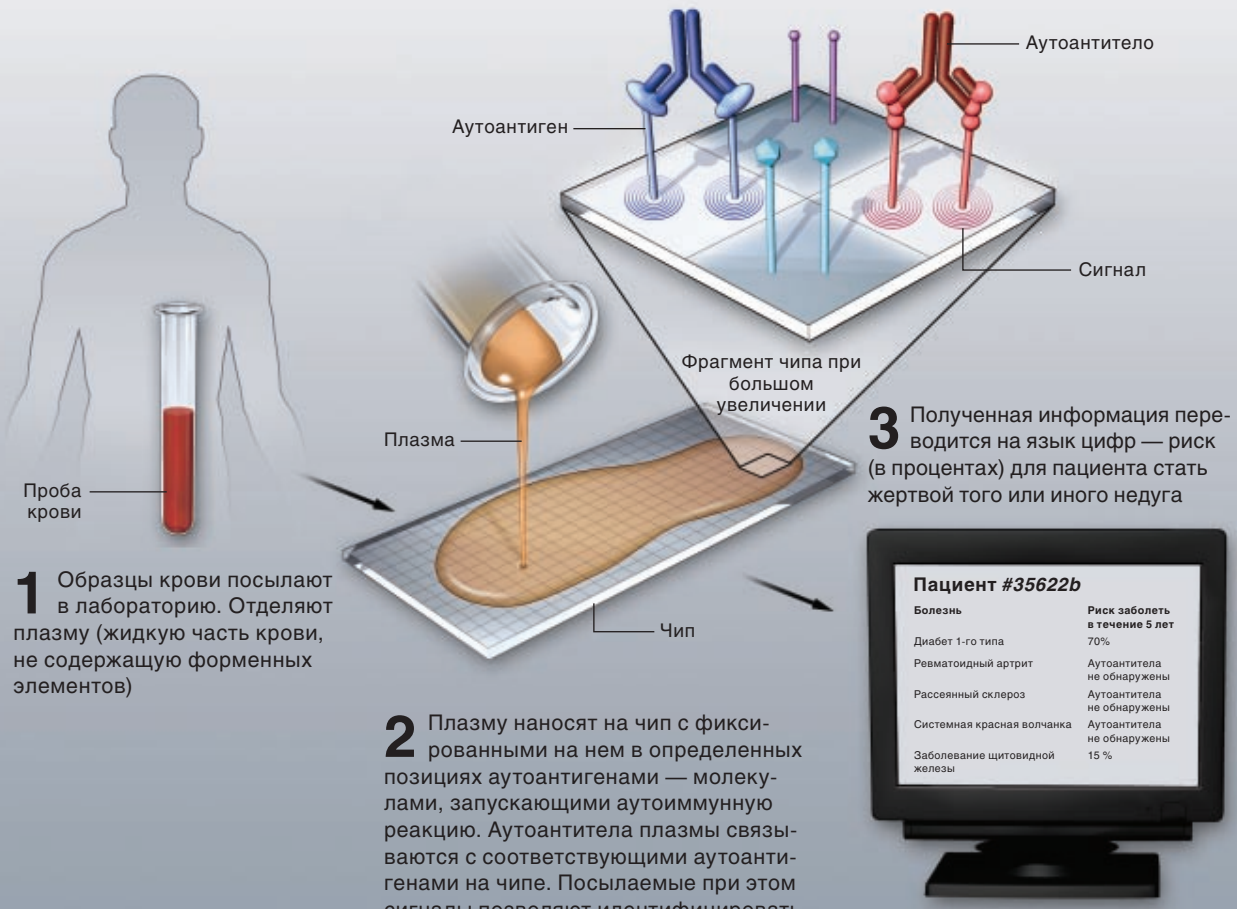
но и указывать на скорость ее прогрессирования и серьезность протекания. Симптомы рассеянного склероза на начальной стадии обычно малозаметны, а затем на какое-то время исчезают. У некоторых больных периоды ремиссии длятся довольно долго, а проявления болезни поддаются лечению. У других приступы возникают часто и протекают тяжело, у третьих (к счастью, таких немного) недуг, раз начавшись, уже не отступает. В 2003 г. были обследованы 100 больных с только что диагностированным рассеянным склерозом. Обнаружилось, что те, у кого в организме присутствуют антитела к двум белкам оболочки нервных клеток, после появления первых симптомов подвергаются повторной атаке почти в четыре раза чаще, чем пациенты, у которых таковые отсутствуют. Кроме того, промежуток между рецидивами у них короче. Таким образом, тестирование крови больных на наличие упомянутых аутоантител служит быстрым способом прогнозирования течения болезни.

Исследователи обнаружили, что аутоантитела могут быть предвестниками не только аутоиммунных, но и других болезней, в частности онкологических

Недавно исследователи обнаружили, что аутоантитела могут быть предвестниками не только аутоиммунных, но и других болезней, в частности онкологических. Возможно, сам раковый процесс они не контролируют, но могут служить сигналом неблагополучия.

УРОКИ ДИАБЕТА

Когда-нибудь скрининг аутоантител станет обычной процедурой, такой же, как определение уровня холестерола или сахара в крови



1 Образцы крови посылают в лабораторию. Отделяют плазму (жидкую часть крови, не содержащую форменных элементов)

2 Плазму наносят на чип с фиксированными на нем в определенных позициях аутоантигенами — молекулами, запускающими аутоиммунную реакцию. Аутоантитела плазмы связываются с соответствующими аутоантигенами на чипе. Посылаемые при этом сигналы позволяют идентифицировать аутоантитела и оценить их количество

3 Полученная информация переводится на язык цифр — риск (в процентах) для пациента стать жертвой того или иного недуга

TAMI TOLPA

Сейчас данный феномен исследуется во многих лабораториях по всему миру. Обсуждается также возможность применения теста для выявления пациентов с предрасположенностью к закупорке сосудов головного мозга, т.е. к инсульту.

Проблемы практического характера

Через 20 лет скрининг аутоантител для ранней диагностики некоторых аутоиммунных болезней станет частью обычного медицинского обследования. Для того чтобы выявить все антитела в крови пациента, достаточно будет провести одно обследование: послать пробу крови в лабораторию и наряду со стандартным определением холестерола, глюкозы и других соединений провести тест на наличие аутоантител. Для этого плазму крови необходимо будет нанести на чип с набором известных аутоантигенов. Если в плазме есть аутоантитела, они свяжутся с соответствующими аутоантигенами, о чем возвестят световые сигналы. Через несколько часов врач получит всю информацию: какие антитела обнаружены и в каком количестве. Наличие у пациента «предвестников» еще не означает, что болезнь обязательно проявится. Можно будет говорить лишь о риске развития диабета или других заболеваний. Чтобы получить более точный прогноз, тест следует сопроводить другими анализами. Например, если речь идет о диабете 1-го типа, имеет смысл посмотреть, не видоизменены ли так называемые *HLA*-гены, участвующие в регуляции работы иммунной системы.

Прогнозирование продолжительности жизни человека ставит массу этических проблем. Многие предпочитают оставаться в неведении, и врач должен с этим считаться. Людей также беспокоит, что конфиденциальная информация медицинского характера станет известна работодателям или страховым компаниям и может быть использована во вред пока еще здоровым членам общества.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Прежде чем тест на аутоантитела станет рутинной процедурой, придется решить много проблем практического и этического характера.

Нужно ли проводить тестирование, если никаких превентивных мер для данного заболевания не найдено?

Как убедить пациента, что позитивный тест — еще не приговор, он только говорит о вероятности заболевания?

Как свести к минимуму ложноположительные или ложноотрицательные результаты?

Если аутоиммунное заболевание носит семейный характер, следует ли подвергать тестированию всех родственников?

Не станет ли их жизнь невыносимой, если над ними нависнет угроза заболевания? Не предпочтут ли они ничего не знать?

Не станет ли положительный тест причиной предвзятого отношения со стороны работодателей или страховых компаний?

Возможность заглянуть в будущее всегда привлекает и пугает одновременно. Но если действовать осторожно, то это поможет и пациентам, и врачам, которые имеют дело с аутоиммунными заболеваниями. Если будут найдены способы их профилактики, то аутоантитела-предвестники станут необходимым подспорьем в поддержании здоровья многих потенциальных больных. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

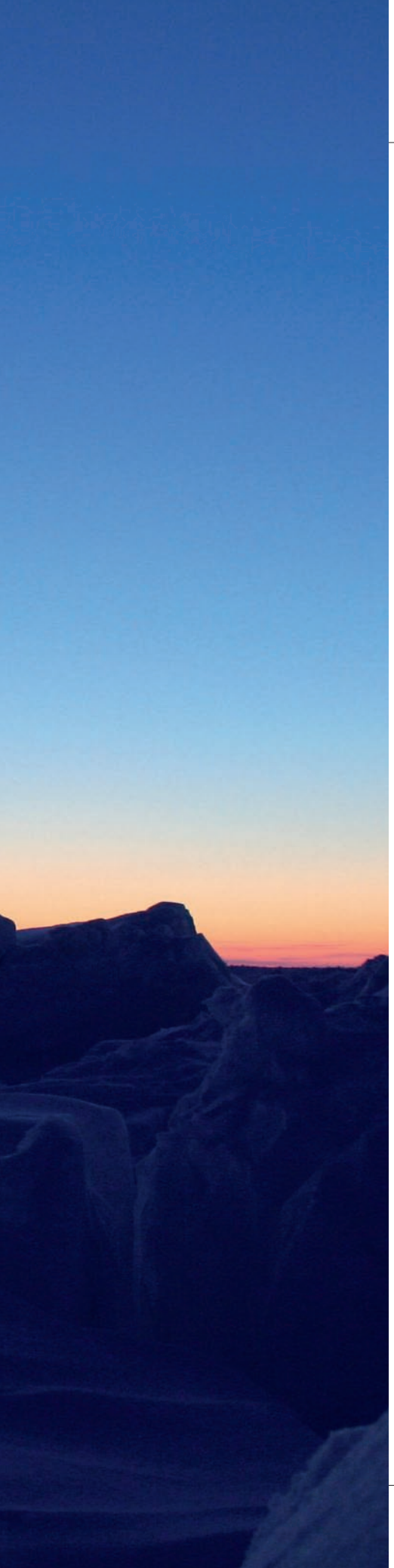
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Immunologic and Genetic Factors in Type 1 Diabetes. Abner Louis Notkins in Journal of Biological Chemistry, Vol. 277, No. 46, pages 43545–43548; November 15, 2002.
- Antimyelin Antibodies as a Predictor of Clinically Definite Multiple Sclerosis after a First Demyelinating Event. Thomas Berger et al. in New England Journal of Medicine, Vol. 349, No. 2, pages 139–145; July 10, 2003.
- Development of Autoantibodies before the Clinical Onset of Systemic Lupus Erythematosus. Melissa R. Arbuckle et al. in New England Journal of Medicine, Vol. 349, No. 16, pages 1526–1533; October 16, 2003.
- Autoantibodies as Diagnostic and Predictive Markers of Autoimmune Diseases. Edited by Abner Louis Notkins, Ake Lernmark and David Leslie in Autoimmunity, Vol. 37, No. 4, pages 251–368; June 2004.
- Diagnostic and Predictive Value of Anti-Cyclic Citrullinated Protein Antibodies in Rheumatoid Arthritis: A Systematic Literature Review. J. Avouac, L. Gossec and M. Dougados in Annals of Rheumatic Diseases, Vol. 65, No. 7, pages 845–851; July 2006.

CARY WOLINSKY (photographs)

Ольга Бараева

ЛЕДЯНОЕ СЕРДЦЕ ОКЕАНА



В третий Международный полярный год позывные *UPOL*, впервые прозвучавшие 70 лет назад, в день открытия станции «Северный полюс–1», стали символом преемственности международных арктических исследований

0 *UPOL* — с такими позывными работает и двухмачтовая шхуна «Тара» («Небесный путь» в переводе с языка маори), вышедшая в плавание, чтобы стать одной из научных платформ проекта Европейского Союза по развитию возможностей моделирования и наблюдений для долговременного изучения окружающей среды Арктики «Дамокл».

Со столь «говорящим» названием программа призвана стать попыткой понять и дать оценку климатическим изменениям в Арктике ради предотвращения последствий безумной хозяйственной деятельности человека, возомнившего себя царем природы.

Идея полярного дрейфа 2007–2008 гг. принадлежит французскому исследователю Бернару Бюигу (Bernard Buigues), который увлек ею опытного мореплавателя, владельца шхуны «Тара» Этьена Бургуа (Etienne Bourgois). К ним присоединился консультант многих высокоширотных экспедиций Кристиан де Марлиав (Christian de Marliave), а научным координатором проекта, объединяющего 48 научных организаций из 11 стран Европейского Союза, России и Белоруссии, стал Жан-Клод Гаскар (Jean Claude Gascard).

Полярный дрейф

«Фрам!» — по-русски «Вперед!» — говорят исследователи XXI в., вспоминая о норвежском паруснике, который первым отдал себя на волю льдовбольше столетия назад. Памяти Фритьофа Нансена посвящена нынешняя экспедиция «Тара-Арктик», стартовавшая в июле 2006 г.

Использовать движение льдов для того чтобы понять, как бьется сердце Студеного моря, мечтал еще Ломоносов. Именно он предположил, что льды движутся не только ветрами, но течениями воды. В наши дни его теория обрела зримые очертания: крупномасштабный трансарктический дрейф льда берет начало в Чукотском море, продолжает свое движение к приполюсному району, далее следует к выходу из арктического бассейна через пролив Фрама между Гренландией и Шпицбергеном.

Однако попытки вмерзнуть на судне в лед и, используя генеральный дрейф, проникнуть в центральную часть океана не раз оканчивались трагически. В путешествии 1912–1914 гг. на парусно-паровой шхуне «Святой Фока», остановленной льдами в районе земли Франца Иосифа, погиб Георгий Седов. Спустя 14 лет ближе к полюсу продвинулся ледокольный пароход, носящий его имя.

Первым длительным, 274-суточным высокоширотным дрейфом стало плавание четверых полярников во главе с Иваном Папаниным, доставленных на лед к 89°26' с.ш. У первой дрейфующей станции «Северный Полюс-1» их высадили самолеты экспедиции под руководством Отто Шмидта. Многие помнят завершившую плавание операцию по спасению папанинцев, когда зимой 1938 г. на тающих льдах их несло к югу, к побережью Гренландии. Главным же для научного мира стало выявление особенностей дрейфа льдов и закономерностей их движения в Центральной Арктике, а также опровержение прежних представлений о структуре и динамике атмосферы в приполярном районе.

Вмерзнуть на судне в лед и, используя генеральный дрейф, проникнуть в сердце океана удавалось немногим

Нынешний дрейф «Тары» уже принес первые неожиданные данные. Спустя 250 дней со дня старта судна выяснилось, что скорость его дрейфа в два раза превышает скорость, с которой дрейфовали «Фрам» и «Седов». Считается, что быстрое движение льда вызвано сокращением площадей, занятых многолетними толстыми паковыми льдами и, как следствие, уменьшением средней толщины льдов Арктики. Другой причиной больших скоростей дрейфа могло стать наблюдаемое в последние годы увеличение активности атмосферных процессов в Арктике и, соответственно, скорости ветров. Изменения атмосферной активности, возрастного состава и толщины льдов, а также скорости дрейфа — все это свидетельствует об изменении общей обстановки вблизи Северного полюса планеты.

Полярный год

Заключить полярные области планеты в кольцо станций, чтобы наблюдать за погодой и льдами в одни и те же сроки, с помощью аналогичного оборудования и одними и теми же методами было решено больше сотни лет назад. Первый Международный полярный год (1882–1883) объединил усилия 12 стран по организации первых 15 станций. Второй МПГ (1932–1933) ознаменовался значительным увеличением числа береговых и островных наблюдательных баз, оснащенных современной аппаратурой и главным изобретением 1930 г. — радиозондом профессора П.А. Молчанова. Затем важной вехой в изучении ледяных просторов стал Международный геофизический год, который был проведен в 1957–1958 гг. Исследования прошедших десятилетий представляют Арктику источником надежд и опасений, связанных с перспективами разработки углеводородного сырья, возможным конфликтом стратегических интересов, угрозой экологического апокалипсиса, вызванного глобальным потеплением. Поэтому так важно, что третий Международный полярный год (2007–2008) объединяет усилия ученых в области естественных и общественных наук, технических специалистов из 60 стран по 200 исследовательским программам, связанным с этой проблемой.

Начало пути

Выйдя из французского порта Лориент 11 июля 2006 г., «Тара» обогнула Норвегию и Северным морским путем прибыла в Тикси. Следуя по открытой воде за ледоколом «Капитан Драницын», судно легко вошло во льды 4 сентября 2006 г. на 79°53' с. ш., 143°17' в.д. (Дрейф, рассчитанный на два года, завершится в тот день, когда корабль вынесет в пролив Фрама.) К ледовому лагерю, разбитому у шхуны, из Тикси через Новосибирские острова МИ-8 доставил россиян. На первую зимовку отправились капитан — новозеландец Грант Редверс (Grant Redvers), второй механик и навигатор Эрве Бурмо (Herve Bourmaud), главный механик Николас Конт (Nicolas Quentin), врач Денис Бурже (Denis Bourget), программист и ведущий научных программ Мэтью Вебер (Matthieu Weber), кинооператор Бруно Вьен (Bruno Vienne), логистик Гамет Агамирзаев, полярный специалист и радиооператор Виктор Карасев, каждый из которых основным членом команды считал саму «Тару». За два последних года, готовясь к самому главному плаванию своей жизни — арктическому дрейфу, «Тара» прошла 40 тыс. миль от 65-й параллели южного полушария до 81-й северного с шестью подготовительными экспедициями.

Программа наблюдений

Главная задача проекта «Дамокл» — обеспечить начало функционирования в Центральной Арктике опытной системы непрерывного и долговременного синоптического мониторинга нижних слоев атмосферы, морского льда и верхнего слоя океана. Решению этих проблем посвящена и экспедиция «Тара-Арктик».

Однако, научная программа «Тары», состоящая из 30 пунктов научных наблюдений, едва не сорвалась в самом начале. Был сентябрь — время открытой, чистой от льдов воды. Команда обживала судно и пространство вокруг: на площади ледового лагеря размещены и промаркированы сигнальными флажками снаряжение и оборудование, яхта вморожена, ее направляет движение льда, поэтому рули и кили сняты, чтобы не мешать судну, чей корпус должен иметь гладкую, без выступающих деталей форму.

Казалось, все под контролем, но природа преподнесла первый сюрприз. 13 сентября пришла ▸

ОБ АВТОРАХ

Ольга Владимировна Бараева — шеф-редактор журнала «Северные просторы».

Сергей Викторович Писарев — ведущий научный сотрудник Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова, кандидат физико-математических наук, научный консультант статьи.

НЕБЕСНЫЙ ПУТЬ

«Тара» — самый большой дрейфующий швертбот (длина 36 м, ширина 10 м), корпус которого выполнен из алюминия — металла, который, в отличие от стали, становится более прочным при низких температурах.

Мишель Франко построил яхту «Тара» по инициативе врача-исследователя Жана-Луи Этьена в 1989 г., следуя принципу «косточки маслины»: когда давление, оказываемое на корпус слишком велико, судно выталкивается вверх подобно косточке, сжимаемой между пальцами. У яхты, до 1995 г. носившей имя *Antarctica*, захватывающая история путешествий под началом своих владельцев, самым знаменитым из которых был сэр Питер Блейк — яхтсмен, названный в конце 1990 гг. преемником Жака-Ива Кусто. С новым именем *Seamaster* яхта прошла сотни миль, выполняя задачи в рамках программы ООН по защите окружающей среды, но в 2001 г. В очередном плавании, связанном с изучением влияния промышленных сбросов на флору и фауну Амазонки, Блейк погиб от рук пиратов (грабителей, которые промышляют нападениями на суда, плывущие по Амазонке).

Новый владелец яхты Этьен Бургуа решил, что она продолжит дело легендарного «хозяина морей». Потомственный мореплаватель, Бургуа дал ей имя, вспомнив первое судно своего деда — *Tara*, что на языке маори означает «небесный путь». Прежде чем отправиться в, возможно, самое главное плавание своей жизни — арктический дрейф, «Тара» только за последние два года с шестью подготовительными экспедициями прошла 40 тыс. миль от 65-й параллели южного полушария до 81-й северного. В настоящее время она стала неотъемлемой частью ледяного сердца океана.

Вмороженная в лед двухмачтовая шхуна «Тара» начала высокоширотный дрейф в преддверии Международного полярного года, чтобы стать плавучей платформой крупнейших научных лабораторий мира. «Плыть по течению» здесь непросто — слишком велика мощь Северного Ледовитого океана: ледяной вал едва не смял парусник уже трижды, но «Тару» хранит провидение, спасает надежная конструкция. Организаторы дрейфа обеспечили высокий уровень безопасности, и в течение двух лет на борту, сменяя друг друга, смогут работать несколько экипажей.

океанская зыбь. По ледяному полю, в которое была вморожена «Тара», пошли трещины, ледовый лагерь стал крошиться на глазах. Команда успела погрузить на судно лишь несколько метеоприборов, и теперь ей оставалось только наблюдать за красными флажками, которыми были обозначены грузы, удалявшиеся, казалось, навсегда. Но, как написал в дневнике экспедиции радиооператор Виктор Карасев, «произошла невероятная вещь: с 14 по 18 сентября нам удалось обнаружить и подойти к каждой из маленьких льдин с нашими палатками, топливом и бесценным оборудованием. Капитан Грант в этой сложной ситуации проявил исключительное мастерство судовождения, маневрируя без рулей и килей, а лишь с помощью двигателей».

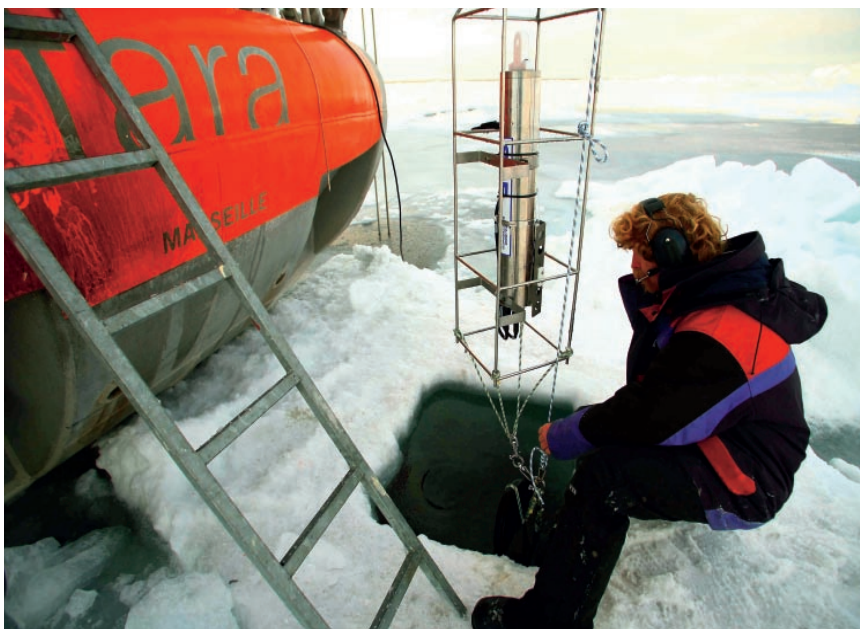
Ненадежный лед за бортом не давал возможности приступить к океанологическим исследованиям, в условиях высокой влажности и сильного ветра со снегом при слабом морозе палуба и такелаж покрывались слоем ледяной глазури. Наконец, интенсивные подвижки льда прекратились, но вместе с радостью начала работы в ледовый лагерь пришли другие сложности. Очистка лунки для гидрологического оборудования при -30 °С стала самой трудоемкой физической работой: намерзший за сутки 15–20 см слой вязкого льда приходилось разбивать пешней. Сбор данных о солености, плотности и температуре (так называемые СТД-параметры) воды на разных уровнях до глубины 4 тыс. м был отлажен с трудом. Потому именно СТД-зонд в лунке за кормой — первое, что спас дежурный, когда в ночь на 30 октября громадные глыбы атаковали судно с правого борта так, что крен шхуны достиг почти 15°. Только спустя некоторое время обстановка позволила вернуться к СТД-зондированиям, а также установить на дрейфующем льду вблизи судна автоматический буй для измерения толщины льда, разработанный в Парижском университете им. Пьера и Марии Кюри.

Ресурсы и энергия ледового континента настолько мощны, насколько и непредсказуемы, поэтому человек, подобно недалекому завистнику Дамоклу, должен осознать не только преимущества, но и бремя власти над природой

Комплекс приборов для метеонаблюдения начал функционировать 4 октября. В программу изучения низких слоев атмосферы с помощью шара-зонда входили регистрация температуры воздуха, скорости ветра и давления на шести уровнях между поверхностью и 2 тыс. м над уровнем моря, изучение природы аэрозолей, атмосферных частиц и загрязняющих веществ, находящихся в воздушной взвеси. Автоматическая отправка данных производилась метеостанцией *Minos* через систему *Argos* в метеослужбу Франции.

Дни тихой морозной погоды, когда можно было установить метеомачту для измерения длинноволновой радиации из космоса и подстилающей поверхности, сменялись днями, когда судно, едва не смятое наплывом ледяного вала, находилось в полосе мощнейшего торошения. Работать в таких условиях, оборудуя метеоплощадки и гидрологические лунки, было непросто. Однако к концу января второй механик Эрве Бурмо собрал более надежную и компактную конструкцию мачты с расчетом на ее быструю эвакуацию в случае разломов льда.

В течение зимы команда наблюдала частое формирование так называемого внутриводного льда, образующегося при критической температуре, солености и давлении на глубине 30 м ниже слоя пакового льда. Причины этого были хорошо известны и ранее, но благодаря собранным за восемь месяцев дрейфа



«Готовить лунки для гидрологических работ лучше сразу после завтрака. Нелегко приходится в морозы, но еще хуже в сильные ветра. Наиболее чувствительны к холоду руки, особенно пальцы, — признаются участники экспедиции. — Рукавицы и перчатки недостаточно хороши». Все это будет учтено в будущем, уверен океанолог Эрве Ле Гофф

данным выяснилось, что распространенность такого явления в зимний период явно недооценивалась.

Изменчивость спектральных характеристик снега и льда на всем протяжении дрейфа фиксируют радиометры подо льдом и в воздухе для определения альбедо — отражающей способности покрытого снегом ледяного покрова. Известно, что 80% солнечного излучения, отраженного сегодня арктическими льдами, приисчезновении этих льдов, ровно на 80% будет поглощаться океаном, усиливая его нагрев.

Два важных события принес апрель 2007 г. «Раскол льдины пришелся как раз между двумя из множества сейсмических датчиков, установленных вокруг шхуны на площади 1 км — рассказал куратор научной программы Кристан де Марлиав. — Это предоставило нам уникальную возможность зафиксировать в деталях, на малых масштабах (1 м–1 км), характеристики волн, распространяющихся во льду после его разрыва». Полученные данные планируется сравнивать с результатами спутниковых наблюдений на большем масштабе (10–1000 км), для выявления законов распространения волн, вызванных деформацией льда.

В апреле же с помощью шара-зонда мы обнаружили инверсию воздушного слоя на высоте между 300 м и 330 м с температурой, увеличивающейся с –22°C до –11°C, в пределах 30 м. Регистрация параметров воздушного столба над судном только началась, но этот факт показал нам, как теплые атмосферные потоки входят в Арктику из низких широт. Я думаю, это наглядное свидетельство грядущего глобального потепления. Однако данное явление требует дальнейших тщательных исследований».

Жизнь на судне

Напряженный труд — основа успеха высокоширотных экспедиций. Но никакая дневная усталость не поможет заснуть под скрежет сжимающих судно льдов. С пробуждением члены экипажа приступали к своим обязанностям и распределенному

Эрве Бурмо — самый верный друг щенка Тикси и большой лайки Заграя. Однажды Заграй оказался на льдине, оторванной от судна разводьем. Эрве, второй механик на судне, подтвердил свои сертификаты капитана рыболовецкого судна и командира спасательных средств: с помощью троса и досок он успел отловить собаку, подхватил на руки и доставил на шхуну, правда, ему самому избежать купания в ледяной воде не удалось. Щенок Тикси любит играть со всеми, но, подрастая, перенимает взрослые привычки Заграя, например все чаще отказывается от приглашения забраться под тент хотя бы на ночь и остается спать на снегу

на всех кругу бытовых забот. Два-три часа ежедневно нужно убирать с палубы и такелажа лед и снег, готовить еду, выпекать хлеб, плавить снег для питьевой и технической воды, мыть посуду и посменно дежурить по ночам, ухаживать за собаками. Кстати, взятые в дрейф лайки Заграй и забавный щенок Тикси — лучший антидепрессант. Недели за две до наступления полярной ночи полярникам повезло на встречу с белой медведицей и двумя ее малышами, а вечером следующего дня ученые наблюдали первое северное сияние. Солнце окончательно ушло за горизонт 17 октября, наступили сумерки, а затем и полярная ночь. Радостных событий было тоже немало: опробовали сауну, за общим столом встречали пересечения широт, дни рождения, христианские и светские праздники, самым долгожданным из которых стал восход солнца. Край ярко-розового диска зимовщики увидели 8 марта на 86°14'47'' с.ш., 131°34'44'' в.д.

Команда начала активную подготовку к приему своей смены. Наконец «Тара» приняла на борт новый экипаж, готовый продолжить дрейф по крайней мере до осени 2007 г. В составе новой десятки — шесть граждан Франции и по одному представителю Новой Зеландии, Эстонии, Норвегии и княжества Монако.

О результатах экспедиции мы услышим в ближайшем будущем, поскольку использование и распространение полученных данных — одна из задач проекта «Дамокл». ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

■ Северная энциклопедия. М.: Европейские издания; Северные просторы, 2004.

■ Сморчкова В.И. Арктика: регион мира и глобального сотрудничества. М.: РАГС, 2003.

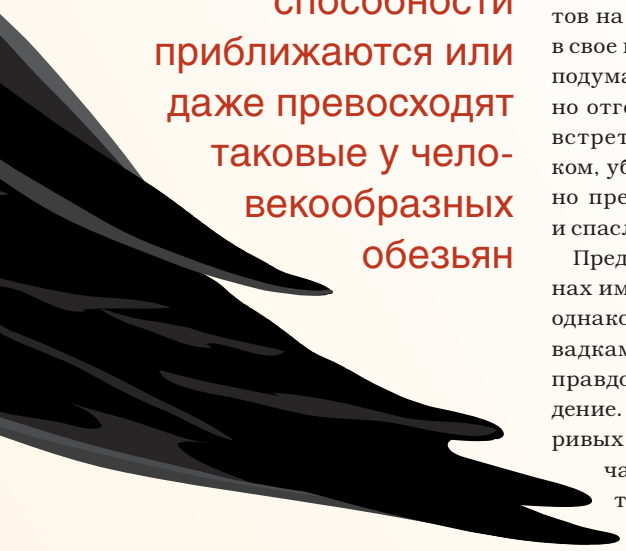
■ См. сайт www.taraexpeditions.org, а также информацию в журнале «В мире науки».

JEN CHRISTIANSEN

Томас Багнаяр и Бернд Хейнрих

МУДРЫЙ ВОРОН

Недавние эксперименты показали, что во́роны умеют логически мыслить, причем некоторые их способности приближаются или даже превосходят таковые у человекообразных обезьян



Многим людям доводилось наблюдать поведение воронов (*Corvus corax*). Например, однажды в лесу охотник увидел, как птица катается по снегу на спине возле останков бобра, задрав лапки вверх. Один биолог рассказывал, как он пытался влезть на утес, чтобы окольцевать воронят, а родители, защищая птенцов, сталкивали вниз камни с расположенного выше уступа. Третий очевидец вспоминал, как неожиданно услышал громкий, настойчивый крик одинокого ворона и, обернувшись, увидел притаившегося кугуара, изготовившегося к прыжку.

Все три наблюдателя уверены, что во́роны своим поведением напоминали людей. Охотник решил, что птица притворялась отравленной, чтобы отпугнуть прочих претендентов на тушку бобра и заполучить ее в свое полное распоряжение. Биолог подумал, что пара воронов намеренно отгоняла его от гнезда. Человек, встретившийся в горах с хищником, убежден, что птица сознательно предупредила его об опасности и спасла ему жизнь.

Предания о старых мудрых во́ронах имеют право на существование, однако те, кто хорошо знаком с повадками этих птиц, склонны более правдоподобно объяснять их поведение. Во́роны — одни из самых игривых птиц на Земле, поэтому они часто катаются на спине просто так, для удовольствия. Когда хищник подкрадывается к их гнезду, они стараются сесть как можно выше над своей кладкой, а рассерженная или нервничающая птица начинает долбить клювом по земле, разбрасывая гальку. Также известно, что во́роны часто приводят хищника к добыче, с которой сами не могут справиться.

Существует множество историй про воронов, проявляющих дьявольскую сообразительность, что, однако, не служит доказательством их необычайного ума. Эти птицы демонстрируют очень сложное поведение: они могут разделить большой кусок сала на порции, которые можно унести в клюве; аккуратно складывают крекеры в столбик, чтобы забрать сразу всю стопку; ухитряются ухватить клювом сразу два пирожка; умеют делать фальшивые тайники, сбивающие с толку расхитителей, и т.д. Однако подобные ухищрения не доказывают, что они сознательно обдумывают свои действия.

Животные могут действовать в соответствии со сложной врожденной программой или по заученной схеме, что вовсе не свидетельствует о наличии интеллекта. Вплоть до 90-х гг. прошлого века было проведено лишь одно научное исследование вороньей мудрости, включавшее в себя изучение их мышления, причем того типа, которое, как считается, свойственно только человеку. Речь идет о серии опытов, проведенных в 1943 г. Отто Келером (Otto Koehler) для бывшего Зоологического Института Кенигсберга. Он продемонстрировал способность своего ручного ворона, 10-летнего Якоба, считать до семи: ориентируясь по различному числу точек на крышках кормушек, птица научилась выбирать единственную «правильную». Затем о «вороньей» теме надолго забыли. Однако за последние несколько лет были проведены исследования, подтвердившие, что во́роны достаточно умны, чтобы решать различные задачи, улавливая их логику. Кроме того, мы доказали, что они способны к индивидуальному распознаванию как сородичей, так и представителей другого вида.

Чтобы получить лакомство, висящее под жердочкой на веревке, ворон должен произвести следующее действие: наклониться и схватить клювом веревку, подтащить ее вверх, сложить петлей на жердочке и прижать лапой избыток нити, чтобы она не соскальзывала обратно, затем выпустить зафиксированную веревку из клюва и опять подтащить к себе нужный конец с приманкой. Столкнувшись с такой ситуацией впервые, взрослые во́роны несколько минут изучают ее, а затем выполняют всю многоступенчатую процедуру с первой попытки, что указывает на использование логики

Задачи и их решение

Во́роны — не единственные умные птицы среди корвидов (врановых). За последние два десятилетия множество исследований было посвящено поведению их родственников. Согласно полученным данным, некоторые из более мелких врановых (таких как сойки, сороки, кедровки) обладают развитыми когнитивными способностями, порой превышающими таковые у человекообразных обезьян. Например, кедровкам присуща феноменальная память, позволяющая запоминать и находить сотни «кладовых» со спрятанной пищей, на что не способны люди. А новокаледонские воро́ны (*Corvus moneduloides*) научились изготавливать из листьев пандануса орудия для извлечения личинок из трещин в коре деревьев. Что это — шаблонная врожденная программа или хорошая память и опыт, полученный путем проб и ошибок? Или все-таки перед нами результат умственной деятельности, предполагающей выбор из альтернативных вариантов, сопоставленных в уме и оцененных по адекватности?

Мы разработали и провели серию экспериментов, позволяющих исключить (или, по крайней мере, значительно снизить) влияние обучения или врожденных инстинктов на поведение птиц. В первом тесте мы предлагали во́ронам достать лакомство, висевшее под жердочкой на веревке. Для этого им надо было нагнуться, схватить веревку клювом, подтянуть к себе, излишек нити сложить петлей на жердочке и прижать лапой, чтобы она не соскальзывала обратно, затем подтащить к себе нужный конец с угощением. Чтобы добраться до кусочка мяса, птицы должны были повторять все действия более чем по шесть раз.

Однако мы обратили внимание на то, что некоторые взрослые особи, впервые столкнувшись с такой задачей, в течение нескольких минут изучали ситуацию, а затем выполняли всю многоступенчатую процедуру с первой попытки менее чем за 30 с.

По классической схеме формирования поведения у лабораторных животных каждый верный шаг в последовательности действий подкрепляется поощрением, а всякий промах сопровождается «наказанием», например слабым ударом тока. Таким образом, внутренняя последовательность взаимосвязанных действий закрепляется на уровне рефлексов, причем от животного не требуется понимать, каким образом каждая отдельная ступень влияет на результат деятельности в целом.

В нашем эксперименте ни один шаг воронов не сопровождался поощрением: чтобы получить еду, птица должна была выполнить сразу всю цепочку действий. Можно возразить, что ей незачем было заранее представлять себе весь процесс, т.к. каждая ступень подкреплялась «мысленно», поскольку угощение становилось все ближе и ближе. Но подобное объяснение не выдерживает критики. Если бы всякий шаг закреплялся с помощью обучения методом проб и ошибок, потребовалось бы раз за разом повторять всю процедуру, и процесс занял бы несколько месяцев.

Дикие во́роны никогда не сталкиваются в природе с подвешенным на нитке угощением, следовательно, генетически запрограммированное поведение исключено, а научиться вытягивать веревку путем проб и ошибок наши пернатые тоже не могли. Остается лишь предположить, что птицы мысленно «прокручивали» все возможности и выбирали наиболее эффективный выход из создавшейся ситуации.

Решение подобных задач требует от животного определенной зрелости. Молодые птицы (оперившиеся 1-2 месяца назад) не додумываются, как достать лакомство. Годовалые во́роны тратят на решение такой

ОБЗОР: ИНТЕЛЛЕКТ ВОРОНОВ

- Разумное поведение воронов признается большинством людей, что, однако, не доказывает их способности мысленно перебирать альтернативные возможности и выбирать оптимальное решение.
- Своими экспериментами авторы пытались подтвердить наличие именно таких способностей, для чего они предлагали птицам задачи с подтягиванием мяса, привязанного к жердочке, и с созданием тайников на глазах у соплеменников.
- Исследователи обнаружили, что для решения возникающих проблем во́роны могут применять логику, кроме того, они способны распознавать «в лицо» как соплеменников, так и людей, и приписывать им наличие того или иного знания.

JEN CHRISTIANSEN

головоломки в среднем около 6 минут, в течение которых они открыто перебирают различные варианты — пытаются подлететь к приманке снизу, клюют и резко дергают веревку и т.д.

Тем не менее, об осмысленном поведении можно говорить только при условии, что во́роны действуют в соответствии с определенным планом. Например, если птица знает, что она делает в данный момент, она также должна понимать смысл своих предыдущих манипуляций. Мы попытались выяснить, осознают ли во́роны, что даже если им удалось подтащить к себе веревку с лакомством, та по-прежнему остается прикрепленной к ветке. Для этого мы вспугивали их с жердочек после того, как они доставали мясо. Если ворон выпускал из клюва добычу, мы делали вывод, что он отдает себе отчет в том, что не сможет забрать ее. Если же птица пыталась улететь с лакомством — мы полагали, что данная особь не понимает смысла своих предыдущих действий. Большинство воронов бросало приманку, даже если ранее они всегда улетали с куском мяса.

Решение задачи с помощью мышления не требует многократного повторения ситуации, тогда как целенаправленное обучение занимает больше времени и не связано с улавливанием причинно-следственных связей. Мы разработали тест, который позволил бы разделить логически обоснованное выполнение действий и то, что совершается спонтанно, без участия мышления. Мы набрали новых птиц, не задействованных (не принимавших участие) в предыдущих экспериментах, и поставили перед ними сходную задачу, но лишенную логического компонента: чтобы подобраться к лакомству, необходимо было тянуть веревку не вверх, а вниз.

Во́роны проявляли большой интерес к пище; они клевали и дергали веревку, что на несколько сантиметров приближало приманку к ним. Однако довольно быстро птицы сдавались, так и не научившись доставать мясо, хотя требовалось выполнить почти ту же последовательность действий (подтянуть-прижать-перехватить), что была так легко освоена в предыдущем случае и вполне применима сейчас. Нам кажется, что в первом опыте пернатые легко догадывались подтянуть веревку, поскольку такой подход был логичен. Из вышесказанного явствует, что во́роны обладают способностью, пробуя разные действия и видя их результат, «прокручивать» в голове возможные способы решения задачи. Такая особенность в той или иной степени присуща большинству животных и является результатом адаптации.

Преимущества интеллекта

Установлено, что некоторые формы поведения, как у крупных существ, так и у тех, чей мозг меньше булавочной головки, запрограммированы генетически. Например, осы с момента появления на свет в совершенстве владеют методикой производства бумагообразного вещества, из которого с точностью и аккуратностью архитектора строят свои гнезда. Другие виды насекомых изначально умеют создавать специфические постройки из глины. У некоторых видов птиц также имеются врожденные программы, позволяющие сооружать весьма причудливые жилища. Ласточки, например, лепят гнезда из мокрой глины, которая, высыхая, затвердевает и образует прочный балкончик, где и располагается кладка. Некоторые виды ласточек делают домики совершенно иного типа — полностью закрытые, с маленьким круглым входом посередине.

Но как бы ни были сложны строительные способности большинства животных, ни один шаг их поведенческого комплекса не является результатом обучения или работы мысли (хотя в некоторые генетически запрограммированные формы поведения могут быть внесены определенные изменения). Как бы мы ни гордились своей способностью к логическому мышлению, не секрет, что мы можем совершать печальные ошибки. Поэтому возникает вопрос: если действия могут быть жестко запрограммированы, зачем некоторые высокоорганизованные животные (например, приматы) обречены на «беспорядок в голове»? Почему им (и нам), в отличие от большинства живых существ, не дана свыше способность «делать все правильно»? Почему мы должны бесконечно учиться на собственных ошибках и поражениях?

Дело, вероятно, в том, что наиболее умные животные развивались в условиях, непредсказуемость которых не позволила выработать однозначное, шаблонное поведение. Если особь способна к индивидуальному

Столкнувшись с необходимостью тянуть веревку вниз, чтобы поднять пищу вверх, вороны, ранее не встречавшиеся с подобным способом добывания пищи, находили такие условия нелогичными, поэтому быстро сдавались. (Проволочная сетка мешает птицам тащить нужный конец веревки вверх.)

JEN CHRISTIANSEN

Взрослые во́роны, размах крыльев которых составляет около 1,25 м, а вес — порядка 1,25 кг, слетелись на тушу животного, недавно добытого волками в Йеллоустонском национальном парке. По мнению авторов, игровое поведение молодых птиц позволяет им научиться соседствовать с крупными хищниками, которые обеспечивают им большую часть пищи

распознаванию и живет среди себе подобных существ, которые также могут узнавать ее «в лицо», тогда для каждого члена сообщества среда обитания представляет собой комплекс не только физических, но и социальных факторов. Жизнь в социуме способствует эволюции мыслительных способностей, поскольку умение предсказать реакцию соплеменников становится залогом успеха индивида в группе. Поэтому мы рассматриваем социальную структуру сообщества воронов как ключ к пониманию причин их развитого мышления.

Во́роны в естественных декорациях

Исследователи предполагают, что данный вид пернатых развивался в постоянно изменяющейся среде. В принципе, такие птицы умеют охотиться, но предпочитают жить за счет добычи, пойманной другими. В то же время, поведение хищников, крохами со стола которых питаются во́роны, трудно предугадать — они готовы в любой момент убить и съесть незваных «нахлебников». Поэтому длительное обучение методом проб и ошибок неэффективно — первый же промах может стать последним. И, тем более, не может быть генетически запрограммированных ответов на реакцию хищников.

Постоянная конкуренция за добычу с сородичами также требует от птицы изворотливости. Территориальные пары воронов стараются монополизировать самые богатые источники корма, а члены многочисленного сообщества молодых особей следуют контрстратегии, сбиваясь в большие стаи, позволяющие не бояться агрессии старших. Кроме того, вместе им легче отвлечь внимание хищника, что обеспечивает более легкий доступ к еде, но одновременно интенсифицирует конкуренцию за пропитание внутри группы.

Поскольку любой зверь ловит добычу для себя, а вовсе не для воронов, последним очень важно успеть, пока охотник не съел все сам. Поэтому птицы стараются приступить к трапезе одновременно с хищником, что небезопасно. Чтобы не пострадать, им нужно уметь предугадать действия «сотрапезника», например, как и когда он может атаковать, как далеко он способен прыгнуть, как его отвлечь и т.д. Причем к тому

ОБ АВТОРАХ

Бернд Хейнрих (Bernd Heinrich) и **Томас Багнаяр** (Thomas Bugnyar) изучают интеллектуальные способности воронов. Их совместная работа началась, когда Багнаяр стал научным сотрудником Вермонтского университета, где работал профессор биологии Хейнрих, написавший такие хорошо известные книги, как «Вороны зимой» (*Ravens in Winter*, 1989) и «Разум воронов» (*Mind of the Raven,* 1999). Он неоднократно публиковал свои работы в *Scientific American*. Багнаяр изучал поведение воронов в Исследовательском центре Конрада Лоренца в Грюнау (Австрия). Сейчас он читает лекции в школе психологии в университете св. Андрея в Шотландии.

JIM BRANDENBURG Minden Pictures

моменту, когда птица впервые попробует делить добычу с хищником, она уже должна знать многое, т.к. тренировки тут невозможны: малейшая ошибка может стать роковой.

Обычно во́роны овладевают практическими навыками на ранних этапах своей жизни. Птенцы, не озабоченные вопросом пропитания, учатся распознавать реакцию животных, как бы играя с ними — они приземляются неподалеку, подкрадываются к ним и пытаются дернуть за хвост. В научной литературе игровое поведение часто определяется как действия, осуществляемые без явной конечной цели и не выполняющие непосредственых функций. Тем не менее, игра имеет обычно одно конечное и очень важное значение — тренировочное. Именно таким образом у молодняка вырабатываются полезные навыки.

Надо сказать, воронята прекрасно понимают, что дразнить волка — опасное развлечение, требующее некоторой стойкости и умения побороть страх. Но в итоге такая рискованная игра обеспечивает выживание, позволяя научиться расчитывать расстояние между собой и хищником, а также соизмерять свою мобильность и скоростью его реакции. С помощью подобных провокаций птенцы довольно быстро усваивают, с какими животными следует проявлять осторожность, и какая дистанция будет безопасной. С другой стороны, звери привыкают к постоянному присутствию пернатых и перестают обращать на них внимание.

Однако освоить правила поведения в присутствии опасного существа — лишь первая часть задачи. Второй пункт — выработка стратегии, позволяющей опережать своих собратьев-конкурентов. Обычно «деликатес» не залеживается долго (например, туша оленя в лесах штата Мэн съедается за 1-2 дня), поэтому в выигрыше оказывается тот, кто успел утащить и спрятать побольше еды. Как и другие корвиды, вороны устраивают «кладовые». Получив доступ к пище, они раз за разом отрывают и уносят прочь куски мяса и прячут их, зарывая в землю и прикрывая мусором так, чтобы оно было полностью скрыто от посторонних глаз. Во́роны, как и прочие врановые, помнят точное расположение своих многочисленных тайников, поэтому после успешного участия в разделке туши птица может несколько дней питаться заготовленными впрок лакомствами. Более того, в отличие от большинства других видов птиц, врановые внимательно следят за своими собратьями и запоминают расположение их «кладовых» не хуже, чем своих собственных.

Игра в прятки

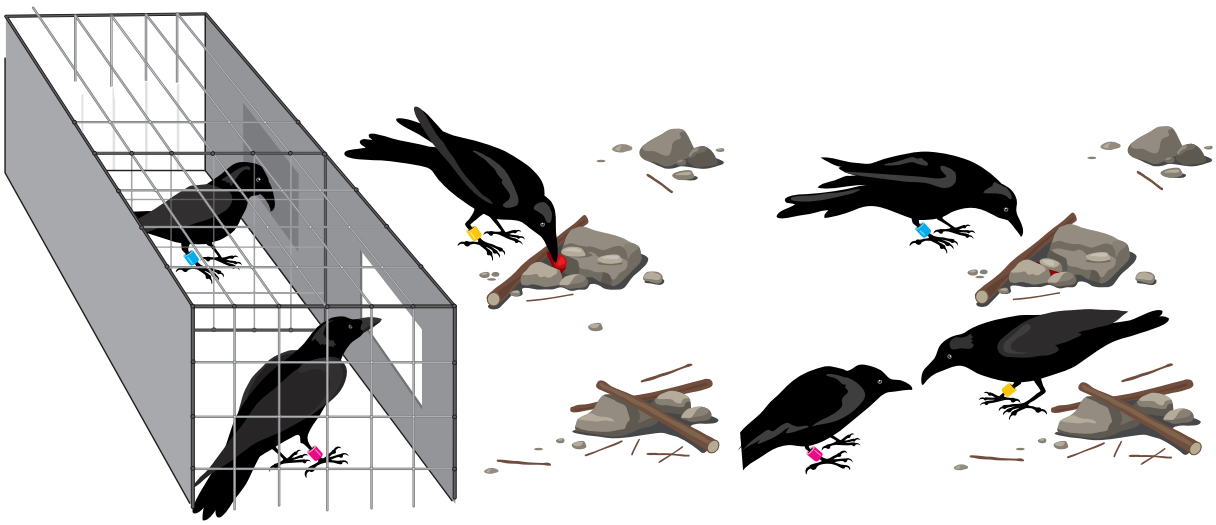
Упражнение с хищниками позволяет во́ронам научиться правильно рассчитывать свои силы и действовать адекватно ситуации. Поэтому нам было интересно узнать, существуют ли у них другие игры, помогающие молодняку научиться гибкости поведения. Для этого мы оборудовали просторный вольер, воспроизводящий естественные условия обитания воронов.

Оказалось, что пернатые, занятые пополнением своих припасов, старательно избегали друг друга, стараясь скрыться за деревьями или крупными валунами. Кроме того, владельцы «кладовых» стремились вычислить потенциальных воришек. Данные навыки также развились на базе врожденных игровых реакций птенцов. Кроме того, еще в гнезде птенцы начинают пробовать клювом все мелкие предметы, и тратят на возню со своими безделушками массу времени и энергии. А через некоторое время после вылета из гнезда воронята учатся идентифицировать как съедобные встречающиеся им ягоды, семена, насекомых и т.д. Подобное поведение также расценивается как игра, поскольку не приносит никакой непосредственной пользы.

В экспериментах с выводком ручных воронов один из нас выполнял функции родителя и ежедневно знакомил своих птенцов с окрестностями. Молодые пернатые постоянно подбирали мелкие веточки, листики, цветки, сосновые иглы, гальку, сигаретные окурки, монетки и прочие мелочи, которые мы разбросали на земле. Через несколько дней воронята уже научились отличать съедобные объекты от несъедобных, т.к. игры с различными предметами дали малышам необходимые знания об окружающем мире.

В процессе игры в «съедобное-несъедобное» воронята начинают получать навыки создания «кладовых». Сначала они лишь беспорядочно подбирают и прячут мелкие предметы, которые чем-то привлекли их внимание. Позже птенцы учатся прятать свои находки в различные щели, а через 1–2 месяца птенцы, все еще зависящие от родителей, научаются прикрывать спрятанное различным мусором. Поскольку первые несколько месяцев после выхода из гнезда сиблинги путешествуют вместе, подобные тайники часто разоряются братьями и сестрами. Зато в результате птицы овладевают не только навыком создавать кладовые, но и прогнозировать поведение других, что позже позволяет им успешно прятать пищу и защищать ее от посягательств соплеменников.

Чтобы исследовать влияние подобного раннего обучения на поведение взрослых особей, нам необходимо было поставить эксперимент, исключавший вариабельность взаимодействий между сиблингами (которая мешает оценить опыт, получаемый каждой конкретной птицей). Т.к. птенцы, прячущие корм, обращали внимание не только на своих сородичей, но и на людей, на время эксперимента, проводившегося с во́ронами-подростками, которые уже умели отличить съедобные объекты от несъедобных, один из нас был назначен «вором» и каждый раз забирал все, что прятали молодые птицы. Второй человек также регулярно заглядывал в птичьи «кладовые», но никогда не разорял их. В присутствии потенциального «грабителя» во́роны тратили на припрятывание пищи значительно больше времени (будто ждали, когда он отвернется), и тотчас вытаскивали свои припасы, стоило человеку пройти мимо



Эксперимент с припрятыванием пищи продемонстрировал способность воронов к индивидуальному распознаванию. Авторы создали группу «знающих» птиц (*внизу рисунка*), которые могли проследить, как делает припасы другая особь, и тех, кто не видел, где были сделаны тайники (группа «незнающих»). Когда наблюдателей выпускали в вольер, владелец кладовых узнавал ворона, обладающего необходимой информацией, и препятствовал его попыткам грабежа, спокойно игнорируя «незнающего» даже тогда, когда он приближался к хранилищу (в реальных экспериментах «знающую» и «незнающую» птиц выпускали раздельно, и цветные кольца на лапы не применялись — их добавили на рисунке для наглядности)

их тайников. Если же за птицами наблюдал «не вор», птицы не проявляли беспокойства даже тогда, когда он проходил в непосредственной близости от их «складов».

Результаты эксперимента показали, что, создавая запасы, птицы активно использовали предыдущий опыт, более того, они явно продемонстрировали способность к индивидуальному распознаванию особей (в данном случае — людей).

А ну-ка отними!

Как уже упоминалось, в природе во́роны часто кормятся стаями и тратят много времени на заготовку припасов впрок. Взрослые птицы прячут куски добычи в разных местах на площади в несколько квадратных километров, чем значительно снижают вероятность разграбления тайников. В ограниченном же пространстве вольера птицы не могут укрыться от внимательных глаз соперников. Теперь нам предстояло установить, могут ли птицы выделять среди своих конкурентов тех, кто осведомлен больше других о размещении их припасов.

В новой серии тестов мы опирались на полученное в предыдущих опытах знание о том, что вороны способны к индивидуальному распознаванию как своих соплеменников, так и представителей других видов, в том числе людей, а также, что они умеют отличить «вора» от «не вора».

Мы разделили птиц на три группы: тех, кто запасал корм, тех, кто наблюдал за процессом («знающие»), и тех, кто не мог видеть действий других («незнающие»). Затем мы подсаживали к той птице, которая делала кладовую, конкурентов из разных групп.

Просторный вольер был разделен на три части: самую большую центральную секцию, где птицам предстояло прятать пищу, и два небольших боковых загона, отгороженных с помощью непрозрачной стенки (*рис. вверху*). В центре этой стены (в обоих маленьких отсеках) было проделано окошко. Это позволяло сидящей здесь птице наблюдать за происходящим в центральном отсеке. На момент эксперимента в одном из боковых помещений окошко закрывали шторкой. Таким образом, обе птицы, сидящие в маленьких отделениях, слышали, что происходило по соседству, но только одна из них могла видеть, где спрятан корм.

В большой вольер выпускали птицу и выдавали ей куски мяса, которые она тут же начинала прятать. В боковые отсеки помещали двух других воронов, которые старались наблюдать за происходящим в соседнем помещении, т.к. знали, что через пять минут их выпустят туда же, и они смогут съесть спрятанное лакомство. Та птица, которая сидела в маленькой секции с открытым окошком («знающая»), обычно внимательно следила за тем, куда птица из соседнего помещения прячет пищу, а та, которая была лишена возможности подсматривать («незнающая»), все время старалась сдвинуть шторку, чтобы открыть заблокированное окно. В то же время, ворон, прячущий мясо, мог видеть, кто за ним наблюдает через открытое окошко.

После того, как он делал три «кладовые», экспериментаторы забирали его оттуда, а через пять минут птицу возвращали обратно. В части опытов вместе с ней выпускали одного из свидетелей, «знающего» или «незнающего» (оба были подчиненными, поэтому их попытки отвоевать спрятанную пищу не влияли на реакции «старшей»). Хозяин «кладовых» обычно доставал из них лакомство

JEN CHRISTIANSEN

только в том случае, когда грабеж был неизбежен. Эксперименты показали, что «изъятие» всегда происходило в присутствии «знающей» птицы, а в присутствии «незнающей», или же в отсутствии других особей корм в большинстве случаев оставался спрятанным. Более того, стоило осведомленной особи приблизиться на два метра к закопанной пище, владелец тайника отгонял ее, тогда как «незнающую» в подобной же ситуации он игнорировал.

Мы предположили, что птица запоминала, какая из двух соперниц видела расположение тайников, а потому вела себя по отношению к ним по-разному, как если бы она понимала, кто из них может присвоить запасы. Владелец «кладовых» каждый раз старался предвосхитить намерения птицы-наблюдателя и воспрепятствовать грабежу. «Знающий», в свою очередь, пытался перехитрить соперника: он не приближался к лакомству в присутствии его владельца, предпочитая дождаться момента, когда тот окажется в некотором отдалении. Подобные наблюдения свидетельствуют о наличии у воронов способности определять, обладают ли их соплеменники нужной информацией, и на основании этого предугадывать их действия.

В следующей серии опытов мы пытались проверить, не присутствуют ли в поведении «знающих» птиц какие-либо невольные и едва заметные ключи, по которым могли бы ориентироваться владельцы «кладовых». Для этого припасы на площадке делал человек, который позже пассивно присутствовал при водворении птиц-«наблюдателей». Как мы и предполагали на основании результатов первого эксперимента, «знающие» птицы, если в паре с ними находились наделенные теми же знаниями собратья, спешили стянуть спрятанную человеком еду. Когда же птицы выпускали вместе с неосведомленной доминирующей особью (которая будет атаковать воришку, чтобы самой заполучить приманку), они подходили к тайнику не сразу (период ожидания увеличивался в среднем в десять раз), надеясь, что более сильный соперник отвлечется. Полученные данные не исключают возможности, что поведение «знающих» птиц содержит в себе неизвестные нам ключи, которые считывают другие особи, однако подобная вероятность очень мала. Как нам кажется, результаты опытов показывают, что птицы демонстрируют удивительно сложное поведение, основанное на способности интерпретировать и предугадывать действия других, т.е. оценивать знания и намерения различных особей.

О чем думают во́роны?

Исследование умственных способностей животных всегда сопряжено с рядом трудностей, главная из которых заключается в том, что они не могут рассказать нам, о чем думают. Действительно, мы не знаем, и, вероятно, никогда не узнаем, что происходит в голове не только животного, но и другого человека. По принципу бритвы Оккама, выбирая из всех возможных объяснений простейшее, мы заключили, что результаты наших экспериментов подтверждают способность воронов руководить своими действиями, оперируя определенными мысленными представлениями. Результаты эксперимента с подтягиванием веревки указывают на то, что здесь не обошлось без логики. А тактика воровства и противодействия ему предполагает, что во́роны могут судить о намерениях своих соперников, основываясь на воспоминаниях о направленности их внимания. Птицы приписывают конкурентам наличие того или иного знания и соединяют его с доминантным статусом партнера, после чего применяют наиболее адекватную стратегию создания и опустошения «кладовых».

Очевидно, что подобное поведение основывается на опыте. Но одно только обучение не может объяснить всего многообразия наблюдаемых реакций. Вышеописанные поведенческие комплексы формируются почти мгновенно, что исключает путь проб и ошибок. Мы предполагаем, что птицам изначально свойственно развитое игровое поведение, которое позволяет им приобрести необходимый опыт. Оперируя полученными знаниями, вороны демонстрируют зачатки логического мышления. Именно оно позволяет этим птицам выживать в окружении соплеменников и хищников, чьи реакции непредсказуемы. Подобная приспособленность позволяет им адекватно действовать в любом новом контексте.

Мы не знаем, насколько способности воронов выше, чем у других зверей. Но очевидно, что если некоторые специфические особенности этих птиц по отдельности довольно распространены в животном мире, то весь комплекс в целом встречается крайне редко, что объясняется различием в механизмах, обеспечивающих данное поведение. У видов, обладающих отдельными сходными качествами, они формируются на базе инстинктов и обучения, моделируемых окружающей средой, в то время как у воронов такие навыки обусловлены наличием высокоразвитой рассудочной деятельности. Поэтому их поведение более разнообразно и цельно, нежели у большинства животных. ■

Перевод: Т.А. Митина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Ravens, Corvus corax, Differentiate between Knowledgeable and Ignorant Competitors. Thomas Bugnyar and Bernd Heinrich in Proceedings of the Royal Society London, Series B, Vol. 272, No. 1573, pages 1641–1646; August 22, 2005.

■ Testing Problem Solving in Ravens: String-Pulling to Reach Food. Bernd Heinrich and Thomas Bugnyar in Ethology, Vol. 111, No. 10, pages 962–976; October 2005.

■ Pilfering Ravens, Corvus corax, Adjust Their Behaviour to Social Context and Identity of Competitors. Thomas Bugnyar and Bernd Heinrich in Animal Cognition, Vol. 9, No. 4, pages 369–376; October 2006.

Массуд Амин и Филипп Шьюи

«УМНАЯ» ЭНЕРГОСИСТЕМА

RANDY LYHUS

Использование энергосистем, автоматически реагирующих на неполадки в подаче электроэнергии, способно значительно уменьшить количество ее сбоев

Ночью 14 августа 2003 г. в Огайо несколько провисших линий электропередач были повреждены, зацепившись за деревья. Обычно в таких случаях операторы местной компании, получая сигнал тревоги, обращаются к коллегам из соседних регионов, чтобы пустить ток в обход поврежденного участка.

Однако в тот день сигнализация не сработала, и никто не узнал об аварии. Другие операторы, которые направляли энергию через Огайо, Мичиган, северо-восток США и провинцию Онтарио (Канада), также не проявили бдительности. В результате расположенные вокруг поврежденного участка линии электропередач были вынуждены взять на себя дополнительную нагрузку.

Кроме того, не имея достаточного количества реактивной энергии (магнитные и электрические поля, перемещающие ток по проводу), чтобы поддержать потоки, внезапно изменившие направление, перегруженные линии электропередач в Огайо отключились к 4.05 утра. Из-за этого перестала работать электростанция, что дестабилизировало равновесие системы. Каскад отключений происходил очень быстро. В течение 8 минут 50 млн. человек в восьми штатах США и двух канадских провинциях остались без электричества. Это была крупнейшая авария энергосистемы за всю историю США.

Через два месяца крупные сбои в подаче электроэнергии произошли в Великобритании, Дании, Швеции и Италии. В сентябре 2003 г. около 57 млн. итальянцев остались без света из-за сложностей, возникших при передаче электроэнергии из Франции в Швейцарию и затем в Италию. В США постоянно увеличивается ежегодное количество перебоев в подаче электроэнергии, от которых уже пострадали более 50 тыс. потребителей.

Для того чтобы изменить ситуацию, необходимо радикально перестроить всю систему передачи электроэнергии от генерирующих электростанций до районных подстанций. Чтобы удовлетворить растущий спрос на электроэнергию, следует построить дополнительное количество высоковольтных линий.

Однако, что еще более важно, энергосистему следует сделать «умнее». Большая часть оборудования была произведена еще в 1970-е гг., а система контроля не может отслеживать неполадки в режиме реального времени и оперативно реагировать на них, чтобы изолировать проблемные участки прежде чем авария примет грандиозные размеры. Центральные же пункты управления должны вовремя блокировать крупные каскады отключений. Самоналаживающаяся «умная» энергосистема способна значительно уменьшить масштаб сбоев, а также предотвратить хаос, который может воцариться в результате угрозы террористических акций.

Жертва прогресса

Система энергопередачи стала уязвимой из-за постоянных попыток уменьшить потери энергии. Эта потеря пропорциональна силе тока, проходящего по проводу, поэтому, чтобы ток был меньше, компании компенсируют это повышением напряжения. Они также строят все более протяженные высоковольтные линии электропередач, чтобы эффективно доставлять энергию от генерирующих электростанций до потребителей, находящихся на больших расстояниях от них. Данные высоковольтные линии позволяют соседним компаниям соединять свои энергосистемы, поддерживая необходимое равновесие между предложением (генерируемой энергией) и спросом потребителей.

Такая взаимосвязь создает определенные опасности. Серьезный сбой в подаче электроэнергии в 1965 г. на северо-востоке США привел к созданию Североамериканской корпорации энергетической надежности (*NERC*), занимающейся повышением надежности энергосистемы. Аналогичные организации, например европейский Союз координации передачи электроэнергии, действуют во всем мире.

Почему же тогда энергосистема США оказалась такой уязвимой в 2003 г.? Прежде всего, из-за недо-

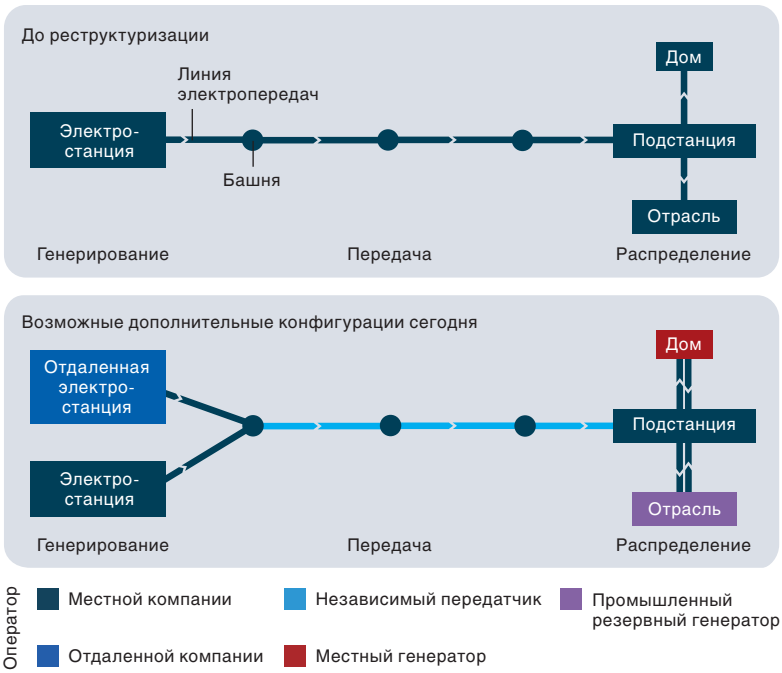
ОБЗОР: «УМНАЯ» ЭНЕРГОСИСТЕМА

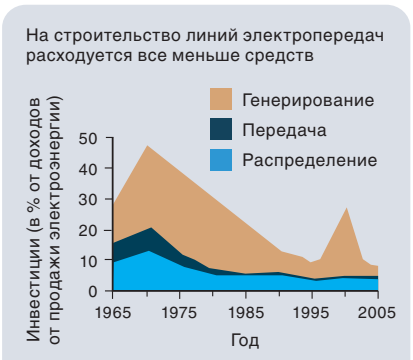
- Несмотря на то, что спрос на электроэнергию постоянно растет, линии электропередач не модернизируются. В результате возникает перегрузка системы, из-за которой увеличивается вероятность сбоев. Поэтому ежегодные убытки США составили более $70 млрд.
- Необходима самоналаживающаяся «умная» энергосистема, которая сможет предотвратить каскад сбоев в работе энергосистемы, вызывающих аварии.
- На каждой линии электропередач, подстанции, электростанции и в каждом центре управления должны быть установлены цифровые датчики и средства связи, работающие в режиме реального времени.
- Центрам управления необходимы модернизированные компьютеры и программное обеспечение, позволяющие операторам переходить на ручное управление автоматизированной «умной» энергосистемой, если аварии все же не избежать.

СЛИШКОМ МНОГО УЧАСТНИКОВ, СЛИШКОМ МАЛО ИНВЕСТИЦИЙ

Реструктуризация коммунальной отрасли (*внизу*) из-за отмены государственного контроля — одна из главных причин, по которым перебои в подаче электроэнергии в США происходят все чаще (*нижняя диаграмма справа*). Когда единственная местная компания безответственно относится к своей работе, то энергосистему перестают модернизировать, чтобы она соответствовала растущему спросу (*верхняя диаграмма справа, центральная вставка*).

ОТМЕНА ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ПРИВЕЛА К ДРОБЛЕНИЮ КОНТРОЛЯ НАД ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ





статочности инвестиций в модернизацию системы передачи электроэнергии. Резкое повышение цен на горючее в 1970-е гг. и растущее разочарование в атомной энергетике побудили Конгресс принять законопроект, который должен был способствовать созданию благоприятных условий для рыночной конкуренции. Последующие законы стимулировали в отрасли радикальные изменения, которые стали называть реорганизацией. Прежде чем она реально началась в 1990-х гг., большинство компаний выполняло в своих регионах все три основные функции: генерирование энергии на крупных электростанциях, ее доставку через высоковольтные линии электропередач на подстанции и затем ее распределение среди потребителей по линиям меньшего напряжения. В наши дни многие независимые производители продают электроэнергию, транспортируемую через линии электропередач, которые им не принадлежат. В то же время компании, стимулируемые Федеральной комиссией по регулированию электроэнергии, продают часть своих филиалов. Постепенно бизнес по передаче электроэнергии стал представлять собой сочетание регулируемых и нерегулируемых услуг, причем различные компании контролируют отдельные его сектора.

Уже существуют программное обеспечение и аппаратура, необходимые для управления энергосистемой, способные переключать потоки энергии и отключать генерирующие электростанции

Генерирование электроэнергии, государственное регулирование которой сейчас преимущественно отменено, делает ее привлекательной для инвесторов. Однако система ее передачи только частично выведена из-под контроля государства. (Дерегу- ▸

JEN CHRISTIANSEN; SOURCES: UNIVERSITY OF MINNESOTA, EDISON ELECTRIC INSTITUTE, NORTH AMERICAN ELECTRIC RELIABILITY CORP., U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

лирование распределения все еще находится в зачаточном состоянии.) Тем временем, с 1990-х гг. увеличилось количество энергии, перебрасываемое на значительные расстояния.

Предлагаемый федеральный законопроект может способствовать дополнительным инвестициям, но даже если мощности для передачи электроэнергии будут увеличены, аварии неизбежны. Необходимо перестроить всю энергосистему, поскольку существующая техника контроля устарела. Чтобы стать надежной, энергосистема должна чутко и оперативно реагировать на возможные изменения и напоминать самолет-истребитель с автономной системой управления, которая в случае реальной опасности переходит в руки пилота.

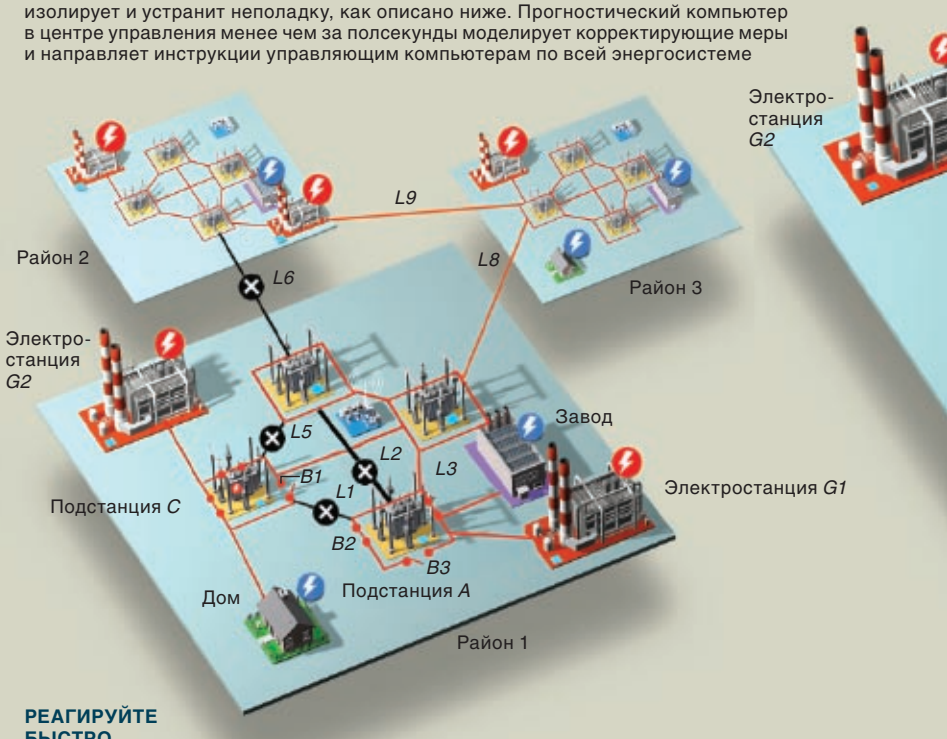
Потребность в скорости

Современные военные самолеты «нашпигованы» сложным оборудованием и приборами, которые быстро собирают информацию и соответственно реагируют. Сегодня уже существуют инновационные программное обеспечение и аппаратура, необходимые для такого же управления энергосистемой, способные мгновенно переключать потоки энергии и отключать генерирующие электростанции.

Однако переформировать сложную и взаимосвязанную систему трудно. Большинство электростанций и линий электропередач отслеживаются системой контроля и сбора данных (*SCADA*), состоящей из простых датчиков и автоматических регуляторов. Она выполняет такие функции, как сбор данных, контроль над электростанциями и подачу сигнала тревоги. *SCADA* осуществляет мониторинг выключателей, трансформаторов и аппаратуры, например логических регуляторов с программным управлением и удаленных пультов управления, которые устанавливаются на электростанциях, подстанциях и пересечениях линий электропередач и распределительных линий. Система посылает информацию или сигнал тревоги операторам по каналам связи.

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩАЯСЯ ЭЛЕКТРОСЕТЬ

Представьте себе, что из-за грозы вышли из строя линии электропередач *L5* и *L6*. Это могло вызвать цепную реакцию неисправностей на линии, в результате которых оказался бы без электроэнергии район 1. Однако «умная» энергосистема изолирует и устранит неполадку, как описано ниже. Прогностический компьютер в центре управления менее чем за полсекунды моделирует корректирующие меры и направляет инструкции управляющим компьютерам по всей энергосистеме



РЕАГИРУЙТЕ БЫСТРО

ЧЕРЕЗ 0,04 С: Потеря *L5* и *L6* вызывает неисправность на линии *L1*. Управляющие компьютеры дают команду автоматическим выключателям *B1* и *B2* отключиться, однако *B2* застревает во включенном положении

ЧЕРЕЗ 0,1 С: Генератор *G1* автоматически ускоряет работу, чтобы удовлетворить спрос в результате потери *G2*, вызванной проблемами на линиях *L5* и *L1*. *G1* также ускоряет работу, чтобы поддерживать частоту на линии по всему району 1 на уровне требуемых 60 Гц

ЧЕРЕЗ 0,4 С: Управляющий и моделирующий компьютер на подстанции *A* дает команду автоматическому выключателю *B3* отключиться, чтобы защитить подстанцию от негативных последствий протекания через нее излишне большого тока. *B3* размыкается, перекрывая линию *L2*. *G1* еще больше ускоряет свою работу, чтобы это компенсировать

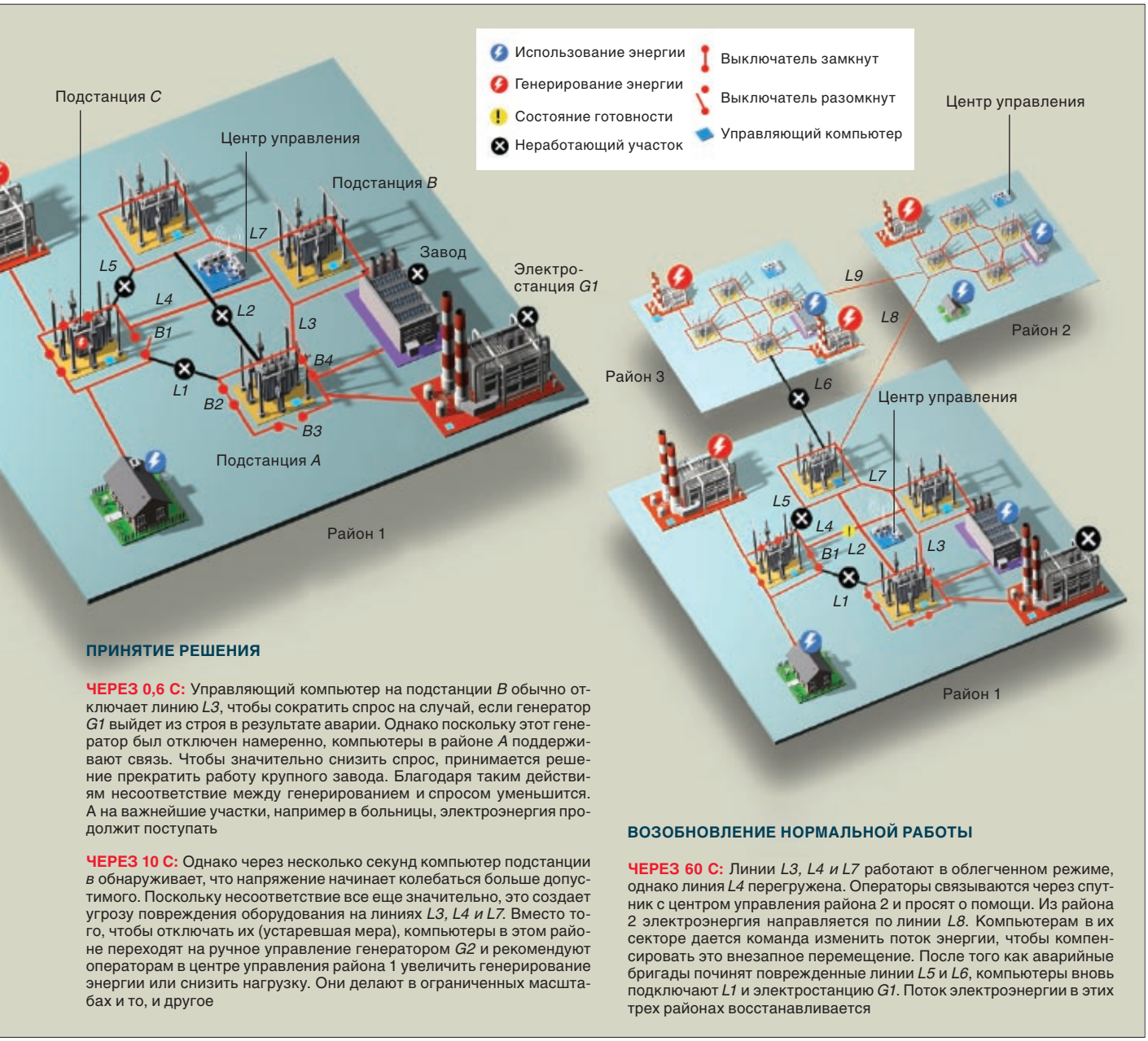
ЧЕРЕЗ 0,5 С: Центр управления отключает генератор *G1*, чтобы предотвратить перегрузку

Однако *SCADA* была создана 40 лет назад. Поэтому система не может регистрировать и контролировать все компоненты энергосистемы, особенно в аварийных ситуациях. Более того, большинство логических регуляторов с программным управлением и удаленных терминалов были разработаны до того, как были установлены стандарты функциональной совместимости для всей отрасли. Следовательно, используя системы контроля 1960-х гг., соседние компании часто прибегают к несовместимым протоколам контроля и действуют все ближе к пределу стабильности.

Самоналаживающаяся «умная» энергосистема

В результате ни одна компания не может избежать сбоя при передаче электроэнергии. Для управления современной энергосистемой в режиме реального времени необходимы расширение автоматического мониторинга и активное взаимодействие между операторами,

DON FOLEY; SOURCE: ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ

ЧЕРЕЗ 0,6 С: Управляющий компьютер на подстанции *B* обычно отключает линию *L3*, чтобы сократить спрос на случай, если генератор *G1* выйдет из строя в результате аварии. Однако поскольку этот генератор был отключен намеренно, компьютеры в районе *A* поддерживают связь. Чтобы значительно снизить спрос, принимается решение прекратить работу крупного завода. Благодаря таким действиям несоответствие между генерированием и спросом уменьшится. А на важнейшие участки, например в больницы, электроэнергия продолжит поступать

ЧЕРЕЗ 10 С: Однако через несколько секунд компьютер подстанции *в* обнаруживает, что напряжение начинает колебаться больше допустимого. Поскольку несоответствие все еще значительно, это создает угрозу повреждения оборудования на линиях *L3, L4 и L7*. Вместо того, чтобы отключать их (устаревшая мера), компьютеры в этом районе переходят на ручное управление генератором *G2* и рекомендуют операторам в центре управления района 1 увеличить генерирование энергии или снизить нагрузку. Они делают в ограниченных масштабах и то, и другое

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ

ЧЕРЕЗ 60 С: Линии *L3, L4 и L7* работают в облегченном режиме, однако линия *L4* перегружена. Операторы связываются через спутник с центром управления района 2 и просят о помощи. Из района 2 электроэнергия направляется по линии *L8*. Компьютерам в их секторе дается команда изменить поток энергии, чтобы компенсировать это внезапное перемещение. После того как аварийные бригады починят поврежденные линии *L5* и *L6*, компьютеры вновь подключают *L1* и электростанцию *G1*. Поток электроэнергии в этих трех районах восстанавливается

компьютерными системами, системами связи и датчиками, которые необходимо установить повсюду на электростанциях и подстанциях. Сегодня для надежной работы требуются множественные, имеющие высокую скорость передачи данных двусторонние линии связи между всеми узлами (сегодня таких нет), а также мощные компьютеры, которые необходимо помещать в центре управления. Кроме того, должны быть установлены «умные» процессоры, способные перенаправить потоки электроэнергии, когда регистрируются симптомы, предвещающие сбой в ее подаче.

Управление энергосистемой начинается с изменения конфигурации всей системы. Последние исследования в ряде областей, включая нелинейные динамические системы, искусственный интеллект, теорию игр и программирования, привели к созданию общей теории того, как следует разрабатывать сложные системы, которые должны приспосабливаться к меняющимся условиям. Математические и компьютерные схемы, разработанные для этой новой дисциплины, дают инженерам энергосистемы новые инструменты. Рабочие группы отрасли, в том числе под руководством Массуда Амина, работая в Научно-исследовательском институте энергетики в Пало-Альто, шт. Калифорния (*EPRI*), предложили сложные адаптивные системы для крупных региональных энергосистем. В настоящее время некоторые компании уже создали «умные» удаленные терминалы и датчики

с программным управлением, которые могут автономно решать простые задачи без предварительного согласования с операторами или могут быть ими дистанционно перепрограммированы.

Самоналаживающаяся энергосистема будет эффективна, если выполнит три основные функции. Наиболее важная из них — мониторинг и реагирование в режиме реального времени. Совокупность датчиков будет отслеживать такие параметры, как напряжение и сила тока, а также состояние важнейших компонентов энергосистемы.

Вторая функция — опережающее моделирование, когда система предусматривает потенциальные проблемы, способные вызвать такие серьезные неполадки, как перегрев трансформатора. Компьютеры установят признаки неисправности и возможные последствия. Затем они предложат корректирующие действия, смоделируют их эффективность и предложат наиболее эффективные из них, используя многочисленные структуры автоматического контроля энергосистемы.

Третья функция — изоляция. Если произойдет сбой, вся система разделится на изолированные зоны, каждая из которых сможет контролировать свои электростанции и потоки передаваемой энергии. В то время как ремонтные бригады устранят неполадки, операторы подготовят каждую зону к плавному включению в систему. Они будут работать как распределенная система, сообщаясь через микроволновые, волоконно-оптические линии связи или по самим линиям электропередач. Как только потоки электроэнергии будут восстановлены, начнется оптимизация системы.

Чтобы преобразовать существующую инфраструктуру в самоналаживающуюся энергосистему, необходимо интегрировать несколько технологий. Первый шаг — встроить процессор в каждый переключатель, автоматический выключатель, трансформатор и систему шин, мощных проводников, по которым электричество подается от генераторов. Каждая линия электропередач должна быть снабжена процессором, который сможет сообщаться с другими, отслеживающими работу элементов путем мониторинга датчиков, встроенных в их системы.

После того как будут взяты под контроль элементы оборудования и электромеханические рубильники, необходимо установить полупроводниковые силовые электронные схемы, которые будут справляться с самым высоким передаваемым напряжением 345 кВ и выше. Такая модернизация, в ходе которой аналоговые устройства заменяются цифровыми, позволит контролировать всю систему.

Для полного перехода необходим также перевод на цифровое управление небольших распределительных линий с низким напряжением, снабжающих электроэнергией дома и офисы. Один из основных элементов — заменить устаревшие ваттметры-счетчики, основанные на вращающемся механизме, цифровыми счетчиками. Тогда компании смогут оценить, сколько активной и реактивной энергии от независимых производителей поступает обратно в энергосистему. Кроме того компании смогут предложить потребителям почасовые тарифы, учитывающие пик спроса, способный дестабилизировать работу энергосистемы.

В разработке «центральной нервной системы» для энергосистемы участвуют Министерство энергетики США, Национальный научный фонд, Министерство обороны и *EPRI*. Эта коллективная работа показывает, что энергосистема может работать стабильно, если операторы будут располагать детальной информацией о том, что в ней происходит, и смогут поддерживать равновесие между нагрузкой (спросом) и генерированием электроэнергии.

Программа *EPRI Intelligrid* позволяет предвидеть крупномасштабные сбои. В современной системе *SCADA* оценка изолированных элементов поведения системы происходит с более чем 30-секундной задержкой. В *EPRI*-проекте «Быстрое моделирование» ситуация развивается быстрее, чем в режиме реального времени, обеспечивается перспективное моделирование для прогнозирования — аналогично тому, как опытный игрок в шахматы просчитывает варианты решений на несколько ходов вперед. Такого рода моделирование, или «самосознание» энергосистемы поможет избежать неисправностей за счет анализа ситуаций по принципу: «А что, если...» Это также поможет энергосистеме приспособиться к новым условиям после перерыва в подаче энергии или нападения террористов.

Убытки от перерывов в подаче электроэнергии в экономике США составляют от $70 до $120 млрд. в год

Кто должен платить?

По оценкам *EPRI*, испытание и установка в США системы передачи и распределения энергии может обойтись в $13 млрд. в год в течение 10 лет, что на 65% больше, чем

ОБ АВТОРАХ

Массуд Амин (Massoud Amin) — профессор электрического и компьютерного машиностроения в Университете Миннесоты и директор Центра развития технического руководства при этом университете. Кроме того, он работал в Научно-исследовательском институте электроэнергии в Пало-Альто, шт. Калифорния (*EPRI*). Амин — автор основ «самоналаживающейся энергосистемы», причем этот термин ввел в обращение тоже он. **Филипп Шьюи** (Phillip F. Schewe) работает в Американском физическом институте, является редактором еженедельного бюллетеня *Physics News Update*.

сегодня инвестируется ежегодно в эту отрасль. Другие исследования прогнозируют $10 млрд. в год на протяжении десятилетия или более длительного срока. Необходимо также потратить большие средства на обучение операторов, однако, по имеющимся оценкам, экономические убытки от перерывов в подаче электроэнергии в США составляют от $70 до $120 млрд. в год.

К сожалению, в настоящее время финансирование научных исследований и опытно-конструкторских разработок в энергетике находится на самом низком уровне. Кроме того, компаниям приходится учитывать запросы как потребителей, так и регулирующих органов, и в то же время не забывать о позиции своих акционеров, которые, как правило, ограничивают инвестиции, приносящие краткосрочные доходы.

Управление Белого дома по политике в области науки и техники и Министерство внутренней безопасности США провозгласили в Национальной программе исследований и разработок в поддержку важнейшей инфраструктуры создание «самоналаживающейся инфраструктуры» одним из основных направлений экономической стратегии. Возможно, понадобится федеральный (общенациональный) контроль, поскольку одним из серьезных препятствий является отсутствие скоординированного принятия решений.

Исследователи в Национальной лаборатории *Pacific Northwest* находятся в смоделированном региональном центре управления и испытывают опытный образец программы, которая будет поставлять операторам информацию о работе энергосистемы в режиме реального времени

PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY

Если бы самоналаживающаяся «умная» энергосистема уже существовала, то произошедшая в августе 2003 г. авария в Огайо была бы вовремя ликвидирована. Благодаря устройствам, расположенным в конце линии электропередачи, где провисли провода, можно зафиксировать аномальные сигналы и перенаправить электроэнергию, чтобы изолировать повреждение за несколько часов до того, как линия вышла из строя. Моделирующие устройства зарегистрировали бы, что вероятность возникновения аварийной ситуации на данной линии выше нормы и «умные» программы по всей энергосистеме и в центрах управления отработали бы «сценарии» аварии, чтобы найти оптимальные корректирующие меры. Если бы на линии все-таки произошло ЧП, то система датчиков зафиксировала бы колебания напряжения и передала информацию процессорам на соседних подстанциях, которые перенаправили бы энергию через другие участки энергосистемы. А потребитель так и не догадался бы о том, какая серьезная авария была предотвращена. ■

Если бы самоналаживающаяся «умная» энергосистема уже существовала, то произошедшая в августе 2003 г. авария в Огайо была бы вовремя ликвидирована

Перевод: Т.Н. Саранцева

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Technical Analysis of the August 14, 2003, Blackout: What Happened, Why, and What Did We Learn? North American Electric Reliability Council, 2004. Имеется по адресу: www. nerc.com/-filez/blackout.html

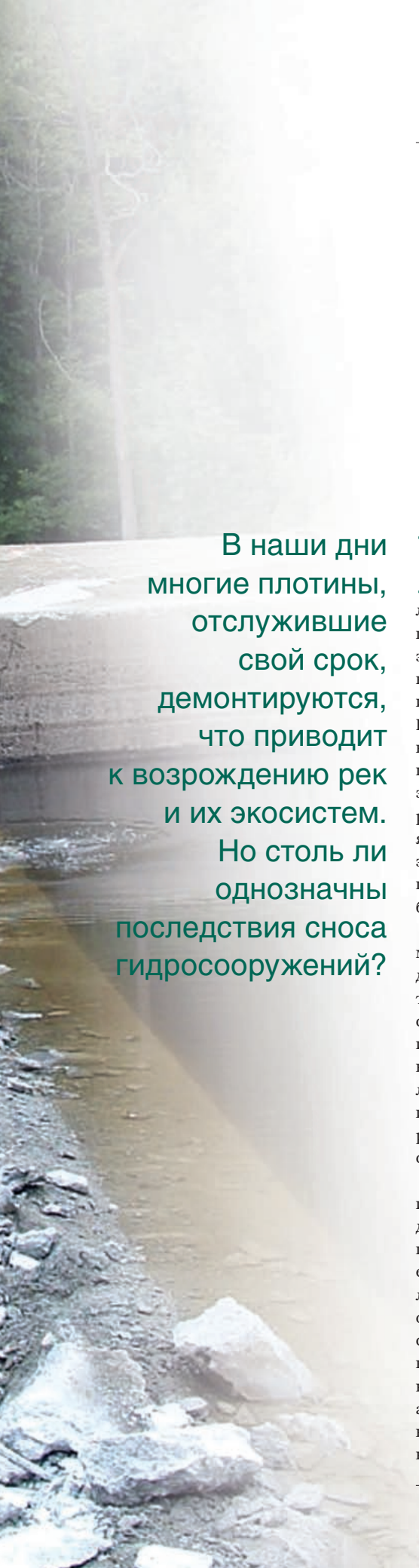
■ Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century. Massoud Amin and Bruce F. Wollenberg in IEEE Power and Energy Magazine, Vol.3 № 5, pages 34-41; September/October 2005.

■ The Grid: A Journey through the Heart of Our Electrified World. Phillip F. Schewe. Joseph Henry Press, 2007.

Демонтаж гидрообъекта на реке Санди в рамках долгосрочного проекта возрождения реки Кеннебек в штате Мэн. Вскоре после сноса плотины Эдвардс на Кеннебеке в реку вернулись многие водившиеся в ней ранее виды рыб. Летом 2006 г. был восстановлен свободный сток реки Санди, притока Кеннебека, что устранило все помехи на пути свободной миграции проходных рыб

Джейн Маркс

ПЛОТИНЫ УХОДЯТ



В наши дни многие плотины, отслужившие свой срок, демонтируются, что приводит к возрождению рек и их экосистем. Но столь ли однозначны последствия сноса гидросооружений?

В начале XX в. бурная река Фоссил-Крик, питаемая родниками, обеспечивала существование оазиса в сердце Аризонской пустыни, а речная экосистема отличалась удивительным биоразнообразием. Но к 1916 г. инженеры перегородили Фоссил-Крик плотиной, направив воду в спускающиеся по склонам холмов подводящие каналы двух гидроэлектростанций, обеспечивавших работу горнодобывающих предприятий Аризоны. Однако к 2001 г. доля этих электростанций в энергетике штата сократилась до 0,1%, и они были закрыты.

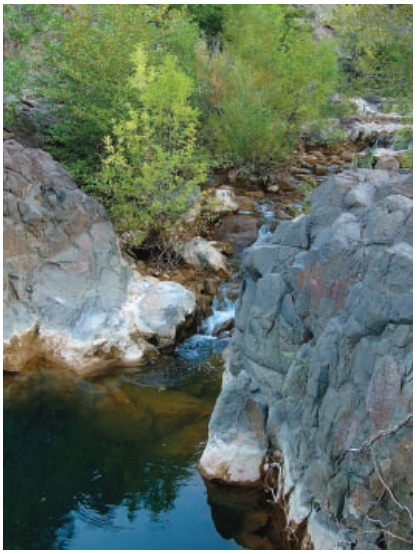
Демонтаж плотин, особенно таких малых, как на Фоссил-Крик, в наши дни осуществляется достаточно часто. Их сносят либо потому, что они стареют, а их ремонт, реконструкция и дальнейшая эксплуатация становятся экономически невыгодными, либо по настоянию общественных и природоохранных организаций, ратующих за улучшение экологической ситуации в регионе.

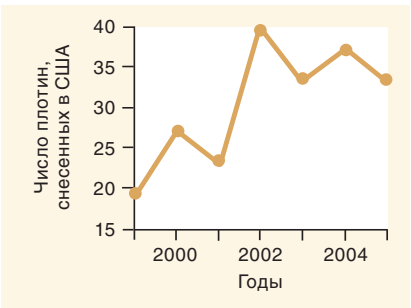
Летом 2005 г. были выведены из эксплуатации плотина и подводящие каналы Фоссил-Крик, что позволило вернуть основную часть ее потока в 22,5-километровое русло. Так, спустя почти 100 лет, река обрела второе рождение: она вновь стала полноводной, тонкие ручейки, лениво стекавшие с холмов, превратились в шумящие водопады, а застойные мелководья — в глубокие чистые заводи, в которых днем, как в зеркале, отражается небесная лазурь, а по ночам плещутся звезды. Но восстановится ли после столь долгой нехватки влаги экосистема во всем былом великолепии, появятся ли вновь исконно обитавшие здесь животные, птицы, рыбы и насекомые? И может ли демонтаж гидросооружений привести к непредвиденным последствиям, в том числе экологическим? На эти и ряд других вопросов призваны ответить экологи, биологи, геологи и другие специалисты.

Гидроэлектростанции мира

Доля гидроэлектростанций в мировой энергетике составляет 20%, причем, в отличие от других видов электростанций, гидростанции, как утверждают эксперты, не загрязняют окружающую среду и относятся к восполняемым энергоресурсам.

Большинство современных гидросооружений было построено в XX в., в основном после Второй мировой войны. Сегодня в мире эксплуатируется около 800 тыс. плотин, из которых около 45 тыс. крупных, т.е. высотой более 15 м. Их достоинства неоспоримы. Плотины позволяют сдерживать наводнения, способствуют речному судоходству, регулируя сток рек, а создаваемые в результате их строительства водохранилища служат надежными источниками питьевой и технической воды, идущей на орошение и промышленные нужды. Однако возведение гидросооружений обычно требует переселения людей, что вызывает все большее недовольство ▸





После перенаправления стока реки Фоссил-Крик, питаемой семью подземными источниками, в обход плотины гидроэлектростанции, эта река превратилась из жалкой струйки (*слева*) в бурлящий поток с расходом около 1200 л.с. (*справа*). Сегодня ученые изучают реку, чтобы выяснить, как изменяется пищевая цепь и растет ли популяция аборигенных рыб. Здешняя плотина была одной из многих, снесенных в США в 2005 г. (*см. график*)

населения развивающихся стран. И это не единственная проблема. Дамбы также задерживают отложения, необходимые для формирования речных дельт, берегов и пляжей, препятствуют свободному проходу рыбы и негативно воздействуют на водные и прибрежные экосистемы. Кроме того, мощные бетонные конструкции, возвышающиеся на фоне лесов, лугов, рек и озер как огромные вставные челюсти, несомненно, портят местные пейзажи. Борцы за охрану природы давно протестуют против их строительства. Так Джон Мьюир (John Muir) пытался помешать сооружению плотины в долине Хетч-Хетчи в Йосемитском национальном парке, а роман Эдварда Эбби (Edward Abbey) «Комплект разводных ключей» (*The Monkey Wrench Gang*) был направлен против возведения гидросооружения в каньоне Глен в Аризоне.

В последние годы, когда вопросы целесообразности строительства и эффективности использования дамб стали активно обсуждаться широкими кругами общественности, за снос устаревающих гидрообъектов стали ратовать не только сотрудники природоохранных организаций и местное население, но и политики, ученые, представители власти и коммунальных служб.

В США, где право на эксплуатацию плотин гидроэлектростанций должно подтверждаться каждые 30–50 лет, темпы сноса таких сооружений за минувшее десятилетие превысили темпы строительства новых. Только за последние два года было демонтировано около 80 объектов, но это далеко не предел. В других странах также наметилась тенденция к выводу из эксплуатации и сносу дамб, особенно малых. Недавно во Франции простились с четырьмя из них в долине Луары, а теперь рассматривается возможность сноса пятой. Та же судьба ожидает и многие гидросооружения в Австралии, Канаде и других странах. В Японии по настоянию общественности, обеспокоенной плохим качеством воды и упадком рыболовства, на 2010 г. запланирован демонтаж плотины Арасэ. Австралия намерена возродить болото на месте водохранилища Лейк-Мокоун площадью 7800 км^2.

В 1999 г. после того, как была разобрана плотина Эдвардс на реке Кеннебек в штате Мэн, биологи не без удивления обнаружили, что в старые ареалы обитания стали возвращаться полосатый окунь, сельдь, американский шэд (семейство сельдевых), атлантический лосось, осетр, а также скопа, зимородок, большой баклан и белоголовый орлан. Кроме того, вода стала хорошо снабжаться кислородом, и выросла численность входящих в пищевую цепь рыб насекомых, таких как поденки, веснянки и майские мухи.

Нечто подобное наблюдается и в долине Луары. В XIX в. здесь в изобилии водился лосось — ежегодно по реке мигрировало около 100 тыс. особей, но в 1997 г. их насчитывалось лишь 389. Несмотря на создание рыбоподъемников и лестничных рыбоходов, восемь плотин на Луаре и ее

ОБЗОР: ВОЗРОЖДЕНИЕ РЕК

- В мире существует около 800 тыс. плотин, многие из которых демонтируются, что способствует возрождению рек.
- Однако экологи обнаружили, что снос гидросооружений требует тщательного планирования, поскольку иногда такие объекты оказываются полезными с экологической точки зрения, т.к. задерживают токсичные отложения или препятствуют распространению в реке и прилегающих к ней районах нехарактерных для данной местности видов растений и животных.
- Перед сносом плотины на реке Фоссил-Крик в Аризоне исследователи временно переселили аборигенных рыб в специально созданные запруды, а в реку пустили отравляющие вещества, уничтожившие расплодившихся в ней пришлых рыб.

KEITH PLUMMER Courtesy of NOAA Restoration Center (preceding pages); NICK BEREZENKO Arizona Public Service (Fossil Creek photographs); SOURCE: AMERICAN RIVERS (graph) (this page)

притоках, а также турбины и насосы электростанций все же уничтожали популяцию лосося. После чего по настоянию неправительственных организаций, в том числе Европейской речной сети, во Франции были снесены четыре сооружения — два в 1998 г., и по одному в 2003 и 2005 гг. Не прошло и нескольких месяцев после демонтажа каждого из них, как пять видов рыб, в том числе атлантический лосось и шэд, начали возвращаться на свои исторические пути миграции. Такие же процессы происходят и в большинстве других мест.

Возрождение флоры и фауны связано с тем, что вода становится чище и насыщается кислородом, что способствует росту численности популяций водных насекомых. После демонтажа дамб из искусственных водохранилищ сходят теплые застойные воды, облюбованные акклиматизированным карпом, грозившим вытеснить другие виды рыб. Беспрепятственное течение воды приводит к понижению ее температуры и возвращению в родные места холодолюбивых обитателей рек, в том числе форели, и к сокращению популяции или полному исчезновению карпа. Биологи, изучающие процессы восстановления экосистем, наблюдают явный прогресс на территории от Висконсина — лидера по сносу гидрообектов в США — до Нового Южного Уэльса в Австралии. Однако нечто подобное было отмечено и тогда, когда сооружения не демонтировались, а часть водотока просто возвращалась в реку.

К чему приводит демонтаж плотин

Перспективы массового уничтожения плотин не столь радужны, как кажется на первый взгляд. В некоторых случаях они не позволяют агрессивным пришлым видам рыб распространяться вверх по реке. Так, гидросооружение на Фоссил-Крик остановило продвижение окуня и солнечника, обеспечив тем самым выживание характерных для Юго-Запада США рыб, в частности голавля и пятнистого ельца. Кроме того, в местном водохранилище смогла выжить леопардовая лягушка, которой грозило исчезновение.

Бездумное уничтожение плотин может негативно сказаться и на жизни людей. Например, разливы рек, вызванные прекращением регулирования их стока, наносят ущерб сельскому хозяйству и доставляют массу неудобств местному населению.

Сброс отложений, накопившихся в верхних бьефах дамб, может приводить к засорению отходами и отложениями русел рек и чрезмерному скоплению ила на их берегах. Мутная, грязная, не пропускающая света вода может оказаться непригодной для ряда водорослей, которыми питаются рыбы, а также для животных, фильтрующих воду, например пресноводных мидий.

Иногда в иле, скопившемся в верхнем бьефе, содержатся опасные загрязняющие вещества. Например, после демонтажа в 1973 г. плотины Форт-Эдуард на Гудзоне было обнаружено, что концентрация полихлорированных бифенилов (ПХБ) в организмах рыб, обитающих ниже по течению, резко возросла и долгое время не падала. Поэтому лов полосатого окуня в этих местах до сих пор запрещен.

Проблемы возникают и из-за тех отложений, которые не смываются течением. Высохнув и перемещаясь с грунтом, они могут стать поистине плодородной почвой для произрастания потенциально вредных занесенных извне растений, чьи семена накапливались в этих отложениях и ждали своего часа, чтобы прорасти. Так произошло после сноса плотины Оук-Стрит в штате Висконсин, где на заболоченных землях буйно разросся канарский канареечник (евразийский вид тростника), вытеснивший традиционные местные растения.

Осторожный подход

Прекрасным примером научно обоснованного планирования демонтажа плотин может служить проект восстановления реки Фоссил-Крик. Для сохранения традиционной для этих мест флоры и фауны и во избежание негативных последствий сброса накопившихся в бьефах отложений было принято решение направить водный поток в обход гидросооружения, сохранив его как средство, обеспечивающее возможность выживания лягушек в запруде, а также как преграду на пути распространения ранее не обитавших в здешних местах видов растений и рыб. Такую же цель преследовало строительство Мелиорационным бюро США рыбозадерживающего барьера, расположенного на 12 км ниже плотины.

Кроме того, биологи решили активно управлять численностью популяций рыб. Для этого они временно поместили выловленную в реке традиционную для данного ареала обитания рыбу в специальные бассейны, где та должна была находиться до тех пор, пока запущенные в воду химикаты не уничтожат незваных гостей, а главное — пока концентрация ядовитых веществ не упадет до безопасного уровня. Затем исконные обитатели здешних вод возвратились в родную стихию. Однако отравляющие соединения, использованные для уничтожения рыбы, мигрировавшей в Фоссил-Крик из других рек и водоемов, не причинили вреда пришлым ракам, что нарушило сложившееся функционирование пищевой цепи. Если раньше «рыбы-переселенцы» поедали этих членистоногих, ограничивая тем самым численность их популяции, то после того как они были истреблены, «раки-мигранты» чрезмерно расплодились, и пока не ясно, к чему это приведет. Возможно, ▸

ОБ АВТОРЕ

Джейн Маркс (Jane C. Marks) — биолог, специалист по водным растениям. В 1995 г. она начала работу в Агентстве Международного развития США, консультируя различные организации по вопросам сохранения природных ресурсов и управления ими, а с 1999 г. преподает в университете Северной Аризоны. Отчет о ее работе на реке Фоссил-Крик (*A River Reborn: The Restoration of Fossil-Creek*) представлен на сайте *www.riverreborn.org*.

Аборигенных рыб, содержавшихся в резервуарах до тех пор, пока отравляющие химические вещества не уничтожили популяции пришлых видов, переносят в ведрах обратно в реку Фоссил-Крик (*слева*). После сноса плотины Оук-Стрит в штате Висконсин на берегах реки Барабу буйно разросся канарский канареечник (*справа*), хотя они были засеяны местными видами растений

вместо одной неблагоприятной ситуации мы получим другую.

Проект рекультивации реки Фоссил-Крик также предусматривает создание нескольких новых запруд из травертина, пласты которого естественным образом формируются в результате взаимодействия богатой карбонатом кальция родниковой воды с водорослями. Образовавшиеся в результате этих процессов маленькие глубокие заводи смогут служить прекрасной средой обитания для различных видов рыб и насекомых, т.к. будут удерживать опавшие листья, служащие основным источником пищи для речных обитателей.

Кроме того, по мере возрождения реки все больше людей стало посещать ее живописные берега и пляжи, бессистемно протаптывая множество тропинок к своим излюбленным местам отдыха, что может нанести ущерб хрупкой, еще не восстановившейся экосистеме.

Если исследования подтвердят, что пришлые виды рыб не вернулись, а леопардовая лягушка, обитавшая в искусственно созданной запруде, расселилась вниз по реке, то в 2010 г. будет принято окончательное решение о сносе плотины.

Донные отложения

В результате сноса дамб отложения из верхних бьефов, попав в реку, могут привести к нежелательным скоплениям ила и обломков гидроконструкции, в которых могут содержаться загрязняющие окружающую среду вещества. Учитывая последствия сброса полихлорированных бифенилов в Гудзон, исследователи регулярно проверяют донные отложения на токсичность. Если объем отложений, содержащих опасные загрязнения, достаточно велик, а промывающая способность реки мала, наилучшим решением проблемы может стать поэтапный снос плотины, обеспечивающий постепенный, дозированный сброс накопившихся отложений. Кроме того, иногда инженеры прорывают в дне водохранилищ каналы, высаживают растения или строят преграды из камней или временных ограждений, чтобы удержать ил на месте.

Однако, т.к. геологи и другие специалисты прогнозировали, что лет за десять река Фоссил-Крик, где в верхнем бьефе скопилось около 19 тыс. м^3 отложений, сможет естественным образом смыть их, привлекать тяжелую технику и придумывать различные ухищрения не понадобилось, что существенно снизило затраты. Но вопрос не всегда решается столь просто.

Перед плотиной Матилиджа в южной Калифорнии скопилось около 4,6 млн. м^3 отложений, но при этом берега реки Матилиджа-Крик, расположенные ниже дамбы, страдают от нехватки ила и песка, необходимых для предотвращения ветровой и дождевой эрозии. В связи с этим инженеры разработали сложный план вывода гидрообъекта из эксплуатации в 2009 г. Тонкодисперсную фракцию они предполагают спускать по пульпопроводу в места, расположенные в 5–11 км ниже плотины, откуда река во время наводнений будет сама распределять их, формируя берега и песчаные отмели. Более крупные фракции, скопившиеся перед гидросооружением, планируется оставить на месте, но при этом реке придадут более естественную извилистую форму, которая обеспечит более надежную защиту от наводнений, позволив взвешенным отложениям оседать и формировать берега.

Что дальше?

В наших знаниях о том, что происходит с экосистемами после демонтажа плотин, еще остается много пробелов, и те, кто занимается их выводом из эксплуатации, понимают, что они, по сути, проводят долгосрочный эксперимент, результаты которого могут оказаться неожиданными.

Ученые не только непосредственно изучают последствия сноса дамб, как в случае Фоссил-Крик, но и проводят лабораторные исследования,

CARRI J. LEROY (left); FROM «TRADING OFF: THE ECOLOGICAL EFFECTS OF DAM REMOVAL,» BYE. H. AND M. W. DOYLE, INFRONTIERS IN ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT, VOL. 1, PAGES 15–22; 2003; COURTESY OF CALIN HUYCK ORR (right)

используют компьютерное моделирование. В Национальном центре динамики земной поверхности в штате Миннесота для изучения перемещения отложений вниз по течению реки при разных способах удаления гидросооружений была создана модель экосистемы, состоящая из небольших рек, плотин и водохранилищ. Для того чтобы избежать нежелательных последствий прекращения регулирования стока рек, в том числе их разливов, было осуществлено компьютерное моделирование последствий сноса таких объектов в бассейне Луары. Оно было основано на данных о характере погоды, количестве атмосферных осадков и уровне реки, что позволило разработать критерии оценки потенциальной угрозы и давать предупреждение о возможном наводнения не менее чем за 4 часа до того, как возникает реальная опасность. Кроме того, инженеры расширили и углубили русло, чтобы воды Луары могли стекать свободнее, не затопляя берега.

Правительственные организации США — в частности Бюро мелиорации и Инженерный корпус армии — и соответствующие европейские организации изучают не только вопрос о том, как сносить плотины, но и как иными путями извлечь ту пользу, которую приносят гидросооружения, например, как отбирать воду из рек, не перегораживая их. Руководствуясь отчетом Всемирной Комиссии по плотинам от 2000 г., инженеры пытаются еще в ходе проектирования предусмотреть разборку будущей плотины.

Уже сейчас ведется подготовка к ликвидации в 2009 г. двух плотин в Олимпийском Национальном парке в штате Вашингтон: Глайнз-Каньон-Дам высотой 64 м и Элва высотой 33 м. На данном этапе биологи, экологи и геологи собирают сведения о лососе и камчатской семге, о популяциях насекомых, а также о содержании кислорода в воде и донных отложениях.

Споры вокруг сноса плотин идут в большинстве случаев, но иногда они возникают неожиданно. В долине Луары отец и сын оказались по разные стороны баррикад: отец помнил бурные реки и лосося, идущего на нерест, а сын вырос, плавая на лодке и купаясь в водохранилище. На реке Фоссил-Крик местная община хотела сохранить компоненты электростанции Чайлдз-Эрвинг, которую построила одна из первых женщин-инженеров того времени Айва Татт (Iva Tutt) и где работали несколько поколений инженеров, живших здесь со своими семьями. Поскольку гидросооружение приобрело статус памятника культуры, в плане реконструкции было предусмотрено его сохранение. Нечто подобное произошло и с плотиной Веллингтон на реке Бушрейнджерз-Крик в Новом Южном Уэльсе (Австралия). В 2002 г. Государственная водная корпорация заверила, что при демонтаже будет сохранена ее нижняя часть высотой 1 м (с разрывом для пропуска воды), так что люди смогут представить себе гидросооружение, построенное в 1898 г., и оценить величие инженерной мысли того времени.

Отдельные граждане и различные организации по-прежнему будут сопоставлять преимущества, которые дает людям возведение плотин, с наносимым ими ущербом, а исследователи продолжат изучение вопроса, как наиболее рационально и безболезненно демонтировать гидросооружения ради того, чтобы обеспечить процветание экосистем и человеческих сообществ. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

CHRIS BROMLEY AND NATIONAL CENTER FOR EARTH-SURFACE DYNAMICS

Модель реки в Национальном центре динамики земной поверхности в Миннесоте позволяет исследовать перемещение отложений, ила и других материалов, скапливающимися перед плотинами

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Undamming Rivers: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal. A.T. Bednarek in Environmental Management, Vol. 27, No. 6, pages 803–814; June 2001.
- Dam Removal: Challenges and Opportunities for Ecological Research and River Restoration. D. D. Hart et al. in BioScience, Vol. 52, No. 8, pages 669–681; August 1, 2002.
- Dam Removal Research: Status and Prospects. Heinz Center, 2003. Доступно на сайте www.heinzcenter.org/NEW–WEB/PDF/Dam–Research–Full Report.pdf
- Trading Off: The Ecological Effects of Dam Removal. Emily H. Stanley and Martin W. Doyle in Frontiers in Ecology and the Environment, Vol. 1, No. 1, pages 15–22; 2003.
- Interactions between Geomorphology and Ecosystem Processes in Travertine Streams: Implications for Decommissioning a Dam on Fossil Creek, Arizona. Jane C. Marks et al. in Geomorphology, Vol. 77, Nos. 3–4, pages 299–307; July 2006.
- American Rivers: www.americanrivers.org

Майкл Антонофф

триумф
ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Вскоре аналоговое телевидение уступит место цифровому. Однако для того, чтобы телезрители могли в полной мере оценить преимущества цифрового телевещания, исследователям предстоит решить множество непростых технических задач

17 февраля 2009 г. 1,7 тыс. аналоговых телевизионных станций США прекратят работу в связи с переходом страны на цифровое телевещание. Владельцев телевизоров со встроенными цифровыми тюнерами долгожданный переход, несомненно, обрадует. Однако многие семьи, пользующиеся обычными аналоговыми телевизионными приемниками, не смогут принимать сигнал.

В отличие от аналогового телевидения, в цифровом (*digital TV, DTV*) для передачи сигнала применяется цифровая обработка, что позволяет телезрителям наслаждаться четким, ярким и красочным изображением. Кроме того, благодаря своей способности втискивать огромное количество информации в узкую полосу частот, *DTV* позволяет телевизионным компаниям транслировать больше каналов, а также предоставлять свои клиентам новые услуги. Место, освобождающееся в результате сужения занимаемого каналами частотного спектра, можно будет использовать для увеличения возможностей связи при чрезвычайных ситуациях, а также для услуг сотовой телефонии нового поколения.

Однако для того чтобы «сказку сделать былью», исследователям предстоит решить множество непростых технических задач. Например, после прекращения аналогового телевещания многие абоненты, подключенные к кабельным сетям, готовым к передаче цифрового сигнала, не смогут пользоваться услугами *DTV* из-за того, что их телевизоры оборудованы тюнерами, предназначенными для приема аналогового сигнала. Кроме того, даже в тех районах, где цифровое вещание уже ведется, возникают сбои в получаемых телеприемниками сигналах, приводящие к помехам в изображении и перегрузке полосы частот. Все это заставляет специалистов говорить о том, что переход на новый вид телевещания не искоренит в одночасье всех недостатков телевидения прошлого.

Идея перевода США на цифровое ТВ родилась в 1980-х гг., когда в Японии на базе системы аналогового вещания появилось телевидение высокой четкости или *HDTV* (ТВЧ). Для выбора новой системы вещания исследователи провели испытания оборудования различных производителей, результаты которых показали, что телевидение высокой четкости невозможно без эффективного сжатия информации. Именно поэтому от идеи модернизации существующих аналоговых систем для получения *HDTV* отказались.

Комитетом по передовым телевизионным системам (*Advanced Television System Committee, ATSC*), сотрудничающим с консорциумом, в который входят несколько компаний, было одобрено 18 форматов *DTV*, в том числе *1080i* и *720p*. В спецификации, соответствующей первому из них, предусматривается 1080 строк растра и чересстрочная (*i* или *interlacing*) развертка, когда сначала разворачиваются все четные, а затем все нечетные строки каждого кадра. Формат *720p* описывается 720 строками растра и последовательной (*p* или *progressive*)

BRIAN MARANAN PINEDA

По сравнению с аналоговым ТВ, телевидение высокой четкости (*HDTV*) поддерживает большее разрешение. Это обеспечивается десятикратным увеличением количества пикселей и возможностью получать изображение на экране с соотношением сторон 16:9

Аналоговое ТВ

ТВ высокой четкости

разверткой. (Для сравнения: растр аналогового формата содержит 480 строк.)

Когда в 1998 г. появились первые телевизоры с цифровыми тюнерами, специалисты заговорили о том, что к 2006 г. телевизионные станции откажутся от занимаемых ими аналоговых частот. Однако этого не произошло. Дело в том, что людей, покупавших новые цифровые телеприемники или приставки для приема цифровых сигналов, было немного, кроме того, создавалось слишком мало программ, предназначенных для цифрового ТВ.

Внедрение нового формата телевещания в США ускорил указ президента Джорджа Буша о переходе на *DTV* к 2009 г. Таким образом правительство рассчитывало сократить дефицит бюджета и собрать миллиарды долларов от продажи с аукциона большей части освобождающейся 108-МГц полосы аналоговых частот. Для поддержки данной реформы был принят законопроект, обязывающий производителей оснащать цифровыми тюнерами все новые телевизоры с диагональю от 25 дюймов и выше. С 1 марта 2007 г. это требование было распространено на все телеприемники независимо от размера экрана. Кроме того, телевизионным каналам необходимо было перевести большинство сериалов и спортивных передач, транслируемых в прайм-тайм, в утвержденные форматы высокого разрешения, а специалистам по кабельным сетям — увеличить число каналов *HDTV* с 4 до 12.

Долгие проводы

По мнению некоторых специалистов, законодательная отмена аналогового эфирного вещания нанесет гораздо больший ущерб семейному бюджету американских граждан, чем замена черно-белого телевидения цветным в 1960-х гг. Дело в том, что в стране и сегодня продолжает функционировать множество телевизоров, которые не смогут принимать цифровой сигнал без наличия цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), самые простые из которых стоят около $60. ЦАП также необходим для записи эфирных программ старыми видеомагнитофонами, но с 1 июля 2007 г все продаваемые устройства, такие как *DVD*-проигрыватели, рекордеры, цифровые видеомагнитофоны, компьютерные ТВ-платы должны оснащаться встроенными *DTV*-тюнерами.

По данным Национальной ассоциации телевидения, 21 млн. семей, принимающих только бесплатный эфирный сигнал, пользуются 45 млн. телевизоров. Если добавить к этому числу 28 млн. дополнительных телевизоров в домах, принимающих кабельный или спутниковый сигнал, то в день прекращения аналогового вещания в стране может погаснуть около 73 млн. телевизоров. Однако многие дополнительные кинескопы, подключенные к *DVD*-проигрывателям или игровым приставкам, можно будет использовать и после прекращения аналогового телевещания.

ОБЗОР: ЦИФРОВОЕ ТВ

- Эпоха аналогового телевещания в США подходит к концу: после 17 февраля 2009 г. все американское телевидение станет цифровым.
- Цифровое телевещание — это кристально ясное изображение плюс новые информационные услуги. Освободившиеся после внедрения цифрового ТВ частоты можно использовать для увеличения возможностей связи при аварийных ситуациях или выставить на аукцион, способствуя развитию систем сотовой связи нового поколения.
- В одночасье избавиться от аналогового телевидения не получится, поэтому еще долгое время специалистам предстоит бороться с его наследием, мешающим полноценной работе *DTV*.

WAYNE E. BRETL Zenith Electronics Corporation

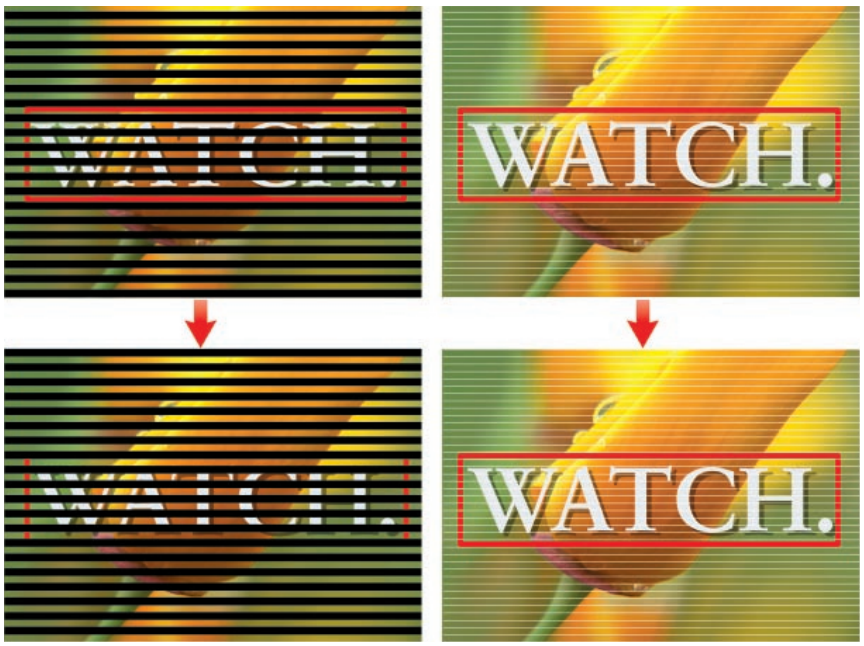
Однако не стоит забывать, что даже техническая готовность телевизора не гарантирует прием цифрового сигнала. При аналоговом телевещании у границ зоны приема можно настроить искаженное различными помехами изображение. Цифровое ТВ в этом отношении жестче: либо картинка есть, либо ее нет. Кроме того, в отличие от модулируемых радиоволн аналогового вещания, обновляющих изображение 30 раз в секунду (в Европе и России — 25 раз в секунду. — *Прим. пер.*), цифровой сигнал использует полосу частот экономичнее, передавая только задающий кадр и его изменения, что позволяет втиснуть до шести цифровых каналов стандартной четкости или канал ТВЧ в 6-МГц полосу, выделяемую для одного аналогового ТВ-канала. Именно поэтому даже кратковременная потеря сигнала может заморозить последний полученный задающий кадр, исказить отображаемую на экране телеприемника картинку или привести к потере изображения. Такое может произойти даже с абонентами, живущими в городах недалеко от передающих станций. Там из-за отражений от зданий на приемник поступает множество версий одного и того же сигнала. Однако многолучевые отражения — проблема, актуальная лишь для 15% американских семей, не пользующихся кабельным или спутниковым телевидением.

В США используется стандарт передачи *8-VSB* (на 8-уровневой подавленной боковой полосе), более чувствительный к шумам сигнала, чем европейский стандарт *COFDM* (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing* — кодовое уплотнение с ортогональным разделением частотных каналов).

В результате увеличения мощности процессоров современные приемники справляются с проблемой шумов лучше, чем устройства, созданные на заре цифрового телевидения.

Черезстрочная развертка

Последовательная развертка



Форматы *DTV* основаны на различных принципах. В спецификации, соответствующей формату 1080i (*слева*), предусматривается 1080 строк растра с черезстрочной разверткой (передачей сначала всех четных строк каждого кадра, а затем всех нечетных), а в формате *720p* — 720 строк растра с последовательной разверткой (т.е. с последовательной передачей всех строк кадра)

Двухрежимное вещание

До 17 февраля 2009 г. каждая телевизионная станция будет одновременно распространять аналоговые и цифровые сигналы в двух 6-МГц полосах. Выделенные федеральным правительством цифровые частоты позволяют компаниям передавать несколько программ в одно и то же время. При этом телевизионная станция может предоставить всю 6-МГц полосу под *HTDV*, а может проводить несколько программ стандартной четкости. По мнению Национальной ассоциации телевидения, возможен и третий вариант, когда один канал стандартной четкости транслируется круглосуточно, не ухудшая при этом качества передачи канала высокого разрешения *HTDV*.

Абоненты, принимающие телевизионный сигнал по кабелю, вряд ли избавятся от аналогового сигнала и после 2009 г. Дело в том, что из-за увеличения спроса на *HDTV* операторам кабельного и спутникового телевидения не хватает диапазона занимаемых ими полос частот для обслуживания всех желающих. При этом операторы кабельных сетей хотели бы перейти на цифровое вещание, поскольку телезрители предпочитают видеть на своих экранах четкое и яркое изображение.

Кабельные системы занимают полосу частот шириной 750 МГц.

Идея перевода США на цифровое ТВ родилась в 1980-х гг., когда в Японии на базе системы аналогового вещания появилось телевидение высокой четкости

ОБ АВТОРЕ

Майкл Антонофф (Michael Anonoff) более 20 лет пишет статьи для таких журналов, как *Video*, *Sound & Vision* и *Popular Science*.

SLIM FILMS

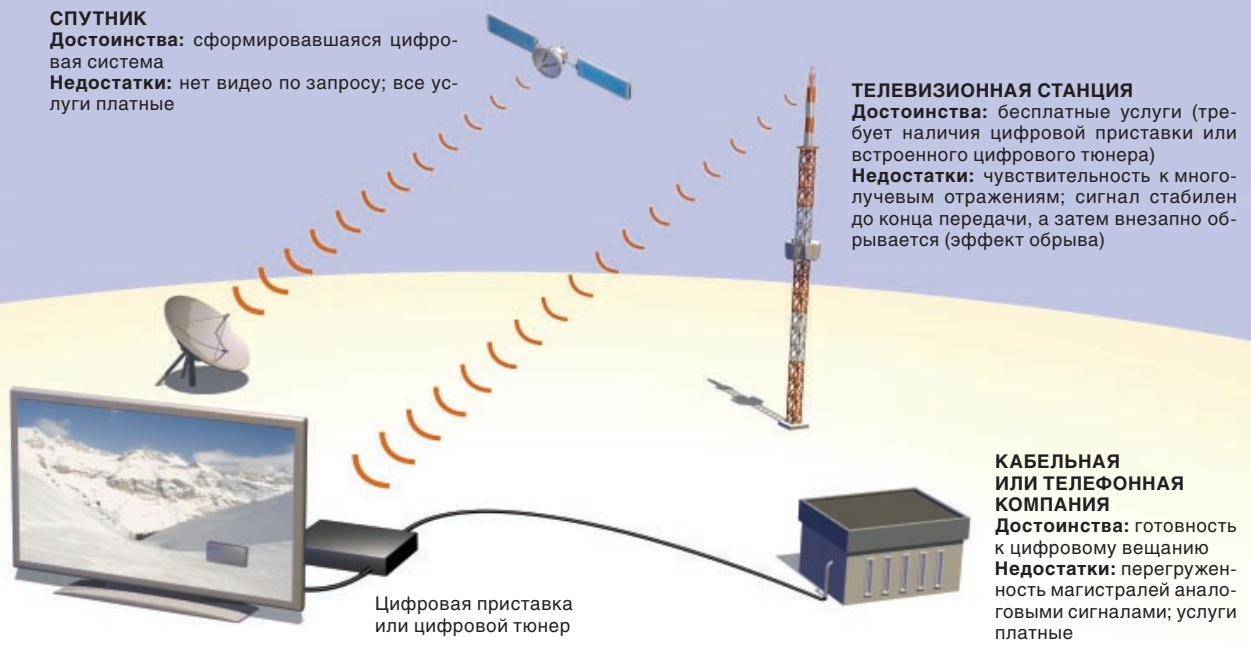
За место в выделенном частотном диапазоне борются сотни телеканалов, а также видео по запросу (*video-on-demand*), телефонные услуги, широкополосный доступ к Интернету и т.д. Однако даже телекомпании, лидирующие на рынке кабельного ТВ, предлагают пользователям до 10 каналов *HDTV*. По данным организации, занимающейся опытно-конструкторскими разработками в кабельной ТВ-отрасли *CableLabs*, это происходит из-за того, что аналоговые ТВ-каналы используют до 550 МГц полосы частот коаксиальных кабелей, входящих в дома. Освободить место, занимаемое аналоговыми частотами, мешают старые телевизоры с аналоговыми тюнерами, оставшиеся у многих абонентов. Следовательно, кабельным компаниям необходимо или предоставить каждому телезрителю приставку, преобразующую аналоговый сигнал в цифровой, или ждать до тех пор, когда большинство пользователей заменит свои старые аналоговые системы.

В отличие от кабельных фирм, компании, специализирующиеся на спутниковом телевещании, работают на все страну и эффективно используют технологии цифрового вещания

Однако распределять выделенный частотный спектр между каналами можно экономичнее, применяя коммутируемое вещание (или коммутируемое цифровое видео). Оптоволоконная магистраль с практически неограниченной способностью пропускания доводится до узла, где происходит ее разветвление на коаксиальные 750 МГц-кабели, обслуживающие от 300 до 500 домов. Обычные распределительные системы транслируют все каналы в каждый дом, невзирая на то, что большинство из передаваемых передач никто не смотрит. Новая распределительная система позволяет передавать только те каналы, которые запрашиваются в данный момент цифровыми тюнерами, подключенными к узлу. Отрасль кабельного телевидения заинтересовалась оптоволоконно-коаксиальной системой, что было связано с ростом конкуренции, вызванным тем, что телефонные компании *Verizon* и *AT&T* в некоторых селениях стали протягивать к домам оптоволоконные линии. Ожидается, что в ближайшие несколько лет у гораздо большего количества абонентов появится возможность получать телевизионные услуги от обслуживающих их телефонных компаний.

ЦИФРОВОЕ ВЕЩАНИЕ

Цифровые сигналы обычно поступают на домашние телеприемники со спутника, от телевизионной станции или по кабелю. В последнее время телефонные компании также предлагают телевизионные услуги



GEORGE RETSECK

В отличие от кабельных фирм, компании, специализирующиеся на спутниковом телевещании *DBS* (*Direct Broadcast Satellite*), такие как *DirecTV* и *DISH Network*, работают на все страну и эффективно используют технологии цифрового вещания. Пользователь, подключенный к *DBS*, использует внешний тюнер-декодер для приема спутниковых каналов, тем самым «обходя» тюнер телевизора. Однако с глобальным распространением спутниковых каналов, ростом числа *HDTV*-подразделений и количества получаемых абонентами через спутники местных программ у *DBS*-компаний возникли ограничения на полосу пропускания.

Операторы решают эту проблему тремя способами. Во-первых, они увеличивают число спутников. В результате пользователям, имеющим старое оборудование, но желающим принимать передающиеся каналы, придется добавить новые антенные тарелки или приобрести антенны с эллиптическими зеркалами, способные принимать сигналы из нескольких точек. Во-вторых, операторы начинают более эффективно применять направленные лучи, позволяющие не распределять поток одной и той же информации на весь континент, а целенаправленно транслировать отдельные каналы в разные города. В-третьих, спутниковые системы переходят со стандарта *MPEG2* на позволяющий передавать почти вдвое больше каналов формат *MPEG4*. Сжатие по новой системе эффективнее, поскольку оно позволяет разделять различные объекты одного и того же изображения, разнящиеся по степени пространственной детализации, на разные уровни. В результате сохраняется максимальное разрешение для деталей переднего плана (например, игроки на футбольном поле), а изображение менее важных объектов обновляется с меньшей частотой (например, болельщики). Принцип сжатия, на котором основан стандарт *MPEG4*, подобен применяемому в системе *MP3* перцепционному методу кодирования, где ради экономии числа битов и уменьшения потребной полосы пропускания отсекаются звуки, которые в любом случае не воспринимаются человеком. Однако для того, чтобы принимать сигнал в *MPEG4*, пользователям придется заменить свои декодирующие приставки новыми.

ТИПЫ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Технология	Разрешение	Формат экрана	Звук
Телевидение высокой четкости (*HDTV*)	*720p* или *1080i*	16:9	*Dolby Digital 5.1*
Телевидение повышенной четкости (*EDT*)	Не менее *480p*	16:9 или 4:3	*Dolby Digital 5.1*
Телевидение стандартной четкости (*SDTV*)	*480i* или ниже	16:9 или 4:3	*Dolby Digital 5.1*
Аналоговое телевидение	Ниже *480i*	4:3	*FM*-стерео

> Принцип сжатия, на котором основан стандарт *MPEG4*, подобен применяемому в системе *MP3* перцепционному методу кодирования

Последнее препятствие

Каким бы способом ни доставлялся сигнал пользователям, после перехода на цифровое вещание владельцы кассетных видеомагнитофонов с аналоговыми тюнерами не смогут записывать эфирные программы. Вероятнее всего, для их записи абоненты кабельных и спутниковых систем станут арендовать или приобретать приставки для приема телевидения высокой четкости со встроенными жесткими дисками. Альтернативой приставкам могут стать оборудованные «винчестерами» видеорекордеры *CableCARD* или *HDTV*-телевизоры. Если же пользователь пожелает применять для записи и просмотра интересующего его материала видеокассеты, ему понадобится домашняя цифровая видеосистема (*Digital Video Home System, DVHS*).

По заверениям сторонников *HDTV*, с прецедентами потери изображения и необходимостью приобретения новых устройств можно примириться, поскольку цифровое телевидение превосходит аналоговое по четкости изображения и предоставляемым услугам. Поэтому после февраля 2009 г. телевидение изменится и уже никогда не станет прежним. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Defining Vision: How Broadcasters Lured the Government into Inciting a Revolution in Television. Updated and expanded. Joel Brinkley. Harvest Books, 1998.

■ Сайт некоммерческого НИОКР-консорциума Cable Television Laboratories отрасли кабельного телевидения: www.cablelabs.com

■ CED Broadband Direct, ежедневная газета, посвященная широкополосным технологиям: www.cedmagazine.com

■ Countdown to DTV Transition, сайт Федеральной Комиссии по связи США: www.dtv.gov

■ Сайт журнала HDTV Magazine (технические статьи и новости): www.hdtvmagazine.com

Марк Фишетти

звуковой прожектор

Представьте себе, что вы не спеша совершаете покупки в вашем любимом супермаркете, и вдруг чей-то голос отчетливо произносит: «Мучает жажда? Купи меня». В недоумении вы останавливаетесь напротив дисплея с рекламой очередного прохладительного напитка. Перед вами никого нет, а продавцы, находящиеся неподалеку от вас, похоже, делают вид, что ничего не слышат... Вам кажется это странным, не так ли?

А вот и нет! Дело в том, что вы находитесь в самом центре звукового цилиндра. Если обычные динамики преимущественно распространяют звук во всех направлениях, подобно тому, как испускает свет лампочка, то направленный звуковой излучатель испускает концентрированный пучок волн подобно прожектору. Он состоит из ультразвуковых волн, не улавливаемых человеческим ухом, которые в результате взаимодействия с воздухом создают слышимые звуки. Описывая это взаимодействие математически, звукоинженеры могут заставить пучок ультразвуковых волн модулировать звуки голоса, музыку или любой другой звук.

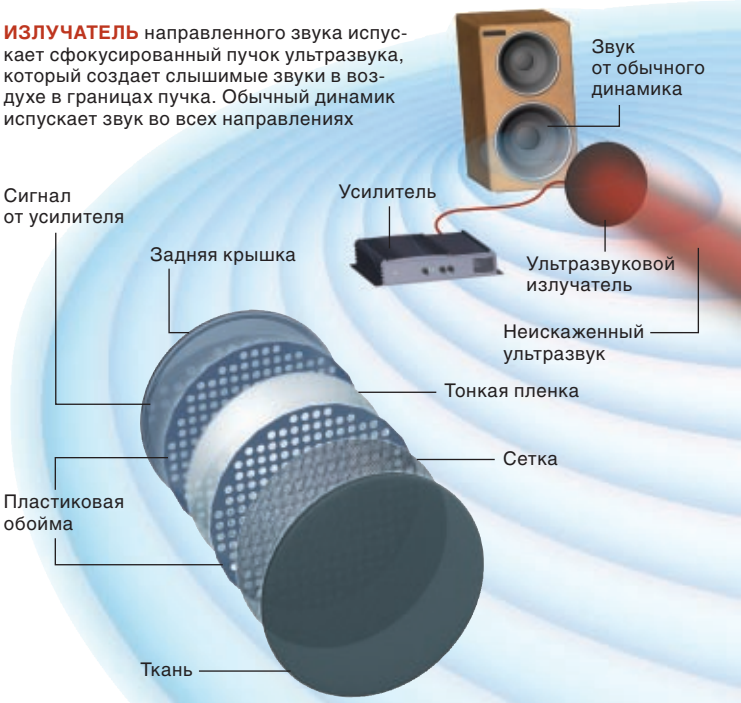
Военные специалисты и гидроакустики начиная с 1960-х гг. пытались использовать данное явление в своих целях, но в результате лишь научились создавать сильно искаженные слышимые звуковые сигналы. В 1998 г. Джозеф Помпеи (Joseph Pompei) из Массачусетского технологического института описал алгоритмы, снижающие эти искажения всего до нескольких процентов. Вслед за этим он собрал усилитель, схемы и специальные излучатели для воспроизведения ультразвуковых сигналов, создающих достаточно чистые звуки в слышимом диапозоне, и приобрел права на использование технологии «звукового прожектора».

Сейчас акустические системы Помпеи установлены в вестибюле компании *Holosonics*, в Бостонском музее изобразительных искусств, в мировом центре Уолта Диснея в Эпкоте и в других местах. Дикторский текст слышен только тем, кто стоит непосредственно напротив экспонатов или видеоэкранов, не мешая при этом другим посетителям. Универсальные магазины пробовали запустить «звуковой прожектор» в розничную продажу.

Оригинальной системой не преминули воспользоваться автомобилестроители: они встраивали ее в салон автомобиля таким образом, чтобы каждый пассажир мог слушать музыку или смотреть фильм на отдельном дисплее, не мешая при этом сидящим рядом с ним людям.

Такие устройства могут использоваться и в доме. Так, динамик, расположенный над креслом в гостиной, позволит отцу семейства смотреть телевизор, в то время как остальные члены семьи могут спокойно читать или заниматься своими делами.

Противники новой технологии заявляют, что при определенных условиях такой же эффект может достигаться и при использовании обыкновенных наушников. К тому же они указывают на ряд недостатков, таких, например, как искажения звучания, вызванные нежелательными отражениями звуковых волн от гладких поверхностей. Но главной преградой для серийного производства данного устройства является его стоимость: от $ 600 до $1000. Прибор поступит в массовую продажу только в случае падения цен, или же покупатель сможет насладиться новым изобретением... в своем магазине.



ИЗЛУЧАТЕЛЬ направленного звука испускает сфокусированный пучок ультразвука, который создает слышимые звуки в воздухе в границах пучка. Обычный динамик испускает звук во всех направлениях

ИЗЛУЧАТЕЛЬ толщиной всего в полдюйма получает сигнал от усилителя и подает его на металло-полимерную пленку. Пленка колеблется с частотой 60 кГц или выше, создавая ультразвуковые волны

ОДНОРОДНЫЕ ультразвуковые волны (*слева*) создают в воздухе флуктуации плотности, которые искажают волны (*в центре*), заставляя их испускать слышимые звуки (*справа*)

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ...

ОТСКОК. Ультразвуковые волны не затухают, отражаясь от прочных и гладких поверхностей. Полицейские могут использовать это свойство ультразвука, направляя волну в стену дома на другом конце улицы и поджидая, когда преступники, спасаясь от звука, сами прибегут к ним в руки.

ЛЮДИ, МЫШИ, СОБАКИ... Некоторые животные могут различать ультразвуковые шумы в слышимом звуке. Ультразвук находится в частотных пределах между 40 и 80 тыс. Гц. Люди, как правило, слышат звук до 20 тыс. Гц. Собаки могут слышать звук частотой до 40 тыс. Гц, мыши — до 90 тыс. Гц, а летучие мыши, касатки и белуги — до 100 тыс. Гц и выше.

БОНУС. Кости среднего уха человека ограничивают восприятие звука 20 тыс. Гц, однако, как показали эксперименты, человек все-таки что-то ощущает, если на него направляют ультразвуковую волну. Вероятно, волна искажается при столкновении с костями черепа, и вибрации достигают внутреннего уха.

УБИЙЦА. В ноябре 2006 г. телеканал *Court TV* использовал технологию звукового прожектора в рекламной кампании нового сериала «Убийство по книге». Когда ничего не подозревающий покупатель останавливается у рекламного плаката, он вдруг слышит зловещий шепот: «Эй, ты! не поворачиваться. Ты меня слышал? Ты когда-нибудь думал об убийстве? о том, чтобы совершить хоть какое-нибудь элементарное преступление? Я — да. Я думаю об этом всегда. Мне платят за это деньги. Я автор детективов-бестселлеров...».

ПОСЕТИТЕЛИ Публичной библиотеки Нью-Йорка могут слышать звуки от расположенных над головой динамиков, если они находятся в луче «звукового прожектора». Во всем остальном помещении сохраняется тишина

5W INFOGRAPHICS (illustration); HOLOSONICS, INC. (photograph)

Филип Ям

доктор для автомобиля

Вряд ли кто-то откажется от возможности выявить неисправности автомобильного двигателя, даже не открывая капота

Когда начинает мигать световой индикатор CE («Проверьте двигатель»), это не обязательно означает, что двигатель вот-вот взорвется. Однако не следует игнорировать такие сигналы, т.к. они могут предупреждать о превышении нормы допустимых выхлопов.

Купив недавно новый автомобиль, я жаждал испробовать считывающее устройство (ридер), подобное тому, каким пользуются механики в автомастерских для диагностики неисправностей, вызывающих включение индикатора. Купленный мной за $90 прибор, созданный чуть более года назад компанией *CarMD*, считывает информацию с бортового компьютера, которым с 1 января 2006 г. оснащаются все продаваемые в США автомобили. По своим возможностям он не превосходит профессиональное диагностическое оборудование, но в доступной форме сообщает потребителю, с чем может быть связана неисправность двигателя и сколько может стоить ее устранение. Это дает вам возможность уверенно заявить автомеханику, что нужно проверить на течь выпускной коллектор, даже если вы не имеете ни малейшего представления, что это за штука.

Ограничения на вредные выбросы, введенные в 1970-х гг., побудили Общество инженеров-автомобилестроителей разработать средства стандартного мониторинга автомобильных двигателей и их выхлопных систем. В результате появилось второе поколение бортовых диагностических устройств (*OBD-II*).

По словам директора по техническому обслуживанию компании *CarMD* Кейта Андреасена (Keith Andreasen), если в автомобиле середины 1990-х гг. выпуска могло быть от 13 до 15 датчиков, то в самых современных автомобилях их тысячи. Они ведут учет выбросов, неисправностей. Например, если датчик обнаружит выход паров из-под прокладки в топливной системе, он передаст полученные сведения бортовому компьютеру автомобиля, который сохранит информацию и включит световой индикатор *CE*. Неисправностям присваиваются диагностические коды, большинство из которых начинается с буквы *P*, что означает неполадки в двигателе и трансмиссии (*power train*). С буквы *B* начинаются коды неисправностей кузова (*body*), с *C* — шасси (*chassis*) и т.д. В бортовых диагностических устройствах *OBD-II* предусмотрено несколько сотен кодов, поэтому считывающая их аппаратура становится незаменимым помощником как для профессионалов, так и для «воскресных автомехаников».

Для соединения с бортовым компьютером автомобиля карманный считыватель подключается к 16-контактному коммуникационному разъему автомобиля, напоминающему параллельный порт. Правда, чтобы отыскать нужный разъем в своем новом автомобиле *Mini Cooper S* 2006 г. выпуска, мне пришлось воспользоваться Интернетом. Разъем оказался спрятан под приборным щитком слева от рулевой колонки. К счастью, моя жена не поленилась взять карманный фонарик и заглянуть в нишу, где и обнаружила пластмассовую откидную крышку с выбитой на ней надписью *OBD*.

После подключения считывателя и поворота ключа зажигания устройство начинает обмен информацией с автомобильным компьютером. После того, как раздались четыре предупреждающих сигнала, я посмотрел на экран своего «автомобильного доктора» и увидел, что горит зеленый индикатор — т.е. все в порядке. Я бы очень удивился, если бы что-то на самом деле вышло из строя:

Считывающее устройство компании *CarMD* подключается к бортовому компьютеру автомобиля для выяснения причин, вызвавших включение светового индикатора *CE* («Проверьте двигатель»). При этом оно дает оценку стоимости предполагаемого ремонта

JOHN FRASER

ведь моей машине было всего шесть месяцев. Подключив считыватель с помощью *USB*-кабеля (без поддержки операционной системы *Mac X*) к своему компьютеру с операционной системой *Windows XP*, я передал информацию на веб-сайт *CarMD*. Считывающее устройство правильно нашло идентификационный номер моего автомобиля и вывело его описание.

Однако мне нужно было проверить, как оно поведет себя, когда *CE* загорится. По данным Ассоциации послепродажного обслуживания, примерно 6% автомобилей так и бегают с включенным индикатором *CE*. Согласно статистике, хотя бы один из них должен принадлежать кому-то из 80 работников журнала *Scientific American* в Нью-Йорке. Поэтому я стал расспрашивать своих коллег по поводу проблем с их автомобилями.

Для автомобиля *Acura CL* 1999 г. выпуска, принадлежащего нашему менеджеру по сетевым проектам, считывающая система выдала код *P0401*, что означает «недостаточен расход в системе *EGR*». Причинами в этом случае, согласно веб-сайту *CarMD*, могут быть повреждение или засорение вакуумной линии клапана *EGR*, засорение каналов выпускного коллектора *EGR* и повреждение или неисправность клапана *EGR* или его электромагнита. Наиболее вероятным способам исправления неполадки, согласно *CarMD*, будет замена этого клапана и очистка портов.

Чтобы понять смысл профессиональных выражений, может потребоваться поиск в Интернете. Но для большинства людей не так уж важно знать, что аббревиатура *EGR* означает «рециркуляция выхлопных газов» (*Exhaust Gas Recirculation*) — для них гораздо важнее, в какую сумму им обойдется ремонт. С учетом географически взвешенной стоимости трудовых затрат программа оценила предстоящие расходы на ремонт в $487,7.

У выпущенного в 2003 г. автомобиля *Nissan Pathfinder* нашего главного менеджера Майка Флорека, у которого индикатор *CE* мигает уже несколько месяцев, проблема оказалась менее понятной. Компания *CarMD* сообщила, что могут происходить сбои в работе датчиков каталитического преобразователя или горячего кислорода, но не предложила никаких вариантов устранения неполадок. Однако уже через несколько недель в постоянно обновляемой базе данных появилось сообщение: «Необходима замена каталитического преобразователя». Плохой новостью стало то, что замена будет стоить $828,96. Однако опытный механик, тщательно осмотрев автомобиль, может предложить и нестандартный ремонт, при котором можно будет обойтись без замены каталитического преобразователя.

Компания *CarMD* позиционирует считывающее устройство как оружие против недобросовестных работников автосервисов и как быстрый способ определения неполадок. Менеджер по подготовке к печати нашего журнала Сильвия Де Сантис рассказала свою историю. «Включение *CE* всегда неприятно, но особенно досадно, когда у вас родовые схватки или спешная работа». К чести мужа Сильвии, он пренебрег миганием индикатора

Считывающее устройство от *CarMD* подключается к разъему информационной системы автомобиля, который в *Mini Cooper S* 2006 г. выпуска спрятан под приборным щитком слева от рулевой колонки. Оно выводит на дисплей код неисправности

и довез жену до роддома. Через несколько дней после рождения сына они показали машину механику. «После диагностики, обошедшейся в $200, нам сказали, что дело могло быть в плохо закрытой пробке бензобака», — говорит Сильвия. Это самая частая причина включения индикатора *CE*.

Я попробовал снять пробку бензобака своей машины. Естественно, после проверки считывающим устройством последовал совет проверить, плотно ли закрыта пробка бензобака, и, если нужно, заменить ее.

Идея создания компании *CarMD* родилась в 1997 г., когда Андреасен и Ион Чен (Ieon C. Chen), работавшие в компании, занимавшейся разработкой диагностического оборудования для автомобилей, решили создать удобное для потребителей средство интерпретации информации от *OBD-II*. Изготовление портативного считывателя не составило большого труда, сложнее было собрать базу данных, из которой автовладельцы могли бы черпать информацию. Поэтому Андреасен и Чен потратили несколько лет на составление списка ремонтных операций для кодов неисправностей. Теперь эта база данных составляет основной «капитал» *CarMD*.

Сегодня компания обслуживает несколько тысяч клиентов, каждый из которых может зарегистрировать до трех автомобилей. Она также создала систему телефонной связи с механиками, необходимую тем, кто попал в аварию и не может воспользоваться Интернетом.

Считывающее устройство «знает» только то, что ему сообщает бортовой компьютер автомобиля, поэтому оно может в некоторых случаях оказаться абсолютно бесполезным, например тогда, когда индикатор *CE* самопроизвольно то включается, то выключается. Поэтому надежная авторемонтная мастерская по-прежнему необходима, но связь с механиками не обязательно должна быть односторонней. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

PHILIP YAM (car interior); CARMD (handheld device)

этот чудесный подводный мир

В последнее время мы часто слышим утверждение, что Интернет вот-вот вытеснит из нашей жизни настоящие книги. Думается, это не так, что и продемонстрировал коллектив специалистов, выпустивших в свет издание с неброским названием «Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря». Книгу приятно держать в руках и, открывая наугад страницу, встречаешь очередное чудо природы во всей красе и с интересным описанием. Атлас содержит рассказы об исследователях фауны Белого моря и условиях их работы, множество карт, схем и красивых пейзажей. Все страницы украшенны нежными орнаментами пастельных тонов из морских существ странной формы. В книгу погружаешься, как в прекрасный живой мир, путешествуя в нем во времени и пространстве.

Атлас придется по душе всем, кого интересует подводная жизнь. Студенты-биологи могут использовать его на учебной практике для получения дополнительной информации о внешнем виде, образе жизни и характере питания изучаемых объектов. Любители природы и подводные туристы получат возможность по иллюстрациям и описаниям опознать морских беспозвоночных.

Фотографии, представленные в книге, собраны учеными и фотографами в результате многолетней работы при поддержке РФФИ и ГЦП «Интеграция», а также в процессе исследований трех главных научных и учебных баз Беломорья: биостанций МГУ им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургского госуниверситета и Зоологического института РАН им. О.А. Скарлато.

Татьяна Потапова

Иллюстрированный атлас беспозвоночных Белого моря (Под общ. ред. Н.Н. Марфенина). — М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 312 с.

ежемесячный научно-информационный журнал
SCIENTIFIC AMERICAN
В мире науки

Открыта подписка
по специальной цене 450 рублей

В феврале 2006 года вышел в свет сборник материалов журнала «В мире науки», посвященный космосу

www.sciam.ru
Информацию об оформлении подписки можно получить по телефонам:
105-03-72 и 727-35-30

«ОЧЕВИДНОЕ — НЕВЕРОЯТНОЕ» НА КАНАЛЕ «РОССИЯ»

С 12 февраля 2007 г. вновь выходит программа «Очевидное — невероятное», теперь на телеканале «Россия». После закрытия на канале ТВЦ одна из самых старейших и авторитетных программ отечественного телевидения возобновляется в четвертый раз.

Впервые программа «Очевидное — невероятное» вышла в эфир Центрального телевидения в 1973 г. Затем в 1997 г. программа выходила на каналах «Прометей» и РТР, а в 2002 г. перешла на канал ТВЦ, где просуществовала до лета 2006 г.

Содержание программы остается неизменным — обсуждение с крупными учеными самых интересных и актуальных проблем науки и цивилизации. Главная задача нового цикла — формирование в обществе сознательного отношения к науке как к важнейшей части культуры. Бессменный ведущий программы — профессор Сергей Петрович Капица.

ЭФИР — ПО ПОНЕДЕЛЬНИКАМ ДВА РАЗА В МЕСЯЦ В 00.35

РЕТРОСПЕКТИВА

12 ФЕВРАЛЯ
«УПРАВЛЕНИЕ КЛИМАТОМ»
Гости — Ю.А. Израэль, академик РАН, директор Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН и В.В. Клименко, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией глобальных проблем энергетики Московского энергетического института. Ученые доказали цикличность изменения климата на Земле. Сегодня мы находимся на пике потепления, после которого начнется цикл похолодания. Нужно ли регулировать климат или довериться естественному ходу событий?

26 ФЕВРАЛЯ
«БУДЕТ ЛИ ЖИЗНЬ НА МАРСЕ» ?
Гости — И.Г. Митрофанов, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института космических исследований РАН и В.И. Шематович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН. Ученые считают, что Марс — единственная точка в Солнечной системе, где есть условия для присутствия людей. Насколько реально освоение Марса? Можно ли там создать инфраструктуру? Сможет ли человечество перебраться на Марс в случае глобальной катастрофы?

5 МАРТА
«С ЧЕГО НАЧАЛОСЬ ИСКУССТВО: ОБРАЗЫ ПРОШЛОГО И НАСТОЯЩЕГО»
Гости — Е.Г. Дэвлет, доктор исторических наук, ученый секретарь Института археологии РАН, президент Сибирской ассоциации исследователей первобытного искусства и Борис Жутовский, художник, фотограф , публицист, кинематографист и путешественник. Творчество древних людей началось с наскальной живописи. Что они рисовали? В чем заключалось их удивительное мастерство? Что они хотели рассказать о себе и о своей жизни? Понятны ли нам их образы и сюжеты? Влияют ли они на современных художников? Что нового и необычного показывают последние археологические открытия?

9 АПРЕЛЯ
«ПАРАДОКСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО НЕРАВЕНСТВА»
Гости — Митрополит Смоленский и Калининградский Кирилл, руководитель Отдела внешних церковных сношений Русской православной церкви и А.Ю. Шевяков, доктор экономических наук, профессор, директор Института социально-экономических проблем народонаселения РАН. Экономическое неравенство — проблема, которую человечество не смогло решить в прошлом веке. В чем парадокс этой проблемы в нашей стране? Почему в России с ее неисчерпаемыми природными ресурсами так велика степень неравенства?

23 АПРЕЛЯ
«НЕВИДИМЫЙ МИР НАНОТЕХНОЛОГИЙ»
Гости — М.В. Ковальчук, директор Российского научного центра «Курчатовский институт», доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН и О.С. Нарайкин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная механика» Московского государственного технического университета им. Баумана. Нанотехнологии не только изменили представление человека о мире, но и создали новый наномир. Что происходит в этом микроскопическом мире? Какие проблемы человека и общества могут быть решены с помощью нанотехнологий?
Какие новейшие открытия сделаны в этой области?

МОЖНО ЛИ с помощью теоремы Байеса оценить вероятность существования Бога?

Отвечает профессор прикладной математики Колумбийского университета Крис Уиггинз (Chris Wiggins)

В XVIII в. преподобный Томас Байес (Thomas Bayes) впервые выразил вероятность любого события (при условии наступления связанного с ним события) в функции вероятности каждого из этих событий по отдельности и совместной вероятности обоих.

Рассмотрим такой пример. Пациент проходит медицинское обследование. Врач знает, что его тест надежен на 99%, т. е. для 99% больных людей положителен, а для 99% здоровых — отрицателен. Он знает также, что доля больных составляет всего 1% населения. Вопрос таков: если тест положителен, какова вероятность, что испытуемый болен? Интуитивный ответ — 99%, но правильный — 50%. Теорема Байеса связывает вероятность $p(s|+)$ того, что человек болен, если получен положительный результат, с вероятностью $p(+|s)$ получения положительного результата, если испытуемый болен, общей вероятностью $p(s)$ того, что он болен, и общей вероятностью $p(+)$ получения положительного результата (расчет последней вероятности предлагается читателю.) Согласно теореме Байеса, в этом случае $p(s|+) = p(+|s)p(s)/p(+)$.

Сегодня обсуждение религии с точки зрения науки пользуется большой популярностью (*см.: Свет истины // ВМН № 12, 2006, Конашев М. Эволюция была их божеством // ВМН, № 6, 2007*), на эту тему издается много книг. В одной из них — «Иллюзия Бога» (*The God Delusion*) — профессор Оксфордского университета Ричард Докинз (Richard Dawkins) возражает против использования теоремы Байеса для оценки вероятности существования бога (сам мотах не связывал свою теорему с этим вопросом).

Докинз не подвергает сомнению верность самой теоремы, однако считает, что численное представление человеческого опыта всегда субъективно. Оценка вероятности существования бога с помощью теоремы Байеса требует численного выражения ряда понятий (присутствия добра, зла, богооткровений и пр.) и оценки их вероятностей как при подтверждении, так и при опровержении существования бога. Необходимо выразить также априорную веру в существование бога — вероятность того, что мы признаем существование бога, не располагая для этого данными из личного опыта. Докинз отмечает, что количественная оценка таких понятий невозможна, следовательно, использование теоремы Байеса для рассматриваемой цели бессмысленно. Однако в случаях, когда необходимые данные имеются, использование теоремы лежит в основе почти всех статистических моделирований. Она служит важнейшим средством количественной оценки неопределенности.

Что такое загрязнение светом?

Отвечает генеральный директор ООО «СитиТрейдХолдинг» Марина Зинькина

Искусственный свет, рассеиваясь частицами земной атмосферы, осветляет небо. Явление, названное «поражением искусственным светом окружающей среды», наблюдается в тех случаях, когда луч прожектора направлен непосредственно на небо, а также тогда, когда происходит диффузия света из-за загрязнения атмосферы, или световой поток отражается от освещенных поверхностей. Однако теория светового загрязнения, обсуждавшаяся в последние годы, сейчас потеряла свою привлекательность, так как некоторые ее положения, например касающиеся гибельности светового загрязнения для некоторых живых организмов, не нашли научного подтверждения. Но несмотря на то, что обсуждавшиеся проблемы не носят глобального характера, они имеют прямое отношение к вопросам экономии

MATT COLLINS

и рационального использования электроэнергии.

В частности, необходимо сократить потери света, ошибочно направленного не на освещение конкретных уличных объектов, а на небо, что, возможно, и не очень существенно, но все же скажется на количестве потребляемой на Земле электроэнергии. В случае наружного освещения домов, улиц, памятников архитектуры, парков и т.д. «световое загрязнение» возникает главным образом из-за неправильного использования технического оборудования. Кроме того, нередко не учитываются цели освещения, функции и характеристики пространства, стиль зданий и сооружений, материалы, из которых они построены, окружающий пейзаж, естественное освещение, наличие светоотражающих поверхностей, технические вопросы, относящиеся к качеству и типу оборудования, а также задача внедрения энергосберегающих приборов и ламп.

Многие фирмы пытались решить эту проблему: только за последние десять лет был разработан ряд систем, препятствующих хаотичному рассеиванию света. Среди них группы уличного освещения, оснащенные симметричными и несимметричными, вертикальными и горизонтальными световыми фильтрами для различных рабочих позиций, позволяющие контролировать направление светового потока; структурные системы оптических экранов, исключающие эмиссию света вверх; многофункциональные системы с широким диапазоном асимметричных линз, распространяющих свет без заметной дисперсии.

В мировой практике уже давно используются различные конструкции уличных фонарей, у которых «прожектор» направлен не стандартным образом вниз, когда световой поток идет перпендикулярно дороге, а вверх на специальный экран, где, отражаясь, он попадает на дорогу и никуда больше. При этом проект освещения должен учитывать ширину проезжей части и тротуара, расстояние от дома до трассы, характер дорожного покрытия и т.д. Сейчас подобная практика есть и в России.

Важно отметить, что уличное освещение физически и психологически влияет не только на безопасность движения на дорогах, но и на общественное поведение: например отмечается снижение уровня преступности в хорошо освещенных и прилегающих к ним районах.

Не меньшей проблемой стало неправильное освещение внутренних помещений, т.е. на рабочем месте или дома, что приводит к физиологическому и психологическому дискомфорту и может стать причиной повышенной раздражительности и даже стресса. С другой стороны, правильно направленный искусственный свет необходимой яркости может повысить эффективность умственного процесса у людей, работающих в темное время суток, особенно в ночную смену.

Грамотно спроектированное освещение не только уменьшает количество аварийных ситуаций на дорогах, обеспечивает психологический комфорт, способствует экономии электроэнергии, но и делает наши города и внутренние помещения красивыми и уютными, выгодно подчеркивая особенности ландшафта, неповторимое своеобразие архитектурных памятников, зданий и интерьеров.

ПОЧЕМУ ВОЛОСЫ ЗНАЮТ, ЧТО ИМ НУЖНО РАСТИ?

Отвечает дерматолог из Пенсильванского университета Джордж Коцарелис (George Cotsarelis)

Срезание волос не влияет на их рост потому, что часть волоса, выступающая над поверхностью кожи, уже мертва.

Волосы на теле выросли из фолликулов, лежащих в глубине кожи. Они проходят через так называемый цикл волосяного фолликула, состоящий из трех стадий: роста (анаген), упадка (катаген) и покоя (телоген). На первой стадии быстрое размножение клеток в базе фолликула, или луковице, вызывает постоянную выработку волосяного материала, образуя волос, который выступает из поверхности кожи. (Фолликулы образуют волосы разной длины, так как находятся на стадии анагена в течение различных промежутков времени.) В конце стадии анагена клетки, формирующие волос, начинают отмирать, входя в стадию катагена. После их отмирания фолликул покоится в течение нескольких недель или месяцев, находясь на стадии телогена. За это время из его стволовых клеток формируется новый фолликул, и возобновляется стадия анагена. При этом старый волос выпадает (часто во время расчесывания), т.к. его заменяет новый. Фолликулы волос, которые «знают», что им надо расти, после того, как вы их подстригли, находятся на стадии анагена.

зарядка для ума

	Р					К		Т
	Т		К		Р			
К		О		А	Е	Р		Д
Т		Д		К		А	Р	
	Э							О
Р		М	Е		А	Т		
	А		Р		К		Е	М
						Д		
М	Д		А		О			

SCI–DOKU

ПРАВИЛА:

1) В *SCI-DOKU* правила ничем не отличаются от традиционных судоку, просто здесь цифры заменены буквами (*подробнее о головоломке см.: Делайе Ж.-П. Наука о судоку // ВМН, № 12, 2006*).

2) Задача игрока — расставить буквы в клетки квадрата 9х9 так, чтобы ни одна буква не повторялась дважды в одной строке, столбце или выделенном квадрате 3х3.

3) Не пугайтесь: все 9 букв, используемых в игре, изначально уже внесены в клетки квадрата, как минимум по одному разу каждая.

4) Если буквы будут расставлены правильно, тогда в одном из рядов или столбцов можно будет прочесть слово, служащее ответом на ключевой вопрос игры.

Удачи!

Ключевой вопрос: «имидж-лаборатория» многоклеточных — это...?

Читайте в следующем выпуске журнала:

ПЛАЗМОНИКА

Сегодня оптические волокна опутывают весь земной шар: по ним передаются световые сигналы, несущие колоссальные объемы цифровых данных. Логично предположить, что фотонные устройства, управляющие видимым светом и другими электромагнитными волнами, однажды смогут заменить электронные цепи микропроцессоров и других микросхем. К сожалению, размеры фотонных устройств ограничены дифракцией: из-за взаимодействия световых волн ширина оптического волокна не может быть меньше половины их длины. И все же недавно ученые разработали новую технику передачи оптических сигналов через наноскопические структуры

АЛКОГОЛИЗМ И ГЕНЫ: ЕСТЬ ЛИ СВЯЗЬ?

Считается, что склонность к алкоголизму имеет семейные корни. Для ученых же наследственный характер патологии означает, что какой-то генетический элемент, лежащий в ее основе, передается от поколения к поколению. Идентификация генов, влияющих на предрасположенность к хроническому алкоголизму, позволит выработать более адекватные способы лечения и поможет людям из группы риска принять осознанное решение относительно своего образа жизни

ИЗЛЕЧИМО ЛИ БЕШЕНСТВО?

Бешенство — инфекционное заболевание, преследующее человека и других млекопитающих с древних времен. Его возбудителем является вирус, который передается со слюной больного животного при укусе. Он поражает центральную нервную систему и вызывает беспокойство, утрату самоконтроля, панический страх, чрезмерное слюноотделение, болезненные спазмы мышц гортани и глотки, паралич. Выздоровление девочки-подростка из Висконсина, которую укусила летучая мышь, может указать путь к лечению этой страшной болезни

ИНТУИЦИЯ И РАЗУМ

Одной из ключевых нерешенных проблем теории эволюции стало объяснение причин перехода африканских гоминидов на прямохождение. Ученые сходятся в том, что наши предки начали ходить на двух ногах на миллионы лет раньше, чем взялись за орудия труда. Встав на задние конечности, они освободили передние для работы. Но зачем дриопитекам, спустившимся с деревьев, понадобилось выбрать столь странный способ передвижения — прямохождение, в то время как их ближайшие сородичи и по сей день не меняют своих привычек?

ХРАНИТЕ СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ в БАНКЕ

Уже сегодня гемопоэтические (кроветворные) стволовые клетки применяются при лечении многих онкогематологических заболеваний: острых и хронических лейкозов, апластической анемии, талассемии и ряда наследственных патологий. Если человечество научится управлять процессом роста и созревания стволовых клеток, то возможности клеточной терапии станут практически неограниченными

КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ»

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые Вы хотите получить, а также Ваш полный почтовый адрес.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении Сбербанка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже).
Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
- по адресу 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 22, редакция журнала «В мире науки»;
- по электронной почте distr@sciam.ru;
- по факсу 105-03-72.

Подписку можно оформить со следующего номера.

БЛАНК ЗАКАЗА ПРЕДЫДУЩИХ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.							■					
2003 г.	■	■		■						■	■	■

Цена за один номер журнала 75 руб. 00 коп.

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____Корп._____Кв._____

Телефон _____

E-mail:_____

БЛАНК ПОДПИСКИ

■ Я хочу подписаться на 6 номеров журнала «В мире науки» и плачу **540 руб. 00 коп.**

■ Я хочу подписаться на 12 номеров журнала «В мире науки» и плачу **1080 руб. 00 коп.**

Цена за один номер журнала по подписке в 2007 г. 90 руб. 00 коп.

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____Корп._____Кв._____

Телефон _____

Дата рождения _____/_____/20____

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

_____

_____

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		

Плательщик

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

_____

_____

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» на _____ номеров		

Плательщик

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ МОЖНО:

■ **по каталогам «Пресса России», подписной индекс 45724; «Роспечать», подписной индекс 81736; изданий органов НТИ, подписной индекс 69970; «Почта России», подписной индекс 16575**

■ **на Украине по каталогу подписных изданий агентства KSS, подписной индекс 69970**

■ **Все номера журналов можно купить в редакции журнала по адресу: ул. Радио, дом 22, комн. 409, тел./факс (495) 105-03-72**

■ **В ООО «Едиториал УРСС» по адресу: проспект 60-летия Октября, д. 9, оф. 203, тел./факс (495) 135-42-16.**

■ **В книжных магазинах научного центра «ФИЗМАТКНИГА» (тел. 409-93-28): г. Долгопрудный, новый корпус МФТИ; г. Зеленоград, МИЭТ, 4-й корпус**

■ **В интернет-магазинах: www.ozon.ru, www.setbook.ru, www.urss.ru.**