

*В следующем номере:*



КАК ОРИЕНТИРУЮТСЯ МОРСКИЕ ЧЕРЕПАХИ

ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ  
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

КВАНТОВЫЙ ХАОС

КАК КЛЕТКИ ПОГЛОЩАЮТ ГЛЮКОЗУ

АККРЕЦИОННЫЕ ДИСКИ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ  
ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

ПЛЕМЕННЫЕ ВОЙНЫ

СВЕТОВОДНАЯ СВЯЗЬ: ПЯТОЕ ПОКОЛЕНИЕ

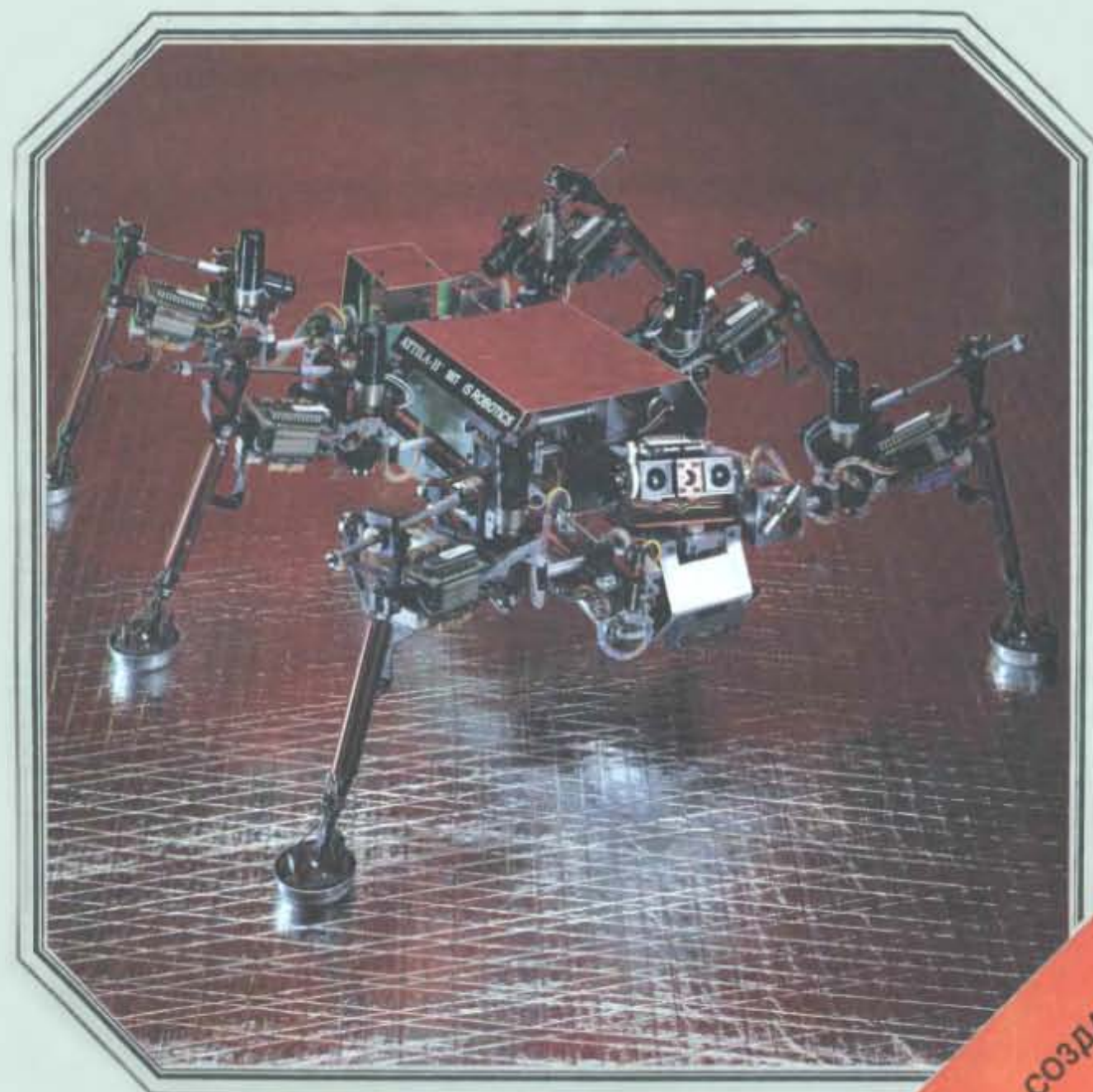
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПАРАЗИТОЛОГИИ:  
ЖИВУЩИЕ ВМЕСТЕ

ISSN 0208-0621. В МИРЕ НАУКИ. 1992 № 2. 1-92.

# В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Издание на русском языке



Февраль **2** 1992

КРЕМНИЕВЫЕ СОЗДАНИЯ



**В** 1992 г. ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ выпускает книгу Ю. М. Ципенюка «Принципы и методы ядерной физики» — 16 л. в обл. — цена 54 р.

В книге изложены основные концепции современной ядерной физики, ее инструменты и методы исследований. Подробно рассмотрены основы теории ядерных реакций, вопросы прохождения частиц через вещество и их детектирования, физические основы работы ускорителей различных типов, радиационные эффекты, вызываемые излучением. На многочисленных примерах показана плодотворность использования в других областях науки и техники таких ядерно-физических эффектов и методов как эффект Мёссбауэра, синхротронное излучение, активационный и рентгенофлуоресцентный анализ, гамма- и нейтронная радиография и др. Книга предназначена для широкого круга читателей — научных работников различных специальностей, инженеров, преподавателей, студентов и аспирантов.

Автор книги — доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института физических проблем РАН имени П. Л. Капицы, профессор Московского физико-технического института; основные научные результаты им получены в области электронных ускорителей, фотоделения тяжелых ядер, гамма-активационного анализа. Книга написана на основе лекций по квантовой физике и прикладной ядерной физике, которые автор в течение ряда лет читает студентам МФТИ.

В розничную торговлю книга не поступит, сделанные ранее заказы, оформленные через Союзкнигу, недействительны.

Для приобретения книги организациям или частным лицам необходимо перечислить указанную стоимость книги на расчетный счет издательства и направить в его адрес заказ с указанием номера платежного поручения или квитанции об оплате через сбербанк.

Реквизиты издательства: 103031 Москва, ул. Рождественка, д. 5. Редакция литературы по ядерной физике. Расчетный счет 362101 в Москворецком отделении Промстройбанка г. Москвы, индекс 113184, филиала МИБ, МФО 20113; код банка 9201137.

**ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ**

*Scientific American* · Издание на русском языке

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО · ВЫХОДИТ 12 РАЗ В ГОД · ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1983 ГОДА

МОСКВА «МИР»

**№ 2 ФЕВРАЛЬ 1992**

*В номере:*

(Scientific American, December 1991, Vol. 265, No. 6)

**СТАТЬИ**



**6 Бездомные семьи**

*Эллен Л. Бассук*

Одиноким женщинам с малолетними детьми составляют наиболее быстро растущую категорию бездомных. Приюты для бездомных могут лишь частично облегчить испытываемую такими семьями физическую и моральную опустошенность



**16 Квантовая космология и происхождение Вселенной**

*Джонатан Дж. Халлиуэлл*

Применяя квантовую теорию к Вселенной в целом, космологи надеются заглянуть в первый миг творения



**26 Стволовые клетки**

*Дейвид У. Голд*

Эти ключевые клетки порождают клеточные компоненты крови и иммунной системы человека. Выделение и модификация стволовых клеток могут привести к созданию новых методов лечения рака, иммунологических и других расстройств



**36 Зарождение верховой езды**

*Дейвид Энтони, Д.Я. Телегин, Доркас Браун*

Анализ конских зубов, найденных на территории Украины, доказывает, что человек начал ездить верхом на лошади 6000 лет назад — гораздо раньше, чем предполагалось. Появление верховой езды оказало влияние на распространение культуры и языка



#### 44 Химическое топливо от Солнца

Израэль Достровский

Используя солнечную радиацию для производства химического топлива, можно получать энергию в таких формах, которые пригодны для транспортировки и хранения. Благодаря этому удастся преодолеть недостатки подхода, основанного на превращении солнечной энергии в электрическую



#### 52 Австралийская кустарниковая индейка

Роджер С. Сеймур

Некоторые австралийские птицы строят кучи из растительного материала, которые служат инкубаторами для их яиц. Такая инкубация связана с удивительными приспособлениями яиц и птенцов



#### 60 Софи Жермен

Эми Дайан Дальмедико

Преодолевая предрассудки французского общества XIX в., она стала выдающимся математиком и добилась важных результатов в теории чисел и теории упругости



#### 68 Тенденции развития искусственного интеллекта

##### Кремниевые создания

Пол Уоллич

Исследователи пытаются создать машины, способные моделировать мыслительный процесс и самосознание человека, но пока им не удается смоделировать даже поведение мухи-поленки

#### РУБРИКИ

4 50 и 100 лет назад

5 Об авторах

15, 24, 34, 42,

50, 59, 66, 79,

85, 88 Наука и общество

82 Занимательная математика

86 Книги

90 Эссе

91 Библиография

## SCIENTIFIC AMERICAN

Jonathan Piel  
EDITOR

John J. Moeling, Jr.  
PUBLISHER

#### BOARD OF EDITORS

Alan Hall, Michelle Press  
Timothy M. Beardsley  
Elizabeth Corcoran  
Deborah Erickson  
Marguerite Holloway  
John Horgan,  
Philip Morrison (BOOK EDITOR),  
Corey S. Powell  
John Rennie, Philip E. Ross  
Ricki L. Rusting, Russell Ruthen  
Gary Stix, Paul Wallich  
Philip M. Yam

Joan Starwood  
ART DIRECTOR

Richard Sasso  
VICE-PRESIDENT  
PRODUCTION AND DISTRIBUTION

#### SCIENTIFIC AMERICAN, INC.

Claus-Gerhard Firchow  
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Dr. Pierre Gerckens  
CHAIRMAN OF THE BOARD

Gerard Piel  
CHAIRMAN EMERITUS

© 1991 by Scientific American, Inc.  
Товарный знак *Scientific American*,  
его текст и шрифтовое оформление  
являются исключительной собственностью  
Scientific American, Inc.  
и использованы здесь в соответствии  
с лицензионным договором

## В МИРЕ НАУКИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
С. П. Капица

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА  
Л. В. Шепелева

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ  
З. Е. Кожанова, О. К. Кудрявов,  
Т. А. Румянцев, А. М. Смотров,  
А. Ю. Краснопецев, А. В. Белых

ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР  
О. В. Мошкова

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР  
С. К. Аносов

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ФОТОАБОРА  
В. С. Галкин

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР  
А. В. Лыткина

КОРРЕКТОР  
Р. Л. Вибке

ОФОРМЛЕНИЕ ОБЛОЖКИ РУССКОГО ИЗДАНИЯ  
М. Г. Жуков

ШРИФТОВЫЕ РАБОТЫ  
В. В. Ефимов

АДРЕС РЕДАКЦИИ  
129820, Москва, ГСП, 1-й Рижский пер., 2  
ТЕЛЕФОН РЕДАКЦИИ  
286.2588

© перевод на русский язык  
и оформление, «Мир», 1992

#### На обложке



## КРЕМНИЕВЫЕ СОЗДАНИЯ

На фотографии изображен похожий на насекомое робот, разработанный в Массачусетском технологическом институте (МТИ); его поведение основано на реакции на окружающую среду. Две модели робота, названные Аттила и Ганнибал, исследуют помещения Лаборатории искусственного интеллекта МТИ; последующие модели, возможно, будут ориентированы на сбор информации на других планетах. Несмотря на то что создаваемые в МТИ роботы действуют почти полностью на основе рефлекса, специалисты по искусственному интеллекту ведут непримиримые споры относительно того, какой уровень знаний и способность делать умозаключения необходимы этим роботам (см. статью П. Уоллича «Кремниевые создания» на с. 68).

## Иллюстрации

ОБЛОЖКА: фотография © 1991 Dan Wagner

СТР.	АВТОРИСТОЧНИК	СТР.	АВТОРИСТОЧНИК	СТР.	АВТОРИСТОЧНИК
7	George J. Ceolla, © 1990 Meredith Corporation	37	Historical- Archaeological Experimental Centre, Lejre, Denmark	55	Patricia J. Wynne ( <i>вверху</i> ), Jason Küffer ( <i>внизу</i> )
8—10	Laurie Grace	38	Moderne Galerie des Saarland- Museums ( <i>вверху слева</i> ), Ukrainian Institute of Ar- chaeology ( <i>внизу слева</i> ), Joe Le Monnier ( <i>справа</i> )	56—57	Patricia J. Wynne
11	Jason Goltz	39	Linda Krause ( <i>вверху</i> ; <i>внизу слева</i> ), David Anthony and Dorcas Brown ( <i>фото</i> )	58	David Vleck, University of Arizona
12	Laurie Grace	40	Jason Küffer; Linda Krause ( <i>рисунки на вставке</i> )	60	Steve Murez/ Black Star
13	Jason Goltz	41	Roland and Sabrina Michaud	62	Bettmann Archive ( <i>вверху слева и справа</i> ), Springer-Verlag Archives ( <i>внизу слева</i> ), Art Resource ( <i>внизу справа</i> )
17	Anglo-Australian Telescope Board; photograph by David Malin	44	Israel Dostrovsky	63	Courtesy of The History of Science Collections, Cornell University Library; photograph by Robert Prochnow
18—19	John Pinderhughes, University of Texas at Austin; Granger Collec- tion; Denver Post; Chase Ltd Photo; Edward Santalone; David Sams; Rick Friedman/ Black Star	45	Joel Fishman/ Black Star	64	Laurie Grace
21	Jason Küffer	46—47	Laurie Grace	65	Art Resource
22—23	George Retseck	48	Joel Fishman/ Black Star	68—69	Matthew Mulbry
26—27	Tomo Narashima; David W. Golde ( <i>фото</i> )	49	Andrew Christie	70	Matthew Mulbry
28—29	Shirley Quan, University of California, Los Angeles, and David W. Golde	52—53	Darryl Jones, Griffith Universi- ty, Queensland	72	Louis Psi- hoyos/Matrix
30—32	Patricia J. Wynne; David W. Golde ( <i>фото</i> )	54	Roger S. Seymour	74	Pat Davison
33	William Hocking, U.C.L.A., Shirley Quan and David Golde ( <i>слева</i> ), Patricia J. Wynne ( <i>справа</i> )			75	Peter Yates
				76	Ian Worpole
				77	David Sams
				82—83	Andrew Christie



ДЕКАБРЬ 1941 г. «Сообщения в лондонских газетах подтверждают делавшиеся ранее предположения: для защиты своих торговых судов от нападений с воздуха англичане используют небольшие одноместные истребители «Харрикейн», взлетающие прямо с палубы судна с помощью специальной катапульты. Имея относительно небольшую дальность полета, эти истребители обладают достаточной огневой мощью для успешной борьбы с четырехмоторными немецкими бомбардировщиками «Фокке-Вульф». Чтобы успешно выполнять столь опасные задания, пилоты истребителей должны отличаться особой смелостью и проходить специальную подготовку. После того как стартовавший с помощью катапульты истребитель сбивает вражеский самолет или поражает глубинной бомбой подводную лодку, он не может сесть на палубу судна и его пилот должен сделать выбор: искать для посадки наземный аэродром, надеясь на достаточный запас топлива, или попросту «плюхнуться» в воду поближе к какому-нибудь кораблю».

«Во время первой мировой войны перед промышленностью США встал проблема, аналогичная сегодняшней. Отсутствовали учебные заведения для подготовки в достаточном количестве квалифицированных механиков. Для исправления положения был принят Закон Смита—Хьюза, предусматривавший выделение правительством средств на создание и работу школ профессионального обучения. В течение некоторого времени новая система обучения успешно развивалась, однако вскоре после окончания войны верх все же взяло академическое образование с присущим ему снобизмом. Принятые в большинстве промышленных штатов законы не позволяли преподавать в средних школах лицам, не окончившим одного из известных в стране университетов. Это означало конец существования школ профессионального обучения. С 1925 г. в американских общеобразовательных школах отсутствует обучение профессиям, требующим высокой квалификации».

«Распыление непосредственно на обожженное место сульфадиазина — одного из новых удивительных сульфаниламидных препаратов — считается наиболее эффективным на сегодняшний день методом лечения ожогов. С помощью этого нового метода в больнице Джонса Гопкинса в Балтиморе в короткое время были вылечены 114 больных, поступивших сюда с тяжелыми ожогами. Как отмечают хирурги больницы, на обожженных участках тела «заживление наступало быстрее, чем при любых других формах лечения, применявшихся ранее в этой больнице». Некоторые из хирургов считают, что с использованием сульфадиазина для лечения ожогов отпадет необходимость в пересадке кожи и пластической хирургии для удаления рубцов и исправления ожоговых деформаций».



ДЕКАБРЬ 1891 г. «Г-ну де Шаво пришла в голову мысль экспортировать воду из Мертвого моря в качестве антисептического средства для больницы. Он исходил из того, что эта вода, губительная для всех видов животных, должна оказывать такое же действие и на микробов. Однако один известный ученый, к которому он обра-

тился за консультацией, предостерег его: «Имейте в виду, вряд ли в природе существует такая жидкость, в которой какой-нибудь болезнетворный микроб не нашел бы благоприятной для себя среды». Используя в своей лаборатории чрезвычайно насыщенную солями воду из Мертвого моря, де Шаво стал проводить эксперименты по выращиванию в ней всевозможных опасных представителей мира бактерий — возбудителей дифтерии, кори, скарлатины, оспы и других заболеваний. В результате погибли все бактерии, за исключением двух разновидностей, сохранивших жизнеспособность через 48 часов пребывания в этой воде. Одна из этих бактерий напоминает по форме язык колокола, а другая — гвоздь с широкой круглой шляпкой. Речь идет о бактериях столбняка и гангрены».

«В различных районах Парижа имеется несколько закусок с автоматической выдачей горячих и холодных напитков. Вот как действует одна из них, расположенная на улице Монмартр, 32. Внешне устройство автоматической выдачи напоминает два бочонка, поставленные один на другой. Верхний бочонок скрывает в себе стеклянную емкость с напитком. В нижнем бочонке расположен механизм. Усилие, развиваемое брошенной через щель и упавшей на специальный поддон монетой, приводит в действие механизм, который открывает кран».



Автоматическая выдача напитков

«Вопрос: предположим, что человек упал за борт судна и утонул посреди океана на участке с большими глубинами; достигнет ли он дна или остановится на определенной глубине, где увеличивающаяся плотность воды не позволит ему опуститься ниже? Ответ: есть все основания полагать, что любое тонущее тело достигает дна. Это подтверждается такими общеизвестными фактами, как то, что на дне глу-

боководных морей обитают рыбы, что вода практически несжимаема, что органические тела по сжимаемости соответствуют воде или чуть превосходят ее».

«Знаменитый бактериолог проф. Роберт Кох с большим успехом использует фотографию для выявления мельчайших деталей органических и

неорганических тел. Негативную фотопластинку он сравнивает с человеческим глазом, не ослепленным долгим обследованием окулиста. «На негативе, — говорит проф. Кох, — часто видны такие крохотные тела и детали, которые впоследствии обнаруживаются на объекте изучения лишь под микроскопом в результате долгих наблюдений в самых благоприятных условиях».

## Об авторах

Ellen L. Bassuk "Homeless Families" (ЭЛЛЕН Л. БАССУК «Бездомные семьи») — президент Фонда создания лучших домов, некоммерческой организации по оказанию помощи бездомным семьям, и адъюнкт-профессор психиатрии в Гарвардской медицинской школе. Провела обширное клиническое исследование в области экстренной психиатрической помощи, психических заболеваний и по изучению жизни бездомных; впервые исследовала влияние бездомной жизни на детей. Бассук являлась членом созданной при конгрессе США комиссии Медицинского института по положению бездомных, здравоохранению и потребностям человека. Получила степень бакалавра в Брандеевском университете и звание доктора медицины в Тафтском университете.

Jonathan J. Halliwell "Quantum Cosmology and the Creation of the Universe" (ДЖОНАТАН ДЖ. ХАЛЛИУЭЛЛ «Квантовая космология и происхождение Вселенной») — научный сотрудник в Центре теоретической физики Массачусетского технологического института. Бывший студент С. Хокинга, степень доктора философии получил в Кембриджском университете в 1986 г. Халлиуэлл работает также в Крайст-Колледже в Кембридже и Институте теоретической физики Калифорнийского университета в Санта-Барбаре. Его исследования посвящены квантовой космологии и квантовой гравитации.

David W. Golde "The Stem Cell" (ДЕЙВИД У. ГОЛД «Стволовые клетки») — пионер в изучении развития нормальных и злокачественных клеток крови; вел также обширные исследования факторов регуляции клеточного роста. Получил степень доктора

медицины в Университете Макгилла в 1966 г. Пополнил свои знания в области терапии, гематологии и онкологии в Калифорнийском университете в Сан-Франциско и Национальных институтах здоровья. На протяжении последних десяти лет занимал ряд постов в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Недавно возглавил отделение гематологической онкологии в Онкологическом центре им. Слоана—Кеттеринга в Нью-Йорке. Увлекается подводным плаванием, рыбной ловлей и верховой ездой.

David Anthony, Dimitri Y. Telegin, Dorcas Brown "The Origin of Horseback Riding" (ДЕЙВИД ЭНТОНИ, ДМИТРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ ТЕЛЕГИН, ДОРКАС БРАУН «Зарождение верховой езды») изучают доисторическую культуру Восточной Европы. Энтони — профессор антропологии в Хартвик-Колледже в Онеонте (шт. Нью-Йорк). Его жена Доркас Браун принимала участие в полевых исследованиях. В Хартвик-Колледже она проводила изучение повреждений зубов, причиненных удилами. Телегин — старший научный сотрудник Института археологии АН Украины в Киеве, авторитетный специалист по неолиту и эпохе меди. За последние сорок лет им было осуществлено множество раскопок.

Israel Dostrovsky "Chemical Fuels from the Sun" (ИЗРАЭЛЬ ДОСТРОВСКИЙ «Химическое топливо от Солнца») вырос в Иерусалиме. Там же получил начальное и среднее образование. Затем учился в Университетском колледже в Лондоне, где ему в 1943 г. была присуждена степень доктора философии в области физической химии. До 1948 г. преподавал химию в Уни-

верситетском колледже Северного Уэльса, а затем перешел в создававшийся в то время Вейцманновский научно-исследовательский институт в Реховоте (Израиль), где основал отделение изотопов. С 1971 г. по 1975 г. был вице-президентом и президентом этого института, а с 1980 по 1990 г. — директором Центра энергетических исследований. Кроме того, занимал должности директора Национального научного совета Израиля и Комиссии по атомной энергии.

Roger S. Seymour "The Brush Turkey" (РОДЖЕР С. СЕЙМУР «Австралийская кустарниковая индейка») — старший преподаватель в Аделаидском университете. В 1972 г. получив степень доктора философии в области зоологии в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, Сеймур приехал в Австралию и взялся за изучение физиологии дыхательной и сердечно-сосудистой систем животных, чем и занимается по сей день. Объектами его исследований были морские змеи, крокодилы, а также лягушки, размножающиеся на суше, и птицы, возводящие «инкубаторы» для яиц. В 1991 г. в апрельском номере журнала «В мире науки» была опубликована статья Сеймура, написанная им совместно с П. Рисмиллер, о размножении представителей яйцекладущих млекопитающих — ехидны.

Amy Dahan Dalmédico "Sophie Germain" (ЭМИ ДАЙАН ДАЛЬМЕДИКО «Софи Жермен») — сотрудник Национального центра научных исследований и преподаватель высшей Политехнической школы во Франции. Публикуемая статья была переведена и адаптирована из французского издания "Scientific American" — журнала "Pour la Science".

# Бездомные семьи

*Одиноким женщинам с малолетними детьми составляют наиболее быстрорастущую категорию бездомных. Приюты для бездомных могут лишь частично облегчить испытываемую такими семьями физическую и моральную опустошенность*

ЭЛЛЕН Л. БАССУК

**МАРТА** 26 ЛЕТ, и она живет в приюте вместе со своей дочерью Сарой и сыном Матью. Несмотря на то что у Марты были плохие отношения с отцом, который ее часто бил, она с отличием закончила в свое время среднюю школу и затем 3 года проучилась в колледже. Вскоре после того как Марта вышла замуж, ее муж получил срок тюремного заключения за совершенную им кражу. После его освобождения в семье часто стали вспыхивать ссоры и шумные скандалы, из-за чего в течение 3 лет Марта 15 раз уходила от мужа. Сейчас Марта замкнулась в себе и не желает уже ни к кому обращаться для получения работы или жилья. Она говорит, что испытывает глубокое и постоянное чувство стыда, особенно по поводу своих почерневших, изъеденных кариесом зубов — результат того, что уже много лет она вынуждена обходиться без помощи стоматолога.

Ее пятимесячная дочь Сара выглядит слабым и апатичным ребенком. Она не может удержать предложенную ей пищу, не играет с погремушкой, редко подает голос и улыбается. Брат Сары Матью, которому год и три месяца и которому пришлось за свою короткую жизнь уже семь раз переезжать с места на место, выглядит болезненно застенчивым. После того как он попал в этот приют, он перестал произносить те несколько слов, которые прежде знал, стал отказываться от пищи и плохо спать.

Марта, Сара и Матью — с которыми мне и моим коллегам из Гарвардской медицинской школы довелось встретиться во время нашего исследования — относятся к наиболее быстрорастущей категории бездомных; эту категорию составляют семьи, в которых глава семьи — женщина. Такие семьи составляют сегодня в США примерно 34% от общей численности бездомных, тог-

да как в 1985 г. этот показатель равнялся лишь 27%. Каждый день от 61 до 100 тыс. бездомных детей в стране находят укрытие на ночь в приютах, благотворительных гостиницах, заброшенных домах и автомобилях. Некоторые из них проводят ночь под открытым небом, подвергаясь всевозможным опасностям на улице.

Такое положение влечет за собой самые тяжелые последствия. В решающий период жизни, когда происходит формирование личности, бездомные дети оказываются лишены самых элементарных вещей, необходимых для их нормального развития. Все это отражается на их здоровье, эмоциональном состоянии, поведении и уровне развития и может отрицательно повлиять на всю их дальнейшую жизнь. Матери этих детей — зачастую сами ставшие жертвами обстоятельств — иногда уже не имеют возможности вновь стать полноценными членами общества.

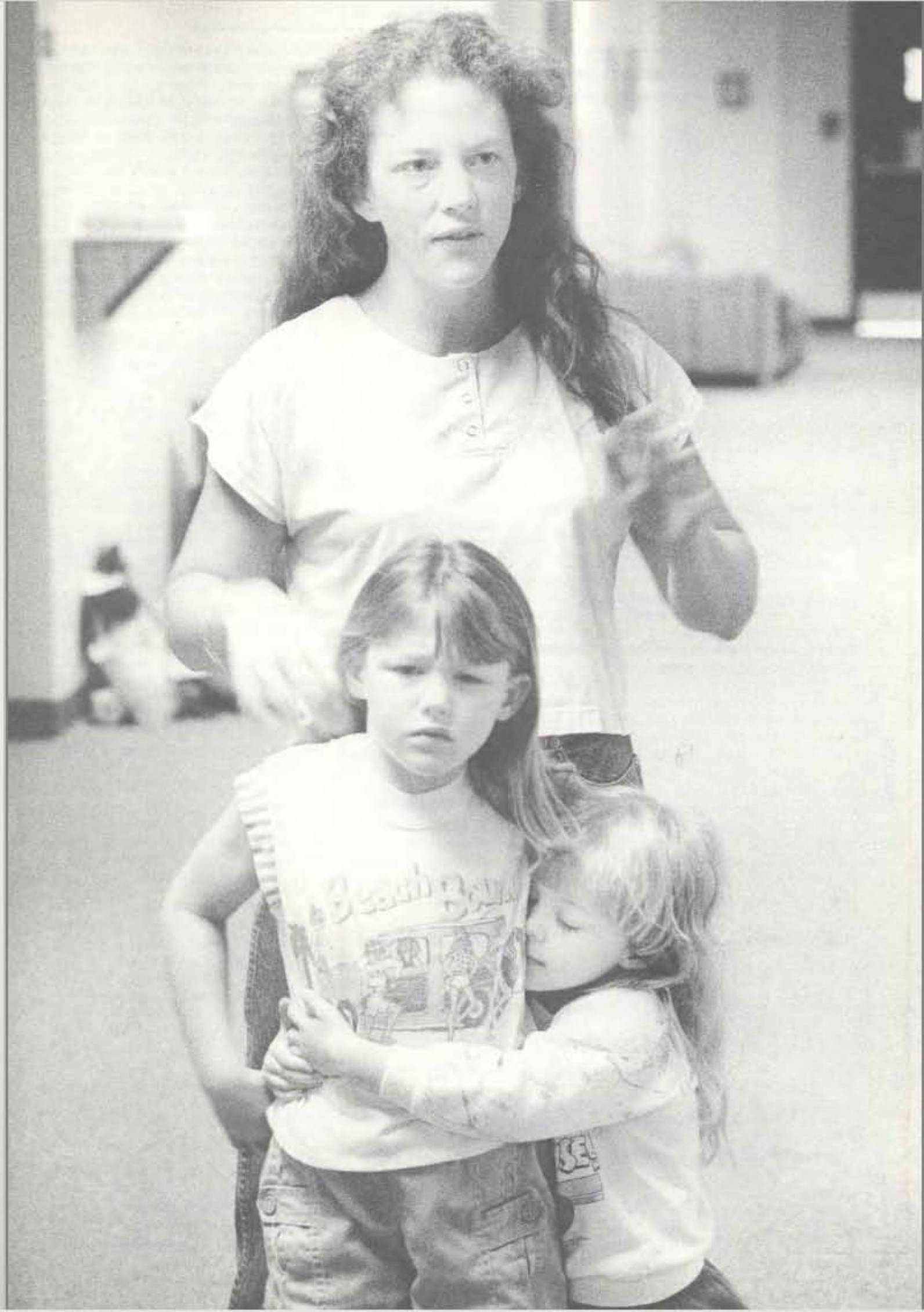
Результаты исследований, проведенных мной и моими коллегами, показывают, что проблема «бездомности» не сводится лишь к отсутствию жилья. Ведь дом — это не просто крыша над головой, но также и связь с людьми, оказывающими человеку поддержку, включая семью, друзей и различные организации, разделяющие общие ценности и цели, например церковь и разного рода социальные службы. Помимо потери места жительства переход в категорию бездомных означает разрыв общественных и семейных связей.

Изучение тяжелого положения бездомных матерей и их детей помогает глубже понять далеко идущие последствия этого явления для общества. Анализ многих причин бездомности дает возможность выработать долговременные меры по оказанию реальной помощи бездомным семьям.

**ИМЕЕТСЯ** множество причин, по которым семьи оказываются в положении бездомных, и все эти причины в равной степени применимы и к бездомным матерям с детьми, и к одиноким бездомным взрослым, и к сбежавшим из дома подросткам. Происходившие в последнее десятилетие в США сокращения выплат различных видов пособий в сочетании с резким ограничением строительства жилья для малообеспеченных поставили под угрозу стабильность положения всех американцев с низкими и фиксированными доходами, привели к тому, что многие из них попросту оказались на улице. Хотя общее количество бездомных в стране остается неизвестным, специалисты единодушны в том, что их число продолжает расти. Согласно отчету организации «Общество по защите бездомных», в период с 1988 по 1989 г. количество бездомных в стране увеличилось на 18%. Приводимые оценки числа бездомных в США резко различаются и колеблются — в зависимости от источника и программы исследования — от 250 тыс. до 3 млн. человек.

Как это ни покажется странным, увеличение размеров пособий по социальному обеспечению как в реальных суммах в долларах, так и в виде процентов от валового национального продукта, не облегчили положения неимущих в 80-е гг. В частности, средства, потраченные на социальное обеспечение в этот период, оказали осязаемую помощь только лишь престарелым американцам. Незначительным был эффект и от

**ЭТА МАТЬ С ДЕТЬМИ** живет в приюте для бездомных семей. Такие возглавляемые женщиной семьи составляют сегодня 34% от общей численности бездомных, и их количество растет. В США от 61,5 до 100 тыс. детей не имеют своего жилья.



## Жилищный кризис

## Финансирование правительством жилищных программ



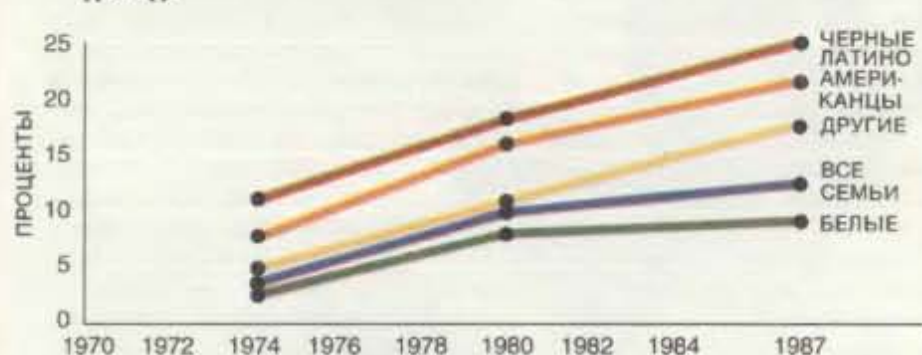
ИСТОЧНИКИ: Национальная коалиция в защиту бездомных, Фонд защиты детей

## Квартиросъемщики с низким доходом и дешевые квартиры



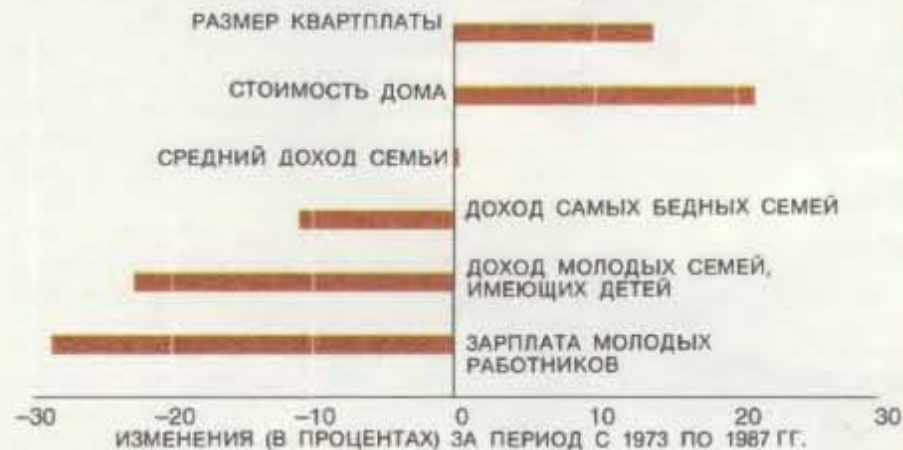
ИСТОЧНИКИ: Центр приоритетов в бюджете и политике, Фонд защиты детей

## Семьи, расходующие на жилье более 50% своего дохода



ИСТОЧНИКИ: Центр по изучению рынка труда, Фонд защиты детей

## Изменения в размере доходов и квартплаты



ИСТОЧНИК: Фонд защиты детей

осуществления таких программ вспомоществования, как «Программа помощи семьям с детьми» (ППСД). Хотя этот вид пособия получает большинство бездомных семей, их средства оказываются намного ниже федерального уровня доходов для бедных, составившего в 1990 г. для семьи из четырех человек 13 359 долл. На максимальную сумму, выплачиваемую по ППСД семье из 3-х человек — даже если прибавить сюда стоимость выдаваемых им продовольственных талонов — можно было в 1990 г. приобрести товаров на 26% меньше, чем в начале 70-х гг.

При сокращении размеров правительственной финансовой помощи многим нуждающимся стоимость жилья в стране стала опережать их доходы. Средняя арендная плата за несубсидируемую квартиру для малообеспеченных возросла с 255 до 360 долл. в месяц. Вместе с тем количество бедных съемщиков увеличилось с 4,5 млн. чел. в 1974 г. до 7 млн. чел. в 1987 г.

Постройка дорогих квартир и передача квартир в совместное владение еще более уменьшили количество жилья с приемлемым уровнем арендной платы. Федеральное правительство никогда не пыталось восполнить нехватку таких доступных квартир. В последние десять лет оно практически полностью прекратило финансирование программ постройки или реконструкции жилья для слоев населения с низкими и умеренными доходами. Как сообщает Майкл А. Стегман из Университета штата Северная Каролина в г. Чепл-Хилл, в период с 1980 по 1987 г. правительство сократило программы строительства общественного и субсидируемого жилья с 173 249 до 12 244 квартир.

Сокращение объема финансовой помощи и нехватка жилья в стране затрудняют положение не одних лишь одиноких матерей с детьми, однако именно эта категория наиболее уязвима. Ведь сегодня семей, в которых женщина ведет самостоятельно домашнее хозяйство, насчитывается в США больше чем когда-либо. Например, в 1979 г. таковой была одна из каждых десяти семей, по оценкам сенатора Даниеля П. Мойнихена от штата Нью-Йорк, написавшего книгу на эту тему; в 1989 г. это соотношение изменилось уже на один к пяти.

Примерно третья часть семей, возглавляемых женщинами, живет сегодня за чертой бедности, и, как показывают результаты исследования Института по проблемам урба-

низации, такие семьи менее обеспечены по сравнению с семьями престарелых граждан или инвалидов. Если в период с 1983 по 1989 г. наблюдалось некоторое сокращение общего числа неимущих, то в 1990 г. число бедняков в стране увеличилось на 2,1 млн. чел. При этом количество бедных семей, возглавляемых женщинами, продолжало неуклонно возрастать. С 1970 по 1979 г. число таких семей возросло на 25,5%, а с 1980 по 1989 г. — еще на 15%. Как сообщило недавно Бюро переписей, из 33,6 млн. неимущих в США 38% составляют дети в возрасте до 18 лет.

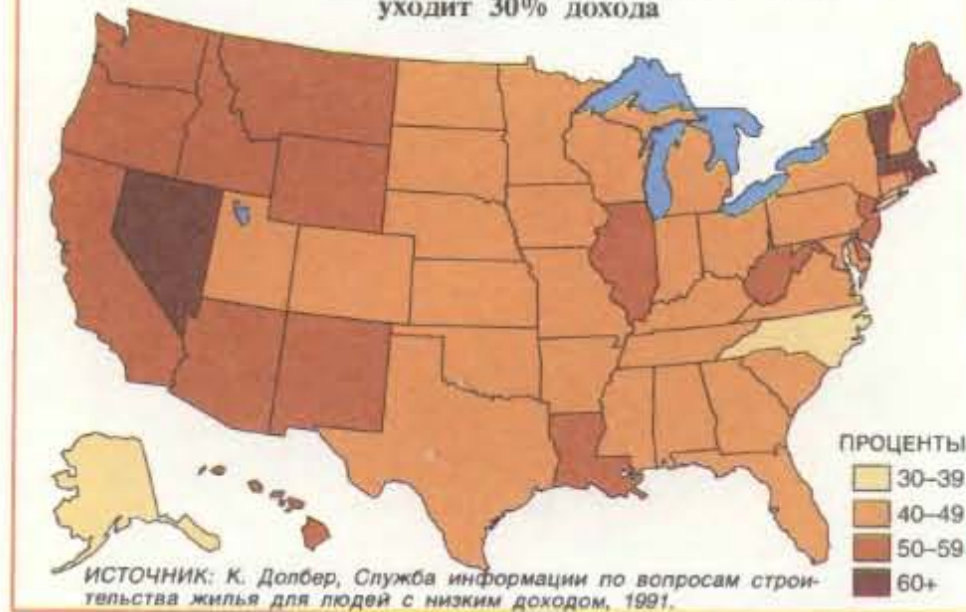
Малоимущие семьи, возглавляемые женщинами и испытывающие трудности с жильем, наиболее уязвимы в экономическом отношении. Их положение еще более усугубляется нынешней ситуацией на рынке жилья. Даже если мать занята полный рабочий день, а за ее малолетними детьми присматривает кто-то из членов семьи, квартирная плата все равно съедает значительную часть ее заработка и семейного бюджета. Поэтому любое непредвиденное сокращение доходов или увеличение расходов легко может оставить такую женщину и ее семью без жилья.

Кроме того, поскольку во многих городах имеется лишь небольшой процент пустующих квартир, а списки очередности на получение государственного жилья составлены на годы вперед, семьи с доходами, ненамного превышающими квартирную плату, часто не могут найти подходящего для себя жилья. Иногда в получении жилья таким семьям может помочь наличие финансовых поручительств, однако и в этом случае спрос на жилье превышает предложение. К тому же матери, имеющие более троих детей, считаются иногда нежелательными квартиросъемщиками.

Одними лишь экономическими трудностями нельзя объяснить, почему одна бедная семья, где глава женщина, имеет жилье, а другая такая же семья вынуждена искать пристанища в приюте для бездомных. Часть таких семей, имеющих жилье, особенно рискует оказаться бездомными. Как показывают исследования, сохранению жилья мешает отсутствие у семьи родственных связей и ресурсов в виде денежных накоплений или обеспеченного ухода за малолетними детьми.

В этом замкнутом круге острая нехватка жилья сама действует разрушающе на некоторые такие связи, служившие семье поддержкой, вносит в них разлад. Ведь потеряв соб-

## Количество семей в США, которым недоступны квартиры с двумя спальнями, на оплату которых уходит 30% дохода



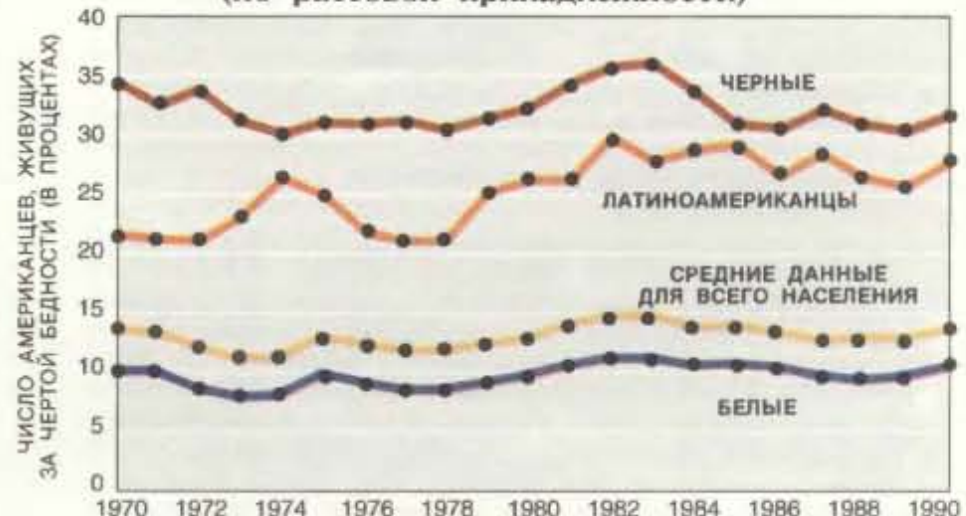
ственное жилье, некоторые семьи живут вначале у своих друзей или родственников, увеличивая стесненность и без того не слишком просторных жилых помещений. В результате такие дружеские или родственные связи постепенно ослабевают. Перед тем как окончательно оказаться на улице, большинство семей несколько раз в течение года меняют место жительства. Марта, например, прежде чем искать убежища в заброшенных домах и приютах, жила с семьей у своих родственников и друзей.

Попав в бедственное положение, многие женщины и их бездомные семьи попросту не знают, к кому следует обратиться за помощью. В 1985 г. нами проводилось изучение потребностей 80 семей и 151 ребенка, живущих в приютах для бездомных семей в штате Массачусетс. Мы

обнаружили, что большинство матерей, возглавляющих эти семьи, не были связаны ни с попечительскими организациями — такими, как патронажная служба или церковь, — ни даже со своими друзьями и родственниками.

Причины подобной изоляции могут корениться в детском периоде жизни самой матери. Изучая жизнь бездомных матерей, мы смогли выявить относительно высокую частоту далеких или совсем недавних печальных событий в их жизни, сопровождавшихся разрывом родственных связей, — таких событий, как развод, уход от мужа, болезнь, смерть родителей, насилие и др. В отчете о проведенном в Бостонском университете исследовании в этой области Лайза А. Гудмэн отмечает, что 89% бездомных матерей подвергались на каком-либо этапе своей

## Число неимущих в США (по расовой принадлежности)



ИСТОЧНИК: Бюро переписей, «Нью-Йорк Таймс»

## Бездомность и дети

## Оценки числа бездомных детей за год

ПО ВСЕЙ СТРАНЕ

НАЦИОНАЛЬНАЯ КОАЛИЦИЯ В ЗАЩИТУ БЕЗДОМНЫХ (1990)	500 000
ГЛАВНОЕ БЮДЖЕТНО-КОНТРОЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (1989)	310 000
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ США (1989)	273 000
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК (1988)	100 000
ГЛАВНОЕ БЮДЖЕТНО-КОНТРОЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (1989)	66 000
ИНСТИТУТ ПО ПРОБЛЕМАМ УРБАНИЗАЦИИ (1988)	61 500

КАЛИФОРНИЯ

ЗАПАДНЫЙ ЦЕНТР ПО ВОПРОСАМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И БЕДНОСТИ (1989)	200 000
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНЫХ СЛУЖБ США (1989)	156 000

ИСТОЧНИК: Фонд защиты детей

## Бездомность и здоровье детей



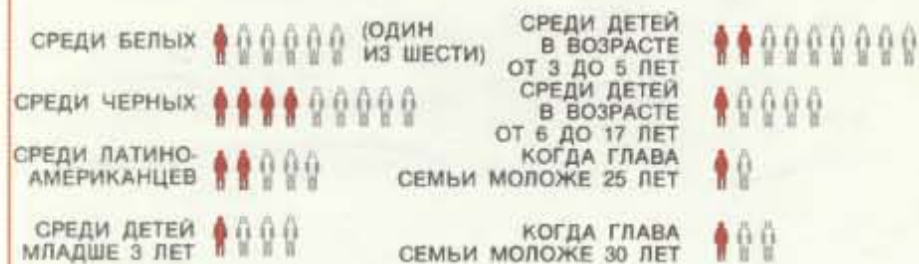
ИСТОЧНИКИ: Уенди Чавкин, Колумбийский университет, 1987; Фонд защиты детей

## Бездомность и образование



ИСТОЧНИКИ: Дейвид Вуд, Медицинский центр Седарс-Синай, Лос-Анджелес, 1989; Фонд защиты детей

## Относительное число детей немущих



ИСТОЧНИК: Фонд защиты детей, 1989

жизни физическому или половому насилию, причем 67% — в детском возрасте.

Из-за пережитых в детстве психических травм некоторые бездомные матери не только никогда в жизни не получали должной поддержки других людей, но и не научились находить и сохранять ее. Перенесенные некогда потрясения могут мешать развитию необходимых социальных навыков, ограничивая возможности личности найти работу и социальную защиту и установить прочные отношения с другими людьми.

Отсутствие у таких женщин социальных навыков может привести к тому, что все их попытки сохранить свои рабочие места окажутся безуспешными. Как показывает исследование, несмотря на то, что большинство бездомных матерей имеют неполное среднее образование, они в целом имеют ограниченный опыт практической работы, что усугубляется существующей на рынке труда дискриминацией по половой принадлежности. Работа этих женщин по найму еще не гарантирует стабильного финансового положения их семей. Даже если они работают в секторе обслуживания, где минимальная почасовая оплата составляет 4,25 долл./час, многим из них так и не удается сводить концы с концами. Трудно даже представить себе, как без профессионального обучения и соответствующего ухода за детьми они могли бы выплачивать сегодняшнюю квартирную плату или обрести экономическую самостоятельность.

Положение некоторых бездомных семей усугубляется пристрастием к спиртному или наркотикам или наличием психических заболеваний. Несмотря на небольшое число систематических эпидемиологических исследований, проводившихся в этой связи, можно сказать, что примерно 10—30% бездомных матерей злоупотребляют алкоголем и наркотиками — такими, как «крэк». Из-за этого некоторые из них оказываются неспособными воспитывать своих детей. Бездомные матери, в отличие от одиноких бездомных, реже страдают хроническими психическими заболеваниями, в частности шизофренией.

Частая беременность может быть также одной из причин, по которым женщина становится бездомной. По данным исследования, проводившегося в 1989 г. в Нью-Йорке Джеймс Р. Никман и Бет К. Вайцман из Нью-Йоркского университета, для беременных женщин, получающих

пособие ППСД, вероятность стать бездомными составляет 18%, тогда как для не беременных женщин — всего лишь 2%. Согласно данным по 17 крупным городам США, число беременных среди бездомных женщин составляет 12%, в других исследованиях эта цифра достигает 35%. Среди обычного населения число беременных женщин составляло в 1985 г. 10,8%.

Бездомные беременные женщины часто недоедают и полностью или частично лишены возможности находиться под медицинским наблюдением. Так, в докладе Управления здравоохранения г. Нью-Йорка за 1987 г. сообщалось о том, что 40% опрошенных бездомных женщин в период беременности обходились вообще без медицинского наблюдения. В результате все они подвергаются повышенному риску осложнений в этот период, включая возможность рождения детей с пониженным весом.

**ПРОБЛЕМЫ** бездомных матерей отражаются на их детях — происходит своеобразное повторение всего цикла. Распространенное среди таких женщин злоупотребление алкоголем и наркотиками угрожает здоровью их детей. В докладе Специального комитета по вопросам детей, юношества и семей за 1989 г. отмечалось, что в период с 1985 по 1988 г. в обследованных родильных домах в 3—4 раза увеличилось число новорожденных, подвергшихся воздействию наркотиков через организм матери. У некоторых из этих детей выявляются разнообразные пороки развития, умственная отсталость, долговременные нервные расстройства и отклонения в поведении.

Хотя находятся семьи, которые берут часть таких детей на воспитание, их число все равно остается большим. В одном из родильных домов в Майами в любой день насчитывается 20—30 таких младенцев: по новому закону, принятому в штате Флорида, все новорожденные, подвергшиеся воздействию наркотиков через организм матери, находятся на попечении штата.

В докладе Специального комитета указывалось на существование высокой степени зависимости между злоупотреблением спиртным и наркотиками, с одной стороны, и пренебрежением родительскими обязанностями и жестоким обращением с детьми, с другой стороны. Например, в округе Колумбия более 80% расследованных случаев жестокого обращения с детьми отмечены в се-



МОЛОДАЯ ЖЕНЩИНА, живущая на улице в Нью-Йорке. Ее ребенок пока находится у ее матери. Такие женщины легко могут стать жертвами уличной преступности.

мьях наркоманов и алкоголиков.

По сравнению со своими сверстниками из малообеспеченных семей, имеющих свое жилье, бездомные дети больше страдают от острых хронических заболеваний. У детей, живущих в приютах для бездомных, работники медико-санитарной службы часто обнаруживают последствия от недоедания, диарею, астму, повышенное содержание свинца в крови. По сведениям Фонда защиты детей, по сравнению с имеющими жилье детьми у бездомных детей в 3 раза больше вероятность остаться без профилактических прививок.

Не лучше обстоит дело с психическим состоянием бездомных детей. Об этом можно судить, ознакомив-

шись с 12-летним Робертом, который живет в приюте для бездомных в Бостоне. Во время беседы с ним он назвал свою внешность безобразной и сказал, что часто думает о самоубийстве. Твердого намерения совершить самоубийство у него нет, но, по его словам, отчаяние заставляет его думать об этом.

Роберт сказал, что ненавидит школу. Друзей там у него нет, и больше всего его беспокоит, что одноклассники могут узнать о том, что он бездомный. Он пожаловался на то, что ровесники дразнят его, а взрослые придираются. Свой приют он не любил, так же как и живущих там детей, и с грустью вспоминал о последнем доме своей семьи — ав-

топрище. Учился Роберт неважно и был оставлен в одном классе на второй год.

Во время проведения в 1985 г. нашего исследования было отмечено, что примерно у половины бездомных детей дошкольного возраста наблюдается значительное отставание психического и физического развития. При сравнении с детьми из малообеспеченных семей, имеющих свое жилье, у бездомных детей отмечалось отставание в развитии речи, двигательных способностей и координации движений, в совершенствовании индивидуальных и социальных навыков. Впоследствии это было подтверждено результатами аналогичных исследований, проводившихся в Лос-Анджелесе, Нью-Йорке, Сент-Луисе и Филадельфии.

В докладе министерства образования за 1989 г. указывалось, что занятия в американских школах регулярно не посещают 30% из 220 тыс. бездомных детей школьного возраста. По оценкам Национальной коалиции за бездомных — организации, выступающей в защиту прав бездомных американцев, — действительное число бездомных детей школьного возраста в 2—3 раза больше, причем 50% этих детей не посещают школу.

Поскольку бездомные дети часто переезжают с одного места на другое и при этом переходят из одной школы в другую, они могут стать жертвами бюрократического отношения. Из-за медленной пересылки

учебных документов их зачисление в новую школу может откладываться, из-за чего они еще более отстают в учебе. Отсутствие системы субсидирования транспортных расходов и присмотра за детьми создает для их матерей проблему, как доставлять детей в школу и затем обратно в приют.

Многие бездомные дети, посещающие занятия в школе, — такие, как Роберт, — безнадежно отстают в учебе или проявляют способности ниже среднего уровня. Проведившееся по этому вопросу исследование показало, что 30—50% бездомных детей остаются в одном классе на второй год. В школах Нью-Йорка преобладающая часть бездомных детей имела неудовлетворительные оценки по математике и чтению.

Поскольку некоторые бездомные дети отстают от своих сверстников в школе, к ним требуется особый подход. План учебно-воспитательной работы должен составляться с учетом тех проблем, которые стоят перед каждым из этих детей. Насколько позволяют условия, следует предоставлять им особые образовательные возможности. Естественно, что в государственных школах с их постоянной нехваткой средств не всегда могут найтись необходимые для этого условия. Родители бездомных детей также вряд ли в состоянии помочь им догнать в учебе одноклассников. В результате многие из таких учащихся продолжают отставать, что лишь увеличивает ве-

роятность того, что они вообще бросят школу. Хотя точные данные на этот счет неизвестны, полагают, что число бросивших школу бездомных детей намного превышает общий соответствующий показатель по стране, который составляет сейчас 28,6%.

**Х**ОТЯ ЯСНО, что легких путей в решении проблемы бездомных матерей с детьми не существует, можно сделать вывод, что политика прошлого десятилетия, направленная на ликвидацию кризиса в этой области, со всей очевидностью провалилась. Одно из направлений этой политики предполагало создание системы приютов для бездомных американцев. Бездомность ошибочно рассматривалась тогда как промежуточное положение в некоей кризисной ситуации, как временное отсутствие достаточно дешевого жилья или работы. Система приютов, создававшаяся в то время на основе этого ошибочного представления, все более приобретает сегодня законный статус. Если в 1984 г. министерство жилищного строительства и городского развития имело в своем распоряжении 1900 приютов для бездомных, то к 1988 г. таких приютов насчитывалось уже 5400, причем количество приютов для бездомных семей возросло с 21 до 40.

И все же любые подобные меры — пусть даже и более эффективные в решении сложных повседневных проблем бездомных семей — это всего лишь частичное решение вопроса. Комплексную помощь в виде предоставления жилья на более длительный срок и общего содействия в решении жилищной проблемы, в прохождении общего и профессионального обучения, охране здоровья и получении психологической помощи оказывают так называемые службы переходного периода. Подобные службы с их четкой организационной структурой во многих отношениях оказываются лучшим видом помощи бездомным семьям, переживающим кризис, а также всем тем, кто находится в особенно тяжелом положении.

Сегодня, когда существует большое число нуждающихся и в приютах для бездомных, и в службах переходного периода, складывается неблагоприятная, полчас даже парадоксальная ситуация. Поставленные перед необходимостью выбирать, сотрудники обеих служб помощи часто отворачиваются от наиболее «неблагополучных» семей бездомных, т. е. таких, где употребляют наркотики, часто возникают сканда-

лы и где есть инвалиды или умственно неполноценные. Иногда из-за отсутствия мест бездомных размещают в благотворительных гостиницах, где мало соответствующих услуг. Нередко бездомные матери в дальнейшем остаются без внимания со стороны инспекторов службы переходного периода. Встретившись с теми же проблемами, что и раньше, такие матери легко могут попасть в ту же ситуацию, что некогда уже привела их к положению бездомных. Во всех этих случаях бездомные матери и их дети, более всего нуждающиеся в помощи, часто почти не имеют возможности ее получить.

Минимальными оказались и меры федерального правительства по обеспечению жилья сверх того, чем располагают приюты и службы переходного периода и что необходимо им для оказания более широкой помощи. Новые надежды вселили принятие в 1987 г. Закона Стюарта Б. Маккинни (Закон о помощи бездомным) и выделение на помощь не имеющим жилья американцам 490,2 млн. долл. Еще 1,2 млрд. долл. было выделено на эти же цели в последующие три года. Эти деньги были израсходованы на жилищные программы для бездомных, на медико-санитарную помощь, обучение бездомных детей и профессиональную подготовку взрослых. Хотя Закон Маккинни выглядел многообещающим, выделенные средства вскоре разошлись по многим программам и не были направлены на строительство постоянного жилья и оказание долгосрочной помощи бездомным.

Так или иначе, федеральное правительство большей частью проявляет нежелание бороться с бездомностью в стране. Поэтому эту неимоверно сложную задачу предстоит решать своими силами штатам, городам и частным некоммерческим организациям. Недавно город Нью-Йорк объявил о провале планов оказания помощи бездомным семьям. Прошел год, как была разработана программа под названием «Альтернативные пути» стоимостью 25 млн. долл. С ее помощью предполагалось избежать выселения в судебном порядке 10 тыс. семей и обеспечить погашение задолженности по квартплате 32 тыс. семей. Программа провалилась из-за недостатка сотрудников и нехватки финансовых средств. Как ожидается, к июню 1992 г. в Нью-Йорке в приютах для бездомных будут жить уже 6 тыс. семей — больше, чем когда-либо в истории этого города.



МАТЬ И СЫН, стоящие перед зданием Управления людскими ресурсами в Нью-Йорке, куда они подали заявку на предоставление им жилья. Оба они живут в приюте для бездомных.

**Д**ЛЯ РЕАЛИСТИЧЕСКОГО подхода к проблемам неимущих и бездомных необходимо полностью пересмотреть проводимую государством политику в этой области. Прежде всего, граждане должны выбрать своих представителей, которые будут уполномочены направлять необходимые финансовые средства на удовлетворение первостепенных потребностей малоимущих слоев: жилье, повышение минимальной заработной платы, образование, медико-санитарная помощь, социальные службы. Это поможет и бездомным семьям, и тем, кто живет сегодня в бедности. В конце концов благодаря такому подходу многие люди не попадут в категорию бездомных.

Кроме того, следует подготовить широкие программы помощи бездомным, объединив их с планами строительства постоянного жилья. Это будет способствовать укрепле-

нию общественных связей, обеспечит бездомным семьям определенную независимость и те виды помощи, в которых они нуждаются. Примером такого подхода может служить совместная инициатива, с которой выступили в 1989 г. Фонд Роберта Вуда Джонсона и министерство жилищного строительства и городского развития. В соответствии с их программой «Бездомные семьи», каждый из девяти крупных городов США — включая такие, как Атланта, Балтимор и Денвер, — будет получать на протяжении пяти лет 600 тыс. долл., предназначенные для оказания бездомным семьям различных видов помощи. Раздел 8 этой программы предусматривает выдачу на протяжении пяти лет 1200 сертификатов стоимостью 35 млн. долл., образующих фонд содействия государственному жилищному строительству.

В каждом из этих городов бывшие

### Затраты на оказание помощи (в долларах)

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА БЕРЕМЕННОЙ ЖЕНЩИНОЙ В ТЕЧЕНИЕ 9 МЕСЯЦЕВ	600
МЕДИЦИНСКИЙ УХОД ЗА НЕДОНОШЕННЫМ РЕБЕНКОМ В ТЕЧЕНИЕ 1 ДНЯ	2 500
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПИТАНИЕМ МАЛЕНЬКОГО РЕБЕНКА В ТЕЧЕНИЕ 1 ГОДА	842
СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ (В ТЕЧЕНИЕ ОДНОГО ГОДА) РЕБЕНКА С НЕБОЛЬШИМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ В УМСТВЕННОМ РАЗВИТИИ	4 000
ВАКЦИНАЦИЯ ОТ КОРИ	8
ГОСПИТАЛИЗАЦИЯ РЕБЕНКА, ЗАБОЛЕВШЕГО КОРЬЮ	5 000
ЛЕЧЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ МАТЕРИ ОТ НАРКОМАНИИ В ТЕЧЕНИЕ 9 МЕСЯЦЕВ	5 000
МЕДИЦИНСКИЙ УХОД ЗА РЕБЕНКОМ, ПОДВЕРГНУВШИМСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ НАРКОТИКОВ, В ТЕЧЕНИЕ 20 ДНЕЙ	30 000
ПОЛОВОЕ ВОСПИТАНИЕ НА БАЗЕ ШКОЛЫ (ОДНОГО УЧЕНИКА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА)	135
ОБЩЕСТВЕННАЯ ПОМОЩЬ В ВОСПИТАНИИ РЕБЕНКА НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНЕЙ МАТЕРИ (В ТЕЧЕНИЕ 20 ЛЕТ)	50 000
ПОМОЩЬ (В ТЕЧЕНИЕ 6 МЕСЯЦЕВ), НАЦЕЛЕННАЯ НА ТО, ЧТОБЫ ДЕТИ И РОДИТЕЛИ ОСТАВАЛИСЬ ВМЕСТЕ	2 000
ВОСПИТАНИЕ ПРИЕМНОГО РЕБЕНКА В ТЕЧЕНИЕ 18 МЕСЯЦЕВ	10 000

ИСТОЧНИКИ: Государственное управление по проблемам детей, Фонд защиты детей, Министерство сельского хозяйства США. Журнал «Тайм», 1990



бездомные семьи поселяются в выделенном им жилье поблизости друг от друга и образуют своеобразную общину взаимной поддержки. Специальные инспекторы должны следить за тем, чтобы матери проходили соответствующее лечение от психических заболеваний, алкоголизма и от пристрастия к наркотикам; предусматривается также проведение тестов на СПИД. Кроме того, обеспечивается профессиональное обучение взрослых и уход за малолетними детьми. На сегодняшний день благодаря этой инициативе уже оказана помощь более 100 бездомным семьям, которые получили возможность переехать из приютов в места постоянного проживания.

Аналогичные меры планирует и Фонд создания лучших домов, одним из учредителей которого является и автор этой статьи. Со времени своего создания в 1988 г. фонд выделил 1,7 млн. долл. 55 программам по оказанию бездомным семьям самых разнообразных видов помощи, включая медицинское обследование беременных и педиатрическую помощь, обеспечение жильем, получение пособий, финансирование программ по борьбе с алкоголизмом и наркоманией, помещение детей в школы-интернаты и долговременный инспекторский контроль за прежними бездомными семьями.

Фонд сотрудничает также с другими организациями. Например, в совместном с фирмой IBM предприятии наш фонд представил программу Kidstart. По этой программе инспекторами производится оценка социального и психического развития, а также умственных способностей бездомных детей дошкольного возраста. На основании результатов этой оценки инспекторы могут содействовать участию этих детей в программе Headstart, которая ставит своей целью организацию образования способных детей и финансируется федеральным правительством. Кроме того, инспекторы дают консультации и помогают бездомным матерям в устройстве их детей в школы-интернаты. Программа Kidstart оказалась особенно эффективной, поскольку у многих бездомных детей имеются свои индивидуальные потребности и, как того требует закон, этим детям должны оказываться все необходимые виды помощи. Путем взаимодействия с государственными структурами и оказывая помощь взрослым бездомным, инспекторы могут таким образом защитить подопечных детей от наиболее тяжелых последствий их бедственного положения.

Вместо того чтобы должным образом использовать полученные новые данные, объективно отображающие положение бездомных, эти защитники и критики стали упрощенно связывать бездомность с влиянием некоторых единичных факторов. В частности, узнав о распространении среди бездомных психических заболеваний, они решили, что все эти исследования подтверждают простейшую причинную связь, тем самым оставляя без внимания окружающую этих людей обстановку крайней нищеты. Следуя этой логике, передовицы в различных газетах пришли даже к заключению, что проблема бездомных состоит вовсе не в отсутствии жилья, а в том, что всех бездомных просто следует поместить в специальные лечебные учреждения.

В основе возникшего спора лежат взгляды общества на проблемы экономического краха, слабости личности и потери трудоспособности. Традиционно сложилось так, что проблемы психологического и социального характера часто объясняются моральными изъянами личности. К страдающему психическим заболеванием или к пристрастившемуся к наркотикам редко отнесутся как к личности с определенным нарушением в состоянии здоровья или как к человеку, ставшему жертвой обстоятельств. Вместо этого бедственное состояние бездомного становится скрытым намеком на всевозможные его пороки, служит как бы подтверждением его никчемности и поводом для осуждения.

Без глубокого и многостороннего понимания причин бездомности и признания неоднородности потребностей бездомных семей мы будем лишь продолжать прежнюю практику неверных решений в этой области. Мы должны признать, что оказавшимся на улице семьям нужно нечто большее, чем просто приют. Им нужна работа, сообщество людей, поддерживающих с ними отношения, медико-санитарная помощь, уход за малолетними детьми, обучение.

Серьезные и глубокие проблемы, преследующие страну, буквально подталкивают все большее число американских семей к переходу в категорию бездомных. До тех пор, пока федеральное правительство не обеспечит необходимое жилье, социальное обеспечение и работу, наиболее незащищенные семьи будут вынуждены продолжать свою отчаянную борьбу за существование. То, что мы знаем, в каком направлении следует действовать для искоренения крайней нищеты и бездомного положения людей, и не желаем этого делать, показывает, каковы наши ценности и наши приоритеты. Спор о том, откуда берутся бездомные, от-

влек внимание от наиболее важного вопроса: собираемся ли мы позаботиться о наиболее обездоленной части нашего общества, исходя из экономических потребностей или потребностей личности, а может быть того и другого одновременно? Или мы хотим потерять еще одно поколение молодых женщин с детьми?

«Количественная оценка эффективности лечения ран — непростое дело», — отмечает Марри. Как он поясняет, состояние незаживающих ран улучшается от одного лишь помещения пациента в больничные условия, где обеспечивается элементарная медицинская обработка пораженных участков тела. Продемонстрировать ускорение этого лечебного процесса с помощью факторов роста довольно сложно. Вот почему компании по производству этих лекарственных средств предпочитают не сообщать, кому и как часто они предоставляют свою продукцию.

В настоящее время исследователи продолжают работать над тем, как лучше обеспечить присутствие этих белков в пораженных участках и как долго они должны там находиться для наилучшего лечебного эффекта. «Требуется составить достаточно вязкую смесь, которая обеспечивала бы постоянный контакт между поверхностью раны и белком, но при этом ни в коей мере не связывала бы этот белок и не ограничивала бы его выделение в рану», — говорит Алан Рассел, вице-президент по науке компании Chiron, находящейся в Эмerville (шт. Калифорния). Если ранее эта компания поставляла один из факторов роста в виде обыкновенного раствора, который легко было изготовлять, то сегодня она перешла на выпуск этого средства в виде геля.

Компании, занятые разработкой факторов роста, мечтают сегодня о приобретении средства, которое связало и ограничило бы активность их конкурентов, — например, в виде патентов на свою продукцию. К настоящему времени пока лишь одной компании Synergen удалось запатентовать основную тип фактора роста фибробластов. Эта компания из Боулдера (шт. Колорадо) в 1992 г. намерена добиваться от FDA разрешения на поставку на рынок фактора роста фибробластов.

Как предвидят некоторые исследователи, после появления на рынке различных факторов роста представится возможность использовать их в виде смесей друг с другом. Применение различных комбинаций этих смесей позволит ускорить заживление послеоперационных ран у больных с подавленной иммунной системой или у здоровых в целом людей, стремящихся сократить срок своего пребывания в больнице. Другие исследователи относятся к этой идее критически, рассматривая ее как выход за пределы необходимости и как самоуверенное противопоставление удивительной способности организма к самоизлечению.

Дебора Эрикссон

Наука и общество

### Бальзам на рану

То, что напоминает слова из душещипательной провинциальной песни, для многих людей связано с такой серьезной медицинской проблемой, как незаживляемость некоторых ран. От этого часто страдают диабетики, у которых потеря чувствительности в конечностях приводит к телесным повреждениям, с которыми их организм не в силах справиться. Не проходящие естественным путем язвения образуются и у людей, чья иммунная система подавлена лечением токсичными препаратами или в результате заболевания СПИДом, а также у прикованных к постели больных.

Если в настоящее время врачи мало что могут предложить страдающим от этого недуга, то вскоре благодаря биотехнологии можно будет ожидать появления более реальных и эффективных средств лечения. Речь идет о факторах роста — природных белках, которые в больших концентрациях образуются в организме в местах нормально протекающего процесса заживления и являются чрезвычайно перспективным средством в лечебной практике.

Все известные компании, работающие в области биотехнологии, включая Genentech, Amgen, Chiron, Synergen, California Biotechnology (Cal Bio) и ZymoGenetics, занимаются сегодня разработкой различных видов подобных лекарственных средств. Не отстают от них и такие крупные фармацевтические фирмы, как Merck, Ciba-Geigy и Bristol-Meyers Squibb.

Изучение различных факторов роста подтверждает представление исследователей о процессе заживления как о серии этапов, на каждом из которых действует свой определенный фактор. Так, функции одного из этих белков — фактора роста тромбоцитов — состоят в мобилизации клеток, которые вступают в борьбу с инфекцией и начинают тем самым процесс заживления. Другой белок, известный как фактор роста фибробластов, способствует образованию новых кровеносных сосудов для снабжения тканей питательными веществами и кислородом. Трансформирующий фактор роста  $\beta$  начинает действовать позднее, когда требуется ускорить об-

разование опорных структур для размещения клеток.

Названия факторов роста показывают, из каких тканей они были впервые получены, хотя, как сегодня известно, все эти белки в небольших количествах присутствуют почти в каждой ткани организма и могут также выполнять иные функции. Так, например, фактор роста тромбоцитов был недавно обнаружен в головном мозге, вне связи с содержащимися в крови тромбоцитами. «Названия имеют тенденцию прочно закрепляться и сохраняются, даже когда не отражают уже в полной мере сути явления», — замечает в связи с этим Хью Ньялл, вице-президент и руководитель исследовательских работ компании Genentech в Саут-Сан-Франциско (шт. Калифорния).

«Выбор наиболее эффективного фактора роста для лечения тех или иных ран определяется тем, что вы считаете отклонением от нормы в данном конкретном случае незаживления», — поясняет Юдит Эйбрахам, молекулярный биолог и главный научный руководитель компании Cal Bio, расположенной в Маунтин-Вью (шт. Калифорния). — Как только вы узнаете о конкретных функциях какого-либо фактора роста, вы начинаете подбирать, какие раны наиболее подходят для его применения». Компания, в которой работает Эйбрахам, занимается в настоящее время испытанием фактора роста фибробластов, который применяется при лечении пролежней, диабетических и венозных язв. Все эти заболевания представляют собой нарушения кровообращения на капиллярном уровне.

«На практическое применение всех этих факторов возлагаются огромные надежды, однако на пути к этому все еще имеются серьезные препятствия», — указывает Марк Марри, директор, ответственный за разработку новых технологий в ZymoGenetics — расположенном в Ситле филиале фирмы Novo-Nordisk. В том, что факторы роста открывают широкие терапевтические возможности, еще предстоит убедить и научные круги США, и чиновников Управления по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств (FDA).

# Квантовая космология и происхождение Вселенной

Применяя квантовую теорию к Вселенной в целом, космологи надеются заглянуть в первый миг творения

ДЖОНАТАН ДЖ. ХАЛЛИУЭЛЛ

ГЛЯДЯ в ясное ночное небо, многие задумываются: «Откуда это все взялось?». На протяжении многих столетий ответ на этот вопрос, над которым размышляли философы и теологи, был вне досягаемости научного исследования. И только в нашем веке, когда была разработана достаточно строгая теория, удалось с большей вероятностью заглянуть в начало зарождения Вселенной. Прозекстраполировав историю Вселенной назад во времени с помощью общей теории относительности Эйнштейна, исследователи пришли к выводу, что Вселенная возникла из отдельной невообразимо малой, плотной и горячей области. События, происшедшие после этого, включая образование вещества и его конденсацию в галактики, звезды, планеты и химические соединения, адекватно описываются в рамках стандартной космологической модели.

Однако общепринятые идеи несовершенны: они не могут объяснить и даже описать рождение Вселенной. В результате самой экстремальной экстраполяции назад во времени Вселенная уменьшается до таких размеров, что приходится привлекать другое величайшее достижение современной физики — квантовую теорию. Но этот «брак» квантовой теории с общей теорией относительности считался в лучшем случае вынужденным. Его реализация остается одной из неразрешенных проблем физики.

В последние десятилетия был достигнут некоторый прогресс в применении квантовой теории для описания Вселенной. Первые шаги в этом направлении были достаточно обнадеживающими, чтобы созданную теорию назвать квантовой космологией. Основы квантовой космологии были заложены в 60-х годах Б. Де Виттом из Техасского университета в Остине, Ч. Мизнером из Мэрилендского университета и Дж. Уилером из Принстонского университета. На основе этих исследований был намечен путь приложения квантовой теории к Вселенной в целом. Но серьезные исследования не проводились до 80-х го-

дов, когда классические космологические теории стали терпеть поражения при попытках полностью объяснить начало зарождения Вселенной.

Наибольший вклад в эти исследования внесли Дж. Хартл из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, С. Хокинг из Кембриджского университета, А. Д. Линде из Физического института им. Лебедева в Москве и А. Виленкин из Университета Тафта. Они предложили вполне определенные начальные условия, т. е. условия, которые должны были существовать в момент возникновения. Эти условия в совокупности с подходящими законами, управляющими эволюцией Вселенной, возможно, могли бы привести к полному объяснению всех космологических наблюдений, и, следовательно, могли бы дать ответы на важные вопросы, потрясающие основы стандартной космологической модели.

В ЦЕНТРЕ общепринятого сценария лежит модель горячей Вселенной (модель Большого взрыва). С тех пор как она была предложена Дж. Гамовым в 1948 г., эта идея взрывного начала успешно и неуклонно брала верх над всеми другими теориями происхождения Вселенной. Многие исследователи на протяжении прошедших десятилетий разрабатывали эту модель. В современной модели, развитой на основе общей теории относительности и нескольких фундаментальных физических законов, считается, что Вселенная возникла из чрезвычайно плотной, горячей области примерно 15 млрд. лет назад. Последовательно расширяясь, Вселенная стала большой и холодной, какой мы наблюдаем ее сегодня.

В модели горячей Вселенной делаются некоторые предсказания о современной Вселенной. Она предсказывает образование атомных ядер, относительное содержание нескольких химических элементов, а также существование и точную температуру микроволнового фонового излучения, пронизывающего Вселенную и оставшегося от ранних стадий расширения.

Это предсказание существования фонового излучения, сделанное Р. Алфером из Юнион-Колледжа и Р. Херманом из Техасского университета в Остине, было подтверждено А. Пензиасом и Р. Уилсоном из Bell Laboratories в 1964 г.

Несмотря на ряд успехов, в рамках модели горячей Вселенной не удается объяснить многие особенности Вселенной. Например, современная Вселенная состоит из огромного числа областей, которые в рамках модели горячей Вселенной никогда за всю ее историю не могли быть в причинной связи друг с другом. Эти области удаляются друг от друга с такой скоростью, что никакая информация, даже распространяющаяся со скоростью света, не могла бы преодолеть расстояние между ними. Эта «проблема горизонта» затрудняет объяснение паразитальной однородности космического фонового излучения.

Другая проблема — так называемая «проблема кривизны». В модели горячей Вселенной предсказывается, что кривизна Вселенной растет со временем. Однако наблюдения свидетельствуют о том, что геометрия пространства наблюдаемой Вселенной чрезвычайно плоская. Вселенная может иметь такую кривизну только в том случае, если в самом начале расширения она была почти плоской — с точностью  $10^{-60}$ . Многие космологи считают такое совпадение совершенно невероятным.

Возможно, наиболее важно, что модель горячей Вселенной не может в достаточной степени объяснить появление крупномасштабных образований, таких, как галактики. Ученые, и среди них Э. Харрисон из Массачусетского университета в Амхерсте и Я. Б. Зельдович из Института физиче-

СКОПЛЕНИЕ ГАЛАКТИК Abell 1060 содержит много спиральных и эллиптических объектов. В рамках классической космологии невозможно объяснить их существование, в полной мере; квантовая космология может восстановить недостающие детали.

ских проблем в Москве, в свое время предложили частичное объяснение, показав, как могли появиться такие крупномасштабные образования из малых флуктуаций плотности вещества в однородной ранней Вселенной. Но происхождение этих флуктуаций оставалось совершенно неизвестным. Их просто приняли в качестве начальных условий.

Таким образом, модель горячей Вселенной сильно зависит от начальных условий. Найти в этой модели современную Вселенную так же мало вероятно, как после землетрясения найти карандаш, сохраняющий свое положение, стоя на острие.

В 1980 г. А. Гут из Массачусетского технологического института предложил альтернативную модель. Его мо-

дель, называемая моделью раздувающейся Вселенной, напоминает модель горячей Вселенной с одним существенным отличием: в модели Гута ранняя Вселенная проходит через очень кратковременную фазу чрезвычайно быстрого расширения. Этот процесс, называемый инфляцией, должен был длиться невообразимо короткий момент — примерно  $10^{-30}$  с. За это время Вселенная с начальным размером  $10^{-28}$  см должна была претерпеть грандиозное увеличение размеров в  $10^{30}$  раз, т. е. достичь 1 м (см. статью: А. Гут, П. Стейнхард. Раздувающаяся Вселенная, «В мире науки», 1984, № 7).

В сущности фаза инфляции Гута — это кратковременный сбой в самом начале модели горячей Вселенной. Но

этого достаточно для решения многих проблем. Фаза инфляции решает проблему горизонта, поскольку наблюдаемая Вселенная рождается из области, достаточно малой для существования причинной связи. Исчезает и проблема кривизны, поскольку в результате колоссального расширения Вселенная выглядит плоской, подобно тому как выглядит плоским участок поверхности огромного баллона. Решается также и проблема флуктуаций плотности: в модели Гута предсказывается, что внезапное расширение сохраняет квантовые флуктуации, из которых могла возникнуть крупномасштабная структура.

Но почему могла произойти инфляция? Гут видит причину в существовании особой формы материи. Соглас-



## Некоторые исследователи в области современной космологии

**ЭРВИН ШРЕДИНГЕР** (1887—1961) — австрийский физик, один из основателей квантовой механики. Исходя из идеи, что вещество обладает и корпускулярными и волновыми свойствами, вывел фундаментальное уравнение, определяющее волновую функцию квантовой системы. Человек весьма разносторонний, Шредингер впоследствии занялся изучением философии и литературы западных культур и пытался применить квантовую механику для объяснения генетических структур.



**ДЖОРДЖ (ГЕОРГИЙ АНТОНОВИЧ) ГАМОВ** (1904—1968) эмигрировал из СССР в 1934 г. Внес существенный вклад в развитие многих областей физики. В 1948 г. Гамов выдвинул идею расширения Вселенной из сингулярного состояния (модель Большого взрыва) как часть теории происхождения легких элементов.



**ДЖОН А. УИЛЕР** (родился в 1911 г.). Профессор в отставке Принстонского университета. Внес значительный вклад в развитие многих теорий современной физики — от квантовой теории ядерного синтеза до теории нейтронных звезд и черных дыр. Уилер занимается также философскими аспектами квантовой механики.

**БРАЙС ДЕ ВИТТ** (родился в 1923 г.). Работает в Техасском университете в Остине. Занимается приложениями квантовой механики к космологии и гравитации. Вместе с Уилером Де Витт сформулировал в 60-х годах космологический аналог уравнения Шредингера.

но модели горячей Вселенной, пространство заполнено равномерно распределенными плазмой или пылью. В модели Гута принимается, что вещество состоит из частиц скалярного поля. С такими частицами вы не встретитесь в повседневной жизни, но они естественным образом появляются во многих теориях. Считают, что они должны преобладать в условиях чрезвычайно высоких энергий, сходных с условиями в ранней Вселенной. Согласно инфляционной модели, они ведут к созданию отрицательного давления. Гравитация превращается в силу отталкивания, поэтому и происходит инфляция. В конце фазы инфляции распад вещества скалярного поля разогрел (первоначально холодную) Вселенную до очень высокой температуры. Далее эволюция точно следует сценарию модели горячей Вселенной: Вселенная расширяется и охлаждается, а выделившееся тепло обнаруживается как реликтовое фоновое излучение.

Как упоминалось выше, наиболее важный аспект теории раздувающейся Вселенной — возможность объяснить появление флуктуаций плотности, которые послужили «зародышами» галактик и других структур. В модели раздувающейся Вселенной принимается, что, хотя скалярное поле в значительной степени однород-

но, в нем могут быть мелкомасштабные неоднородности. Согласно квантовой теории, эти неоднородности поля не могут быть точно равны нулю, а должны существовать малые квантовые флуктуации. (Таким флуктуациям подвержены все типы материи, но, как правило, их можно считать пренебрежимо малыми.) Быстрое расширение Вселенной в фазе инфляции превращает первоначально незначительные микроскопические флуктуации в макроскопические неоднородности плотности. (Значительно более медленное расширение в модели горячей Вселенной не способно привести к этому эффекту.) Детальные расчеты показали, что при некоторых предположениях относительно скалярного поля результирующие флуктуации плотности будут типа предположенных Харрисоном и Зельдовичем.

Благодаря введению фазы инфляции модель горячей Вселенной значительно совершенствуется, поскольку наблюдаемое современное состояние Вселенной соответствует гораздо более широкому и более приемлемому набору начальных условий. Тем не менее введение инфляционной фазы не освобождает наблюдаемое состояние Вселенной от предположений о начальных условиях. В частности, сама фаза инфляции зависит от ряда

предположений. Например, инфляция возможна, только если скалярное поле берет свое начало с большой, приблизительно постоянной плотностью энергии, которая эквивалентна по крайней мере кратковременно известному (или неизвестному) космологическому члену Эйнштейна. Поэтому успехи в применении инфляционной модели связаны также с некоторыми предположениями о начальных условиях.

Откуда берутся эти предположения? Очевидно, приходится задавать бесконечное число таких вопросов, подобно любопытному ребенку с его бесконечными «Почему?» Но космологи, ищущие полного объяснения, в конце концов должны спросить: «Что было до инфляционной фазы? Как возникла Вселенная?»

Для начала можно обратить внимание на расширение Вселенной назад во времени в прединфляционную эпоху. Тогда размеры Вселенной будут стремиться к нулю, а напряженность гравитационного поля и плотность энергии вещества — к бесконечности. То есть Вселенная, по-видимому, возникла из начальной сингулярности — области бесконечной кривизны и плотности энергии, в которой известные законы физики не действуют.

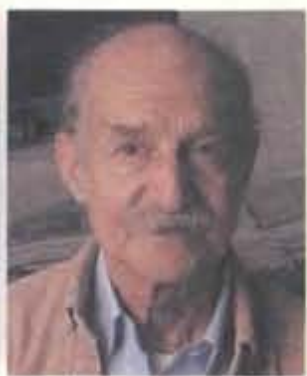
Сингулярность — это не порождение моделей. Неизбежность сингу-



**ХЬЮ ЭВЕРЕТТ III** (1930—1982), будучи студентом Уилера в Принстоне в 50-х годах, решил проблему «наблюдатель — наблюдаемое» с помощью своей идеи «множества миров», первоначально развитой в его диссертации на степень доктора философии. Впоследствии стал специалистом в области обороны и внес вклад в теорию игр и исследование операций.



**СТИВЕН У. ХОКИНГ** (родился в 1942 г.) доказал, что сингулярность — это неизбежное следствие общей теории относительности Эйнштейна. Возможно, больше известны его работы, демонстрирующие, что черные дыры вовсе не черные, а излучают энергию. Принимал участие в возрождении квантовой космологии в 80-х годах, применяя ее для того, чтобы понять, что было до Большого взрыва. Он удостоен чести занимать кресло Ньютона в Кембриджском университете.



**РАЛЬФ А. АЛФЕР** (родился в 1921 г.) — сотрудник Гамова, теперь работает в Юнион-Колледже, и **РОБЕРТ ГЕРМАН** (родился в 1914 г.) из Техасского университета в Остине в 1948 г. предсказали существование реликтового фонового излучения, когда они работали в Университете Джона Гопкинса над согласованием теорий Гамова о происхождении Вселенной и легких элементов.



лярности является следствием известных теорем о сингулярности, доказанных Хокингом и Р. Пенроузом из Оксфордского университета в 60-х годах. Эти теоремы показали, что при разумных предположениях любая модель расширяющейся Вселенной при экстраполяции назад во времени приходит в исходную сингулярность.

Из этих теорем не следует, что сингулярность будет иметь место физически. Скорее предсказывающая сингулярность теория — классическая общая теория относительности — нарушается в условиях очень сильной кривизны и должна быть заменена более общей теорией. Что же это за теория? Характер эволюции подсказывает ответ. Вблизи сингулярности пространство-время сильно искривляется, а его объем уменьшается до очень малых размеров. При таких обстоятельствах следует обратиться к теории микроскопических состояний, т. е. к квантовой теории.

**П**ОЯВЛЕНИЕ квантовой механики связано с попыткой объяснить явления, лежащие вне досягаемости классической физики. Главное поражение классической механики обусловлено ее неспособностью объяснить строение атома. Из экспериментов следовало, что атом состоит из электронов, обращающихся вокруг

ядра, подобно тому как планеты обращаются вокруг Солнца. Анализ этой модели в рамках классической физики предсказывает, что электроны должны упасть на ядро, так как невозможно удерживать их на орбите.

Чтобы преодолеть расхождение между теорией и наблюдениями, Нильс Бор, Эрвин Шредингер, Вернер Гейзенберг, Поль Дирак и другие ученые создали в начале XX в. квантовую механику. В квантовой механике движение не является детерминированным, как в классической механике, но описывается как распределение вероятности. Динамические переменные классической механики, такие, как положение и импульс, не могут быть определенными величинами в квантовой механике, рассматриваемой как волновую по природе. Так называемая волновая функция описывает вероятность нахождения тех или иных значений таких переменных, как положение, импульс и энергия. Волновую функцию можно найти, решив уравнение Шредингера.

Волновую функцию точечной частицы можно представить как осциллирующее поле, распространяющееся в физическом пространстве. В каждой точке пространства эта функция характеризуется амплитудой и длиной волны. Квадрат амплитуды пропорционален вероятности нахождения

частицы в данном месте. Для волновых функций с постоянной амплитудой длина волны связана с импульсом частицы. Но поскольку при описании с помощью волновых функций положение и импульс не могут быть точно определены одновременно, обе величины всегда содержат неопределенность. Чем выше точность измерения одной из величин, тем больше неопределенность другой. Этот так называемый принцип неопределенности Гейзенберга является следствием волновой природы частиц.

Принцип неопределенности ведет к явлениям, качественно отличающимся от явлений классической механики. Энергия квантовомеханической системы никогда не может быть точно равна нулю. Полная энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергий. Кинетическая энергия зависит от импульса, потенциальная — от положения. (У шара, лежащего на вершине холма, потенциальная энергия больше, чем у шара на дне колодца.) Поскольку принцип неопределенности запрещает, чтобы потенциальная и кинетическая энергии одновременно имели определенную величину, они не могут обе точно равняться нулю.

Квантовомеханическая система имеет некоторое основное состояние, в котором ее энергия минимальна. (Вспомним, что в теории раздуваю-

шейся Вселенной галактики образуются из «флуктуаций основного состояния»). Благодаря таким флуктуациям электрон не падает на ядро. Электроны движутся по орбитам, на которых их энергия минимальна, поэтому они не могут упасть на ядро, не нарушив принципа неопределенности.

Принцип неопределенности ведет также к туннельному эффекту. В классической механике частица, движущаяся с фиксированной энергией, не может преодолеть энергетический барьер. Шарик, покоящийся на дне сосуда, никогда не может его покинуть. В квантовой механике положение частицы не является строго определенным, оно «размазано» по некоторой области (обычно бесконечной). В результате существует вероятность того, что частица преодолевает потенциальный барьер. Говорят, что частица просачивается сквозь потенциальный барьер.

Просачивание сквозь потенциальный барьер (туннелирование) нельзя рассматривать в реальном времени. В некотором строго определенном смысле туннелирование рассматривают в минимом времени, т. е. времени, умноженном на корень квадратный из  $-1$ . (Время теряет здесь свой обычный смысл, оно описывает четвертое измерение пространства, а не обычное время.)

Эти квантовые эффекты не противоречат классической механике. Скорее более общая квантовая механика заменяет классическую механику, правильно описывая природу. В макроскопических масштабах волновая природа частиц не проявляется, поэтому квантовая механика описывает эффекты классической механики с более высокой точностью (хотя переход от квантовой механики к классической еще недостаточно понят и продолжает изучаться).

**КАКИМ** образом применить эти представления к космологии? Так же как и квантовая механика, квантовая космология пытается описать систему с помощью волновых функций. Можно найти волновую функцию Вселенной, решив уравнение Уилера — Де Витта, являющееся космологическим аналогом уравнения Шредингера. В простейших случаях пространственная протяженность Вселенной является аналогом положения, а скорость расширения Вселенной соответствует импульсу.

Однако в квантовой космологии возникают многочисленные концептуальные и технические трудности, не свойственные квантовой механике. Наиболее серьезная из них — отсутствие квантовой теории гравитации.

Три из четырех фундаментальных сил природы: электромагнитное, сильное и слабое ядерное взаимодействия — согласуются с квантовой теорией. Но все попытки проквантовать общую теорию относительности Эйнштейна оказались неудачными. Эта неудача очень тревожит: напомним, что именно из общей теории относительности, лучшей современной теории гравитации, следует, что в сингулярности пространство становится бесконечно малым, а плотность энергии — бесконечно большой. Чтобы изучить ситуацию в окрестности сингулярности, и требуется квантовая теория гравитации.

Следует отметить, что последователи теории суперструн утверждают, что это согласованная единая квантовая теория, объединяющая все четыре фундаментальных взаимодействия, поэтому она включает и квантовую теорию гравитации. Окончательное суждение по поводу теории суперструн пока еще не вынесено. Во всяком случае, она не является теорией, непосредственно применимой к космологии.

Другой спорный вопрос — применимость квантовой механики к рассмотрению Вселенной в целом. Квантовая механика была разработана для описания атомных явлений. Удивительное согласие между предсказаниями квантовой механики и экспериментом — одно из важнейших достижений современной физики; ни у одного физика не возникает сомнений в ее справедливости в приложениях к микромиру. Но многие будут возражать против утверждения, что квантовая механика в равной степени применима, скажем, к столам или стульям.

Этот вызов не так-то легко опровергнуть, поскольку предсказания квантовой механики для макромира близко совпадают с предсказаниями классической механики. Макроскопические проявления квантовой механики очень трудно обнаружить экспериментально. Наиболее спорной является самая необычная из всех возможных экстраполяций, а именно: квантовая механика применима ко Вселенной в целом, во все времена и ко всем ее составляющим. Верно это или нет, но это фундаментальное утверждение квантовой космологии.

Другой, возможно еще более трудный, аспект связан с интерпретацией приложений квантовой механики к космологии. При разработке квантовой механики применительно к микромиру оказалось необходимым понять, как математический аппарат теории отображает реальные наблюдения. В 20—30-х годах Нильс Бор заложил ос-

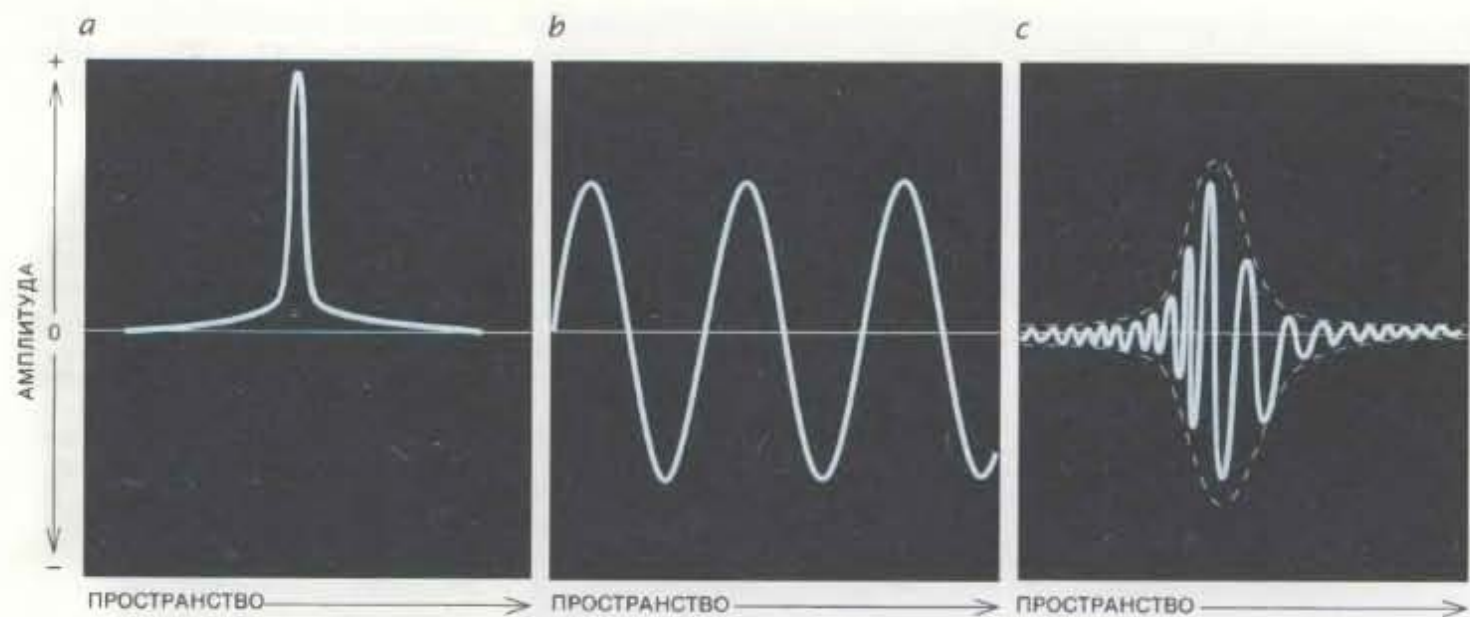
новы теории квантовых измерений. Он предположил, что мир можно разделить на две части: микроскопические системы (такие, как атомы), полностью подчиняющиеся квантовой механике, и внешние макроскопические системы (такие, как наблюдатели и их измерительные приборы), подчиняющиеся классической механике. Измерение — это взаимодействие наблюдателя и системы, которое ведет к непрерывной регистрации события.

В ходе этого взаимодействия волновая функция, описывающая микроскопическую систему, изменяется от некоторого начального до некоторого конечного состояния. Измеряемая величина в конечном состоянии принимает определенное значение. Эти переходы с нарушением непрерывности называют редукцией волновой функции. Например, пусть волновая функция сначала описывает состояние с определенным импульсом, но если измеряется положение частицы, то происходит редукция в состояние с определенным положением.

Хотя многие теоретики считают эту, известную как копенгагенская, интерпретацию неудовлетворительной с философской точки зрения, ее предсказания согласуются с наблюдениями. Возможно, поэтому копенгагенская интерпретация непоколебимо выстояла на протяжении полувека.

Однако попытки применения квантовой механики к описанию Вселенной в целом сталкиваются с трудностями философского характера. Поскольку наблюдатель является частью Вселенной, нет существенной границы между наблюдателем и наблюдаемым. Кроме того, большинство наблюдателей не может смириться с тем, что волновая функция Вселенной в целом подвергается редукции при проведении измерений. Возникают также проблемы с предсказанием вероятностей. Обычно такие предсказания можно проверить, выполнив большое число измерений. Например, многократное подбрасывание монеты показывает, что вероятность выпадения «орла» равна  $1/2$ . Но в космологии мы имеем дело с одной-единственной системой, которая измеряется всего лишь один раз.

**СОЗНАВАЯ** эти трудности, Х. Эверетт III из Принстона, один из первых физиков, поверивших в возможность приложения квантовой механики к космологии, заложил основы интерпретации квантового описания задач космологии. В отличие от Нильса Бора Эверетт предположил, что существует универсальная волно-



**ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ** не позволяет одновременно определить точное положение и импульс частицы. Волновая функция частицы с заданным положением будет характеризоваться резким пиком около точки пространства, но неопределенность импульса будет велика (а). Волновая функция для состояния с определенным им-

пульсом имеет специфическую длину волны и постоянную амплитуду в пространстве, но положение частицы неопределенно (b). Компромиссом является «когерентное» состояние (c). Положение и импульс частицы точно не определены, но лежат в пределах, допустимых принципом неопределенности.

пульсом, описывающая как макроскопических наблюдателей, так и микроскопические системы без какого-либо фундаментального разграничения между ними. Измерение — это всего лишь взаимодействие между различными частями Вселенной в целом, и волновая функция предсказывает, что «видит» одна часть системы, когда она выполняет наблюдение другой части.

В результате волновая функция в модели Эверетта не претерпевает редукции и ее эволюция описывается уравнением Шредингера для системы в целом. Но при моделировании процесса измерений Эверетт сделал понятие замечательное открытие: измерение, по-видимому, расщепляет Вселенную на множество копий, что позволяет объяснить все возможные результаты измерений.

Теоретики горячо обсуждают реальность множества копий в «незаконной» интерпретации «множественности миров» Эверетта. Современные версии идеи Эверетта, наиболее интенсивно разрабатывавшиеся Хартлом и Гелл-Манном из Калифорнийского технологического института, уменьшили актуальность идеи «множественности миров». Они рассматривают «некогерентные истории», т. е. все возможные истории Вселенной, которым можно приписать вероятность. Для практических целей несущественно, рассматриваются ли все истории или только одна из них. Эти идеи важны для переоценки роли наблюдателя и неизбежности

редукции волновой функции. Несмотря на некоторые противоречия, такой подход дает теоретикам своего рода рамки, в пределах которых они могут работать.

Гелл-Манн и Хартл также уточнили понятие вероятностей для Вселенной. Они утверждают, что только некоторые априорные вероятности имеют смысл в квантовой космологии. Такие вероятности близки к 1 или 0, т. е. дают предсказания типа «да-нет». Хотя большинство вероятностных предсказаний не относятся к этому типу, часто их можно переформулировать соответствующим образом. В отличие от квантовой механики, цель которой — определение вероятности того или иного результата данного эксперимента, квантовая космология стремится выявить те наблюдения, вероятность которых, согласно теории, равна 0 или 1.

Такой подход приводит к следующему представлению: при некоторых условиях (как правило, но не всегда), волновая функция большой Вселенной с высокой степенью точности следует классическому сценарию. Тогда предсказанием теории будет классическое пространство — время. Кроме того, в этих условиях волновая функция позволяет найти вероятность для целого набора классических эволюций Вселенной.

Однако существуют области, например вблизи классической сингулярности, в которых подобные предсказания невозможны. Здесь простые

понятия пространства и времени неприменимы. Это просто «квантовая пена», подчиняющаяся законам квантовой физики, а не классическим законам. Поэтому в квантовой космологии нет необходимости вводить классические начальные условия в области, где классическая физика несправедлива, например вблизи начальной сингулярности.

**НО ВСЕ ЖЕ** волновая функция Вселенной, описываемая квантовой космологией, не снимает потребности в начальных условиях. Напротив, вопрос о классических начальных условиях, принятых в инфляционной модели и модели расширяющейся Вселенной, стал вопросом о начальных условиях в квантовой космологии: как из множества волновых функций (множества решений уравнения Уилера — Де Витта) выделить одну-единственную?

Этот вопрос легче понять из сопоставления космологической ситуации с лабораторной, более привычной для науки. Такая система обладает четко определенными временными и пространственными границами, например известными продолжительностью реакции или размерами сосуда. В этих границах экспериментатор может контролировать или по крайней мере наблюдать физические условия. С помощью подходящих законов физики можно определить, как начальное состояние эволюционирует в пространстве и во времени.

В космологии изучаемой системой

является Вселенная в целом. По определению не существует мира, внешне-го по отношению к ней, или «остальной Вселенной», для которой можно было бы задать граничные или начальные условия. Кроме того, вопреки предположению Де Витта крайне мало вероятно, что можно получить единственное решение уравнения Уилера — Де Витта. Поэтому во многом подобно тому, как физик-теоретик предлагает законы, управляющие эволюцией физической системы, космолог с неизбежностью должен предложить правила выбора граничных условий для Вселенной. Хартл и Хокинг, Линде и Виленкин сделали вполне конкретные предположения, направленные на то, чтобы найти частное решение уравнения Уилера — Де Витта, т. е. выделить единственную волновую функцию для Вселенной.

Метод Хартла и Хокинга позволяет найти частную волновую функцию Вселенной с помощью элегантной формулировки квантовой механики, первоначально разработанной в 40-х годах Ричардом Фейнманом (ныне покойным) из Калифорнийского технологического института. Эту формулировку называют методом интеграла по траектории (или по «историям»). В обычной квантовой механике расчеты волновой функции включают суммирование по историям системы. Истории заканчиваются в той точке пространства-времени, в которой желательно знать волновую функцию. Чтобы волновая функция была единственной, необходимо точно определить класс суммируемых историй. Выделенный класс включает не

только классическую, но и все возможные истории системы.

Суммирование по историям математически эквивалентно решению уравнения Шредингера. Но этот подход позволяет взглянуть на квантовую механику по-новому, что чрезвычайно полезно как технически, так и концептуально. В частности, метод суммирования по историям легко обобщить на квантовую космологию. Волновая функция Вселенной легко может быть вычислена суммированием по некоторому классу ее историй. Этот метод эквивалентен решению уравнения Уилера — Де Витта, как было недавно продемонстрировано Хартлом и мною. Точность решения зависит от того, какой класс историй выбран для суммирования.

Один из способов интерпретации выбора, сделанного Хартлом и Хокингом, — переход от математики к геометрии. Пусть Вселенная в некоторый момент изображается петлей струны, лежащей в горизонтальной плоскости. Если вертикальная ось — ось времени, то размеры петли будут меняться со временем (соответствуя расширению и сжатию Вселенной). Поэтому различные возможные истории Вселенной будут представлять собой «трубки», описываемые петлей по мере ее эволюции во времени (см. рисунок внизу). Край трубки — это современная Вселенная, а противоположный конец — ее исходное состояние (т. е. рождение Вселенной); они определяются предложенными граничными условиями. Некоторые трубки могут быстро сжиматься, образуя конус, другие — внезапно обрываться.

Хартл и Хокинг предложили рассматривать лишь те трубки, исходный конец которых сжимается к нулю по гладкой регулярной кривой, образуя в конечном итоге полусферическую чашку. Поэтому суммирование проводится по геометрия, которые не имеют границ (за исключением открытого конца, соответствующего современной Вселенной), и гипотезу Хартла и Хокинга называют гипотезой без границ.

Такое плавное изменение геометрии невозможно в классической теории. Согласно теоремам о сингулярности, классические истории Вселенной должны сжиматься к сингулярности подобно конусообразной поверхности, вершина которой заканчивается точкой. Но в квантовой теории суммирование по историям включает много возможных историй, а не только классические, так что плавное замыкание трубок становится возможным. В частности, можно рассматривать области, содержащие мнимое время, как неклассические.

Этот анализ указывает на новые решения уравнения Уилера — Де Витта. Напомним, что в квантовой механике для процессов просачивания через потенциальный барьер (туннелирования) характерно появление мнимого времени. Может быть, Вселенная «просочилась из ничего». После такого туннелирования возможна эволюция, описываемая фазой инфляции и стандартной космологической моделью. Волновая функция, получаемая в рамках решения Хартла—Хокинга, имеет мало общего с гипотезой туннелирования. Оно дает высокую

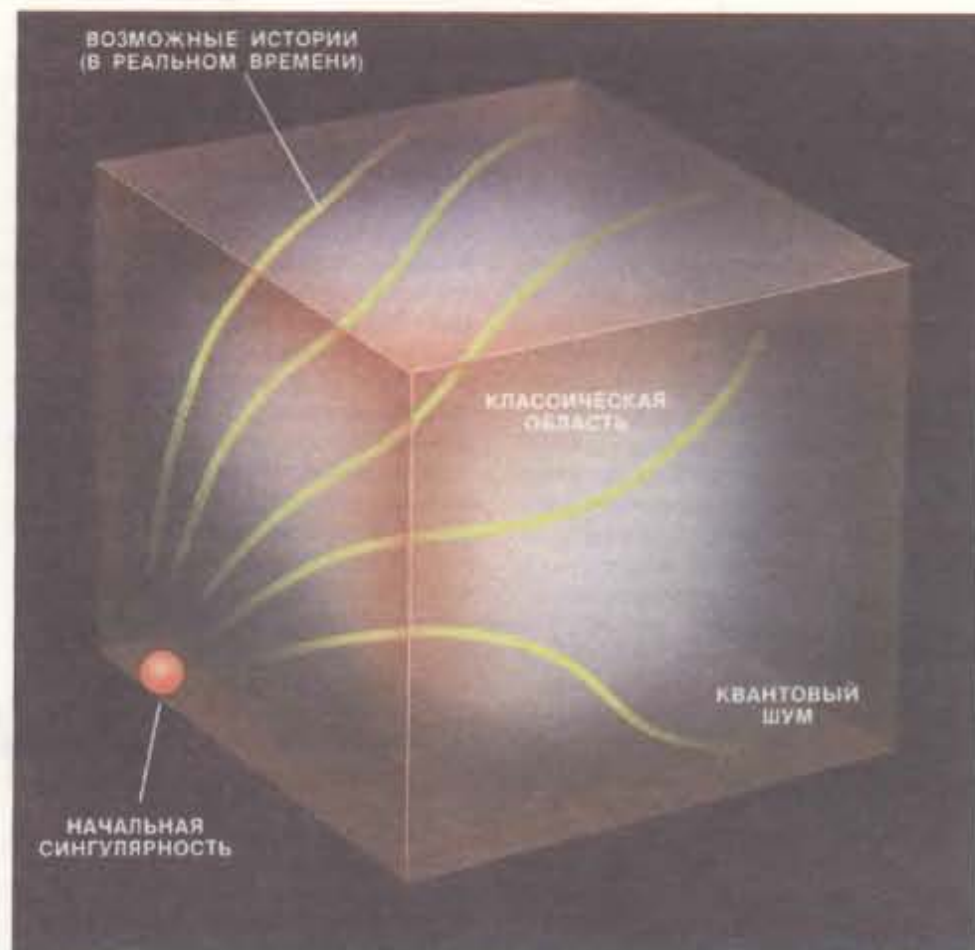
вероятность появления классической Вселенной больших размеров, но с низкой плотностью энергии. Обычное туннелирование подавляет переход от нулевых к большим размерам и с большой вероятностью приводит к появлению Вселенной малых размеров с высокой плотностью энергии.

Отчасти по этой причине А. Д. Линде и А. Виленкин независимо друг от друга предложили гипотезу «туннелирования» Вселенной. Точная формулировка этой идеи строго математическая, но достаточно сказать, что эта схема позволяет выбрать решение уравнения Уилера — Де Витта, обладающее свойствами, следующими из эффекта туннелирования. Их решение делает более привлекательной гипотезу Вселенной, «просочившейся из ничего».

Как в решении Хартла—Хокинга, так и при туннелировании выбирается единственная волновая функция Вселенной (что связано с преодолением ряда технических трудностей, недавно продемонстрированных Хартлом, Е. Луко из Университета Альберта и мной). В обоих случаях волновая функция указывает, что поведение пространства-времени соответствует классической космологии, когда размеры Вселенной в несколько раз превышают характерные размеры, при которых четыре фундаментальных взаимодействия объединены (около  $10^{-33}$  см), что согласуется с наблюдениями. Для Вселенной меньших размеров волновая функция указывает, что классическое пространство-время не существует.

**РАСПОЛАГАЯ** единственной волновой функцией Вселенной, можно, наконец, спросить: «А как же все-таки произошла Вселенная?» Вместо ответа специалист по квантовой космологии сам задаст вопрос. Вблизи сингулярности волновые функции, следующие из гипотезы туннелирования и решения Хартла—Хокинга, указывают, что классическая общая теория относительности несправедлива. Кроме того, представления о пространстве-времени становятся непригодными. Создается картина Вселенной ненулевых размеров и конечной плотности энергии, возникающей из квантовых флуктуаций.

После квантового рождения Вселенной волновая функция приписывает вероятности различным эволюционным траекториям, одна из которых включает эволюционную фазу, постулированную Гуттом. Хотя некоторые теоретики с этим не согласны, как решения Хартла—Хокинга, так и гипотеза туннелирования, по-видимому, предсказывают условия, необ-



**ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОРИИ** Вселенной, показанные зелеными линиями, берут свое начало из квантового «шума», предсказанного гипотезой туннелирования и решением Хартла—Хокинга. Шум окружает (классическую) начальную сингулярность, но наблюдатель, экстраполирующий назад во времени, в конце концов видит, что истории Вселенной начинаются из области конечного размера несингулярным путем.

ходимые для инфляционной фазы, тем самым исключая необходимость в предположении о веществе скалярного поля, которое ответственно за быстрое расширение.

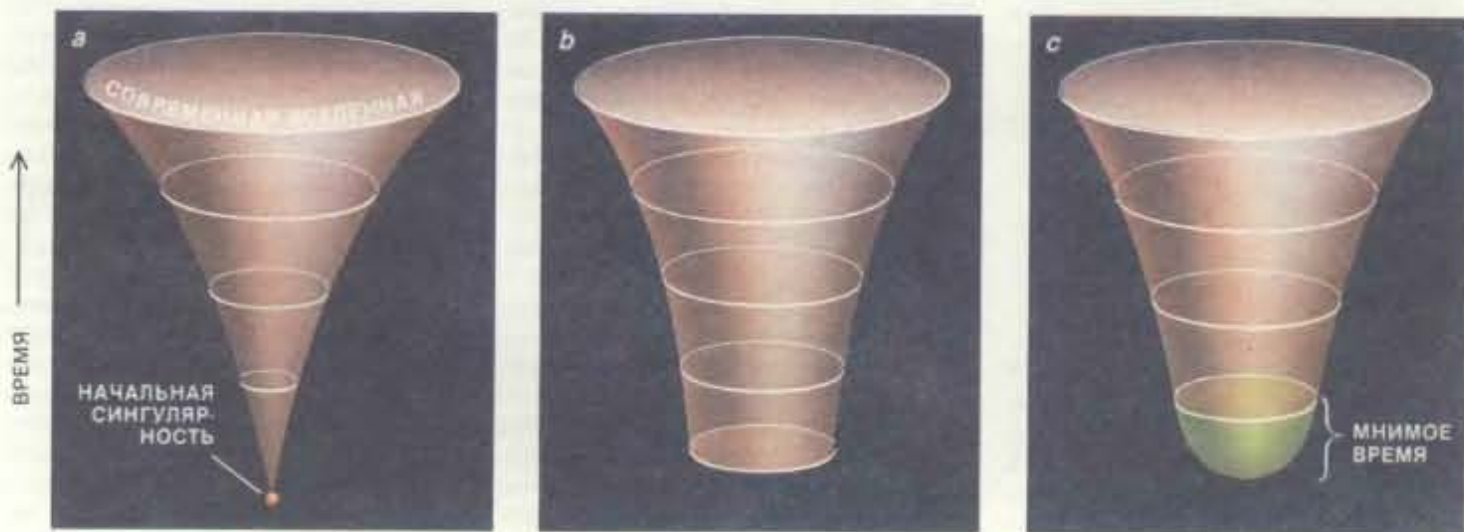
Решение Хартла—Хокинга и гипотеза туннелирования снимают также проблему возмущений плотности. Хотя инфляционная фаза и объясняет их происхождение, точный спектр и амплитуда зависят от некоторых предположений о начальном состоянии вещества скалярного поля. В инфляционной модели принимается, что неоднородности возникли в квантовомеханическом основном состоянии — низшем возможном энергетическом состоянии, согласующемся с принципом неопределенности.

В 1985 г. Хокинг и я показали, что эта ситуация возникает как следствие решения Хартла—Хокинга: требуемые неоднородности естественным образом следуют из теории. В этой гипотезе утверждается, что на дне чашки пространственно-временной трубки все должно быть гладким и регулярным. Это условие подразумевает, что флуктуации должны здесь отсутствовать. В ходе эволюции трубки

в мнимом времени флуктуации нарастают и переходят в область реального времени и имеют минимально возможные размеры, как квантовомеханические флуктуации основного состояния в модели раздувающейся Вселенной. Гипотеза туннелирования дает такие же предсказания на основе сходных предположений.

**ИТАК** мы подошли к возможному ответу. Согласно квантовой теории космологии, Вселенная возникла из квантового шума в результате просачивания через потенциальный барьер и дальнейшей классической эволюции. Наиболее привлекательный аспект этой картины состоит в том, что предположения, необходимые для модели раздувающейся Вселенной, могут быть выражены в виде одного простого граничного условия для волновой функции Вселенной.

Как можно проверить начальные условия? Косвенный тест состоит в проверке предсказаний квантовомеханической модели с начальными условиями, приводящими к стандартным классическим космологическим моделям. Здесь, как мы видели, усилия уче-



**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ «ТРУБКИ»** изображают эволюцию Вселенной. В классических теориях во всех приемлемых моделях при экстраполяции назад во времени имеет место сингулярность (а). В квантовой космологии исходным состоянием Вселенной необязательно является точка (b). Из некоторых специфических предположений следует, что Вселенная рождается из гладкой чашеобраз-

ной области, а не из точки (c). Сглаживание имеет место в мнимом времени, что не противоречит теоремам о сингулярности, в которых рассматривается реальное время. Вскоре после «квантового творения» Вселенная стала эволюционировать в соответствии с классическим сценарием в реальном физическом времени.

ных, занимающихся квантовой космологией, увенчались заметным успехом.

Прямые наблюдательные тесты трудны. Множество событий произошло во Вселенной с момента ее рождения, и каждую стадию эволюции следует рассматривать отдельно. Трудно провести различие между эффектами, обусловленными выбором начальных условий, или эволюцией Вселенной, или же специальной моделью.

Необходимы наблюдения эффектов, связанных с начальными стадиями эволюции Вселенной, но не чувствительных к последующей эволюции. В 1987 г. Л. П. Грицук из Государст-

венного астрономического института им. Штернберга в Москве показал, что для этого можно использовать гравитационные волны. Согласно квантовому сценарию, во Вселенной генерируются гравитационные волны определенной формы и амплитуды. Распространяясь сквозь пространство-время, гравитационные волны очень слабо взаимодействуют с веществом. Поэтому, наблюдая их в современной Вселенной, можно обнаружить в их спектре признаки «квантового творения». К сожалению, гравитационные волны чрезвычайно трудно обнаружить, и все предыдущие попытки не увенчались успехом. Возможно, существуют факторы, кото-

рые будут созданы, окажутся достаточно чувствительными для обнаружения гравитационных волн.

Поскольку справедливость квантовой космологии весьма трудно проверить, нельзя определенно утверждать, какая гипотеза — туннелирования или Хартла—Хокинга — дает правильную волновую функцию Вселенной. Потребуется немало времени, прежде чем удастся сказать, какая из них является ответом на вопрос: «Откуда произошла Вселенная?» Тем не менее благодаря квантовой космологии мы по крайней мере имеем возможность четко направленной и осмысленной формулировки этого вопроса.

## Наука и общество

### Перекрестная реакция

ОБЫЧНОЕ представление об инфекции, вызывающей у человека СПИД, состоит в том, что вирус иммунодефицита (HIV — от англ. human immunodeficiency virus) просто атакует и разрушает критически важные клетки иммунной системы, называемые Т-лимфоцитами. Однако некоторые исследователи заинтересовались сходством между клинической картиной СПИДа и иммунологической реакцией, известной под названием «трансплантат против хозяина». Это состояние, которое часто приводит к смерти, развивается, когда пересаженные клетки иммунной системы донора (например, при трансплантации костного мозга) атакуют ткани организма-хозяина, в том числе супрессорные Т-лимфоциты, участвующие в регуляции его иммунной системы.

Недавно в двух исследованиях, проведенных на животных, были получены удивительные результаты, которые придали правдоподобия гипотезам о том, что СПИД имеет много общего с реакцией «трансплантат против хозяина». Эти данные, если они подтвердятся, могут иметь важное применение — для разработки вакцины, защищающей человеческий организм от инфекции, или для репарации повреждения иммунной системы в тех случаях, когда заражение уже произошло. Хотя новые факты не бросают и тени сомнения на центральную роль инфекции HIV в развитии СПИДа, они позволяют предполагать, что важен иммунный ответ

организма не только на вирус, но и на чужеродные клетки.

А. Далглейш из Больницы Св. Георгия и Дж. Хейбшоу из Королевской больницы в Лондоне уже несколько лет разрабатывают идею о том, что при инфекции HIV иммунная система атакует сама себя. По мнению этих исследователей, причина такой аномалии в поразительном сходстве белка оболочки HIV, обозначаемого gp120 с участками молекул класса II главного комплекса гистосовместимости (MHC — от англ. major histocompatibility complex), которые присутствуют на поверхности определенных клеток иммунной системы и служат маркерами иммунологической индивидуальности. При сходстве белков HIV и MHC возникает перекрестная реакция и иммунная система, хотя и подавлена, реагирует на свои клетки как на чужеродный агент. В результате возникает синдром типа «трансплантат против хозяина».

Т. Кьон и Дж. Хоффманн из Университета провинции Британская Колумбия (Канада) выдвинули близкое предположение. Они отмечают, что многие люди, зараженные HIV, могли также испытать присутствие клеток иммунной системы другого человека в жидкостях тела. В такой ситуации в организме должны возникать два различных иммунных ответа — против вируса и против чужеродных клеток. И тот и другой затрагивают хелперные и супрессорные Т-лимфоциты, дестабилизируя один из механизмов ауторегуляции иммунной системы и ведя к ее саморазрушению.

Кьон и Хоффманн подкрепили

свою гипотезу экспериментальными данными, которые опубликованы в журнале «Science». Как они сообщают, у мышей, которым вводили клетки мышей другой линии, спонтанно образовывались антитела против gp120, хотя они и не подвергались инфекции HIV. У подопытных животных также образовывались антитела, имеющие сходство с молекулами MHC, как и предсказывает гипотеза.

Более того, мыши особой линии, у которых развивается аутоиммунное заболевание типа красной волчанки, тоже спонтанно производили антитела против gp120 и антитела, похожие на белки MHC. Из этих фактов следует, что действительно есть замечательное сходство между вирусным белком gp120 и молекулами, участвующими в нормальном иммунном ответе.

Работа группы исследователей под руководством Э. Стотта из Национального института биологических стандартов и контроля (Великобритания), результаты которой описаны в журнале «Nature», показала, что макаков можно защитить от инфекции вирусом иммунодефицита обезьян (SIV — от англ. simian immunodeficiency virus), близкородственного HIV, просто путем иммунизации человеческими Т-клетками. Вначале предполагалось, что защитный антителный ответ возникает только после иммунизации Т-клетками, предварительно зараженными SIV. Но в действительности иммунизация человеческими Т-лимфоцитами, вызывавшая интенсивное образование антител к этим клеткам, защищала мака-

ков независимо от того, были эти клетки заражены SIV или нет. «К нашему удивлению, никакой связи не было», — сказал Стотт.

Как заявил Д. Болоньези из Медицинского центра Университета Дьюка, являющийся одним из ведущих в США специалистов по СПИДу, им уже подтверждены данные Стотта о том, что макаки с высоким уровнем антител против чужеродных клеток защищены от инфекции SIV; правда, он еще не провел эксперимент с зараженными клетками. На повестке дня теперь следующий ключевой вопрос: если этот подход ведет к разработке вакцины, то необходимо выяснить, имеет ли место «эффект Стотта» при иммунизации обезьян обезьяньими же, а не человеческими клетками.

Далглейш, со своей стороны, считает, что результаты Стотта косвенно поддерживают его гипотезу. По его словам, он скоро опубликует новые данные, демонстрирующие значительное сходство между gp120 и молекулами MHC класса II. Он надеется, что Совет медицинских исследований Великобритании, ранее отклонивший Далглейшу в финансировании его работ по причине их «спекулятивности», теперь обратит на них больше внимания.

### Отцы реактивной авиации

В НАЧАЛЕ 50-х годов перелет через Атлантику на винтовом самолете продолжался 14 часов. С началом в 1958 г. трансатлантических перелетов на реактивных машинах это время сократилось вдвое. Однако на самом деле век реактивной авиации начался еще за 20 лет до этого.

В 30-е годы английский и германский конструкторы, ничего не зная о работе друг друга, разработали и изготовили опытные образцы турборе-



ТУРБОРЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ устанавливается на самолет Глостера-Уиттла E 28/39 весной 1941 г.

активного двигателя. Немец Ханс Й. П. фон Охеин, работавший впоследствии у авиационного промышленника Эрнста Хейнкеля, был первым, кто увидел в полете самолет с реактивным двигателем своей конструкции. Полет состоялся 27 августа 1939 г. и продолжался 7 минут. Самолет, на котором был установлен реактивный двигатель англичанина Фрэнка Уиттла, поднялся в воздух лишь в 1941 г., хотя патент на него был получен еще в 1930 г.

Эти два человека, таким своеобразным путем значительно приблизившие друг к другу все страны мира, получат вскоре в качестве награды чек на 375 тыс. долл. Как сообщила в октябре Национальная техническая академия США, в феврале 1992 г. Уиттл и фон Охеин станут вторыми лауреатами премии имени Чарлза Старка Дрейпера. Первыми лауреатами этой премии были создатели интегральной схемы Роберт Нойс (умер в 1990 г.) и Джек Килби.

Члены академии хотели бы, чтобы премия Дрейпера стала со временем не менее почетной наградой в технике, чем Нобелевская премия в науке и литературе. «Инженеры слишком часто проявляют излишнюю скромность в отношении своей работы и в результате не получают заслуженного признания», — считает Роберт Уайт, президент расположенной в Вашингтоне (округ Колумбия) некоммерческой организации, которая выступает в качестве советника федерального правительства в области машиностроения и технологии. «Мы надеемся, что премия Дрейпера сможет привлечь внимание к конструкторской работе, чего та вполне заслуживает».

Эта премия присуждается за технические разработки, являющиеся вкладом в укрепление «свободы и благосостояния человека». Как мы знаем, реактивные самолеты используются сегодня не только для деловых поездок и почтовых перевозок, но также для экстренной доставки продовольствия и лекарств. Первые реактивные самолеты были использованы в военных целях: к концу второй мировой войны германские и английские самолеты с реактивными двигателями участвовали в нескольких воздушных боях, однако никогда не встречались в воздухе друг с другом.

Денежный фонд премии образован Лабораторией имени Чарлза Старка Дрейпера, расположенной в Кембридже (шт. Массачусетс), которая ранее входила в Массачусетский технологический институт. Эта лаборатория известна своими работами в области систем наведения ракетного

оружия, причем одна из разработанных ею систем использована в ракете «Трайидент II». Лаборатория названа по имени разработчика инерциальной системы управления Чарлза Дрейпера, умершего в 1987 г.

Для того чтобы присутствовать при объявлении решения о присуждении премии, двоим европейским конструкторам не пришлось пересекать Атлантику на реактивном самолете. После окончания второй мировой войны по приглашению ВВС США фон Охеин (которому исполнилось 79 лет) занялся работой в области реактивного движения на базе ВВС США Райт-Паттерсон, где впоследствии стал главным научным руководителем в Лаборатории авиационных двигателей.

В 1979 г. он перешел в Научно-исследовательский институт Дейтонского университета на должность старшего инженера-исследователя. Уиттл, которому исполнилось 84 года, сохранив британское подданство, с 1977 г. преподает в Военно-морской академии в Аннаполисе (шт. Мэриленд).

Враги во время второй мировой войны, сегодня они верные друзья. Фон Охеин рассказывает о самом большом достижении Уиттла — о том, как тому удалось убедить чиновников министерства авиации Великобритании в возможности газовой турбины создавать тягу, необходимую для реактивного движения. Другие конструкторы к тому времени уже отказались от этой идеи. На вопрос, почему он считает, что ему удалось построить такую машину, тогда как всеми другими это было признано практически невозможным, Уиттл остроумно ответил: «Да потому, что по моей тогдашней наивности у меня просто не возникало такого сомнения».

Гэри Стикс



ЧЕРЕЗ ВОЗДУХОЗАБОРНИК самолета Глостера-Уиттла виден пустой фюзеляж, в котором должен быть размещен двигатель Уиттла.

# СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ

Эти ключевые клетки порождают клеточные компоненты крови и иммунной системы человека. Выделение и модификация стволовых клеток могут привести к созданию новых методов лечения рака, иммунологических и других расстройств

ДЕЙВИД У. ГОЛД

Кровь человека содержит множество разнообразных клеток, строго приспособленных для тех или иных жизненных функций. Красные клетки крови, или эритроциты, разносят по всему организму необходимый для его жизнедеятельности кислород. Мелкие кровяные пластинки, или тромбоциты, участвуют в свертывании крови, обеспечивая остановку кровотечений. Белые клетки крови, или лейкоциты, в число которых входят лимфоциты, моноциты и нейтрофилы, являются элементами иммунной системы, защищающей организм от чужеродных клеток, а также вирусов и других микробов.

Как ни удивительно, оказалось, что все эти различные клетки развиваются из одинаковых основополагающих клеток — гемопоэтических (кровообразовательных) стволовых клеток, находящихся главным образом в костном мозге. При повреждении стволовых клеток — например, в результате химиотерапии, облучения или заболевания — возможно нарушение иммунной и кроветворной систем. Для лечения людей в таких случаях могут быть использованы трансплантаты костного мозга. За последние годы знания о стволовых клетках значительно расширились, что позволяет усовершенствовать методы пересадки костного мозга и разработать перспективные терапевтические подходы в отношении таких катастрофических заболеваний, как рак, СПИД, апластическая анемия, аутоиммунные расстройства и др.

Эти новые терапевтические подходы зависят от полноты понимания природы и функций стволовых клеток. Стволовой можно называть клетку, способную к многократной репликации и к дифференцировке во вторичные клетки разных типов. По мере дифференцировки все более и более очерчиваются предназначение клетки, ее принадлежность к той или иной клеточной линии, пока она не становится способной образовывать только один тип клеток — клетки-предшественники, из которых могут

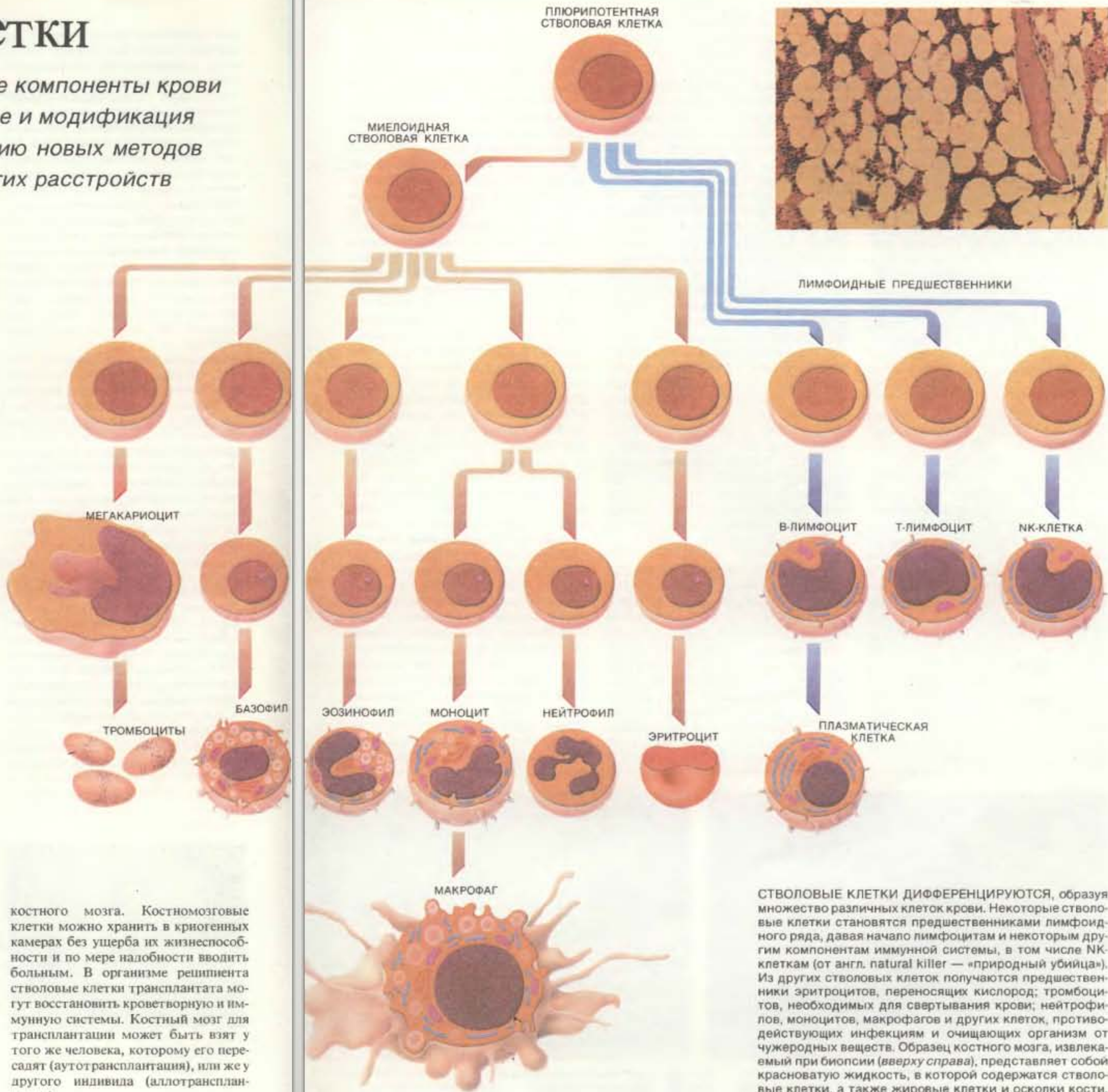
получиться, например, только эритроциты. В общем случае любая клетка, которая может дифференцироваться с образованием нескольких более специфических клеточных типов, является стволовой; но для четкости изложения в настоящей статье термин «стволовая клетка» будет относиться только к гемопоэтическим стволовым клеткам.

У человека гемопоэтические клетки впервые появляются в желточном мешке эмбриона. Затем по мере развития плода они мигрируют в печень. В эмбриональный период клетки крови возникают в печени, а вскоре после рождения единственным местом кроветворения становится костный мозг. Эмбриональные стволовые клетки отличаются от таковых взрослого организма тем, что они дают начало лимфоцитам определенных типов и эритроцитам, производящим эмбриональный гемоглобин. По-видимому, у эмбриона в стволовых клетках имеются некие внутренние часы, указывающие, когда в ходе индивидуального развития им следует приобретать свойства, характерные для стволовых клеток взрослого организма.

Стволовая клетка характеризуется «потенциалом ветвления», т. е. спектром дифференцировки — набором более специализированных клеток, которые могут из нее образоваться. Этот показатель может быть различным. Некоторые стволовые клетки способны к сильной пролиферации, но спектр их дифференцировки ограничен. К их числу относится наиболее фундаментальный тип, так называемые тотипотентные стволовые клетки; в принципе одна тотипотентная стволовая клетка может permanently полностью воссоздавать кроветворную и иммунную системы. Стволовые клетки с менее обширной программой дифференцировки, но способные к созданию нескольких клеточных линий, носят название плюрипотентных.

Стволовые клетки являются главным ингредиентом трансплантатов

костного мозга. Костномозговые клетки можно хранить в криогенных камерах без ущерба их жизнеспособности и по мере надобности вводить больным. В организме реципиента стволовые клетки трансплантата могут восстановить кроветворную и иммунную системы. Костный мозг для трансплантации может быть взят у того же человека, которому его пересадят (ауто трансплантация), или же у другого индивида (алло трансплантация).



СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ДИФФЕРЕНЦИРУЮТСЯ, образуя множество различных клеток крови. Некоторые стволовые клетки становятся предшественниками лимфоидного ряда, давая начало лимфоцитам и некоторым другим компонентам иммунной системы, в том числе НК-клеткам (от англ. natural killer — «природный убийца»). Из других стволовых клеток получают предшественники эритроцитов, переносящих кислород; тромбоцитов, необходимых для свертывания крови; нейтрофилов, моноцитов, макрофагов и других клеток, противодействующих инфекциям и очищающих организм от чужеродных веществ. Образец костного мозга, извлекаемый при биопсии (вверху справа), представляет собой красноватую жидкость, в которой содержатся стволовые клетки, а также жировые клетки и осколки кости.

Клетки-предшественники, возникающие из стволовых клеток, могут реплицироваться и дифференцироваться с поразительной скоростью: у человека в среднем каждый час образуется 3—10 млрд новых тромбоцитов, эритроцитов и нейтрофилов, а также неизвестное число лимфоцитов. В случае необходимости скорость образования клеток может возрастать в 10 и более раз. Продолжительность жизни разных клеток крови весьма различна. Эритроциты циркулируют в крови в течение примерно 120 суток; за это время одна клетка проходит свыше 480 км. Тромбоциты находятся в кровотоке около недели. Нейтрофилы сохраняются в крови в течение всего лишь 8 часов, затем они проникают в ткани и там погибают. А некоторые лимфоциты могут оставаться в циркуляции по нескольку лет и даже всю жизнь организма.

Помимо участия в формировании различных клеток циркулирующей крови стволовые клетки служат также источником важных клеток иммунной системы, называемых макрофагами. Это крупные клетки, по внешнему виду и функционированию напоминающие моноциты; однако в отличие от моноцитов макрофаги присутствуют не только в кровяном русле, но и в большинстве органов. В 1976 г. Э. Донналл Томас из Вашингтонского университета и я показали, что легочные макрофаги происходят от стволовых клеток. Мы анализировали макрофаги пациентов вскоре после трансплантации костного мозга от доноров противоположного пола, что облегчало идентификацию пересаженных клеток. Через три месяца после операции у реципиента все легочные макрофаги оказывались донорского происхождения.

Двумя годами позже Р. Гейл из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и я установили, что макрофаги печени тоже происходят от стволовых клеток костного мозга. Другие исследователи продемонстрировали «стволовое» происхождение макрофагов кожи и мозга, а также остеокластов (разновидность макрофагов, участвующая в резорбции и восстановлении костной ткани).

В 1961 г. Дж. Тилл и Э. Маккалок из Торонтского университета существенно продвинули представления о месте и механизме функционирования стволовых клеток. Эти исследователи подвергли мышам летальному облучению, разрушающему иммунную и кроветворную системы, а затем вводили им костный мозг от здоровых и генетически совместимых доноров. Спустя 12 суток после трансплантации у подопытных животных удаляли селезенку и подсчитывали там число растущих колоний кроветворных клеток. Оказалось, что это число отражает число введенных стволовых клеток. Колонии клеток селезенки развивались, очевидно, из популяции стволовых клеток, хотя вовсе не обязательно, что родоначальником каждой колонии была тотипотентная стволовая клетка.

**ВЫДЕЛЕНИЕ** стволовых клеток из массы клеток костного мозга оказалось нелегкой задачей. В 1988 г. Дж. Спангруд и И. Вейсман из Станфордского университета с коллегами провели сортировку клеток костного мозга мыши, используя серию моноклональных антител (сложных белков, связывающихся с антигенами только определенного типа клеток). Таким путем они идентифицировали популяцию, насчитывающую менее 0,1% всего числа клеток кост-

ного мозга, способную permanently восстанавливать иммунную и кроветворную системы у мышей, подвергнутых летальному облучению.

Эта популяция высоко обогащена тотипотентными стволовыми клетками. Среди летально облученных мышей, которым вводили всего по 30 таких клеток, выживало 50%. И. Лемиска из Принстонского университета и его коллеги провели аналогичные исследования с целью выделения стволовых клеток из печени мышного эмбриона. Они тоже обнаружили популяцию, содержащую тотипотентные стволовые клетки и составляющую 0,1—0,2% всех клеток печени.

В 1984 г. К. Гивин из Университета Джонса Гопкинса получил моноклональные антитела, специфичные к известной линии лейкозных клеток KG-1, которую культивировали Г. Кеффлер и я в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Эти антитела оказались удобными для выявления стволовых клеток человека, поскольку взаимодействовали с маркерным клеточным белком, называемым антигеном CD34, который имеется у тотипотентных стволовых клеток человека и происходящих от них предшественников клеток крови. Клетки, связывающиеся с антителами Гивина, можно было отделить от остальных. У бабуинов клетки костного мозга, выделенные на основе наличия CD34, обладали способностью восстанавливать кроветворную систему после летального облучения. Следовательно, в число клеток костного мозга, имеющих CD34, должны входить плюрипотентные стволовые клетки, хотя они составляют лишь малую часть популяции.

Другие исследователи разработали методы дальнейшего фракциониро-

вания клеток, несущих CD34, с целью выделения из них стволовых клеток. В качестве примера привести работу Ч. Боба с сотрудниками из фирмы Systemix Inc. в Пало-Альто (шт. Калифорния). Эти исследователи добились успеха в очистке стволовых клеток человека с помощью моноклональных антител, обеспечивающих позитивный или негативный отбор по «потенциалу ветвления». При этом использовались белые мыши SCID (от англ. severe combined immunodeficiency — тяжелый комбинированный иммунодефицит), которым пересаживали фрагменты тимуса и костной ткани человека. При введении таким животным отобранных стволовых клеток человека последние быстро размножаются и дифференцируются, заселяя фрагменты тимуса и костной ткани человека. При введении таким животным отобранных стволовых клеток человека последние быстро размножаются и дифференцируются, заселяя фрагменты тимуса и костной ткани человека. При введении таким животным отобранных стволовых клеток человека последние быстро размножаются и дифференцируются, заселяя фрагменты тимуса и костной ткани человека.

В терапевтических целях было бы желательно контролировать дифференцировку стволовых клеток и стимулировать пролиферацию плюрипотентных клеток. Главным неразрешенным вопросом в физиологии стволовых клеток остается вопрос о механизме «принятия решения»: каким образом клетка выбирает, что ей делать — размножаться или дифференцироваться. Существуют две точки зрения на дифференцировку стволовых клеток. Согласно детерминистскому подходу, дифференцировка стволовых клеток определяется внешними воздействиями, в том числе гормональными сигналами. Альтернативная стохастическая модель утверждает, что выбор между репликацией и дифференцировкой, а также

выбор пути дифференцировки происходит случайным образом.

Пытаясь разрешить этот спор, М. Огава из Медицинского университета Южной Каролины в Чарлстоне разработал метод выращивания колоний стволовых клеток человека в полужидком агаре. Из колоний на ранних стадиях образования он выделял одиночные клетки и использовал их для получения новых колоний. Оказалось, что в этих вторичных колониях клетки развиваются в различные клеточные типы, что свидетельствует о случайности выбора пути и дифференцировки стволовых клеток первичных колоний. Разделяя новообразованные пары стволовых клеток для получения двух независимых колоний, Огава обнаружил, что эти клетки также дифференцируются случайным образом. Такие данные подтверждают стохастическую модель дифференцировки стволовых клеток.

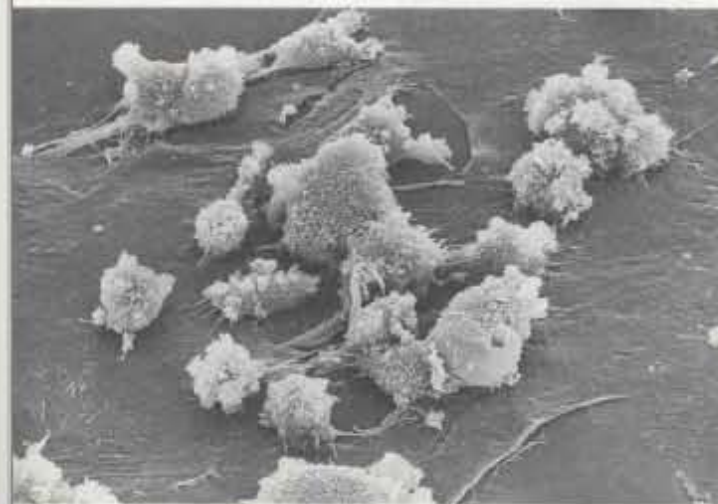
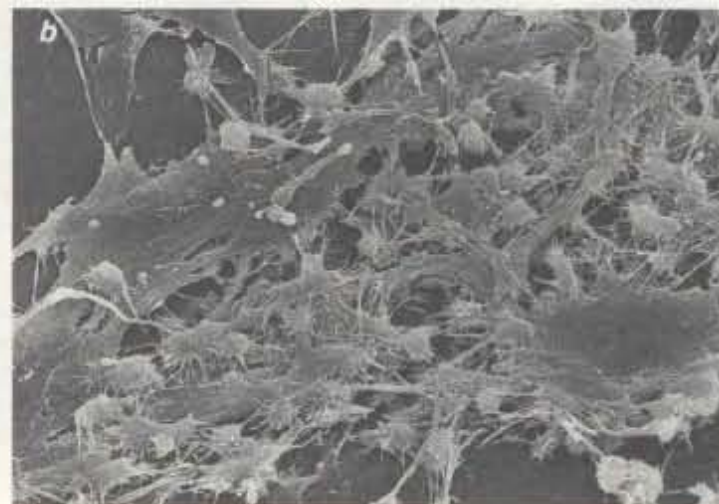
Детерминистская концепция предполагает, что окружающая химическая среда направляет дифференцировку стволовых клеток или каким-то образом предопределяет путь развития. В костном мозге стволовые клетки могут получать какие-то сигналы от опорных клеток (клеток стромы) — например, в виде специфических молекул, связывающихся с клеточной поверхностью, что может способствовать определенному направлению дифференцировки; этого не может быть в колониях клеток, изучаемых в культуре, из-за отсутствия опорных тканей.

На определенной стадии своего развития у стволовой клетки появляются рецепторы, которые делают ее чувствительной к гормонам, регулирующим образование клеток крови, причем клетка приобретает способность отвечать на гормональные сигналы

пролиферацией. Эта стадия представляется критической в процессе дифференцировки. Однако остается неизвестным, чем определяется появление рецепторов гормонов и какие рецепторы имеются у тотипотентных стволовых клеток. Я полагаю, что детерминистская и стохастическая модели не исключают друг друга и на самом деле реализуются оба механизма.

**ЧТОБЫ** глубже разобраться в поведении стволовых клеток, следовало бы изучить их внутри самого костного мозга, но на практике это весьма затруднительно. В 1970 г. М. Декстер с коллегами из Патерсонского онкологического института в Манчестере (Великобритания) создал систему культивирования стволовых клеток человека, которая позволяла наблюдать их рост и развитие в условиях, близких к таковым в костном мозге. В костном мозге человека ткань стромы формирует «подложку», благоприятствующую развитию клеток крови. По Декстеру, кроветворные клетки, включая стволовые, выращиваются в культуральном сосуде, выстланном слоем «искусственной» стромы, который состоит из клеток и органического материала, выделенных из костного мозга.

В этом культуральном слое присутствуют многие компоненты природного костного мозга, в частности фибробласты, жировые клетки, клетки эндотелия и макрофаги. Культура содержит также многие матриксные белки — коллагены, фибронектины, ламинины и гемонектины, которые, по-видимому, играют роль в репликации и дифференцировке гемопоэтических клеток. Выстилающие сосуд клетки способны производить гормоны, регулирующие клеточные деле-



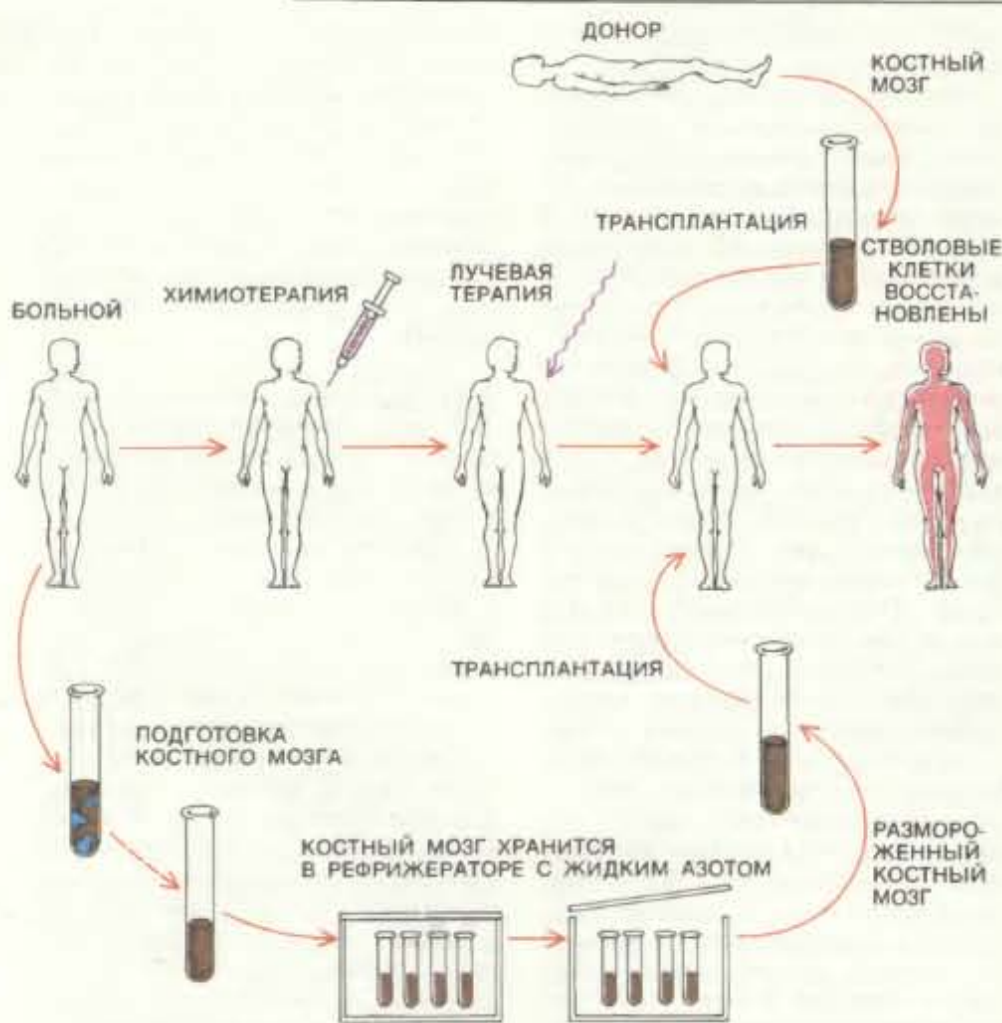
ИСКУССТВЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, или слои стромы костного мозга позволяют изучать поведение стволовых клеток и происходящих от них клеток крови в длительной

культуре. Костномозговые культуры (а) содержат разл. ч. клетки, гормоны и другие белки, присутствующие в норме в костном мозге живого организма. После несколь-

ких недель культивирования на слоях стромы начинают развиваться клетки крови (b и c). В конце концов они при-

крепляются к искусственному слою (d), взаимодействуя с ним так же, как в естественных условиях в костном мозге.





ТРАНСПЛАНТАЦИЯ КОСТНОГО МОЗГА применяется для лечения больных, у которых стволовые клетки повреждены в результате лейкоза, других раковых заболеваний или воздействия токсинов. При этом необходима совместимость тканей донора и реципиента, в противном случае пересаженные клетки не приживаются. Костный мозг больного раком можно заранее выделить и сохранять вне организма, пока пациент подвергается химио- и лучевой терапии. По окончании курса лечения взятый костный мозг возвращают в организм для замещения стволовых клеток, разрушенных в результате облучения и действия химиотерапевтических средств.

ния и другие аспекты пролиферации и дифференцировки клеток крови.

Другие компоненты выстилающего слоя способствуют действию гормонов, стимулирующих рост клеток крови. Длительные культуры обеспечивают достаточно продолжительный период образования клеток крови — 2—3 месяца. За это время вполне можно успеть проанализировать факторы, регулирующие рост и развитие стволовых клеток, и высунуть роль различных элементов стромы. Такие культуры имеет смысл использовать для выращивания стволовых клеток в больших количествах в целях трансплантационной терапии.

Недавно ряд экспериментов, базировавшихся на работах Декстера, выявил некоторые детали гормональной регуляции гемопоэза и влияния окружающей стволых клеток в костном мозге на их активность. Гормональные факторы могут оказаться

весьма важными для лечения заболеваний, поскольку они, возможно, имеют ключевое значение в побуждении тотипотентных стволовых клеток к пролиферации. Обнаружено, что некоторые гормоны стимулируют размножение стволовых клеток раннего типа, которые, хотя и служат предшественниками нескольких клеточных линий, в той или иной степени дифференцированы, так что не являются по-прежнему тотипотентными клетками. К числу таких гормонов относятся колоннестимулирующий фактор гранулоцитов (G-CSF — от англ. granulocyte colony-stimulating factor), интерлейкины 6 и 11 и недавно обнаруженное вещество, получившее название фактора стволовых клеток.

Фактор стволовых клеток вызывает особый интерес, поскольку он был идентифицирован как гормон, взаимодействующий с клеточным рецептором, кодируемым клеточным

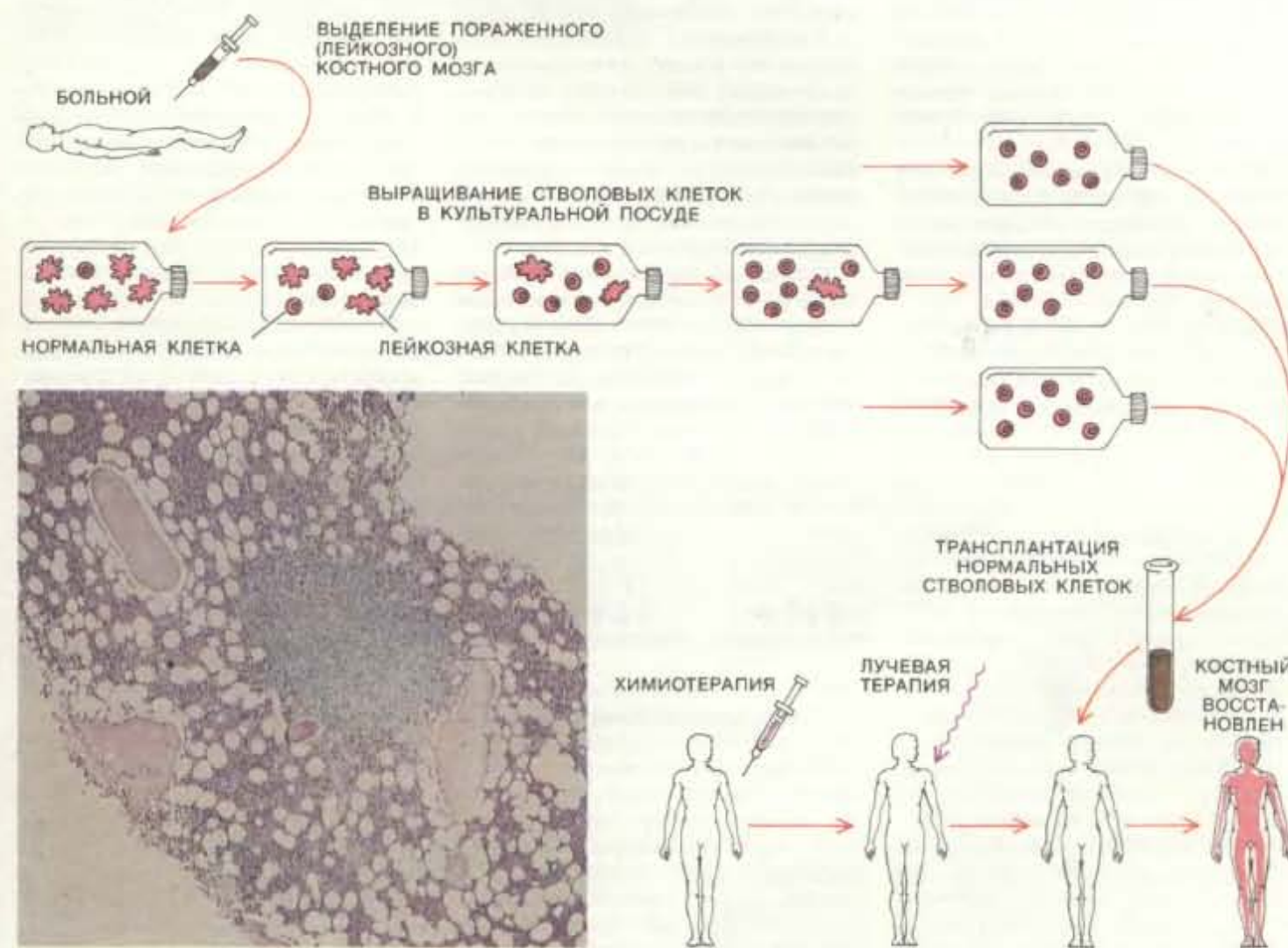
онкогеном *c-kit*. Этот рецептор имеется у пигментных клеток, называемых меланоцитами, и у кроветворных клеток. Для линии мышей с наследственными анемией и нарушением пигментации (т.е. нарушено функционирование эритроцитов и меланоцитов) характерны дефекты продукта онкогена *c-kit*. Недавно обнаружено, что при наследственной анемии другого типа у мышей с дефектным костным мозгом отсутствует способность производить фактор стволовых клеток. По-видимому, фактор стволовых клеток действует на подлинно стволовые клетки, хотя есть основания считать, что он не является давно искомым фактором самообновления стволовых клеток, стимулирующим их пролиферацию. Тем не менее эти исследования прояснили связь между набором гормонов в костном мозге и поведением стволовых клеток.

КОНЕЧНАЯ цель исследований, посвященных стволовым клеткам, заключается в том, чтобы улучшить методы лечения расстройств кроветворной и иммунной систем. Трансплантация костного мозга назначается больным, у которых собственные кроветворная и иммунная системы разрушены в результате лейкоза, других злокачественных заболеваний, химио- и лучевой терапии или же по каким-то иным, порой неизвестным, причинам. На сегодняшний день единственным путем получения достаточного количества стволовых клеток является извлечение костного мозга у донора с помощью иглы и шприца; такая операция требует, как правило, общей анестезии.

Трансплантация костного мозга также связана с многими медицинскими сложностями. Реципиент должен постоянно получать антибиотики, свежие эритроциты и тромбоциты в течение нескольких недель, пока донорские стволовые клетки не произведут достаточного количества зрелых форменных элементов крови. Его иммунную систему приходится в значительной мере подавлять, чтобы избежать отторжения трансплантата. В то же время новые клетки иммунной системы, образовавшиеся из донорских стволовых клеток, могут воспринимать клетки организма-хозяина как чужеродные, и тогда возникает реакция, известная под названием «трансплантат против хозяина» (ТПХ); в этом случае возможны детальные повреждения органов и тканей. Следовательно, реципиенту нужна защита от атаки со стороны вновь формирующейся иммунной системы.

При остром лейкозе и других раковых заболеваниях крови успешность

трансплантации зависит от элиминации злокачественных клеток. В этих случаях как раз желательна мягкая реакция ТПХ. Клетки иммунной системы, образующиеся из донорских стволовых клеток, способны полностью уничтожить лейкозные клетки или сократить их число до незначительного. Данные молекулярных исследований показывают, что у некоторых больных миелогенным (т.е. костномозгового происхождения) лейкозом после видимого излечения в результате аллогенной трансплантации костного мозга все же сохраняется небольшая популяция лейкозных клеток. Способность донорских стволовых клеток сдерживать лейкозные клетки реципиента терапевтически весьма важна, но саму эту способность трудно контролировать, поскольку специфичный эффект «трансплантат против лейкоза» является по существу частным случаем реакции ТПХ.



УСЛОВИЯ В КУЛЬТУРАХ КОСТНОГО МОЗГА способствуют более быстрому воспроизводству нормальных стволовых клеток по сравнению с лейкозными. При достаточно продолжительном культивировании из пораженной костномозговой ткани (например, при лимфоме, как показано на

фотографии) можно получить чистую популяцию нормальных стволовых клеток. Это позволяет подвергнуть больного химио- или лучевой терапии для уничтожения злокачественных клеток и затем ввести ему нормальные стволовые клетки из взятого у него ранее костного мозга.

Поскольку путем трансплантации стволовых клеток можно воссоздать иммунную систему, этот метод использовали для лечения генетических заболеваний, при которых нарушается функционирование лимфоцитов, например синдрома тяжелого комбинированного иммунодефицита. Можно также лечить заболевания, связанные с некоторыми нарушениями обмена веществ, в том числе с дисфункцией макрофагов — мраморную болезнь, или остеопетроз (приводит к излишней плотности костей), и тяжелую форму болезни Гоше (характеризуется анемией и искривлением костей). Трансплантация стволовых клеток может быть эффективна при таких наследственных заболеваниях, как талассемия и серповидно-клеточная анемия (дефекты гемоглобина эритроцитов, переносимого кислорода), синдром Фанкони (гипопластическая анемия, обусловленная дефектом стволовых клеток, который при-

водит к нарушениям деятельности костного мозга) и хронический гранулематоз (тяжелый дефект ферментов лейкоцитов).

Донорами костного мозга обычно служат близкие родственники больного, что обеспечивает совместимость тканей. Иногда используется и неродственный донорский материал; в таких случаях донора подбирают для данного реципиента с помощью метода, получившего название HLA-типирования\*. Этот метод имеет ряд преимуществ. Во-первых, он позволяет пересаживать стволовые клетки людям, не имеющим тканесовместимых родственников. Во-вторых, для одного человека может быть найдено несколько подходящих доноров. На-

\* Аббревиатурой HLA (от англ. human leucocyte antigens) обозначается главная генетическая система тканевой совместимости у человека, локализованная в хромосоме 6. — Прим. ред.



плантации. Способность этих гормоноподобных веществ облегчать приживление трансплантата, а также их стимулирующее действие на пролиферацию стволовых клеток дают основания надеяться, что скоро станет возможной успешная трансплантация при малых исходных количествах стволовых клеток.

Важным источником исходных препаратов стволовых клеток может быть кровь из пуповины. Еще лет двадцать назад было установлено, что она содержит предшественники кровяных клеток. Как показал в 1987 г. Огава, в крови пуповины присутствуют плюрипотентные стволовые клетки. Э. Бойз, работавший тогда в Онкологическом центре им. Слоана—Кеттеринга, совместно с Г. Броксмейером из Индианского университета и Э. Глукман из Больницы Сан-Луи в Париже решили использовать кровь пуповины для трансплантации. Они сообщили об успешном лечении двух больных с синдромом Фанкони путем трансплантации стволовых клеток из пуповинной крови родственников этих больных, идентичных им по антигенам HLA. Недавно в Онкологическом центре Джонаса Гопкинса проведено успешное лечение лейкоза у 4-летнего ребенка с помощью такого подхода.

В настоящее время кровь пуповины обычно выбрасывают после родов, а ведь она может быть ценным источником стволовых клеток, которые теоретически могут сохраняться «до востребования» в течение всей жизни индивида. Стволовые клетки и лимфоциты из крови пуповины не несут никаких иммунологических следов заболеваний, приобретаемых впоследствии в ходе жизни, и, следовательно, из них будет восстанавливаться «необученная», т. е. не имеющая опыта контактов с антигенами иммунная система, которой понадобится время для приобретения необходимых иммунитетов к болезням.

**СОХРАНЕНИЕ** стволовых клеток каждого человека или хотя бы многих людей — особенно кровяных клеток, получаемых при рождении, — откроет широкие медицинские возможности. Постоянно хранящийся индивидуальный запас стволовых клеток можно было бы немедленно использовать в тех случаях, когда сейчас прибегают к ауто трансплантации. Решаются также проблемы, связанные с необходимостью удаления опухолевых клеток из крови и костного мозга больного. Такие запасы пригодятся и для аллотрансплантации, хотя здесь немало как материально-технических, так и этических сложностей.

Благодаря хранению индивидуальных стволовых клеток, доступных для использования в любой момент, можно было бы лечить не только заболевания, требующие реконструкции кровяной системы. Когда станет реальностью выращивание определенных линий стволовых клеток в культуре, появится возможность, взяв у больного стволовые клетки, подвергать их соответствующим манипуляциям, с тем чтобы, скорректировав дефект, возвращать в организм больного. Например, имеет смысл изменять стволовые клетки так, чтобы после обратной трансплантации в результате их дифференцировки образовались клетки иммунной системы, способные выполнять специфические новые функции. Клетки иммунной системы могут быть также продвинуты на следующие стадии своего развития. Скажем, В-лимфоциты, специализирующиеся на производстве антител, можно выращивать и иммунизировать в лабораторных условиях для того, чтобы они производили антитела против определенных заболеваний.

Возникает масса заманчивых возможностей. Что, если удастся «обучать» В-лимфоциты *in vitro* производить антитела против злокачественных клеток или против инфекционных агентов, таких как вирус иммунодефицита человека (HIV — от англ. human immunodeficiency virus) — возбудитель СПИДа? А быть может, будут выращивать цитотоксические Т-лимфоциты, специфически чувстви-

тельные для узнавания и уничтожения опухолевых или зараженных вирусами клеток?

Эти перспективы не столь фантастичны, как может показаться. Д. Балтимор из Рокфеллеровского университета предположил, что аутогенные Т-клетки могут приобретать устойчивость к инфекции HIV; он назвал этот процесс «внутриклеточной иммунизацией». Э. Джилбоа из Онкологического центра им. Слоана—Кеттеринга выделила из HIV ген *tar*, который связывает и блокирует белок, необходимый для репликации вируса. Джилбоа удалось ввести этот ген в культивируемые лимфоциты, и те клетки, в которых происходила его экспрессия, оказались устойчивы к HIV. Остается выяснить, будет ли такой метод «работать» в организме человека.

Продолжающиеся исследования должны обеспечить медицину новыми подходами к лечению болезней человека, включающими различные средства иммунологического контроля и усиления природных защитных сил организма. Совершенствование методов предотвращения и лечения заболеваний, вероятно, не обойдется без специфического и общего «обучения» клеток иммунной системы более эффективной реакции на вредоносные воздействия внешней среды. Центральная роль стволовых клеток в развитии и поддержании кровяной и иммунной систем означает, что эти клетки критически важны для решения поставленных задач.

## Наука и общество

### «Бакитьюбы»

**У СЕМЕЙСТВА** углеродных молекул-«клеток», известных как фуллерены, уже выявлено множество механических, химических, магнитных и электрических свойств, включая высокотемпературную сверхпроводимость. Недавно японские ученые обнаружили еще одно свойство этих кластеров: они способны образовывать трубчатые волокна, которые тоньше, имеют более совершенную молекулярную структуру, более стойки к химическому воздействию и прочнее, чем другие известные волокна.

С. Идзима, ученый из корпорации NEC, сделал это открытие в мае 1991 г., когда он исследовал налет сажи на поверхности угольного электрода, который использовался для получения фуллеренов в дуговом разряде. Он обнаружил тончайшие полые волокна длиной до 1 мкм, имеющие гексагональную структуру, в ко-

торой атомы углерода прочно связаны и с каждой стороны имеют граничный конус. В начале ноября 1991 г. в журнале «Nature» должна была появиться первая статья Идзимы с описанием этих структур.

Поскольку семейство этих веществ получило название по типичному его представителю — 60-атомному бакминстерфуллерену (C-60), или бакиболу, трубчатые волокна Идзимы быстро окрестили «бакитьюбами» («buckytubes»). «Они имеют намного более интересную структуру, чем бакиболы, — заявил Идзима. — Во-первых, она спиралевидная, такая форма еще никогда не обнаруживалась в неорганических веществах. Во-вторых, она цилиндрическая — это очень необычная кристаллическая решетка». Позднее он уточнил свое сообщение, указав, что Р. Уэттен из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе еще раньше доказал, что фуллерен C-76 имеет спиральную

структуру. (По мнению Уэттена, многие или все «гигантские» фуллерены имеют спиральную структуру.)

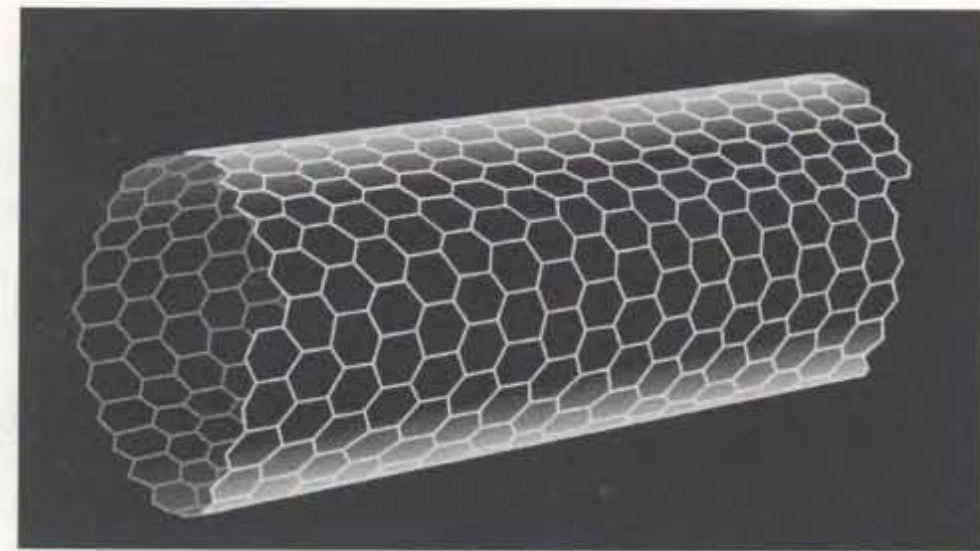
К выводу о том, что обнаруженные им трубочки имеют спиральную структуру, Идзима пришел на основании анализа изображений, полученных с помощью электронного микроскопа высокого разрешения, обеспечивающего увеличение в 500 000 раз, и картин дифракции электронов. Увеличенные изображения показали, что поперечные сечения двух и большего числа коаксиальных волокон различаются друг от друга на 0,34 нм — на расстояние, примерно равное промежутку между слоями атомов углерода в графите и радиусу бакиболо.

Дифракционные картины указывают на наличие кристаллической структуры из гексагональных углеродных колец, таких, которые обнаружены в графитовых слоях, но скрученных. Трубочатые волокна образуются из слоев этих шестиугольников, которые похожи на закрученные локоны, приклеенные к соседним скрученным шестиугольникам; все вместе они образуют спираль.

Поскольку трубки полые и каналы внутри них имеют ширину всего 2 нм, вероятно, они могут обладать необычными физическими свойствами. «Это может быть квантовая трубка», — предположил Идзима, имея в виду гипотетическую структуру, через которую электроны могут «туннелировать» без воздействия каких-либо внешних сил. «Возможно, они обладают сверхпроводимостью» — добавил он.

Предполагаемая высокая механическая прочность бакитьюбов является тем свойством, которое будет использовано в первую очередь. «Не исключено, что это самое прочное волокно, и, возможно, самое прочное из всех, которые вообще могут существовать», — считает Идзима. Высокая прочность волокна обусловлена, с одной стороны, природой углерод-углеродных связей, а с другой — почти бездефектной структурой трубчатых кристаллов. «Углеродное волокно — самая прочная структура в природе, очень жесткая для своего веса, — сказал М. Дресселхаус из Массачусетского технологического института. — Бакиволокна имеют очень мало дефектов и в этом смысле они лучше графита».

Дресселхаус фактически предсказал возможность существования таких волокон еще до того, как они стали широко известны; он сделал это во время дискуссии о гипотетических молекулах с Р. Смолли из Университета Райса, стоявшим у истоков открытия фуллеренов. С тех пор Смолли пропагандирует теорию о том, что ба-



КАК ФУЛЛЕРЕН может образовать волокно

китьюбы способны выравнивать свою кромку, когда они ломаются. При этом он ссылается на Леонарда Эйлера, швейцарского математика XVIII в., доказавшего, что из плоских шестиугольников любого размера можно образовать многогранник только при условии, если к ним добавить ровно 12 пятиугольников. На основании этой теоремы Смолли делает вывод: если бакитьюбы представляют собой замкнутую структуру (т. е. являются настоящими фуллеренами), то они должны стремиться к «залечиванию» изъянов. «Сломанный» бакитьюб должен замыкать свободные связи путем образования новых пятиугольников на изломе и таким образом «сшивать» их.

Интересно не только, как волокна замыкаются, но и то, как они начинают расти. «Волокна должны содержать зародыши, — говорит Дресселхаус. — Они образуют кластеры, но не в форме шара, а в виде нитей». Если бы такой рост мог продолжаться до образования макроскопических структур, химики могли бы получать бакитьюбы сантиметровой длины с любым числом слоев.

Идзима заявил, что сейчас он пытается получить такие волокна оптимальной длины, но когда его спрашивают о том, как он собирается это сделать и каких результатов можно ожидать, в ответ от только улыбается. Он собирается также проверить гипотезу самовосстановления путем контролируемого излома волокна электрическим «ударом» и затем наблюдать, что будет происходить в месте излома.

Открытие Идзимы еще не подтверждено другими. Смысл его открытия начал занимать умы ученых, исследующих фуллерены, только после конференции в Ричмонде (шт. Виргиния), состоявшейся в середине

октября 1991 г., где Идзима впервые сделал сообщение о своем открытии. Уэттен считает, что если существование бакитьюбов подтвердится, исследователи начнут новые работы «примерно через месяц».

Несмотря на то, что результаты исследований Идзимы были всего лишь предварительными, многие примерно из 200 участников конференции в Ричмонде высказали свои предположения о возможном практическом применении бакитьюбов. Физики представили возможность построения решеток из параллельных бакитьюбов, выполняющих роль «окна» для гамма-лучей, в котором это высокоэнергетическое излучение будет распространяться внутри волокон, препятствующих диффузии газов, например, воздуха.

Инженеры предвкушают создание углеродных волокон, которые по своим свойствам превзошли бы графитовые, такие, как матрицы для углерод-углеродных соединений — исключительно прочные и легкие материалы, используемые в конструкциях самолетов с высокими летными характеристиками. Но даже мельчайшие царапины ведут к окислению поврежденных графитовых волокон. Композиционные материалы на основе бакитьюбов, способные к самовосстановлению, сохраняли бы свою прочность.

Теперь наука уже меньше отстает от фантастики. В воображении Дейвида Джоунса, который публикует свои книги под псевдонимом Дедал, фуллерены существовали за 19 лет до того, как они были обнаружены. В июне 1991 г. в журнале «Nature» он писал о сверхпрочной «графитовой пене» из углеродных трубчатых волокон, т. е. через несколько недель после того, как Идзима открыл бакитьюбы.

Анализ конских зубов, найденных на территории Украины, доказывает, что человек начал ездить верхом на лошади 6000 лет назад — гораздо раньше, чем предполагалось.

Появление верховой езды оказало влияние на распространение культуры и языка

ДЕЙВИД ЭНТОНИ, Д. Я. ТЕЛЕГИН, ДОРКАС БРАУН

ТЕЧЕНИЕ истории изменилось в тот день, когда человек вскочил на спину лошади и взглянул на окружающий его мир с высоты своего положения. Один французский любитель лошадей сказал как-то, почти не преувеличивая, что окруженный стихиями, словно сговорившимися погубить его, и более сильными и быстрыми зверями, человек остался бы рабом, если бы лошадь не сделала его царем.

Предполагалось, что езда верхом зародилась в Центральной Азии приблизительно за пять веков до появления кавалерии в армиях государств Ближнего Востока, т. е. около 1000 г. до н. э. Эта точка зрения ошибочна. Новые данные, основанные на изучении характера повреждений зубов доисторической лошади, вызванных удилами, показывают, что верховая езда появилась гораздо раньше. Взаимоотношения между всадником и лошадью начались в обществе эпохи меди, известном как среднестоговская культура, которая процветала на территории нынешней Украины шесть тысячелетий тому назад. Таким образом, верховая езда зародилась раньше, чем было изобретено колесо, поэтому можно сказать, что она была первым важным человеческим изобретением в области наземного транспорта. Более того, время и место появления первых наездников служат еще одним доказательством старой теории о том, что всадники евразийских степей помогли в распространении семьи индоевропейских языков, которые в настоящее время являются наиболее широкоупотребительными языками в мире.

Примерно до 4300 г. до н. э. лошади существовали только в диком состоянии. Они обитали на обширной территории степного пояса, простиравшегося с востока Украины до Тянь-Шаня и Монголии. Небольшие популяции лошадей существовали в Центральной и Западной Европе, но только на границах степной зоны, где они

формировали большие табуны, лошадь составляла важную часть рациона человека. Как бизоны в Северной Америке, они были основными крупными травоядными животными степей.

Лошадей, остатки которых обнаружены в местах доисторических поселений, могли использовать либо как добычу, принесенную с охоты, либо как одомашненный источник мяса, либо как ездовых животных. Способы определения того, каким образом использовались животные, были предложены в результате изучения двух популяций современных диких лошадей. Джоел Бергер из Невадского университета исследовал мустангов Гранитной цепи Невады, а Роналд Кейпер из Университета шт. Пенсильвания и Даниел Рубенштейн из Принстонского университета изучали популяцию пони на шельфовых островах восточного побережья в штатах Виргиния и Мэриленд. Этологи обнаружили, что лошади в диком состоянии образуют две основные общественные формы: табуны «холостых» лошадей и табуны гаремного типа, ведомые одним жеребцом.

Табуны холостых животных находятся в постоянном движении, их перемещения невозможно предсказать. Гаремы движутся по определенным маршрутам, оставляя за собой следы в виде навоза, что, по-видимому, облегчало охотникам задачу по их отслеживанию. Поэтому большинство остатков лошадей, убитых на охоте, должны были бы принадлежать взрослым кобылам и молодняку. Из одомашненных табунов на убой в основном отбирали молодых жеребцов, неуправляемых и ненужных для увеличения конского поголовья.

Таким образом, данные о поле и возрасте, полученные при изучении костей лошадей, которыми питались люди эпохи меди, должны показать, были ли эти лошади дикими или домашними. К сожалению, весьма часто не удается установить половую

принадлежность лошадиных остатков, так как определить пол можно только по зубам (у жеребцов имеются клыки, которые отсутствуют у кобыл), а это зависит от сохранности зубов верхней и нижней челюстей. Но из-за того, что на лошадиных челюстях немного мяса, их обычно не относили в места приготовления пищи, а основным источником археологических находок для нас являются кухонные отходы. Делались попытки определить домашних лошадей по другим признакам, помимо пола, в основном по измерениям черепа и измерениям костей нижней части конечностей. Но ни один из этих методов не может помочь сделать окончательное заключение об одомашнивании лошадей.

НАИБОЛЕЕ важным археологическим объектом изучения зарождения коневодства является Деревка, поселение, где один из нас (Телегин) проводил раскопки в 1960—1967 гг. и в 1983 г. Это поселение, одно из сотен, относящихся к среднестоговской культуре эпохи меди, находится в 250 километрах к югу от Киева на западном берегу Днепра в экологической зоне, представляющей собой переход от лесостепи на севере к обычной степи на юге. Среднестоговская культура (по названию острова на Днепре, где было раскопано первое поселение этого типа) процветала в период между 4300 и 3500 гг. до н. э. Радиоуглеродное датирование четырех предметов из Деревки показало, что люди там жили около 4000 лет до н. э. плюс-минус несколько веков.

Найденные жернова и кремневые серпы указывают на то, что представители среднестоговской культуры занимались земледелием. Большое количество костей коров, овец, хоз и свиней говорит о том, что они также разводили скот. Тем не менее только наличие лошадей экономически отличает эту культуру от других.

Исходя из процентного соотношения лошадиных костей и костей дру-

гих животных в пищевых отходах, можно сказать, что лошади для представителей среднестоговской культуры были в два раза важнее, чем для представителей более ранних культур этого региона. Они не только потребляли в пищу больше конины, она была также частью их рациона в более северных районах, во влажных лесных поселениях, куда очень редко забредали дикие лошади, а это значит, что их туда должны были привести люди.

Увеличение объема потребляемой в пищу конины позволяет сделать вывод, что к этому времени представители среднестоговской культуры одомашнили лошадь и использовали ее как источник пищи. Лошади представляли собой очень удобный источник питания: они в отличие от коров и овец были представителями фауны этой зоны и поэтому требовали меньше ухода — особенно во время холодных зимних месяцев. Через некоторое время после помещения лошади в загон кому-то пришла в голову мысль проехать на ней верхом.

В ДЕРЕВКЕ были получены доказательства увеличения интенсивности использования лошадей. Лошадиные кости в количестве 2412 штук, найденные среди отходов (вероятно, накопленных в течение нескольких вторых заселений этого места), составляют 61,2% от общего количества идентифицированных костей животных. Эти кости являются остатками по крайней мере 52 животных (а может быть, и гораздо большего их числа), что соответствует примерно 7 т мяса. Это мясо составляет 60% от общего количества мяса животных, остатки которых были найдены на месте раскопок.

Только по шести фрагментам челюсти удалось с достаточной степенью достоверности определить пол животного. Все они принадлежат жеребцам. Это позволяет предположить, что большинство остатков лошадей — фактически почти все — принадлежат жеребцам. Мы знаем, что в диком табуны гаремного типа около 30% жеребцов, включая неполовозрелых жеребят, и что популяция диких

лошадей насчитывает менее 50% жеребцов. Таким образом, представляется, что забитые животные были отобраны из домашнего стада. С другой стороны, недавний анализ конских остатков показал, что большинство лошадей было забито в возрасте от 6 до 8 лет, т. е. они были старше, чем можно было бы ожидать при отбраковке молодых жеребцов. Вероятно, при раскопках были обнаружены остатки как диких, так и одомашненных лошадей.

Самой интересной находкой были остатки коня, которого следует рассматривать отдельно от других лошадей. Это был жеребец 7 или 8 лет, чью голову и левую переднюю ногу нашли рядом с хорошо сохранившимися остатками двух собак. Эти три животных не случайно оказались в одном месте. Вероятно, это было жертвоприношение в виде шкур с головой и с костями передних ног и позвоночника. Неподалеку была обнаружена глиняная фигурка кабана, а также обломки других фигурок, видимо людей. Здесь также были найдены две



ЛОШАДИНЫЕ ШКУРЫ, подвешенные на жердях. Этот обряд, существовавший в дохристианской Европе, был воссоздан датчанами. У жеребца, найденного рядом с двумя собаками в поселении шеститысячелетней давности на территории Украины, на зубах имеются повреждения от

удил. Это самый древний из известных верховых коней. Такое сочетание животных напоминает индоевропейские мифы о лошади, переносящей души умерших в царство Аида, которое охраняют собаки.



**ОДОМАШНИВАНИЕ ЛОШАДИ** косвенно подтверждается археологическими находками эпохи меди, например этим «скипетром» в виде лошадиной головы (вверху слева) из Драмы (Болгария). Самое древнее свидетельство, датированное бронзовым веком, представляет собой вырезанное на поверхности скалы изображение коня и всадника (внизу

слева) в Каменной Могиле (Украина). Конные племена быстро распространились по восточным степям, но им понадобилось больше времени, чтобы проникнуть в заселенные западные районы. Влекомые лошадьми колесницы достигли Ближнего Востока к 1800 г. до н. э., примерно через два тысячелетия после зарождения верховой езды.

роговые пластины с отверстиями — по всей вероятности нашечные пластины от удила.

Все вместе это имеет культовое назначение: наличие лошади, собак и антропоморфных фигурок ясно указывает на одомашненный статус лошади. Древний обычай вывешивать в святилище лошадиную шкуру с головой и ногами был широко распространен в дохристианской Европе. Этому обряду следовали и в нашем веке буряты и ойроты, живущие между Алтаем и озером Байкал. Возможно, он сохранился у них и доныне.

Деревянный жертвенный жеребец безусловно относится к среднестоговской культуре. Он был найден в том земляном слое, который существовал во время эпохи меди. Детали находки согласуются с тем, что должно было остаться от жертвоприношения в виде подвешенной на жерди шкуры с головой, погребенной под мусором, накопившимся в период всего существования среднестоговской культуры. Представляется крайне маловероятным, что жертвенный жеребец мог попасть в яму, вырытую людьми, пришедшими на это место позднее.

Роговые нашечные пластины от удила — если это действительно они — похожи на другие, упоминающиеся в качестве косвенного доказательства существования верховой езды в эпоху

меди. Пара пластин была обнаружена в могильнике периода среднестоговской культуры в Александрии (где не было конских остатков). Несколько пластин было найдено при раскопках поселений того времени в Польше и в Восточной Германии. И хотя подобные нашечные пластины служили частью конской сбруи по прошествии двух тысячелетий — в эпоху бронзы — эти находки эпохи меди не могут быть абсолютным доказательством существования верховой езды.

Другая любопытная группа находок, детально изученная одним из нас (Телегиным), — это отшлифованные каменные «скипетры», которые были найдены в поселениях эпохи меди на большой степной территории с прилегающими к ней частями Юго-Восточной Европы. Самые ранние из них не похожи на головы животных, но более поздние экземпляры, относящиеся к 3500—3000 гг. до н. э., вытесаны в виде конских голов, иногда даже с намеком на сбрую. Эти более поздние находки, по-видимому, принадлежат культуре, синхронной среднестоговской и известной под названием ямной культуры. В большинстве случаев подобные «скипетры» сделаны из редкого камня порфира. Изображение лошади символизирует богатство, а сам «скипетр» является символом военной власти. Ни одно другое животное не представлено

подобным образом в Европе периода эпохи меди. Но даже при всем этом «скипетры» не являются доказательством существования верховой езды.

Так как отсутствуют находки, по которым можно было бы окончательно определить время появления верховой езды, мы решили заглянуть лошадям в зубы. Мы предположили, что если самые первые верховые лошади носили удила, то, даже если они были веревочными, на малых коренных зубах (премолярах) должны остаться микроскопические отметины. Это начальное предположение было встречено с недоверием несколькими ветеринарами, которые указали на то, что в идеале удила лежат на мягких тканях конского рта. Легкое натяжение поводка причиняет лошади неприятные ощущения, что позволяет управлять животным. Правильно пригнанные удила должны лежать на языке лошади и на деснах в промежутке между резцами и премолярами (см. рисунок на с. 39 вверху).

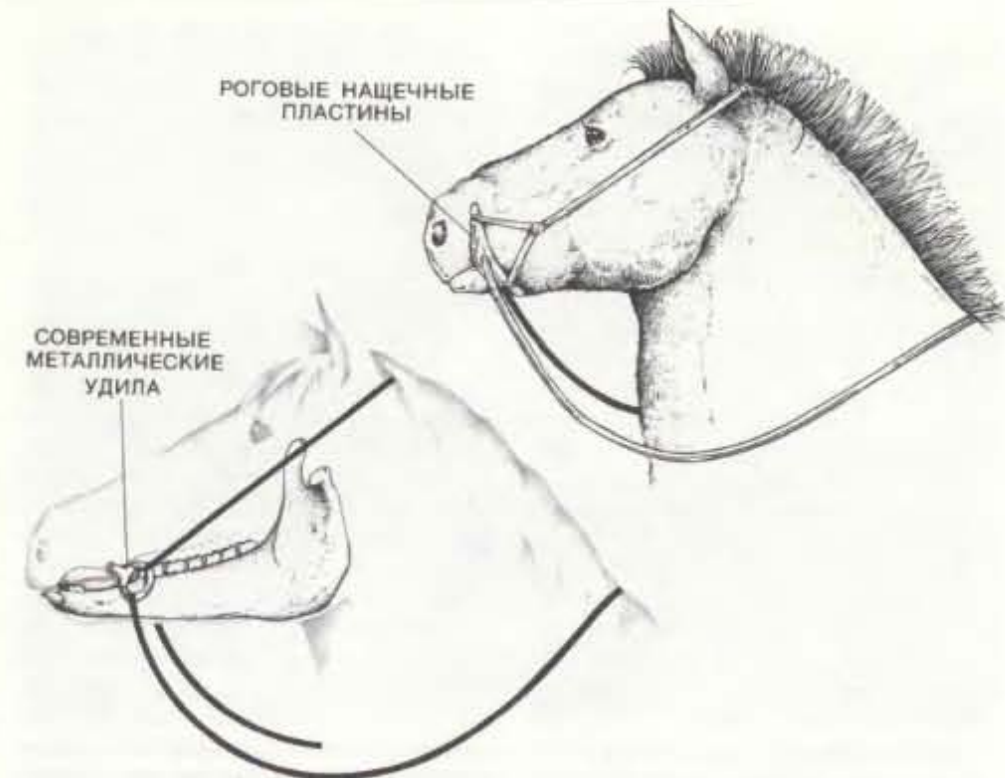
**ОДНАКО**, как нам объяснили инструкторы верховой езды, удила не всегда лежат там, где им следует лежать. Это практическое наблюдение было подтверждено флюороскопическими фотографиями лошадей, грызущих свои удила. Фотографии, сле-

данные Хилари Клейтоном из Университета пров. Саскачеван (Канада), показали, что, если удила не подогнаны идеально, лошадь может поднимать и втягивать язык, поднимая при этом удила и продвигая их назад, на передние премоляры. Премоляры находятся довольно далеко в глубине от мягких уголков губ. Таким образом, лошадь должна втянуть удила в рот и плотно зажать их между премолярами для того, чтобы не дать им сдвинуться обратно на десна.

Лошадь, которая обычно сопротивляется удилам, будет таким образом постоянно сдвигать их на переднюю часть жевательной поверхности своих передних премоляров. В таком случае при неплотном прикусывании удила будут скользить по поверхности зубов. Огромная сила, с которой лошадь сжимает удила между зубами, и то, что удила скользят вперед и назад по поверхности зубов, являются причиной их стирания.

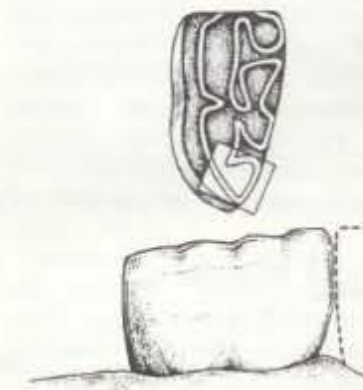
Двое из нас (Энтони и Браун) изучили нижние премоляры 10 современных домашних лошадей, ходивших в узде, и 20 диких лошадей из Невады и Виргинии, не знавших удила. При изучении под сканирующим электронным микроскопом было отмечено, что повреждения зубов удилами ясно отличимы от повреждений, вызванных естественными причинами. Повреждения от удила характеризуются четырьмя признаками. Во-первых, место повреждения: эмаль первого выступа зуба растрескана со стороны щеки, со стороны языка и спереди. Во-вторых, трещины образуют характерный рисунок. Царапины (маленькие трещинки) идут от центра выступающей эмалевой поверхности, иногда соединяясь и образуя траншевидные изломы, проходящие по всей длине эмалевого гребня. В-третьих, движения удила взад-вперед по поврежденной эмали становятся причиной появления внутри царапин неправильной формы стертостей (так называемых ступенчатых трещин). И наконец, первый выступ зуба часто скошен или скошен по направлению к передней части рта.

Поверхность зубов современных лошадей, у которых присутствуют микроскопические следы повреждений, причиненных удилами, в среднем стерта на 3,56 мм. Премоляры диких лошадей стертые только на 0,82 мм. Более того, эмаль на жевательной поверхности зубов диких лошадей обычно гладкая, полностью отсутствуют глубокие трещины, которые покрывают первый выступ премоляров домашней лошади. Примерно у одной трети лошадей была несколько растрескана эмаль на первом выступе зу-

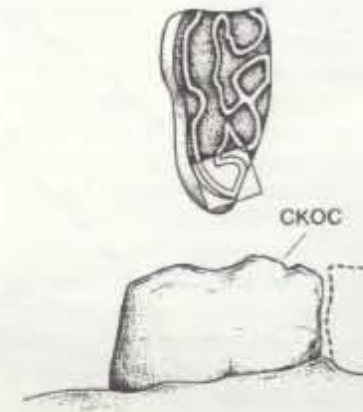


**ЖЕРЕБЕЦ ИЗ ДЕРЕИВКИ** (вверху) изображен как крупноголовое животное с веревочными удилами между нашечными роговыми пластинами. Удила современной лошади при правильном положении должны лежать на мягких тканях конского рта (внизу), однако животные часто передвигают их на зубы.

**ЗУБ ДИКОГО ЖЕРЕБЦА**



**ЗУБ ЖЕРТВЕННОГО ЖЕРЕБЦА ИЗ ДЕРЕИВКИ**



**ИЗУЧЕНИЕ ЗУБОВ:** профиль зуба дикой лошади (вверху) не скошенный, трещины видны только на жевательной поверхности со стороны щеки (на микрофотографии). Зуб жеребца из Деревки (внизу) скошен и покрыт трещинами, что является доказательством использования удила.

ба со стороны щеки, но никогда со стороны языка. (Повреждение зубов со стороны щек происходит по естественным причинам из-за способа жевания.) Но даже в этих случаях ни у одной дикой лошади характер зубных повреждений не был похож на характер повреждений, причиненных удилами.

**ВООРУЖЕННЫЕ** этими знаниями, двое из нас (Энтони и Браун) поехали в Киев по приглашению Академии наук Украины. Здесь совместно с Телегиным и палеозоологом Натальей Белая-Тимченко мы изучили зубы большого количества доисторических лошадей. Нами были сделаны точные слепки нижних премоляров, найденных при раскопках поселений возрастом от 25 000 до 1000 лет. Анализ слепков, проведенный в США, показал, что зубы лошадей, живших до 4000 г. до н. э., не имеют сколов или микроскопических свидетельств ношения удила. У деревенского жертвенного жеребца были стерты передние премоляры. Произведенные измерения показали, что его премоляры стерты на 3,5 мм; это почти полностью соответствует размерам контрольного образца с зубами, поврежденными удилами, и намного превосходит 0,82 мм, на которые обычно стерты зубы диких лошадей.

Когда слепки премоляров жеребца

из Деревки подверглись исследованию с помощью сканирующего электронного микроскопа, были обнаружены все микроскопические следы повреждений от удила. Первые выступы зубов были скошены, на них были видны идущие от центра царпины и ступенчатые трещины. Эти повреждения были обнаружены только в скошенной зоне, они не распространялись на заднюю часть зуба. Более того, поскольку обряд предусматривал сохранность головы и ног животного, сохранилась также верхняя челюсть деревенского жеребца, которую можно было сравнить с нижней. Никакой неправильный способ жевания не мог быть причиной таких повреждений. Из этого следует, что жеребец носил удила, а это значит, что им управляли сзади. Такое управление может осуществлять только всадник или возчик колесной повозки. За пять столетий до изобретения колеса такая лошадь могла быть использована только в качестве верховой. Эта первая известная в мире лошадь, которую использовали для верховой езды.

Представляется странным, что ни один из остальных четырех нижних премоляров из Деревки не имеет повреждений от удила. Эти зубы были найдены в общей яме для пищевых отходов и, возможно, принадлежали съеденным лошадям. Лошадь, избранный вместе с двумя собаками для

совершения обряда, была единственным животным, которое носило бесспорные следы своего использования для верховой езды.

Мы стремились не только определить время зарождения верховой езды, но также выяснить, какое влияние верховая езда оказала на поздние общества эпохи меди в Европе, существовавшие в период между 4000 и 3000 г. н. э. Некоторые ученые, например Эндрю Шерратт из Асмолианского музея Оксфордского университета и Шандор Бекёни из Академии наук Венгрии, предположили, что широкие социальные и экономические изменения были вызваны тем, что животных стали использовать для получения вторичных продуктов, таких, как шерсть и молоко, а также для верховой езды и перевозки тяжестей. Если верховая езда появилась раньше колесных повозок, ее влияние можно будет отличить от того, которое связано с использованием тяглового усилия животных.

**ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ** культурные изменения в Новом Свете представляют собой модель, по которой можно воссоздать влияние верховой езды на уклад жизни людей на территории современной Украины в эпоху меди. Возможно, лошади были одними из первых явлений европейской жизни, проникших в Север-

ную Америку. Эти лошади произошли от лошадей, привезенных испанскими колонистами в Нью-Мексико в конце XVII века. Животные либо убежали, либо перепродавались от племени к племени, в результате чего достигли центральной части континента. Североамериканские племена познакомились с верховой ездой задолго до появления у них огнестрельного оружия, европейских болезней, европейских торговцев и других явлений европейской жизни. Таким образом, в период между 1680 и 1750 гг. влияние верховой езды можно изучать хотя бы в частичной изоляции от других европейских влияний.

Появление лошади произвело революцию практически во всех областях жизни равнинных племен. Всадники могли передвигаться в два-три раза быстрее, чем пешеходы, и покрывать за день в два-три раза большие расстояния. Неожиданно стали достигаемы ранее далекие пищевые ресурсы, враги, союзники и рынки. Существование и экономическое выживание в сухих степях, ненадежное и рискованное для пеших охотников, вдруг стало предсказуемым и благоприятным. Поселения оседлых земледельцев, располагавшиеся в долинах рек и бывшие центрами скопления населения и экономического производства, стали уязвимы для молниеносных набегов вражеских всадников, которых невозможно было преследовать и нельзя было наказывать. Множество подобных поселений было покинуто, и их обитатели были вынуждены в целях обороны также стать всадниками, как это случилось с племенами чейенн, арапахо и кроу.

Военные действия стали более интенсивными и приобрели большее социальное значение из-за того, что лошади превратились в символ богатства и их легко можно было утратить, а также потому, что конные племена раздвинули свои этнические границы, устанавливаемые прежде с учетом возможностей достижения их пешим образом. Расширились и стали социально более сложными системы торговли и обмена. Объемы партий товаров (включая лошадей) увеличились в размерах. Аналогичные изменения происходили независимо и в Южной Америке.

Подобные изменения, по-видимому, имели место и во времена средневековой культуры, которая хорошо известна после раскопок более двухсот поселений в долинах степных рек Украины. В поселениях обычно находилось несколько легких строений, в которых, вероятно, совместно жили разросшиеся семейные группы. Они охотились, ловили рыбу, занима-



НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ УДИЛ у лошадей этих афганских всадников. Лошади передвинули удила на зубы для того, чтобы уменьшить давление на мягкие ткани. Эти действия оставляют на зубах характерные отметины.

лись земледелием и пасли коров и овец — возможно, верхом. Они погребали умерших на небольших кладбищах, насчитывающих от 10 до 30 захоронений, и оставляли большинство из них только одно-два простых орудия. Тем не менее в некоторых могильниках были обнаружены медные украшения, ожерелья из ракушек и прекрасные кремневые орудия. Из этого можно сделать предположение, что в них лежат представители зарождающейся элиты.

Можно было ожидать, что севшие на лошадей люди средневековой культуры вступили в радикально изменившиеся отношения со своими соседями, как это произошло с американскими индейцами. В поздний период средневековой культуры в могильниках стали появляться медные украшения в таком разнообразии и количестве, которые не встречались ранее к востоку от Днепра.

Эти украшения, несомненно, заимствованы у кукутени-трипольской культуры, которая процветала на открытых лугах возвышенностях между Днепром и Карпатскими горами в 4500—3500 гг. до н. э. В крупных сельскохозяйственных городах и множестве мелких селений, где были и двухэтажные здания, производилась выплавка меди, совершались обряды, в которых главную роль играли статуэтки женщин и зерно. Там же создавались технически сложные расписные керамические сосуды. Более того, медные украшения кукутени-трипольского типа начали также появляться в захоронениях в 900 кило-

метрах к востоку от Деревки. Эти украшения были найдены даже в таких далеких местах, как Хвалынский, расположенный на средней Волге. Предположительно они были завезены туда средневековыми торговцами.

Верховая езда стимулировала и торговлю, и военные действия и тем самым способствовала установлению связей между далекими народами. Крупные поселения кукутени-трипольской культуры разрослись еще больше, занимая территории, превышающие 300 гектаров и насчитывая до тысячи строений. Такие беспрецедентные концентрации населения можно было бы наилучшим образом объяснить как имеющие оборонный характер. Более того, около 3800 г. до н. э. в 600 километрах к западу от Днепра в Восточной Венгрии и в Западной Румынии появились захоронения, похожие на те, в которых погребали своих умерших представители средневековой культуры. Верховая езда должна была привести к следующим изменениям: обогащению средневековой культуры, расширению связей и торговли с народами отдаленных степных районов, оборонной концентрации земледельческого населения и перемещению отдельных групп представителей средневековой культуры в плодородные районы, которые они не могли освоить ранее.

Возможно, что первые всадники говорили на языке, который мы бы сейчас назвали индоевропейским

### Появление лошадей в Северной Америке



проязыком. Лингвисты реконструируют этот уже давно мертвый язык, исходя из произошедших от него санскрита, древнегреческого и латыни, а также таких современных языков, как английский, французский, русский и персидский.

В прошлом веке некоторые археологи и лингвисты пытались найти прародину индоевропейских языков в степях Украины, в частности среди изобилующих лошадиными костями остатков ямной культуры, которая частично происходит из среднестоговской культуры и распространилась в степях, лежащих к северу от Черного и Каспийского морей. Джеймс Маллори из Куинз-Колледжа в Белфасте еще раз подтвердил теорию о том, что прародина индоевропейских языков находилась на территории современной Украины. В противовес этому другие ученые недавно выдвинули предположение, что индоевропейские языки были вынесены из Анатолии первыми земледельцами в период неолита, задолго до того, как была одомашнена лошадь (см. статью: Т. В. Гамкрелидзе, В. В. Иванов «История происхождения индоевропейских языков»: «В мире науки», 1990, № 5).

Даже авторы настоящей статьи расходятся во мнении относительно местонахождения прародины индоевропейских языков. Но если в степях Украины действительно жили люди, говорившие на некоторых ранних индоевропейских диалектах — а с этим утверждением авторы согласны, — то появление здесь в начале четвертого тысячелетия до н. э. верховой езды могло способствовать распространению этих языков.

Проникновение в восточные степи конных племен завершилось их экономической адаптацией к степным условиям. Они стали заниматься пастбищным скотоводством, а в долинах рек появились небольшие земледельческие угодья. Верховая езда фактически помогла превратить обширные евразийские степи из препятствия в средство межплеменной связи и торговли.

Перемещение племен всадников в восточном направлении почти не встречало сопротивления. Распространение их на запад столкнулось с определенными сложностями. В Европе всадники встретились с устоявшимся земледельческими обществами эпохи меди. Археологические данные и теоретические модели переселения людей подтверждают теорию о том, что такие передвижения, сначала на восток, а затем на запад, происходили в период между 3500 и 3000 гг. до н. э.

Во всех этих изменениях, как и во всех последующих событиях человеческой истории на протяжении пяти тысяч лет, лошадь играла главную роль. Но сейчас уже ясно, что на юг, на Ближний Восток, обычай ездить верхом проникал очень медленно. Когда лошади, наконец, появились там, что произошло между 2200 и 2000 гг. до н. э., они стали использоваться вместо ослов и гибридов осла и

онагра как тягловые животные для передвижения боевых повозок. Большие размеры и скоростные качества лошадей, а также, возможно, новые методы управления с помощью удила привели к усовершенствованию боевых колесниц около 1800 г. до н. э. Так, запряженная в колесницу лошадь въехала на страницы истории, через два тысячелетия после того, как она впервые покорила узде.

## Наука и общество

### Суперкомпьютер Хиллиса

В 1981 г. АСПИРАНТ лаборатории искусственного интеллекта Д. Хиллис под руководством Марвина Л. Мински из Массачусетского технологического института (МТИ) написал любопытную работу. Сначала он посетовал на то, что компьютеры слишком медленны, а если попытаться привить им хоть каплю искусственного интеллекта, они будут работать еще медленнее. Затем он предложил решение — принципиально новый компьютер, построенный за счет соединения нескольких тысяч маломощных процессоров.

Через десять лет Хиллис и его компания Thinking Machines в Кембридже (шт. Массачусетс) с коллективом в 450 сотрудников планируют презентацию своего третьего компьютера, основанного на этой концепции. Хиллис полагает, что быстродействие и эффективность данной машины будут достаточными, чтобы на ней можно было реализовать искусственный интеллект. По словам Хиллиса, номинальное быстродействие этой самой крупной версии коммутационной машины, названной CM-5, вероятно, достигнет одного триллиона арифметических операций с плавающей запятой в секунду (одного терафлопа). Именно к такому быстродействию стремились многие ведущие компании мира, производящие суперкомпьютеры.

Модели машины, которые Хиллис собирался продемонстрировать в октябре 1991 г., еще не достигают терафлопа. Но их конструкция позволяет соединить около 16 000 процессорных узлов и таким образом получить машину, на которой без труда можно проводить вычисления со скоростью не менее терафлопа. Пока компания Thinking Machines не объявила о цене такой машины, которая, вероятно, займет площадь, равную теннисному корту. Менее мощные CM-5 будут стоить от 1,5 млн. долл. за машину с 32 процессорными узлами до 20 млн. долл. за машину с 8000 узлов.

Как и первый компьютер компании

Thinking Machines, выпущенный в 1987 г., CM-5 — это параллельная машина, в которой одну и ту же задачу сразу решает много процессоров. Новая конструкция еще больше определит главное направление развития вычислительной техники в сторону создания параллельных компьютеров, отчасти при поддержке фирмы IBM, которая недавно заключила с Thinking Machines соглашение о совместной исследовательской программе.

Если ранние версии коммутационной машины состояли из тысяч относительно простых одноканальных процессорных элементов, то CM-5 может включать в себя всего 32 процессорных узла. Эти узлы построены на базе сложного современного микропроцессора с так называемой RISC-архитектурой, который быстро выполняет набор упрощенных инструкций с помощью четырех микросхем, ускоряющих вычисления.

С точки зрения пользователя, CM-5, возможно, будет способствовать сближению двух различных концепций параллельного программирования, сложившихся за последние несколько лет. Новая архитектура позволяет воспользоваться как преимуществами подхода «одна инструкция, множество данных» (SIMD), так и подхода «множество инструкций, множество данных» (MIMD). Ранее Хиллис главное внимание уделял методу программирования SIMD, согласно которому одна инструкция одновременно передается всем процессорам, так чтобы они выполнили соответствующую операцию над своими элементами данных. Другие разработчики следовали подходу MIMD, в котором более сложные процессоры выполняют различные инструкции, манипулируя различными наборами данных. Хотя архитектура MIMD легче адаптируется к более широкому классу задач по сравнению с архитектурой SIMD, программировать первую сложнее.

Машины с архитектурой SIMD,

подобные тем, которые были созданы компаниями Thinking Machines и MasPar Computer в Санта-Клара (шт. Калифорния), постепенно приближались к архитектуре MIMD, как отмечает Дж. Кэлб, президент компании MasPar. Однако в CM-5 каждый узел способен действовать либо сам по себе, выполняя свой собственный набор инструкций (т. е. так, как в MIMD), либо выполняя инструкции, одновременно задаваемые всем процессорам (SIMD). Независимо действующие узлы при необходимости синхронизируются. В зависимости от характера решаемой задачи процессорные узлы могут выполнять 10 000 операций, не синхронизируя свои действия или обмениваясь информацией на каждом вычислительном шаге.

Однако физически соединить такие процессоры — задача трудная. По словам Хиллиса, исследователи из Thinking Machines и МТИ создали сеть, в которой количество всевозможных связей между процессорами возрастает пропорционально количеству добавляемых процессоров. Пока Хиллис неохотно делится секретами, благодаря которым машина получается сравнительно легко расширяемой. Хотя информационный обмен между узлами, расположенными рядом, будет все же быстрее, чем между удаленными друг от друга, Хиллис говорит, что геометрическое расположение процессоров будет играть значительно менее важную роль, чем это было в ранних версиях коммутационной машины.

Схема соединений играет также ключевую роль в двух других важных свойствах машины: надежности и скорости обмена данными с внешними банками данных (называемыми I/O, от англ. In/Out — соответственно «ввод/вывод»). Почти третья часть аппаратуры сети связи, по словам Хиллиса, предназначена для того, чтобы обеспечить надежную работу машины. Если какой-то процессор перестает работать, машина автоматически направляет задачи и данные по другим адресам, не снижая сколько-нибудь заметно своего быстродействия.

Механизм обмена данными между машиной и внешней памятью по существу представляет собой расширение сети коммуникаций, применяемой в самой машине. В результате многочисленные порты ввода/вывода, каждый из которых может оперировать со скоростью около 20 Мбит/с, при их объединении передают данные со скоростью порядка сотен мегабайт или даже десятков гигабайт в секунду.

Хиллис утверждает, что сочетание архитектуры SIMD и MIMD в его ма-



КОМПЬЮТЕРЫ не должны выглядеть как холодильники, считает Дэнни Хиллис. В этой версии его нового суперкомпьютера задействовано 1024 процессорных узла. Фото: Стив Данвелл.

шине откроет новые классы задач, с которыми плохо справлялись более ранние версии коммутационной машины. Когда первые четыре машины CM-5 начнут работать у пользователей, можно будет убедиться в том, насколько справедливы утверждения Хиллиса. Но сначала придется решить некоторые проблемы, касающиеся программного обеспечения. Поскольку архитектура коммутационной машины изменилась, тем, у кого имеются более ранние модели, придется перекомпилировать заново или изменить программы, прежде чем их можно будет выполнять на новой CM-5. «Самая значительная проблема, с которой сталкивается сейчас компьютерная промышленность, — это разработка программного обеспечения», — заявил Кэлб из компании MasPar.

Недавно представители Thinking Machines объявили о том, что партнерство с IBM, по-видимому, расширит возможности компании в сфере программного обеспечения. У IBM, по словам И. Владавски-Бергера, помощника генерального менеджера системного отделения фирмы, имеются потенциальные покупатели, нуждающиеся в высокопараллельных архи-

тектурах. «В то же время существует целая категория клиентов, которые хотели бы иметь эти архитектуры в синем металлическом шкафу с надписью IBM. Им нужна скорость вычислений в сочетании с фирменным знаком IBM», — отмечает Хиллис. Хотя эти две компании и не планируют совместно торговать своей продукцией, они будут разрабатывать методы, позволяющие переводить программы пользователей с машин серии IBM 3090 на различные модели коммутационной машины.

Хиллис не намерен вносить какие-либо принципиальные изменения в будущие архитектуры своих машин. «Мы уже довольно хорошо вписались в сформировавшееся общее русло развития параллельных машин на следующее десятилетие», — сказал он. Сам Хиллис хочет заняться вопросами практического применения машины, сосредоточив свое внимание главным образом на возможности ее использования для решения проблем искусственного интеллекта. «Теперь, — добавляет он, — мы уже не можем оправдывать отсутствие думающих машин недостаточной мощностью технических средств».

Элизабет Коркоран

# Химическое топливо от Солнца

*Используя солнечную радиацию для производства химического топлива, можно получать энергию в таких формах, которые пригодны для транспортировки и хранения. Благодаря этому удастся преодолеть недостатки подхода, основанного на превращении солнечной энергии в электрическую*

ИЗРАЭЛЬ ДОСТРОВСКИЙ

**П**ОСКОЛЬКУ запасы ископаемого топлива на Земле ограничены, очень важно найти иные источники энергии. Есть и другое обстоятельство, делающее поиск таких источников довольно острой проблемой. Оно состоит в том, что продолжающееся сжигание ископаемого топлива приводит к накоплению в атмосфере углекислого газа, а это грозит потеплением климата из-за парникового эффекта. Новые источники энергии должны быть возобновляемыми и по возможности безвредными и должны обеспечивать получение энергии в количествах, достаточных для удовлетворения потребностей всего человечества. Пока мы знаем только один такой источник энергии — Солнце.

На первый взгляд использование солнечной энергии представляется идеальным решением. За год земной поверхности в виде солнечной радиации достигает количество энергии около  $3,9 \cdot 10^{24}$  Дж, что эквивалентно энергии, выделяющейся при сжигании  $8,6 \cdot 10^{13}$  тонн нефти. Сегодня годовое потребление энергии на Земле составляет приблизительно  $3,3 \cdot 10^{20}$  Дж. Такое количество можно получить, если использовать солнечное излучение, падающее на 0,1% площади земной поверхности, даже если КПД использования этой энергии составит всего 10%. Хотя изложенные расчеты носят очень упрощенный характер, более строгий анализ подтверждает основной вывод: от Солнца можно получать свыше  $4,5 \cdot 10^{20}$  Дж в год, даже если «собрать» солнечное тепло лишь с небольшой доли площади пустынь, на которые падает большая его часть.

Однако здесь возникают две проблемы. Во-первых, области, на которых можно собирать обильный поток солнечного излучения, не совпадают с областями, где концентрируются на-

селение и промышленность, т. е. где в основном потребляется энергия. Во-вторых, солнечная энергия поступает неравномерно во времени.

Таким образом, необходимо разработать подходы к сбору солнечной энергии в больших масштабах и преобразованию ее в формы, пригодные для длительного хранения и передачи на большие расстояния. Сегодня нет ни экономически, ни технологически удовлетворительных способов такого преобразования. Отчасти это объясняется скудостью средств, выделяемых на исследование в данной области. Так, Международное агентство по энергетике выделяет более 60% своего исследовательского бюджета на проекты в области ядерной энергетики и менее 4% — на исследования в области использования энергии Солнца.

Из этих 4% большая часть исследований посвящена преобразованию солнечной энергии в электрическую, главным образом фотоэлектрическими и тепловыми методами. В первом случае используются полупроводниковые фотоэлементы, которые непосредственно преобразуют падающее на них солнечное излучение в электричество. Такой метод применяется для энергообеспечения большинства космических аппаратов. Тепловой метод основан на преобразовании солнечной энергии в тепло, которое затем используется для приведения в действие паровых турбин, вращающих электрические генераторы. По такому принципу действует, например, установка мощностью 400 МВт в Дагетте (шт. Калифорния), построенная израильской фирмой LUZ International.

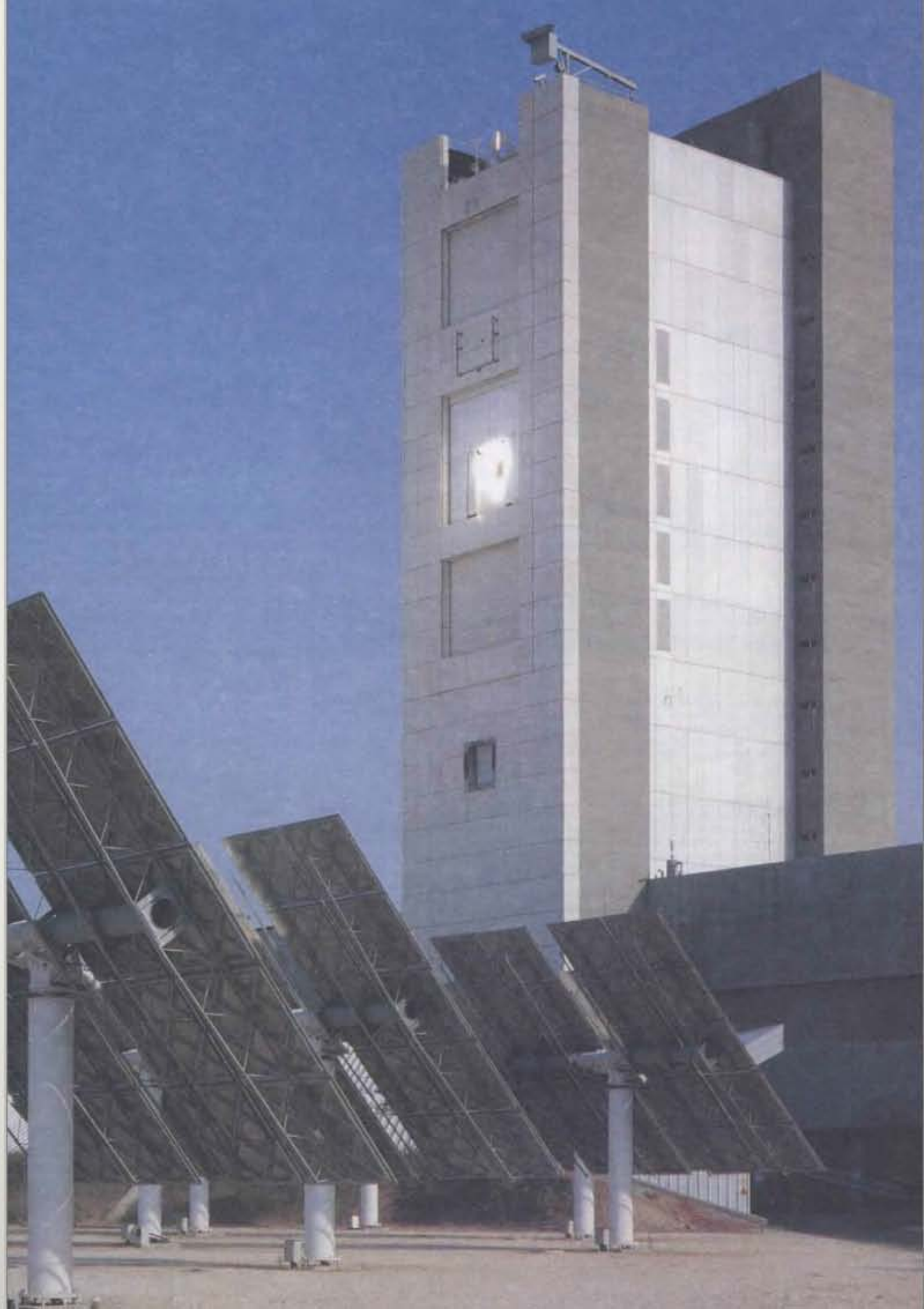
Хотя электроэнергия очень важна (на нее приходится около трети всего количества энергии, потребляемой человечеством), она не решает всех проблем солнечной энергетики. Ее трудно запасать, а ее передача на

большие расстояния связана с рядом трудностей.

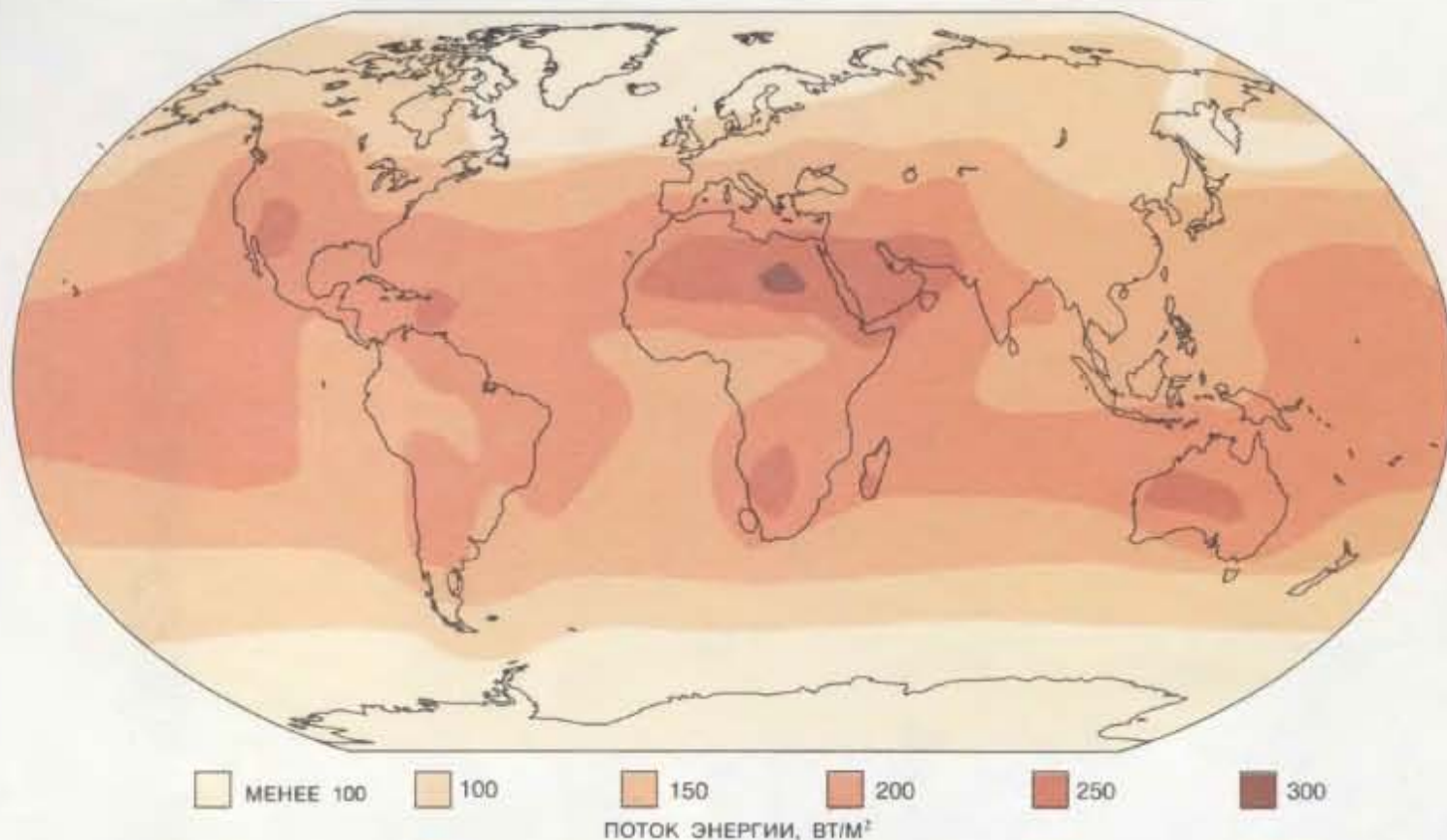
Одним из альтернативных направлений, позволяющих решить проблемы запаса энергии и ее транспортировки, является преобразование солнечной энергии в химическую. Многие химические вещества можно транспортировать по трубам в жидком или газообразном виде, хранить в резервуарах и затем использовать в качестве топлива для получения тепла, приводящего в действие машины. Некоторые из этих веществ могут использоваться и для прямой выработки электроэнергии. Получение различных химических топлив посредством фотохимических реакций с использованием солнечного излучения может решить проблемы энергетического и экологического кризисов.



**СОЛНЕЧНАЯ БАШНЯ**, построенная в Вейцманновском институте в Израиле, концентрирует солнечное излучение с целью получения тепла для проведения реакций, в результате которых образуются химические топлива. Эта и другие установки такого типа позволяют получать мощность более миллиона ватт.







СРЕДНЕЕ КОЛИЧЕСТВО солнечной энергии, падающей за 24 ч на земную поверхность. Обилие солнечного излучения делает его привлекательным энергетическим источником.

Однако для практического использования солнечной энергии ее нужно преобразовать в формы, пригодные для транспортировки и хранения.

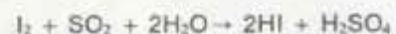
### Получение водорода в реакциях с сернистым газом

Первый этап производства водорода — общий для каждого из описанных ниже процессов — может осуществляться при помощи солнечной энергии.

• Водород можно получать в ряде реакций с участием сернистого газа (SO<sub>2</sub>), который в свою очередь образуется путем разложения серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) при высокой температуре:



Один из способов производства водорода, разработанный фирмой General Atomics в Сан-Диего, шт. Калифорния, основан на добавлении иода (I<sub>2</sub>):



Последующее термическое разложение образующегося иодистого водорода приводит к выделению свободного водорода:



• Второй (электролитический) процесс получения водорода разработан фирмой Westinghouse:



Преимуществом этого процесса является относительно низкое напряжение — 0,29 В, по сравнению с 2 В в методе прямого электролиза воды.

• Третий способ, также электролитический, разработан в лабораториях Испара в Италии. Он основан на добавлении брома:



Электролиз получаемого таким образом бромистого водорода при напряжении 0,62 В также дает свободный водород:



В ОБЛАСТИ производства химического топлива с использованием солнечной энергии многие проекты были ориентированы на водород. Водород представляет собой легкий горючий газ, который легко получать посредством электролиза воды. Его можно хранить и транспортировать на большие расстояния. Единственным продуктом горения водорода является водяной пар, так что водород можно считать экологически чистым топливом. Однако последнее верно только в том случае, если водород получают, используя энергию Солнца, воды или ветра, а не ископаемые топлива. Установка такого рода работает ныне в Саудовской Аравии в рамках проекта HYSOLAR, осуществляемого совместно Саудовской Аравией и Германией. Эта установка состоит из фотоэлектрического генератора мощностью 350 кВт и электролизного цеха, производящего водород.

Конечный КПД получения водорода посредством электролиза равен произведению КПД двух процессов: получения электроэнергии из данного возобновляемого вида энергии и электролиза. Повышению обоих этих КПД в последние годы уделяется большое внимание. Сегодня КПД серийных преобразователей солнечной энергии в электрическую составляет около 12%, а КПД электролиза воды — около

70%, так что общий КПД системы равен примерно 8%. По мере того как различные проекты по разработке более экономичных преобразователей солнечной энергии в электрическую будут приносить плоды, электролитический метод получения топлива из солнечной энергии начнет становиться все более выгодным.

Подобно тому как вода, вращающая турбины гидроэлектростанций, служит как бы вместилищем солнечной энергии, водород, производимый в большом количестве электролитическим методом в некоторых странах (главным образом в Норвегии и Канаде), можно рассматривать как топливо, полученное от Солнца. Правда, в названном случае водород используется как сырье для производства аммиака, а не в качестве энергоносителя.

Трудности, стоящие на пути совершенствования электролитического метода производства водорода в больших масштабах, стимулировали поиски других способов его получения. С этой же целью рассматриваются и другие химические системы, в которых не используется промежуточный этап превращения солнечной энергии в электрическую.

Теоретически возможно получение водорода из воды просто путем сильного ее нагревания. При температуре выше 2000 °С водяной пар содержит ощутимое количество свободного водорода. Такие температуры вполне достижимы в концентраторах солнечного излучения. Трудность заключается в том, чтобы предотвратить рекомбинацию водорода с кислородом при охлаждении водяного пара. Эти два продукта необходимо разделить, пока температура остается достаточно высокой. Разработка практического способа разделения этих газов при температурах выше 2000 °С представляет собой далеко не простую проблему, решение которой пока не найдено.

Большая часть водорода, используемого в промышленности, производится сейчас из углеводородов (каменного угля, природного газа, компонентов нефти) с использованием ископаемых топлив в качестве источников энергии. В рамках рассматриваемой темы эти процессы не представляют интереса, поскольку они связаны с использованием ископаемых топлив. Положение меняется, однако, если в качестве замены углеводородов рассматривать биомассу, т. е. растительные продукты в широком смысле. Биомасса образуется посредством фотосинтеза с участием солнечного излучения. Используя биомассу в качестве исходного сырья и солнечное излучение в качестве источника энер-

гии, можно получить систему с требуемыми характеристиками.

Такой путь использования солнечной энергии основан на том, что при нагреве органического материала до 700—900 °С в отсутствие воздуха, но в присутствии водяного пара этот материал разлагается с образованием разнообразной смеси водорода и окиси углерода (CO). Теплота сгорания этой смеси невелика, но все же достаточна для получения пара или электроэнергии.

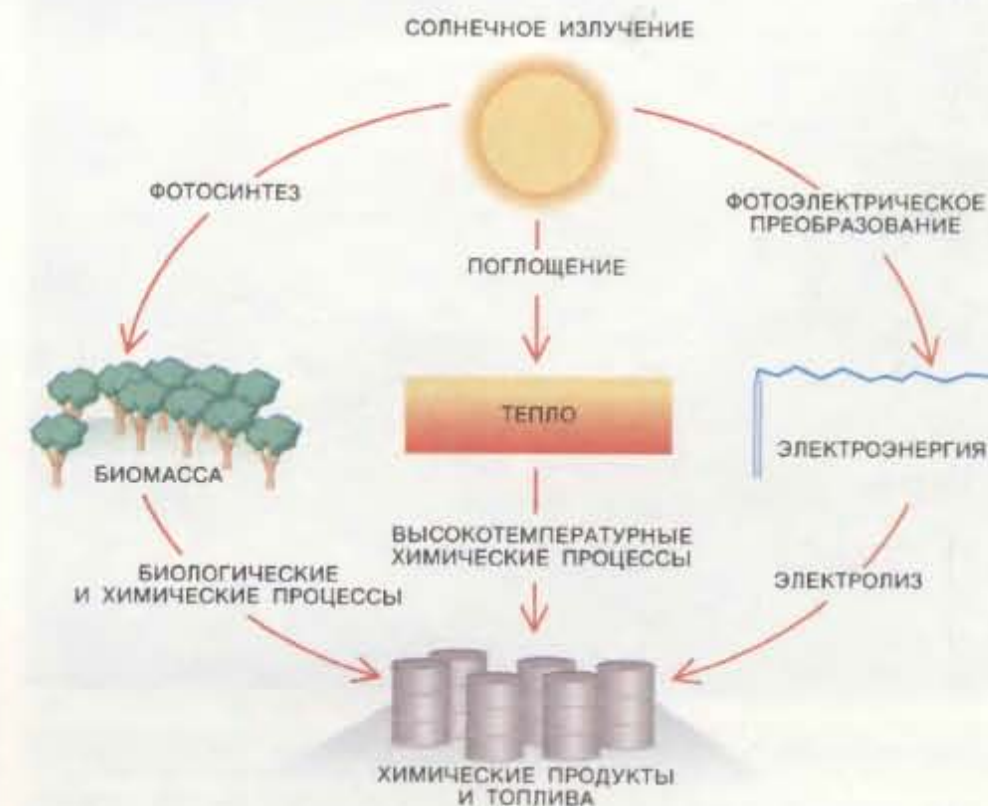
Для рассматриваемой темы особенно важно то, что, регулируя состав газовой смеси, можно полу-

чить так называемый синтез-газ, т. е. смесь водорода и CO в пропорции от 2:1 до 3:1. Эта смесь используется для синтеза множества различных веществ (почему ей и дано такое название), включая жидкие топлива метанол и газولين. Можно получить из нее и чистый водород.

Тепло, требующееся в большом количестве для газификации по этому способу, сегодня получают путем сжигания значительной части самой органической массы. Однако, если в качестве источника тепла использовать солнечное излучение, что не так уж сложно, выход синтез-газа и, соответственно, любого продукта или



СООТНОШЕНИЯ между различными первичными энергетическими источниками (слева) и основными целями, на которые они расходуются (справа) в целом по земному шару. На электричество приходится лишь около одной трети всего потребляемого количества энергии.



СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ можно превратить в несколько видов химических топлив. Здесь схематически показаны три возможности.



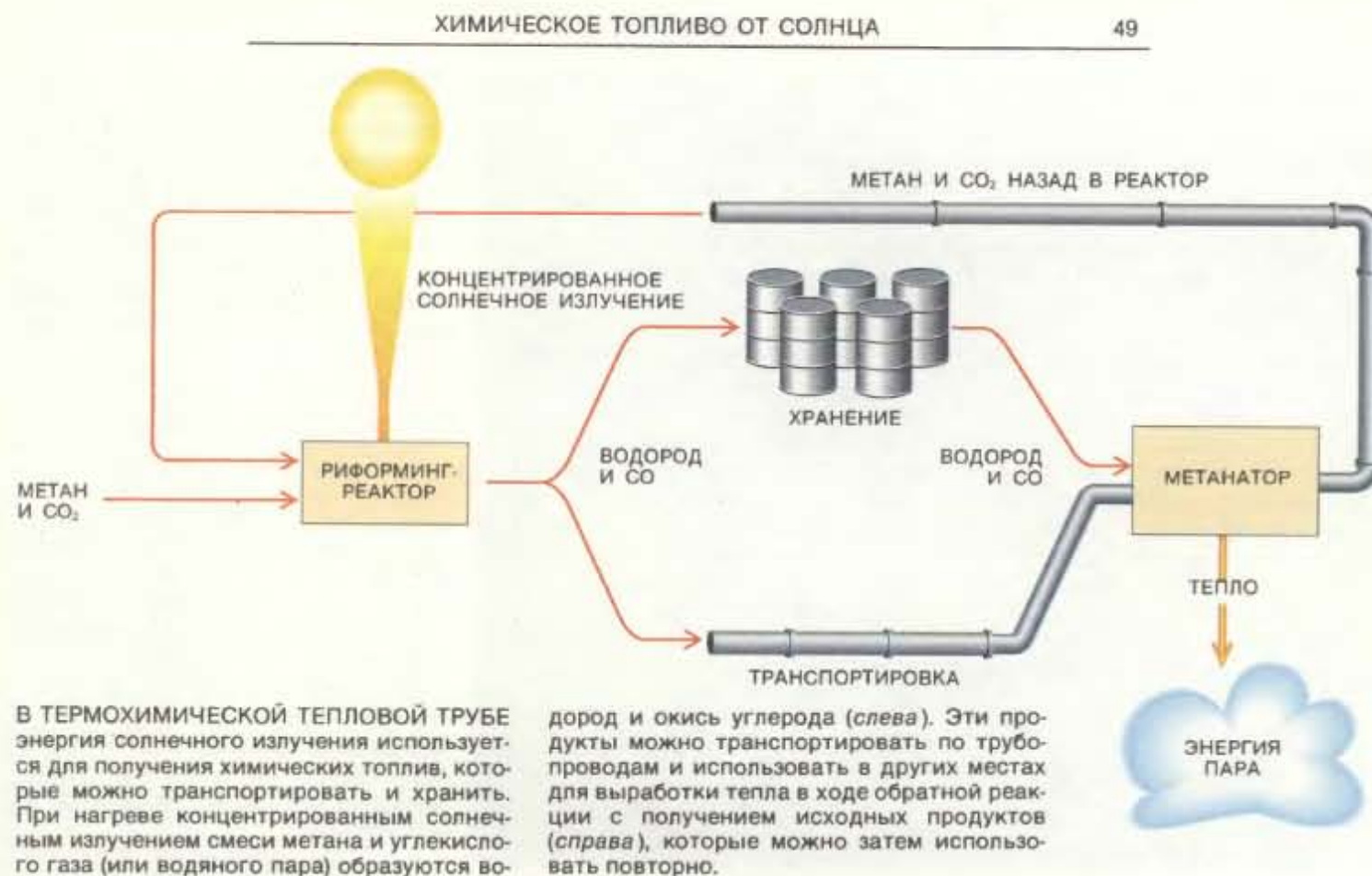
КОНЦЕНТРИРОВАТЬ СОЛНЕЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ можно при помощи солнечной печи (вверху) или солнечной тарелки (внизу). Печи увеличивают плотность потока солнечной энергии в 10 000 раз; их мощность достигает десятков киловатт. Тарелки дают до 150 кВт. Изображенная печь построена в Вейцманновском институте; тарелка, расположенная в Штутгарте, находится в ведении Германского центра аэрокосмических исследований.

топлива, получаемого из этого газа, можно увеличить более чем вдвое. Окись углерода, образующаяся при сжигании или ферментировании растительного материала, не выбрасывается в атмосферу, а используется в процессе рециркуляции. В итоге в атмосферу возвращается то же вещество, которое было перед этим использовано из нее.

Процесс газификации применим не только к биомассе, но и к другим углеродсодержащим материалам — почти ко всем традиционным и нетрадиционным ископаемым топливам. Однако в последнем случае в результате сжигания топлив, полученных из синтеза, в атмосферу попадает дополнительное количество углекислого газа, что усиливает парниковый эффект. Если же в качестве источника энергии для газификации и последующих процессов переработки использовать солнечное излучение, эффективное количество получаемого сырья можно почти удвоить, а выбросы углекислого газа на единицу израсходованного топлива уменьшить в два с лишним раза.

Особенно большой интерес представляет использование таких процессов для решения задач длительного хранения «солнечной энергии» и транспортировки ее на большие расстояния. В 1970-х годах сотрудники Института ядерных исследований (КАФ) в Июлихе ФРГ предложили и опробовали совершенно новый подход к преобразованию «ядерного тепла» в химическое вещество, пригодное для коммерческого и промышленного использования. Они исходили из тех же соображений, которые применимы сегодня и к солнечной энергетике, а именно из необходимости передавать тепло от места его выработки к потребителям, а также из стремления удовлетворить нужды более широкого сектора энергетического рынка, чем позволяет одна только электроэнергия.

Вместо того чтобы ограничиться одним видом топлива, вырабатываемым на ядерных энергетических установках, а именно водородом, передавая его к местам потребления для сжигания, ученые из ядерного центра КАФ разработали «обратимую химическую систему». Эта система, поглощая большое количество тепла, создает продукты, которые можно транспортировать потребителям на сколь угодно большие расстояния. На местах эти продукты подвергаются обратному преобразованию с выделением затраченного тепла и регенерацией исходных материалов, которые возвращаются обратно в ядерный реактор. Авторы этого принципа назва-



В ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЕ энергия солнечного излучения используется для получения химических топлив, которые можно транспортировать и хранить. При нагреве концентрированным солнечным излучением смеси метана и углекислого газа (или водяного пара) образуются во-

дород и окись углерода (слева). Эти продукты можно транспортировать по трубопроводам и использовать в других местах для выработки тепла в ходе обратной реакции с получением исходных продуктов (справа), которые можно затем использовать повторно.

ли его термохимической тепловой трубой.

В термохимической тепловой трубе можно использовать ряд химических систем, но не все они одинаково удобны на практике. Исследователи из центра КАФ выбрали реакцию риформинга с участием водяного пара, широко применяемую в нефтехимической промышленности. Она представляет собой реакцию метана с водяным паром при высокой температуре в присутствии катализатора, в результате которой получается смесь водорода и окиси углерода — тот самый синтез-газ, о котором говорилось выше. Синтез-газ можно сколько угодно долго хранить при комнатной температуре и передавать потребителям по трубопроводам.

Потребитель использует эту смесь для осуществления обратной реакции (также в присутствии катализатора), в ходе которой выделяется большое количество тепла и образуются исходные вещества — метан и водяной пар. Тепло потребитель может использовать по своему усмотрению, а метан и водяной пар возвращаются в риформинг-реактор. Используя для описанного процесса вместо ядерного реактора электрический источник тепла, удалось получить мощность более 10 МВт. (Прежде чем исследователи смогли опробовать этот процесс с ядерным реактором, произошло резкое сокращение ассигнований на ядерную энергетику.)

Применительно к солнечной энер-

гетике идея термохимической тепловой трубки исследуется в Вейцманновском научно-исследовательском институте в Реховоте (Израиль) и в Германском центре аэрокосмических исследований. В названных работах используются реакции между метаном и водяным паром и между метаном и двуокисью углерода. Обе реакции протекают при температурах от 900 до 1000 °С на поверхности твердого катализатора, содержащего никель или родий. Высокие температуры, необходимые для проведения этого риформинга, достигаются благодаря концентраторам солнечного излучения. Поскольку рабочий цикл является замкнутым, никакие материалы не расходуются и никакие продукты не выбрасываются в атмосферу. Система обладает большими потенциальными достоинствами: все три ее функции — улавливание солнечной энергии и преобразование ее в химическую, хранение полученной энергии и, наконец, потребление ее с целью выработки электричества или тепла для производственных процессов — могут выполняться в разных местах, наиболее приспособленных для конкретной функции.

Концентрация солнечного излучения, необходимая для осуществления всех рассмотренных процессов, легко достигается с помощью различных систем с использованием зеркал. Это солнечные печи, солнечные тарелки и солнечные башни. Выбор конфигурации зависит от требуемой мощности:

солнечные печи дают десятки киловатт, солнечные тарелки — сотни киловатт, а башни — тысячи киловатт. Разрабатываются проекты промышленных солнечных башен на сотни мегаватт. Существующие экспериментальные солнечные башни имеют мощность от трех до пяти мегаватт.

**КАКИМ БЫ** ни был способ концентрации солнечного излучения, один из самых привлекательных методов использования концентрированного излучения для проведения химической реакции — это непосредственный нагрев катализатора. В этом случае солнечное излучение должно попадать в реактор через окно, отделяющее содержимое реактора от атмосферы. Наибольшая трудность здесь — необходимость очень больших окон для крупномасштабных установок.

Применения окон можно избежать, пропуская реакционную смесь по трубам, которые нагреваются солнечным излучением, хотя при этом эффективность передачи солнечного тепла к смеси оказывается менее высокой. Такой подход был успешно испытан в солнечной печи Шефера в Вейцманновском институте. В настоящее время в этом институте строится более крупная установка такого рода (Кей-Фэмилли) проектной мощностью 400 кВт.

Для защиты труб от перегрева и обеспечения однородного и легко контролируемого подвода к ним тепла

можно использовать промежуточный теплоноситель. Одно из практических решений предложено в Национальных лабораториях Сандия в Альбукерке (шт. Нью-Мексико). Трубы с реакционной смесью омываются парами кипящего натрия, который нагревается концентрированным солнечным излучением. Благодаря этому температура труб поддерживается постоянной. В настоящее время такой метод испытывается на солнечной печи Шефера в Реховете.

В качестве теплоносителя можно использовать воздух, циркулирующий по рубашкам труб с реакционной смесью. Было предложено несколько конструкций таких систем, и некоторые из них проходят сейчас испытания в Израиле и Испании.

В ряде лабораторий Израиля, Германии, Испании и США разрабатыва-

ются и другие подходы к нагреву воздуха до высоких температур солнечным излучением. Все они основаны на использовании потока воздуха над поверхностями большой площади, которые нагреваются концентрированным солнечным излучением. Такими поверхностями могут служить проволочные сетки, керамические пены, керамические сотовые структуры или взвешенные частицы. Если подобные системы должны работать при повышенном давлении, в них необходимо использовать окна. Если же система работает при атмосферном давлении, можно обойтись и без окон, что упрощает конструкцию.

Ставка здесь велика. Успешная разработка описанных процессов позволит человечеству получать большое количество чистой энергии все время, пока будет светить Солнце.

забеспокоились, что новые площади тундры на Аляске попадут в разряд охраняемых земель. Ученые же в целом были довольны этим документом, который они считали вполне пригодным для практики. «Хотя мы знали, что в нем есть недоработки, нам было также известно, как их устранить», — заявляет У. Сиппл, главный эколог отдела заболоченных земель ЕРА.

Однако Сиппл не смог это осуществить. Процесс доработки перерос в создание новых нормативов, а Сиппл вышел из состава комитета, занимающегося этой деятельностью. «Эта штука выпуска 1991 г. просто ужасна», — говорит он. — Она способна все запутать». В то же время переработку документов поддерживала группа, называемая Национальной коалицией по заболоченным землям, в которую входят крупные промышленные компании: Амосо, Агсо, Шеврон, Сопосо и Еххон. Эта коалиция и оказала влияние на аппарат Белого дома при разработке предложенной политики.

В первом приближении заболоченные земли — это участки, часто покрываемые неглубоким слоем воды, или участки почв, насыщенных водой. Они служат естественными фильтрующими системами, хранилищами пахотных вод и благоприятной средой обитания рыб, птиц и животных. Хотя существует много разновидностей заболоченных земель, включая котловины в прерии, прибрежные соляные болота, торфяные болота, болотные топи и весенние сезонные водоемы, все они во многих случаях характеризуются наличием специфических растений, которые могут расти и пышно развиваться в условиях повышенной влажности.

До тех пор пока в 1960-х годах не была понята роль заболоченных земель в улучшении качества воды и регулировании стока, они осушались или засыпались с целью превращения их в сельскохозяйственные угодья. В 1991 г. Министерство внутренних дел провело исследование, которое позволило установить, что из 89,5 млн. га низменных заболоченных земель в 48 штатах к середине 1980-х годов сохранилось только 41,8 млн. га. По данным National Audubon Society, каждый год исчезает примерно 120 тыс. га таких земель. Результаты исследований правительственных организаций шт. Вашингтон, замалчиваемые теми, кому это выгодно, а также результаты исследований в других регионах свидетельствуют о том, что в случае принятия новых нормативных документов примерно 20 млн. га заболоченных земель не будут охраняться в будущем.

Помимо снижения влияния на качество воды и регулирование стока потеря заболоченных земель имеет и другие отрицательные последствия. Прибрежные болота замедляют эрозию и создают условия для выживания молоди рыб и моллюсков. В исследовании, проведенном в 1987 г. Национальной федерацией по охране диких животных, говорится, что существование 45% вымирающих животных и 26% вымирающих растений прямо или косвенно связано с заболоченными землями. «Заболоченные земли часто являются зонами наибольшего разнообразия биологических видов», — отмечает У. Шиллер, ботаник из Американского музея естественной истории.

В центре проблемы — определение трех компонентов заболоченных земель: гидрологии, или влажности, растительности и почвы. Поскольку характеристики заболоченных земель меняются не только от региона к региону, но и от сезона к сезону, то, как говорят специалисты, не всегда возможно изучить все три аспекта одновременно. В соответствии с нормами 1989 г., которые применялись до недавнего времени, два критерия можно было использовать для выведения недостающего третьего. Например, из наличия почвы и растительности, типичных для заболоченных земель, выводились соответствующие гидрологические условия, и такой район относился к заболоченным землям, подлежащим охране.

В противоположность этому в соответствии с руководством 1991 г. все три критерия не только должны присутствовать, но каждый из них должен быть весьма детально описан. Многие ученые утверждают, что такое требование ставит непреодолимые трудности. Для его выполнения потребовалась бы обширная информация по видам растений, а почву должны были бы исследовать опытные специалисты в области систематики почв, которых пока мало.

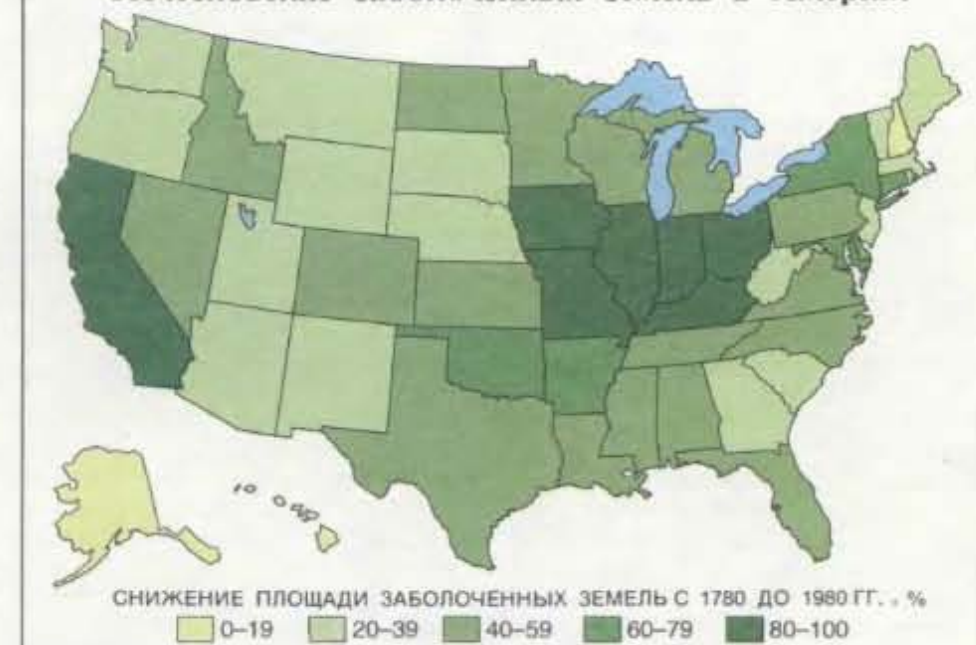
После того как эксперты завершат в каждом конкретном случае работу по классификации почвы и растительности, им следует решить вопросы, связанные с гидрологией. Вероятно, наиболее резкой критике в предложенном руководстве подвергается раздел, посвященный влагонасыщенности. В соответствии с новыми нормами, чтобы земля считалась заболоченной, поверхность земли должна быть постоянно влажной в течение 21 дня. По руководству 1989 г. земля должна оставаться насыщенной водой на глубину 15—45 см в течение 7 дней.

Требование к сохранению влажности в течение 21 дня не является науч-



ЗАБОЛОЧЕННЫЕ ЗЕМЛИ в Нискуоллском национальном заповеднике. Некоторые участки заповедника потеряют статус заболоченных земель, если будут приняты нормы 1991 г. Фото А. Макмилана.

### Исчезновение заболоченных земель в Америке



ИСТОЧНИК: министерство внутренних дел США, 1990 г.

но обоснованным, считает сотрудник научного отдела по природным ресурсам Университета шт. Род-Айленд Ф. Голет, который разрабатывал первые федеральные критерии для определения заболоченных земель в конце семидесятых годов. Семидневный критерий возник из-за того, что этот период считался минимальным периодом насыщения во-

дой, в течение которого почва теряет кислород, объясняет Голет. Если это место является заболоченным, такой процесс может обусловить развитие растительности, приспособленной к специфическим условиям заболоченных земель.

Новое требование является не только не научным, но его невозможно и (Продолжение статьи см. на с. 59)

## Наука и общество

### Болота и политика

ДЕЛО казалось простым. Вооруженная новыми нормативными документами по заболоченным землям, предложенными администрацией Буша, группа ученых отправилась на переоценку 22 районов, зарегистрированных в качестве заболоченных земель в шт. Вашингтон. Эксперты посетили Нискуоллский и Терибуллский национальные заповедники, а также Бауэрман-Бейзин, широко известные болотистыми местами и гнездовьями перелетных птиц.

К своему удивлению, специалисты установили, что по новым критериям большие участки заповедников уже не должны относиться к заболоченным землям. В этом статусе могут остаться только четыре из 22 бывших участков. «Если группа экспертов не может классифицировать известный заболоченный участок, то что же остается делать общественности?» — задается вопросом М. Стивенс из департамента экологии шт. Вашингтон, принимавший участие в обследовании.

Ученые по всей стране, как и Стивенс, испытывают беспокойство, изучая предложенные нормативы. Новая политика в отношении заболоченных земель, которая была объявлена в августе прошлого года, представлена как продолжение кампании президента под лозунгом «Никаких потерь» и призвана облегчить выявление и охрану этих исчезающих ресурсов.

Однако многие специалисты утверждают, что документ содержит немало противоречий, научно не обоснованных выводов и двусмысленных

положений, которые в ходе классификации могут привести к потере половины из остающихся заболоченных земель. Дебаты также поставили вопрос о роли политики в развитии науки. «Верх невежества считать, что сотрудники вице-президента Куэйла могут написать руководство по заболоченным землям», — негодует Т. Серчингер, юрист Фонда защиты окружающей среды, представляющий одну из оппозиционных группировок по отношению к новой политике.

Предложенные нормы 1991 г. — это самый последний в серии документов, посвященных охране заболоченных земель. Такие земли впервые попали под федеральную опеку в 1972 г., когда был издан «Закон о чистой воде». В 1985 г. в соответствии с программой «Суампбастер» были отменены субсидии тем фермерам, которые осушали заболоченные земли, чтобы их использовать в качестве сельскохозяйственных угодий. Несмотря на общие правила, каждое федеральное агентство, «копекающее» заболоченные земли, — Инженерный корпус армии США, Служба рыбных ресурсов и диких животных, Служба охраны почв и Агентство по охране окружающей среды (ЕРА) — продолжало пользоваться различными нормативными документами для классификации таких земель.

В конце концов, в 1989 г. четыре службы выпустили совместное руководство, вызвавшее у многих недовольство. Фермеры предъявляли претензии, что земля, которая была большей частью сухой, объявлялась заболоченной. Нефтяные компании

# Австралийская кустарниковая индейка

Некоторые австралийские птицы строят кучи из растительного материала, которые служат инкубаторами для их яиц. Такая инкубация связана с удивительными приспособлениями яиц и птенцов

РОДЖЕР С. СЕЙМУР

В АВСТРАЛИИ и на окружающих ее островах Индийского и Тихого океанов живет группа птиц, выделяющаяся своей необычностью даже на фоне экзотической фауны региона. Эти существа, которых в быту называют сорными курами, не насиживают сами свои яйца. Вместо этого они откладывают их в таких местах, где необходимая для инкубации температура обеспечивается внешними источниками тепла. Некоторые тропические островные виды закапывают яйца в песок, прогреваемый солнцем или в результате геотермальных процессов; другие нагревают кучи растительных остатков, в которых относительно высокая температура поддерживается благодаря гниению, происходящему под действием микроорганизмов.

Для всех 19 видов этого семейства птиц, называемого Megapodiidae (что означает «большеноги») за свои длинные нижние конечности, характерна забота не столько о птенцах, сколько о яйцах. В отличие от таких внимательных родителей, какими являются, скажем, молодые вьюрки или дрозды, родители-большеноги не заботятся о вылупившихся птенцах и не кормят их.

Такая ранняя независимость яиц и птенцов обеспечивается рядом приспособлений. Благодаря своему уникальному строению эти яйца могут развиваться в кучах гниющего растительного материала, т. е. в такой среде, которая была бы губительна для зародышей большинства других птиц. А птенцы большеногов появляются на свет, не только обладая иными, чем у большинства птиц, дыхательными способностями, но и достаточно развитыми, чтобы самостоятельно добывать себе пищу.

Недавние исследования одного из типичных строителей инкубационных куч, живущего в тропических и субтропических лесах — австралийской кустарниковой индейки (*Alectura*

*lathamii*), позволили установить характерные свойства и строение «инкубаторов», яиц и птенцов большеногов. С помощью моих коллег Д. Влек, К. Влек, Д. Брэдфорда, Д. Бута и Д. Уильямса я изучил регуляцию температуры в инкубационных кучах, механизмы газообмена у яиц и гнилостных микроорганизмов, энергетику эмбрионального развития и подробности удивительного биологического перехода, совершающегося при вылуплении. Эти исследования продолжают цепь работ, начатых 35 лет назад с изучения биологии размножения глазчатой курицы (*Leipoa ocellata*) — одного из наиболее известных видов среди птиц, размножение которых связано с использованием компоста (см. статью: Н. J. Frith. Incubator Birds, "Scientific American", August 1959).

**ХАРАКТЕРНЫЙ** ритуал родительского поведения кустарниковой индейки начинается в зимние месяцы. В это время самец собирает растительный материал — листья, мелкие веточки, прутики и мох — и сгребает его ногами в заросли или под дерево до тех пор, пока не наберется куча около 1 м высотой и 5 м в диаметре. Затем он все это перемешивает и разрыхляет, выкапывая на вершине холмика ямки, которые снова заполняет. Через несколько недель куча состоит из относительно однородного рыхлого компоста, покрытого слоем более толстых палок и прутьев.

Разложение этого мусора происходит главным образом благодаря грибоккам, в результате деятельности которых образуется тепло, обеспечи-

КУСТАРНИКОВАЯ ИНДЕЙКА водится в тропических и субтропических лесах Австралии. Взрослый самец (здесь у него метка на плече) строит кучу для инкубации яиц.



вающее возможность инкубации яиц. Температура в куче после первичного периода, в течение которого она варьирует в соответствии с фазами жизненного цикла микроорганизмов, на глубине около 60 см, где находятся яйца, стабилизируется на уровне 33°C ( $\pm 1-2^\circ$ ). Такая температура инкубации сохраняется на протяжении всего сезона размножения.

Пока самец сооружает кучу, самка занимается поисками пищи и усердно питается, готовясь к откладке яиц. Когда куча готова, самка может откладывать по яйцу каждые три дня

или около того в течение 5—7 месяцев. Каждое яйцо помещается на дно треугольной в сечении канавки, которую выкапывает самка. Куча служит инкубатором постоянного действия, так что яйца развиваются несинхронно: одни проклевываются, тогда как другие откладываются; одновременно в куче может находиться до 16 яиц.

Устраивая искусственные кучи и экспериментируя с естественными, мы смогли определить факторы, обеспечивающие стабильность температуры. Прежде всего важен размер кучи. К примеру, на острове Кенгуру у

южной оконечности Австралии инкубационные кучи кустарниковых индек имеют вес около 6,8 т и объем 12 м<sup>3</sup>. Такие сооружения термически очень инертны, и на температуру внутри них суточные колебания внешней температуры практически не влияют.

Куча действует как термостат. Температура в ее глубине зависит от соотношения между интенсивностью теплопродукции микроорганизмов и скоростью рассеивания тепла. Мы измеряли уровень потребления кислорода микроорганизмами, который явля-



ется показателем интенсивности теплопродукции, и обнаружили, что по отношению к температуре кучи он возрастает экспоненциально. Рассеивание тепла также возрастает с увеличением температуры в куче, но более круто. Графики этих зависимостей пересекаются; точка их пересечения и соответствует стабильной температуре, при которой потеря тепла равняется теплопродукции (см. рисунок на с. 55).

Интересно, что существует тенденция приближения (повышения или понижения) температуры кучи к этому равновесному значению. Если температура в глубине ниже равновесной, теплопродукция превышает потерю тепла и куча нагревается. При охлаждении кучи, что бывает, например, когда ее разрывают самец для проверки температуры или самка, чтобы отложить яйцо, она нагреется снова после того, как будет восстановлена. И наоборот, если температура кучи выше равновесной, она остывает, так как рассеивание тепла превышает его образование.

Хотя благодаря термостатическому механизму в куче спонтанно поддерживается стабильная температура, необходимая для инкубации, ее уровень устанавливается самими птицами. Кустарниковая индейка проверяет температуру, раскапывая кучу и погружая вглубь свой клюв длиной 2—3 см. Если температура в глубине кучи слишком низкая, птица добавляет небольшое количество свежего ма-



КУЧА ДЛЯ ИНКУБАЦИИ ЯИЦ состоит из сухого растительного материала; в таком сооружении множество промежутков, заполненных воздухом. Средний вес куч, обнаруженных на острове Кенгуру, 6,8 т, объем 12 м<sup>3</sup>.

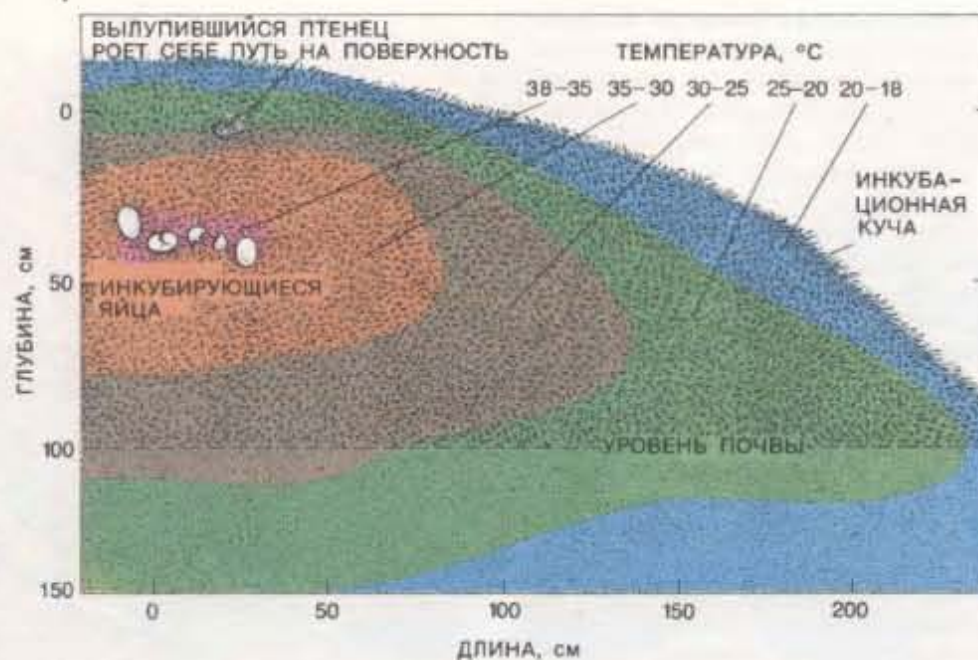
териала. Тем самым микроорганизмы получают дополнительное питание и обеспечивается усиление выработки тепла. При этом также немного увеличиваются размеры кучи и, стало быть, снижается теплоотдача. Такой процесс позволяет точно регулировать температуру кучи: добавление свежего материала на толщину 1 см повышает температуру примерно на 1,5°.

Когда куча построена и температура в ней стабилизировалась, птицам не приходится прилагать большие усилия, чтобы ее поддерживать. Фактически, термостабильность такова, что даже без активного контроля подходящая для инкубации температура в некоторых случаях держится в течение более 6 месяцев.

Кучи сорных кур обладают и другими свойствами, способствующими сохранению в них тепла. Обычно новая куча сооружается на остатках старой, которые изолируют ее от земли. Кроме того, теплопроводность такого компоста составляет приблизительно 2,4 мВт/см·град — это меньше, чем у сухого песка. Низкая теплопроводность, обусловленная сухостью материала кучи (он содержит только 30 мл воды на 100 г сплошного материала), предотвращает потерю тепла.

Даже если бы куча была более влажной, нужная для инкубации яиц температура могла бы поддерживаться при более высоких уровнях теплопродукции и теплопотери. Но для этого требовалось бы большее количество листьев и прутьев. В сухой же куче выработка тепла минимальная, в пределах 100—200 Вт, и выделение энергии растительным материалом продолжается в течение нескольких месяцев.

Кустарниковые индейки даже погодные условия обрабатывают в свою пользу. Более 50 лет назад выдающийся австралийский натуралист Дейвид Х. Флией высказал предположение, что эти птицы могут, изменяя



ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ КУЧИ показывает, что наиболее теплые области в ней находятся на глубине 60 см. В результате дыхания микроорганизмов и яиц содержание кислорода вокруг них понижается, а углекислого газа повышается.

форму кучи, контролировать попадание на нее дождя. При избыточном намокании они делают вершину кучи округлой, а когда нужно увлажнить материал, выкапывают углубление. Наши наблюдения подтверждают это.

**Т**ОЧНАЯ регуляция газового обмена под стать тонкой настройке температурного режима кучи. По сообщениям некоторых исследователей, образование тепла микроорганизмами происходит путем брожения. Однако наши данные свидетельствуют об аэробном окислении. Микроорганизмы поглощают кислород со скоростью приблизительно 20 л/ч, что в 60 раз превышает потребление кислорода всеми яйцами, находящимися в куче. Кислород проникает с воздухом через пустые промежутки между частицами материала. Эти пустоты занимают около 70% объема кучи.

Поддержанием низкой влажности в куче обеспечивается максимальный объем заполненного воздухом промежутков и гарантируется, что содержание кислорода в окружении яиц не упадет до слишком низких значений, а уровень диоксида углерода (углекислого газа) не станет слишком высоким. И все же концентрация кислорода различна на поверхности кучи, где она составляет 21%, и в глубине — вблизи яиц она равна 17%; содержание углекислого газа соответственно увеличивается от 0 до 4%.

Такое соотношение в содержании газов было бы губительным для эмбрионов, если бы не свойственное большенгогам особое строение яиц. У

кустарниковой индейки скорлупа яйца вдвое тоньше, чем обычно у птиц, по отношению к размерам взрослой особи. Тонкая скорлупа более проницаема для газов, так как меньше расстояние, которое должны проходить молекулы газа путем диффузии.

Д. Бут и я обнаружили также, что внутри яйца скорлупа растворяется по мере развития эмбриона. При этом исчезают наименее проницаемые участки пор скорлупы, которые сужаются в направлении снаружи внутрь. В результате этого проницаемость яичной скорлупы для газов втрое выше, чем у большинства птиц (см. статью: Н. Rahn, A. Ar, C. Paganelli. How Bird Eggs Breathe, "Scientific American", February 1979). Такая повышенная проницаемость почти полностью компенсирует неблагоприятное соотношение газовых концентраций вокруг яйца и создает эмбриону, находящемуся внутри скорлупы, практически такие же условия для дыхания, т. е. уровни кислорода и углекислого газа, в каких находятся эмбрионы большинства других птиц.

Однако тонкая скорлупа яйца создает риск для эмбриона. К примеру, данные о гибели яиц птиц, отравленных ДДТ, показывают, что насиживающий родитель легко может раздавить тонкую скорлупу (см. статью: D. Peakall. Pesticides and the Reproduction of Birds, "Scientific American", April 1970). Но у большенгогов яйца, находясь в куче, эффективно защищены от такого рода повреждений. Мы даже стояли на куче кустарниковой индейки, не повредив яйца, хотя они были на глубине всего 10 см.

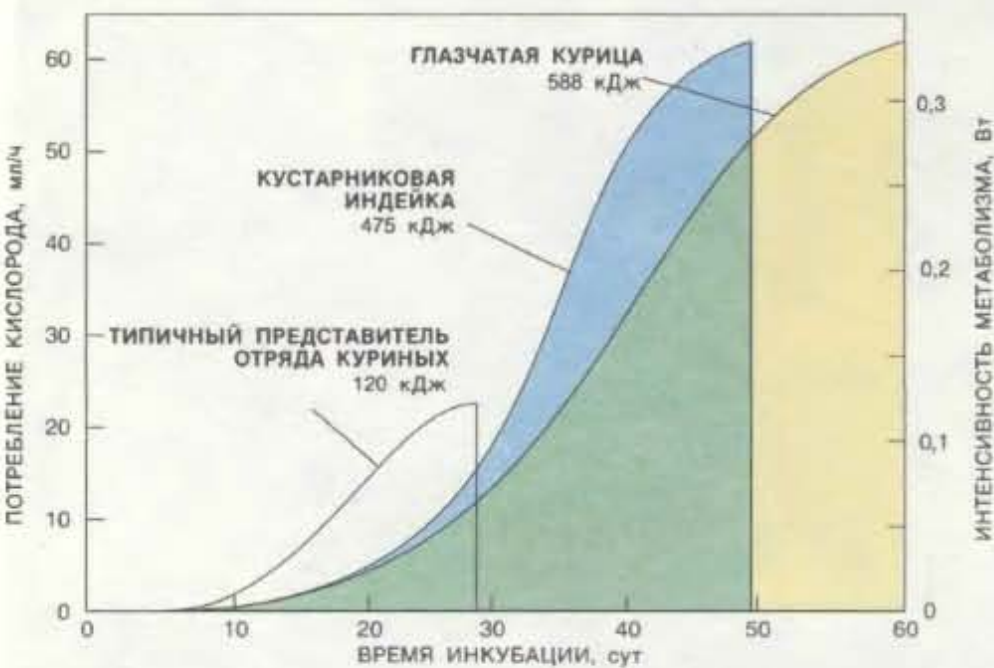
**Я**ИЦА кустарниковой индейки отличаются от обычных птичьих яиц также удержанием влаги. Покойный Г. Рэн из Университета шт. Нью-Йорк в Буффало и А. Ар из Тель-Авивского университета с сотрудниками показали, что у большинства птиц во время инкубации яйца теряют в среднем 18% своего первоначального веса путем испарения. Эта жидкость включает часть того количества воды, которое имеется в яйце изначально (т. е. когда оно только что отложено) плюс метаболическая вода, образующаяся в процессе катаболизма (распада) в основном липидов желтка. Водный «бюджет» сбалансирован таким образом, что потеря жидкости в процессе насиживания очень невелика.

А у кустарниковой индейки инкубация яиц происходит в среде с высокой влажностью. Путем испарения они теряют всего 9,5% своей воды, хотя период инкубации длится 49 суток — примерно на 20 дней дольше, чем у других птиц таких же размеров. Кроме того, вследствие высокого уровня метаболизма в течение инкубационного периода образуется большое количество воды, эквивалентное примерно 7% массы только что отложенного яйца. Правда, около 25 мл избыточной воды теряется при вылуплении.

Нас удивило, что яйца кустарниковой индейки отдают так много воды путем испарения, так как относительная влажность воздуха в куче не менее 99%. Мы измерили проницаемость



РАВНОВЕСНАЯ ТЕМПЕРАТУРА в куче соответствует точке пересечения кривых теплового потока, когда тепла образуется столько же, сколько рассеивается.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ на эмбриональное развитие у птиц, птенцы которых после вылупления сами заботятся о себе — таких, как глазчатая курица и кустарниковая индейка, — выше, чем у тех представителей отряда куриных, которым свойственна родительская забота о потомстве. На этом рисунке энергетическим затратам соответствует площадь под кривой потребления кислорода (и соответственно интенсивности метаболизма) во времени от откладки яйца до вылупления птенца.

скорлупы, ожидая, что яйцо должно потерять около 0,1% первоначального веса. Но оказалось, что на самом деле потеря составляет около 10%. Такое большое расхождение объясняется тремя факторами, опять-таки специфичными для яиц большегонов.

Наиболее важный из них — метаболическое выделение тепла эмбрионом, находящимся в условиях термоизоляции. В процессе инкубации за счет этого тепла температура яйца поднимается с 33 до 38°C. Вследствие этого увеличивается в 40 раз градиент давления водяного пара через скорлупу. Наши результаты подтвердили Р. Эккерман и Р. Сигрейв из Университета шт. Айова, построив математическую модель водно-теплового обмена находящихся в куче яиц большегонов.

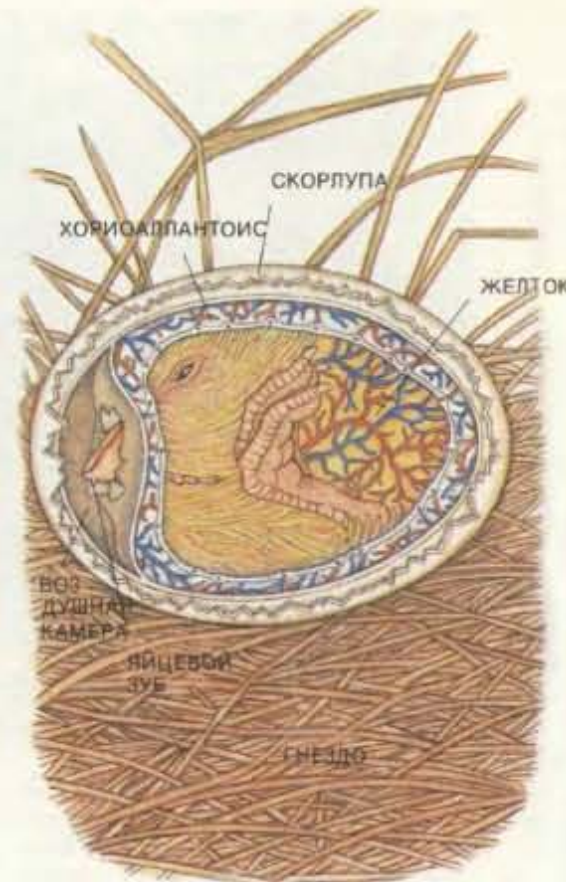
Вторым фактором, способствующим потере воды, является характер выхода воды из яйца. Она движется через поры в яичной скорлупе благодаря капиллярному эффекту и не испаряется до тех пор, пока не дойдет до поверхности яйца. Вследствие этого движения снижается диффузионный путь для паров воды, и таким образом испаряющая способность скорлупы возрастает вчетверо. Наконец, проницаемость скорлупы возрастает на 50% в результате того, что эмбрион в процессе развития поглощает для питания кальций из скорлупы.

**УНИКАЛЬНЫЕ** черты репродуктивной биологии большегонов не ограничиваются особенностями инкубационных куч и яиц. Процесс

эмбрионального развития дыхания у них также своеобразен. У большинства птиц эмбрион обменивается с внешней средой кислородом и диоксидом углерода через специальный дыхательный орган — хориоаллантаис. Эта двойная оболочка производится самим эмбрионом и растет из пупочной области по направлению к скорлупе. К середине инкубационного периода хориоаллантаис окружает эмбрион, который постоянно снабжает его кровью.

Эмбрион заканчивает свое развитие, окруженный этим единственным органом газового обмена, — все равно как если бы человек жил внутри своего собственного легкого. В связи с этим при вылуплении возникает серьезная проблема. Для того чтобы разбить скорлупу, требуются значительные усилия и, следовательно, изрядное количество кислорода. Но вместе со скорлупой вылупляющемуся птенцу приходится разрушать свой единственный источник кислорода — хориоаллантаис. У большинства птиц эта проблема решается тем, что задолго до вылупления начинают развиваться настоящие легкие, являющиеся эффективным органом газообмена.

В процессе инкубации пространство в яйце, освобожденное испаряющейся водой, заполняется воздухом. Газ скапливается во вместилище, обычно образующемся у тупого конца яйца, где оболочки, непосредственно подстилающие скорлупу, расслаиваются, окружая воздух. Эта воздушная камера, хорошо заметная в сва-

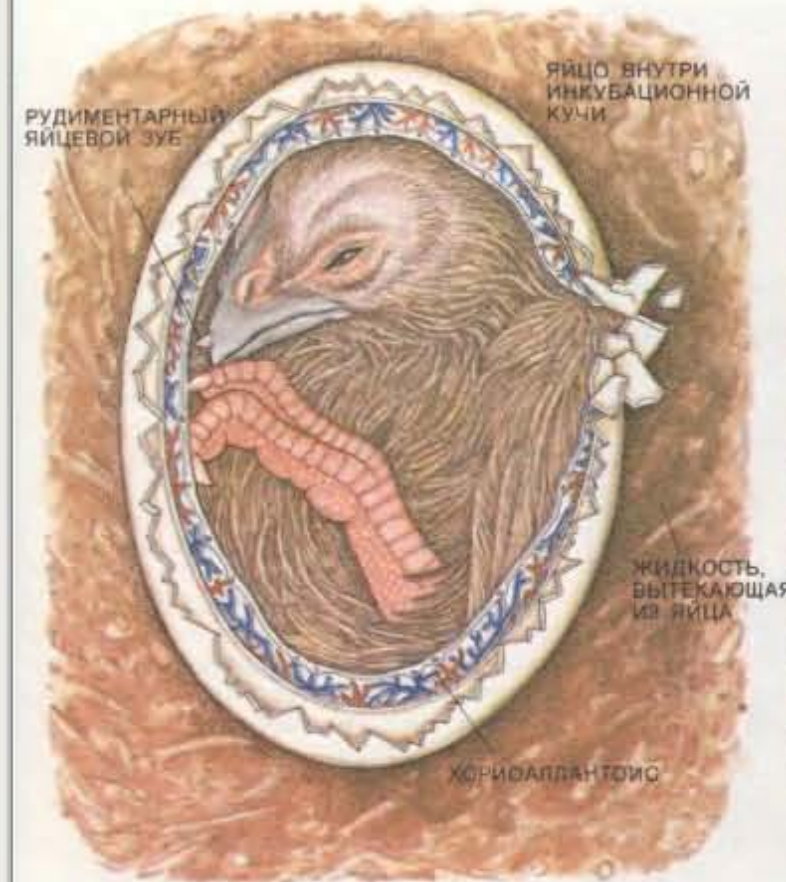


**КУРИНЫЙ ЭМБРИОН**, прорвав хориоаллантаис, дышит воздухом, содержащимся в воздушной камере яйца.

ренном вкрутую курином яйце, увеличивается в размерах по мере потери воды в ходе развития эмбриона. В обычных яйцах воздушный «карман» играет важную роль: перед концом инкубации птенец засовывает в него клюв и начинается вентиляция легких. Через несколько часов за этим так называемым внутренним проклевыванием следует внешнее проклевывание, когда птенец разбивает скорлупу в одной точке и начинает дышать атмосферным воздухом. Еще через несколько часов птенец вылезает из яйца.

А. Висшедийк из Утрехтского университета, изучавший развитие легочного дыхания у цыплят, показал, что становление легочного дыхания происходит медленно, на протяжении суток. Тем временем кровоснабжение хориоаллантаиса постепенно сокращается, и к моменту вылупления он практически уже не функционирует. Теперь птенец может разорвать хориоаллантаис без риска потери крови. Развитие легочной функции обеспечивает птенца достаточным количеством кислорода для удовлетворения метаболических потребностей в процессе вылупления.

Аэрация легких в неонатальный период у птиц происходит медленно,



**ВЫЛУПЛЯЮЩИЙСЯ ПТЕНЕЦ** кустарниковой индейки освобождается от скорлупы, разламывая ее толчками плеч (слева). У этого вида яичная скорлупа тоньше, чем у боль-



шинства птиц, и в яйце нет воздушной камеры. Птенец вылезает из кучи (справа), разрывая ее большими ногами.

что связано со строением птичьего легкого. Эффективное функционирование этого органа зависит от поступления воздуха в ту его часть, где осуществляется газообмен. В отличие от млекопитающих, которые при рождении могут расширить легкие, так что в альвеолы поступает достаточно воздуха для удовлетворения потребности в кислороде, птицы не способны растягивать и сжимать легкие, которые у них состоят из трубочек, называемых парабронхами и расположенных в пульмонарных полостях фиксированного объема (см. статью: K. Schmidt-Nielsen. How Birds Breathe, "Scientific American", December 1971). Воздух продувается через парабронхи из нескольких растяжимых воздушных мешков, которые действуют наподобие кузнечных мехов. Обмен кислорода и углекислого газа происходит почти исключительно в маленьких воздушных капиллярах со слепым концом, связанных с парабронхами.

Прежде чем эмбриональные легкие начнут функционировать, должна быть удалена заполняющая их жидкость. У млекопитающих в ходе родов, пока детеныш продвигается через родовую канал, появляется на свет и делает свои первые вдохи, большая часть легочной жидкости удаляется в

течение минут или секунд благодаря изменениям объема легких. Хотя некоторое количество жидкости остается в альвеолах, ее все же удаляется достаточно, для того чтобы удовлетворилась потребность новорожденного в кислороде.

У птиц же легкие имеют постоянный объем и жидкость из них может быть удалена только путем всасывания в легочное кровеносное русло, для чего требуются многие часы. Например, у цыплят легкие перед вылуплением должны азрироваться более 24 часов. К этому времени объем воздуха достигает 44% от общего объема легких, что составляет около 2/3 от их объема у взрослой особи.

**КУСТАРНИКОВЫЕ** индейки и, вероятно, также другие большегоны являются исключением из этого общего правила развития дыхания. У них практически нет перекрытия в переходе от хориоаллантаисного дыхания к легочному, нет того медленного перехода, который считался универсальным для птиц. У кустарниковой индейки легкие перед вылуплением абсолютно не содержат воздуха. Скорлуповые оболочки яиц большегонов не приспособлены для формирования воздушной камеры на одном

конце яйца, так что птенец не имеет возможности начать дышать воздухом внутри яйца.

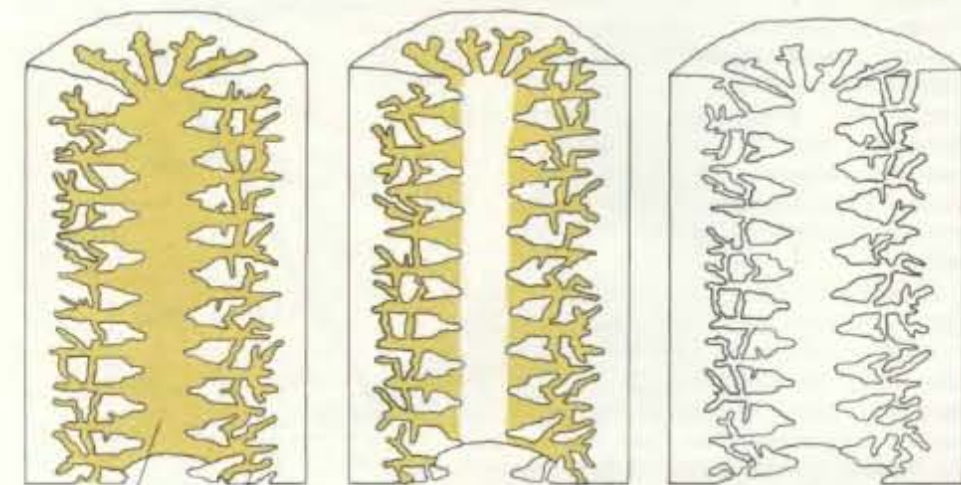
Вместо этого дыхание начинается сразу после вылупления. Птенец освобождается, упираясь в скорлупу ногами и спиной до тех пор, пока она не разламывается. Ноги птенца делают длинные разрезы через хориоаллантаис, и ток крови в нем останавливается немедленно, как только сокращается гладкая мускулатура и птица начинает дышать.

Птенцы сорных кур могут успешно вылупляться с неразвитой функцией легких, потому что вылупление для них — относительно легкий процесс. В отличие от таких птиц, как, скажем, страусы, которым нужно до двух суток, чтобы выбраться из толстой скорлупы, птенец большегона может быстро и легко разломать свое необычайно тонкостенное вместилище. По-видимому, тот уровень газообмена, который достигается после первых нескольких вдохов вылупившегося птенца, поддерживает его жизнь, но скорее всего недостаточен для немедленных физических усилий. И действительно, птенцы кустарниковой индейки после вылупления отдыхают несколько часов, в течение которых азрируются их легкие.

В ЯЙЦЕ

ЧЕРЕЗ 1 МИН ПОСЛЕ ВЫЛУПЛЕНИЯ

ЧЕРЕЗ 1 СУТ ПОСЛЕ ВЫЛУПЛЕНИЯ



**ВОЗДУШНЫЕ КАПИЛЛЯРЫ** жестких парабронхов у птичьих эмбрионов заполнены желтоватой легочной жидкостью (слева). С первым вдохом птенца некоторое количество удаляется (в середине). Через сутки оставшаяся жидкость всасывается в кровь (справа). До того как трубки очистятся, газообмен осуществляется через хориоаллантаис.



ПТЕНЕЦ КУСТАРНИКОВОЙ ИНДЕЙКИ вылезает из инкубационной кучи полностью оперенный и готовый сам о себе позаботиться. Этот птенец и непроклюнувшееся яйцо были обнаружены при вскрытии кучи.

Хотя для разбивания яйца птенцу кустарниковой индейки требуется немного энергии, вылезти из кучи ему далеко не просто. Птенцы вылупляются на глубине примерно 60 см от поверхности кучи и должны выбираться наверх сами, без какой-либо помощи родителей. В лаборатории мы наблюдали, как птенец вылезает наверх из пластиковой колонки, заполненной материалом кучи. Птенец разворачивается на спину и ногами скребет крышу полости, в которой находится; обломки материала, падающие вокруг, он утрамбовывает своей спиной. Такое копанье часто перемежается продолжительными периодами бездействия, в течение которых птенец тяжело дышит. Выход на поверхность кучи занимает около 2,5 су-

ток. Как показали измерения потребления кислорода, затрата энергии за это время составляет около трети от энергетической цены предшествующих 49 суток инкубации.

Отсутствие родительской заботы требует от птенца полной независимости. Птенцы сорных кур супервыводковые: они вылупляются с полностью развитым основным оперением, и некоторые могут летать уже в первый день после выхода из кучи. Бут в моей лаборатории показал, что птенцам кустарниковой индейки и глазчатой курицы не нужно быть в выводке, так как сразу же после обсыхания оперения они способны поддерживать постоянную температуру тела при температурах внешней среды в диапазоне 5—45°C.

Исключительная зрелость при вылуплении связана с большими вложениями энергии в яйца и длительной инкубацией. Если бы репродуктивная биология большеногов была такая же, как у ряда других видов отряда Galliformes (куриных), к которому они принадлежат, то взрослые особи кустарниковой индейки, которые весят около 1800 г, откладывали бы яйца весом примерно 60 г. Однако их яйца весят 180 г, что составляет 10% от веса тела. Самкам требуется 2—5 суток на формирование таких крупных яиц, тогда как у большинства других видов на это уходит 1—2 суток. Богатый энергией желток занимает 50% объема яйца по сравнению с 40% у выводковых видов и 20% у невыводковых, таких, как попуган и пеликаны. Наши измерения потребления кислорода яйцами показывают, что у кустарниковой индейки общие затраты энергии на эмбриональное развитие примерно в 4 раза выше, чем у других куриных птиц, близких по размерам (см. рисунок на с. 54).

**НА ПЕРВЫЙ** взгляд закапывание яиц для инкубации — это по природе чисто рептильный признак. В самом деле, некоторые крокодилы, такие, как гребнистый крокодил (*Crocodylus porosus*), строят кучи из растительного материала и откладывают в них яйца. Однако у большеногов такое поведение, хотя одно время его и рассматривали как примитивный процесс, произошло, как теперь считается, от обычного для птиц насиживания.

Основным доводом в пользу такого мнения является то, что птенцы большеногов имеют яйцевой зуб и мускулатуру для вылупления на задней стороне шеи, хотя ни то ни другое не используется. Яйцевой зуб представляет собой известковый конус на конце клюва, который помогает проклюнуть скорлупу. А специфическая шейная мускулатура в процессе вылупления оттягивает голову назад, так что яйцевой зуб вонзается в скорлупу. У птенцов большеногов эти структуры, по-видимому, рудиментарны, сохранившиеся от предковых видов, которыми они, по всей вероятности, служили для освобождения из яиц с толстой скорлупой, инкубировавшихся при насиживании родителями.

Австралийский натуралист Х. Фрит предложил возможную эволюционную последовательность, ведущую от тропических видов, гнездящихся на земле и насиживающих свои яйца, к птицам — строителям куч. Согласно его гипотезе, теплая тропическая среда, где возникли предковые формы большеногов, возможно, позволяла

родителям долгое время проводить вне гнезда. Оставляя гнездо, эти птицы могли укрывать яйца почвой или растительными остатками, чтобы замаскировать их и сохранить тепло. Если для гнездования выбиралось место, естественно прогреваемое солнцем или вулканическим теплом, яйца можно было покидать на гораздо более длительное время, и эта тенденция затем вылилась в полную утрату родительской заботы.

Однако, поскольку яйцо нуждается в достаточном количестве энергии и питательных веществ, чтобы из него вылупился птенец, способный выжить без родительской заботы, возникло давление отбора в пользу крупных, богатых энергией яиц. Свободные от насиживания самки имели больше времени на поиски пищи и могли получать достаточно энергии и питательных веществ для откладывания таких яиц.

Когда подобные птицы распространились в более прохладные области — такие, как нагорья океанических островов или леса умеренного пояса Австралии, — для поддержания необходимого теплового режима инкубации яиц на время отсутствия родителей стало требоваться больше растительного материала. Нетрудно представить себе, что разложение растительных остатков служило источником тепла для яиц, а это открывало возможности дальнейшего заселения более холодных местообитаний. Насколько нам известно, нет таких хищников, которые разрывали бы кучи и поедали яйца.

Коль скоро для успешной инкубации яиц присутствие родителей не требуется, они могут производить много полностью независимых птенцов. За один сезон при изобилии пищи самка кустарниковой индейки откладывает до 50 яиц общим весом 9 кг. При длительной инкубации и 3-дневном интервале между кладками птица весом 1800 г, по всей видимости, никак не могла бы высиживать даже то количество яиц, которое бывает в одной куче одновременно (16).

Высокая плодовитость — это, по-видимому, главное селективное преимущество инкубационного поведения большеногов. Но иногда оно, судя по всему, нивелируется высокой смертностью в первый год жизни. Хотя о птенцах кустарниковой индейки известно мало, есть данные о глазчатой курице: Д. Приддел из Службы национальных парков и диких животных Нового Южного Уэльса описал высокую смертность птенцов этого вида, вызванную голодом.

Насколько мы можем судить, однако, кустарниковая индейка процвета-

ет в тропических лесах и из-за своей многочисленности создает даже некоторые неудобства для человека. Так, сообщалось, что во избежание хлопот, связанных со строительством куч, эти птицы «присваивают» кучи

## Наука и общество

(Начало статьи см. на с. 50)

удовлетворить. «Гидрология представляет собой важнейший компонент заболоченных земель и наиболее трудный для документирования», — отмечает Голет. Он настаивает, что растительность и почву следует использовать в качестве исходных характеристик для установления гидрологических условий, иначе «никогда не удастся доказать, что тот или иной участок относится к заболоченным землям».

Если после трудоемких и дорогостоящих исследований почвы, растительности и гидрологии определение вызывает сомнение, то в соответствии с новыми нормами данный участок земли автоматически исключается из категории заболоченных. При рассмотрении такого рода дел в официальных учреждениях шт. Вашингтон эксперты не смогли убедительно доказать принадлежность к заболоченным землям девяти участков.

Проведение в жизнь новых правил может также стать более трудным. В соответствии с нормами 1989 г. на землевладельца возлагалась обязанность доказать, что его земля не относится к заболоченным, прежде чем он мог получить от Инженерного корпуса разрешение на культивирование угодий. В противоположность этому по правилам 1991 г. забота по отнесению земель к категории заболоченных ложится на федеральные службы. Новое руководство «ясно указывает, как обойти «Закон об охране чистой воды», комментирует К. Кунц, эколог по проблемам заболоченных земель из Инженерного корпуса. В будущем, говорит он, «мы не сможем сослаться на аналогичные или соседние районы, если надо будет классифицировать залитый водой участок как заболоченные земли».

Новые нормы — это не единственное покушение на опеку над заболоченными землями. Несколько законопроектов, находящихся на рассмотрении в конгрессе, изменят, если они пройдут, определение и относительную значимость заболоченных земель. А малоприметный законопроект, утвержденный прошлой осенью, требует, чтобы Инженерный корпус руководствовался директивами 1987 г., пока разрабатываются предложения

компоста, являющиеся плодом человеческого труда. Возможно, использование антропогенных условий представляет следующий шаг эволюции кустарниковой индейки.

1991 г. Последствия такого требования неясны. Некоторые ученые утверждают, что документ 1987 г. охраняет заболоченные земли в такой же мере, как и документ 1989 г., другие говорят, что он оставляет их уязвимыми.

Что касается правительства страны, то, по его утверждению, ревизия нормативных документов научно обоснована. «Были учтены, правда, некоторые политические соображения, — заявил председатель Совета по качеству окружающей среды при Белом доме М. Диленд. — Единодушие же ученых по этому вопросу нет, но при рассмотрении проблем охраны окружающей среды его, как правило, не бывает». Диленд добавил, что ревизия норм — это только часть пакета документов, среди которых, например, теперь есть и такое правило: любой, уничтоживший заболоченные земли, должен создать где-то в другом месте заболоченный участок такого же размера.

Однако создание в настоящее время самоподдерживающихся заболоченных земель — дело, по-видимому, мало реальное. «Половина попыток создать участки заболоченных земель провалились даже на уровне воспроизведения болотной растительности», — отмечает Дж. Ларсен, директор Института охраны окружающей среды при Массачусетском университете в Амхерсте. В противоположность этому, указывает Ларсен, восстановление осуществляется более успешно: обычно требуется восстановить лишь источник воды. Затем «достаточно воспользоваться уже готовой почвой и, возможно, запасом семян».

Вероятно, протесты специалистов и защитников окружающей среды способствовали тому, что срок рассмотрения этого вопроса недавно был продлен. Однако без адресата остается более важная проблема. «Не следует изменять критерии определения заболоченных земель — вот в чем заключается научная проблема», — отмечает Голет. А один ученый из федеральной организации указывает: «Если в деле замешана политика, наука в счет не идет».

М. Холлоуэй



# Софи Жермен

*Преодолевая предрассудки французского общества XIX в., она стала выдающимся математиком и добилась важных результатов в теории чисел и теории упругости*

ЭМИ ДАЙАН ДАЛЬМЕДИКО

**С**МОЖЕТЕ ли вы назвать хоть одного прославленного математика — женщину? Берусь поспорить, что не сможете. Прежде всего вам следовало бы вспомнить об Ипатии Александрийской. Современники похвально отзывались о ее математических работах, хотя ни одна из них не сохранилась до наших дней. Возможно, ее сочинения были уничтожены монахами — христианами, которые забили ее камнями в 415 г. за то, что она была язычницей. Приблизительно через 13 столетий была маркиза де Шатле, которая перевела на французский язык «Математические принципы» Исаака Ньютона. В 1750 г. итальянка Мария Газтана Аньези, известная своими достижениями в дифференциальном исчислении, стала первой женщиной, получившей звание профессора математики.

Так же как Ипатии, маркизе де Шатле и М. Аньези, Софи Жермен пришлось выдержать ожесточенную борьбу с предрассудками семьи, друзей и коллег, прежде чем она стала настоящим математиком. Жермен обладала выдающимися способностями, неуемным честолюбием и была страстно увлечена математикой. Она самостоятельно изучила математику и физику и стала автором оригинальных работ в теории чисел и теории упругости. Несмотря на эти достижения, Жермен так и не получила заслуженного признания.

Софи Жермен родилась в Париже 1 апреля 1776 г., за 10 лет до Французской революции и спустя столетие после Научной революции. Законы Ньютона управляли Вселенной, в то время как указы Людовика XVI правили Францией. Жермен поддерживала политические перемены, служила прогрессу математики и физики и ре-

СОФИ ЖЕРМЕН стала автором выдающихся математических работ, но как женщина, принадлежавшая среднему классу и жившая во времена Французской революции, она так и не получила заслуженного признания в научном мире. Теперь во дворе школы им. Софи Жермен в Париже ей установлен памятник.

шительно боролась с барьерами, преграждавшими женщинам путь к научной деятельности.

Ее отец, Амбруаз-Франсуа Жермен был всецело поглощен Французской революцией. Он принадлежал к прослойке либеральной образованной буржуазии. Род Жермен из поколения в поколение занимался торговлей, и семья имела достаточное состояние. Защищая интересы своего сословия, Амбруаз являлся депутатом Ассамблеи, куда он был избран в 1789 г.

В возрасте 13 лет Софи, по свидетельству знакомых, была робким, угловатым подростком. Считая, что ее семья помешана на деньгах и политике, она находила убежище в отцовской библиотеке. Там и началось ее интеллектуальное развитие. Софи изучила математику, прочтя все книги, которые ей удалось найти. Так же как она не могла понять интереса своих родителей к политике, они не понимали ее увлечения математикой, считая ее интересы удивительными для ее возраста и несовместимыми с ее полом.

Итальянский математик Дж. Т. Либри-Каруччи (позже ставший другом Софи) рассказывал, как Софи преодолевала настоятельное желание родителей, чтобы она бросила увлечение математикой. Когда все в доме ложились спать, она занималась при свечах. Зимними ночами, когда чернила замерзали в чернильнице, она читала, завернувшись в одеяла. Ее решимость оказалась сильнее родительской воли. И несмотря на ее «странные» интересы, отец оказывал ей материальную поддержку на протяжении всей жизни. Софи не вышла замуж и не добилась профессионального положения, которое дало бы ей средства к существованию.

Софи Жермен очень любила читать об Архимеде в «Истории математики» Жана Этьена Монтьюкла. Мысленно она отождествляла себя с Архимедом, борющимся за продолжение своих исследований во время нападения римлян на Сиракузы. Она совершенствовала свои знания, продвигаясь от трактата Этьена Безу о математике к работам Ньютона и швед-

ского математика Леонарда Эйлера.

Родственники, друзья и наставники мало внимания обращали на интересы и способности юной Софи. Они не видели смысла в том, чтобы всерьез заниматься развитием интеллектуальных способностей молодой женщины из семьи среднего класса.

Жермен было 19 лет, когда была основана Политехническая школа. Она доставала конспекты лекций по многим курсам, включая анализ, который читал Жозеф Луи Лагранж, и химию, которую читал Антуан Франсуа Фуркруа. На одном из занятий Лагранж попросил студентов изложить письменно свое мнение о прочитанном им курсе. Опасаясь, что ее сочинения не станут читать, Жермен представила свою работу под именем бывшего студента Антуана Огюста Леблана. (Кстати, не известно, давал ли на это свое согласие Леблан.)

**Н**АУЧНОЕ образование Жермен было в высшей степени необычным для женщины ее класса. В XVIII в. наука преподавалась некоторым женщинам из аристократических кругов в популяризованном изложении, по учебникам, написанным специально для этой цели. О науке в них говорилось ровно столько, сколько было достаточно, чтобы женщина могла поддержать «ученый разговор» в аристократических салонах. Одну из самых примечательных книг в этом жанре «Философия сэра Исаака Ньютона в изложении для дам» написал Франческо Альгаротти.

Альгаротти считал, что женщин интересует лишь рыцарская романтика и любовь, и поэтому он преподавал физику с учетом этого обстоятельства. Его книга построена на диалоге между некоей маркизой и ее собеседником. В одной из сцен собеседник объясняет закон об обратной квадратичной зависимости. Он говорит, что сила взаимного притяжения или интенсивность света, например, убывает пропорционально квадрату расстояния между объектом и наблюдателем. Маркиза отвечает, что ей знакомо это понятие: «У меня невольно возникает ассоциация... мне кажется,

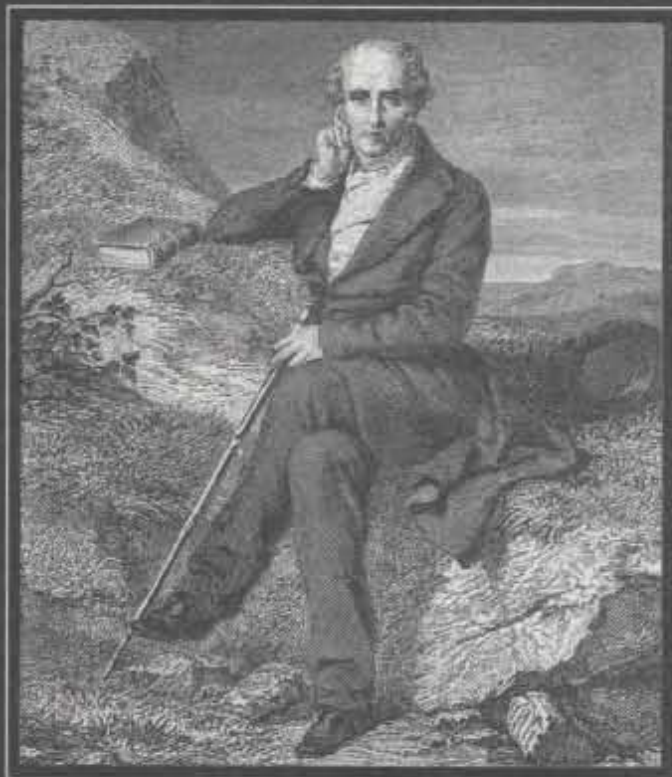




Гаусс



Лагранж



Лаплас



Лаплас

ДРУЗЬЯ И СОПЕРНИКИ Софи Жермен были в числе наиболее знаменитых математиков и физиков XIX в., но большинство ученых относились к ней с безразличием. В начале своей научной карьеры Жермен переписывалась с Карлом Фридрихом Гауссом по вопросам теории чисел. Жозеф Луи

что эта обратная квадратичная зависимость... наблюдается даже в любви. Скажем, после восьми дней разлуки любовь становится в шестьдесят четыре раза слабее, чем в первый день». Книга полна примерами подобного рода, среди которых приведенные в ней немногие строгие физические объяснения буквально теряются.

Жермен терпеть не могла такой фривольной литературы. Жозеф-Жером Лаланд однажды привел ее в ярость, намекнув, что она не сможет

понять работу Пьера Симона Лапласа, если предварительно не прочтает книгу Лаланда «Астрономия для женщин». Жермен публично объявила, что никогда более не будет разговаривать с Лаландом.

Ее образование было бессистемным и непоследовательным. Она была удостоена встречи с Лагранжем и несколькими другими учеными. Некоторые из них предложили ее вниманию небольшие задачи. Однако Жермен стремилась к тому, чтобы получить профессиональную подготовку,

Лагранж поощрял ее в изучении математики и физики. Примерно в 1814 г. она соревновалась с Симоном Дени Пуассоном, пытаясь построить теорию упругости. В конце своей жизни она сотрудничала и дружила с Жаном Батистом Жозефом Фурье.

но такая возможность ей так и не представлялась.

Жермен была изолирована не только от общества ученых мужей, но и от других образованных женщин. Ее социальное положение не позволяло ей общаться с женщинами из аристократических кругов. Кроме того, у нее не было родственников или близких знакомых среди образованных мужчин, которые могли бы представлять ее идеи в научном мире; именно такие связи благоприятствовали, в частности, графине Готта и мадам Лаланд.

Возможно, Жермен и сама в какой-то степени способствовала своей изоляции. По своей природной скромности и застенчивости она избегала светской жизни. Подобно великим энциклопедистам, сочинения которых ее занимали, она полагала, что ее научные работы сами по себе принесут ей непреходящее признание наперекор предрассудкам общества.

Жермен оказалась в стороне от научного сообщества в тот период, когда оно привлекало к себе все большее число людей, организовывало все больше научных учреждений и как никогда прежде способствовало сотрудничеству между учеными. Она уже не занималась в холодной спальне, но с радостью преодолела бы ледяную стену, чтобы ее работа получила какое-то признание.

НА РУБЕЖЕ XVIII и XIX вв. Жермен предоставилась хорошая возможность проявить свои способности в области теории чисел. Первые профессионалы, с которыми она познакомилась, Лагранж и Адриен Мари Лежандр, оба очень интересовались этим предметом и поощряли ее занятия.

Через несколько лет она уже хорошо разбиралась в сложных методах, изложенных в «Арифметических рассуждениях» немецкого математика Карла Фридриха Гаусса. Находясь под сильным впечатлением от книги, Жермен послала ее автору около десятка писем в период между 1804 и 1809 гг. Свои письма она подписывала псевдонимом «Леблан», поскольку боялась «насмешек по поводу женщины-ученого».

В своем первом письме Гауссу Жермен обсуждает уравнение Ферма

$$x^n + y^n = z^n,$$

где  $x, y, z$  и  $n$  — целые числа. Пьер Ферма полагал, что мог доказать, что уравнение не имеет решения для  $n$  больших 2. До сих пор это предположение, известное как последняя теорема Ферма, остается не доказанным (см. статью Edwards Harold M. Fermat's Last Theorem, "Scientific American", October, 1978).

Жермен открыла, что уравнение Ферма не имеет решения, когда  $n$  равно  $p - 1$ , где  $p$  — простое число вида  $8k + 7$ . (Например, если  $k$  равно 2, то  $p$  — простое число, а именно 23, и  $n$  равно 22.) Жермен объяснила свое доказательство Гауссу и заметила: «К сожалению, глубина моего интеллекта уступает моей ненасытности, и я чувствую смущение из-за того, что беспокою гениального человека, не имея по сути ничего стоящего, чтобы

предложить его вниманию, кроме восхищения, разделяемого всеми его читателями».

Гаусс ответил: «Я в восторге от того, что арифметика нашла в вашем лице такого способного друга. Ваше новое доказательство... весьма изящно, хотя охватывает, по-видимому, довольно частный случай и не может быть применено к другим числам».

В 1806 г. Жермен послала письмо Гауссу с Жозефом-Мари Пернетти, армейским офицером, который был ее приятелем. Жермен беспокоилась о безопасности Гаусса, так как незадолго до этого Наполеон овладел большей частью Пруссии. Она сказала Пернетти, что боится, как бы Гаусса не постигла та же судьба, что и Архимеда, который был убит римлянами. Пернетти велел передать с посылкой, что Гаусс жив, здоров, но что математик не знает, кто такая Софи Жермен. В своем следующем письме Гауссу Жермен (она же Леблан) открывает свое подлинное имя.

Гаусс был весьма удивлен и обрадован. «Женщина из-за своего пола и наших предрассудков встречается со значительно более трудными препятствиями, чем мужчина, постигая сложные научные проблемы. Но когда она преодолевает эти барьеры и проникает в тайны мироздания, она несомненно проявляет благородную смелость, исключительный талант и высшую гениальность». В своих похвалах в адрес Жермен Гаусс был искренен. Это, в частности, подтверждается в его письмах немецкому ас-

троному Генриху Ольберсу.

В 1808 г. Жермен пишет новое письмо Гауссу, говоря в нем о том, что станет наиболее блестящей ее работой в теории чисел. Жермен доказала, что если  $x, y$  и  $z$  — целые числа и если

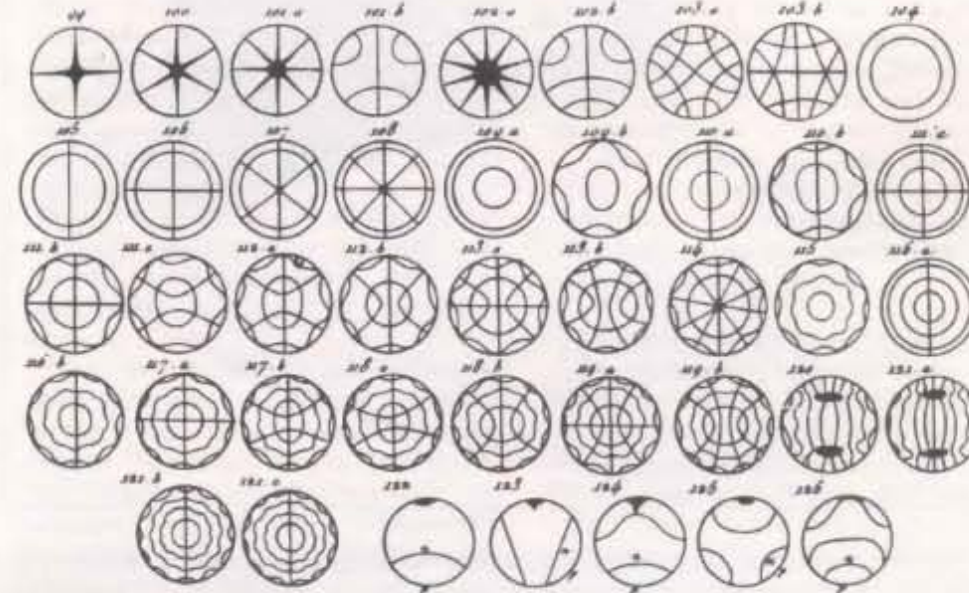
$$x^5 + y^5 = z^5,$$

то либо  $x$ , либо  $y$ , либо  $z$  должны делиться на 5. Теорема Жермен явилась важным шагом на пути к доказательству последней теоремы Ферма для случая, когда  $n = 5$ .

Гаусс так никогда и не высказал своего мнения по поводу теоремы Жермен. Как раз перед этим он стал профессором астрономии в Геттингенском университете и вынужден был отложить свои исследования в теории чисел. Он был целиком поглощен профессиональными и личными проблемами.

В основном теорема Жермен оставалась неизвестной. В 1823 г. Лежандр упоминает ее в своей работе, где описывает свое доказательство последней теоремы Ферма для случая, когда  $n = 5$ . (В 1676 г. Бернар Френик де Бесси доказал теорему для  $n = 4$ ; в 1738 г. Эйлер нашел решение для  $n = 3$ .) Теорема Жермен была первым важным результатом, касавшимся последней теоремы Ферма, с 1738 г. вплоть до исследований, проведенных Эрнстом Е. Куммером в 1840 г.

В СВОИХ исследованиях по теории чисел Софи Жермен полагалась



ФИГУРЫ ХЛАДНИ образуются, когда поверхность, покрытая песком, начинает вибрировать. Песчинки собираются вдоль линий с наименьшей амплитудой вибрации. Софи Жермен внесла важный вклад в математическую теорию, объясняющую эти фигуры. Иллюстрация воспроизведена по изданию 1809 г. работы Эрнста Ф. Ф. Хладни.

на направляющее влияние Гаусса. Когда их переписка прекратилась, она стала искать новые задачи и новых наставников. В 1809 г. она заинтересовалась темой, которая впоследствии легла в основу ее самых лучших работ. Она пыталась объяснить классические эксперименты Эрнста Ф. Хладни, немецкого физика, исследовавшего колебания упругих пластин.

В своих экспериментах Хладни насыпал мелкий песок на стеклянную пластинку. Затем он проводил смывком по ребру пластинки, вызывая колебания. Песок отскакивал от вибрирующих областей и собирался в «узлах», точках, оставшихся неподвижными. Через несколько секунд пластинка покрывалась рядом песчаных кривых. Конфигурация рисунка была симметричной и весьма эффектной — она состояла из звезд и других геометрических фигур (см. рисунок на с. 63). Общий рисунок зависел от формы пластины, положения опор и частоты вибрации.

Во время своего визита в Париж в 1808 г. Хладни продемонстрировал свои опыты перед аудиторией из 60 математиков и физиков Первого класса Французского института, отделения Французской академии наук. Опыты Хладни привели ученых в такое изумление, что они попросили его повторить свои опыты перед Наполеоном. Увиденное произвело на императора впечатление, и он согласился, что ученым Первого класса следует учредить специальную медаль весом в один килограмм золота и присудить ее тому, кто сумеет дать теоретическое объяснение опытов Хладни. В 1809 г. был объявлен конкурс и установлен срок его окончания для подведения итогов. Срок истекал через два года.

Жермен ухватила за эту возможность. На протяжении более десяти лет она будет пытаться построить теорию упругости, конкурируя или сотрудничая с самыми выдающимися математиками и физиками. Она будет

испытывать гордость от сознания того, что внесла свой вклад в исследования, находившиеся на переднем крае науки XIX в.

Тем не менее Жермен останется в стороне от научного сообщества. Этикет требовал, чтобы она получала письмо с официальным приглашением всякий раз, когда хотела посетить научное учреждение. Приглашающий должен был обеспечить ей транспорт и сопровождение. Эти формальности мешали ей свободно обсуждать с другими учеными интересовавшие ее вопросы. Как следствие этих ограничений, ей пришлось преодолеть немало трудностей, чтобы переключиться с теории чисел на теорию упругости.

Чтобы войти в курс теории вибраций, она обратилась к таким книгам, как «Аналитическая механика» Лагранжа и работам Эйлера о колебаниях упругих стержней. Жермен пыталась объяснить поведение упругих пластин, применяя методы, которыми пользовался Эйлер. Он предполагал, что прикладываемая к стержню сила вызывает внутреннее упругое противодействие, и утверждал, что сила упругости в любой точке стержня пропорциональна его кривизне. Под влиянием работ Эйлера Жермен стремилась к тому, чтобы построить аналогичную гипотезу. Она предположила, что в любой точке поверхности сила упругости пропорциональна сумме величин кривизны двух главных кривых в этой точке. Главные величины кривизны представляют собой максимальное и минимальное значение кривизны всех кривых при пересечении поверхности перпендикулярными к ней плоскостями.

В 1811 г. Жермен оказалась единственным участником конкурса, но ее работа не была удостоена премии. Она не сумела вывести свою гипотезу из физических принципов, да и не могла сделать этого в то время, поскольку ей не хватало знаний в математическом анализе и вариационном исчислении.

Тем не менее ее работа способствовала дальнейшему прогрессу в этой области. Лагранж, бывший одним из членов жюри конкурса, исправил некоторые ошибки в вычислениях Жермен и вывел уравнение, которое, как он полагал, могло описывать фигуры Хладни. Согласно рассуждениям Лагранжа, если  $z$  — это амплитуда вибраций и если  $z$  мало, то справедливо уравнение:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + k^2 \left[ \frac{d^4 z}{dx^2} + \frac{d^4 z}{dy^2} + \frac{d^4 z}{dx^2 dy^2} \right] = 0,$$

где  $t$  — время,  $k$  — константа, а  $x$  и  $y$  представляют координаты точек на поверхности пластины.

В 1811 г. конкурс был продолжен еще на два года, и снова Жермен была единственным ее участником. Она продемонстрировала, как уравнение Лагранжа порождает фигуры Хладни в нескольких простых случаях. Однако она не смогла вывести уравнения Лагранжа из физических законов. За свою работу она была удостоена похвальной грамоты ученых Первого класса.

**П**РИБЛИЗИТЕЛЬНО в это же время на интеллектуальную территорию Жермен начал вторгаться Симеон Дени Пуассон. В дальнейшем ему было суждено стать ее главным соперником. В отличие от Жермен Пуассон подошел к теории упругости, располагая всеми средствами, доступными ученому XIX в.

Пуассон поступил в Высшую политехническую школу в 1789 г. в возрасте 17 лет. Лагранж и Лаплас заметили его способности в решении математических задач и хорошее абстрактное мышление. При поддержке Лапласа Пуассон быстро продвигался по академической лестнице. Он стал профессором в Политехнической школе и на факультете естественных наук в Париже. Он часто посещал заседания знаменитого научного общества Société d'Arcueil, куда приходили некоторые самые выдающиеся ученые, чтобы обсудить интересные работы или продемонстрировать новые эксперименты. Руководили деятельностью общества Лаплас и Клод Луи Бертолле, а Пуассон был консультантом в области математики. В 1812 г. Пуассон, уже успевший проникнуть в самое сердце научного сообщества, был избран в Первый класс.

Пуассон стремился объяснить колебания упругих пластин на основе физических законов Ньютона и его физической модели. Начав с предположения, что пластина состоит из молекул, которые взаимно притягивают и отталкивают друг друга, Пуассон затем сделал ряд других, казалось, вполне разумных предположений. Рассуждая таким образом, он вывел чрезвычайно сложную формулу и, упростив ее, пришел к уравнению Лагранжа. По современным представлениям допущения Пуассона кажутся абсурдными, и его попытка вывести уравнение Лагранжа была успешной лишь потому, что он знал о работе Жермен и Лагранжа.

В 1814 г. Пуассон опубликовал статью об упругих пластинах. Как член Первого класса, он не участвовал в конкурсе. Но его коллеги считали, что Пуассон нашел физическое объяснение для фигур Хладни. Приз же остался никому не присвоенным.



САЛОНЫ XIX в. были, по-видимому, единственным местом, где женщинам можно было участвовать в разговорах о великих научных открытиях. Софи Жермен пыталась пробиться в научные учреждения и научные сообщества, где она могла бы всерьез обсуждать свои теории. На картине, написанной Исидором Пилсом в 1849 г., изображен характерный для того времени салон в Страсбурге.

«Я очень сожалела о том, что не знала содержания работы Пуассона, — писала Жермен в 1815 г. в своем эссе, посвященном теории упругости. — Я тратила драгоценное время, ожидая публикации». В этом эссе она подвергла критике подход Пуассона, пытаясь предложить свое собственное объяснение. Жермен постулировала, что упругая сила пропорциональна приложенной извне силе и пропорциональна деформации поверхности. Сила в каждой заданной точке пропорциональна сумме всех значений кривизны для кривых, проходящих через эту точку. Затем она показала, что сумма всех изгибов сводится к сумме максимальной и минимальной кривизны. И наконец, она вывела уравнение Лагранжа из последней суммы.

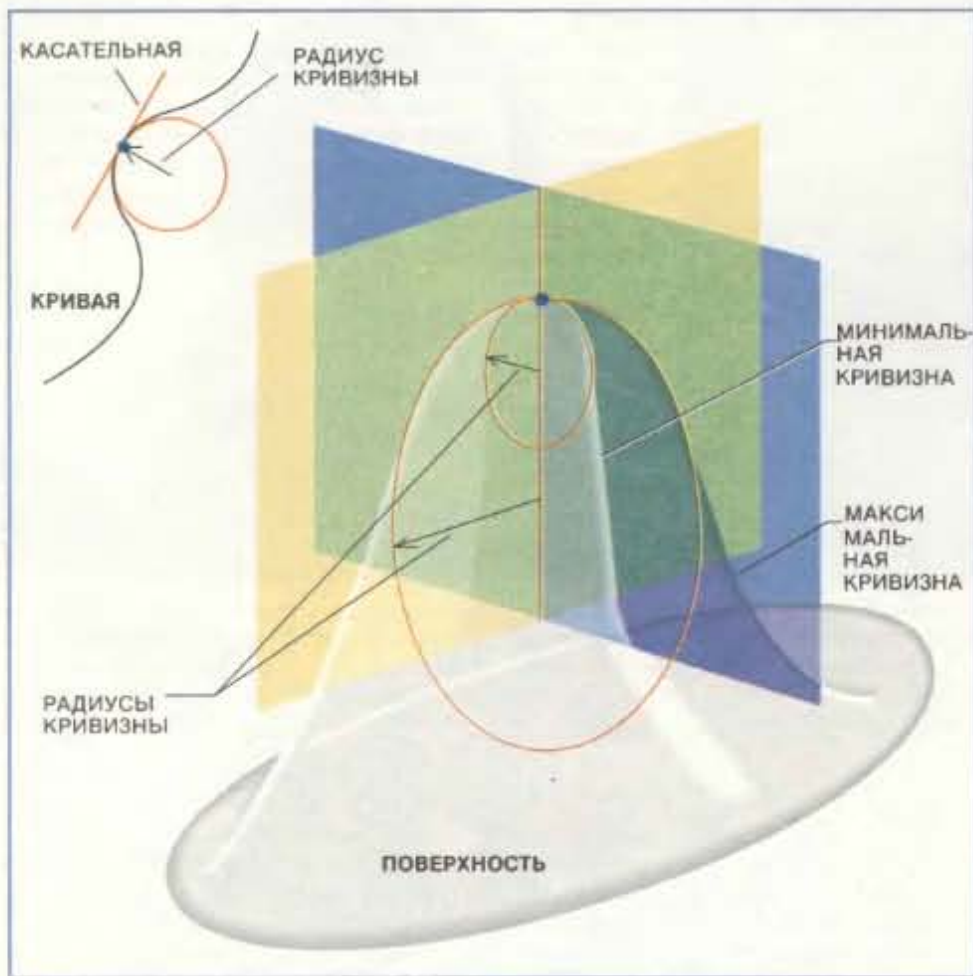
Это эссе стало третьей попыткой Жермен выиграть конкурс, членами жюри которого на этот раз были Лежандр, Лаплас и Пуассон. Они не могли принять ее постулат о том, что результат воздействия — деформация — обязательно пропорционален самому воздействию, т. е. приложенной силе. На самом деле пройдут десятилетия, прежде чем этому будет найдено объяснение. При этой оговорке, жюри присудило Жермен премию Первого класса. Жермен не яви-

лась на церемонию вручения награды. Может быть она считала, что судьи не оценили по достоинству ее работу, или же она просто не хотела появляться на публике.

Для Жермен присуждение премии явилось формальным признанием ее научной компетентности. Это придало ей уверенности и повысило авторитет. Однако ученые не выразили ей должного уважения. Пуассон послал ей немногословное формальное поздравление. Он избегал серьезных дискуссий с ней и игнорировал ее при встречах в обществе. Несколько лет назад она рассматривала себя как слабенького новичка в компании гигантов. Теперь она уже не испытывала восторга от своих коллег.

**В**СКОРЕ она воспряла духом, подружившись с Жаном Батистом Жозефом Фурье. Жермен и Фурье, оба пострадали из-за соперничества с Пуассоном, и оба одинаково не любили его. Благодаря Фурье, Жермен начала принимать участие в деятельности парижского научного сообщества. Она посещала заседания Академии наук и была первой женщиной, которая приходила на эти заседания в личном качестве, а не как супруга кого-либо из ее членов.

В 20-х годах прошлого века у нее



ПОНЯТИЕ КРИВИЗНЫ лежало в основе работы Софи Жермен по теории упругости. В любой точке кривую можно аппроксимировать окружностью с той же касательной, что и у кривой в данной точке. Кривизна обратно пропорциональна радиусу окружности. Для поверхности кривизна в точке определяется кривизной кривых, образованных пересечениями поверхности с плоскостями, перпендикулярными поверхности в этой точке. Из всех таких кривых выбирается наибольшая и наименьшая кривизна, которые называются главными величинами кривизны.

возникли честолюбивые планы в области теории чисел, где она надеялась усовершенствовать свои доказательства и продолжить ранее начатые работы. Жермен и Лежандр работали в этой области как равноправные партнеры. Она также опубликовала обзор своих работ по теории упругости. В это время Жермен интересовалась различными областями научного знания и общалась с интеллектуальной элитой. Всем импонировали ее неуемное любопытство и присущее ей обаяние.

Хотя Жермен определенно заслужила своими работами ученой степени, она так никогда ее и не получила. В 1830 г. Гаусс не сумел убедить профессора Геттингенского университета присвоить ей звание почетного доктора наук.

Заболев раком груди, Софи Жермен после двухлетней борьбы с болезнью умерла 27 июня 1831 г. в возрасте 55 лет. В свидетельстве о смерти против

ее фамилии значилось *rentiere*: «персона, располагавшая частными средствами», что на практике означало «независимая женщина».

Перед смертью она набросала вчерне философское эссе, которое не успела закончить. Оно было опубликовано посмертно под заголовком «Общие рассуждения о науках и литературе». В своем эссе она пыталась выделить интеллектуальный процесс во всех видах человеческой деятельности и полагала, что интеллектуальная вселенная наполнена аналогиями. Человеческий дух, согласно ее представлению, распознает эти аналогии, что приводит в конечном итоге к открытию природных явлений и законов мироздания. Нам же в свою очередь следовало бы распознавать аналогии между жизнью Софи Жермен и нашей собственной, с тем чтобы эти аналогии помогли нам стремиться к совершенству перед лицом предрассудков общества.

## Наука и общество

### Следует ли стимулировать экономику

МАЙКЛ Дж. Боскин, председатель Экономического совета при президенте, загадал свое рождественское желание еще летом прошлого года. А желал он, по его словам, лишь одного: чтобы Федеральная резервная система (ФРС) стала выделять больше денежных средств.

Но как школьник, увлекающийся баскетболом и мечтающий получить приз, чтобы стать центром школьной баскетбольной команды, Боскин, стремясь добиться желаемого от ФРС, преследовал более глубокую цель: оживить экономику. Однако, как отмечают экономисты, неясно, располагает ли правительство средствами, чтобы исполнить рождественское желание Боскина, неясно даже, попытается ли оно сделать это.

У правительства есть два основных инструмента экономического регулирования — финансовая политика и денежная политика. Первая предполагает принятие следующего решения: расходовать ли денежные средства для усиления экономического роста или же увеличить налоги для его сдерживания. Денежной политикой ведают в основном ФРС, которая может расширять или ограничивать денежное обращение в стране, регулируя величину процентных ставок.

Использование этих инструментов для «тонкой регулировки» экономики

всякий раз напоминает попытку отрегулировать карманные часы с помощью молотка и зубила. Кроме того, экономисты обращают внимание на то, что финансовая политика стала еще более «грубой» после того, как в последние годы правительство стало проявлять расточительность.

По мнению Чарльза Л. Шульце, который в конце 70-х годов был председателем Экономического совета при президенте, а в настоящее время работает в Институте Брукингса в Вашингтоне (округ Колумбия), финансовая политика в нынешних условиях попросту не может быть эффективной. Поскольку правительство столкнулось с самым большим дефицитом за всю историю США — который в 1991 г. достиг почти 280 млрд долл., — оно не способно оживить экономику за счет резкого увеличения расходов.

Вероятным результатом, считает Фредерик К. Райб из Бюджетного управления при конгрессе, будет то, что финансовые рынки повысят процентные ставки. Это в свою очередь может охладить многих, кто рассчитывал на планы правительства увеличить денежные расходы. «Увеличение расходов в настоящее время свидетельствовало бы о том, что правительство не обеспокоено всерьез тем, как уменьшить дефицит», — отмечает Райб.

Денежная политика, как считают экономисты, останется действенным

инструментом, однако у них нет единого мнения, насколько он будет эффективным. Как полагает Делос Р. Смит, старший эксперт по экономическим вопросам из Нью-Йорка, атерфия финансовой политики сразу же привела к ослаблению политики денежной. Например, для увеличения денежного обращения ФРС должна сократить процентные ставки. Однако более низкие процентные ставки могут уменьшить заинтересованность вкладчиков покупать казначейские сертификаты, выпуск которых помогает финансировать экономику страны.

Смит считает, что, хотя более низкие процентные ставки обещают высвободить поток денег в экономике за счет того, что банки будут заинтересованы давать, а потребители — брать займы деньги (и расходовать их), как те, так и другие в настоящее время, судя по всему, не спешат раскошелиться. Потребители, возможно, ожидают прекращения спада и гарантий, что они не лишатся своих рабочих мест, а банки, учитывая невыплаченные долги, более придирчиво относятся к заявкам своих клиентов о предоставлении займа. «По самому оптимистичному прогнозу экономический рост будет весьма умеренным», — отмечает Смит.

Шульце не согласен с тем, что денежная политика окажется неэффективной. «Процентные ставки в реальном выражении по-прежнему очень высоки по историческим меркам», — отмечает он. По мнению Шульце, сейчас наблюдается период медленного оздоровления экономики, как и в 1971 г., когда за небольшим спадом последовал период неустойчивого экономического подъема.

Герберт Штейн из Американского института предпринимательства в Вашингтоне (округ Колумбия) высказывает мнение, что ФРС могла бы легко стимулировать экономический рост посредством увеличения денежных выплат, если бы она действительно этого хотела. Даже финансовая политика еще осуществима при нынешнем дефиците, считает он. «Кто может сказать, какой размер дефицита является допустимым в период экономического спада?» — спрашивает Штейн, который был председателем Экономического совета при президенте в начале 70-х годов. Может быть, он должен составлять 350 млрд долл. «и ни пенса более»? Но в таком случае почему он не может достигать и 450 млрд долл.?

Со своей стороны Штейн выступает против попыток стимулировать экономику с помощью финансовой или денежной политики в настоящий момент. «Нынешний спад весьма

умеренный, — подчеркивает он. — Такой же, как и обычный спад в послевоенное время. Экономика сейчас не нуждается в стимулировании».

Точку зрения Штейна поддерживают ряд прогрессивных экономистов — в их числе Сэмюэл С. Баулз из Масачусетского университета в Амхерсте, который считает, что слепая вера в эффективность средств рыночного манипулирования, таких, как регулирование объема денежной массы, привела экономику США в нынешнее затруднительное положение. Баулз призывает отказаться от «скрытой руки» рынка в пользу более открытого «рукопожатия» между трудом, управлением и капиталом.

Такое сотрудничество, считает Дейвид М. Гордон из Новой школы социальных исследований в Нью-Йорке, дало бы возможность работающим американцам тратить больше времени на продуктивный труд.

По словам Баулза, Боскину следовало бы пожелать на рождество, чтобы «деловые круги прекратили свои прежние отношения с нерегулируемыми рынками», с тем чтобы правительство могло осуществлять соответствующую политику, «способную от устарелой догмы». В конце концов, отмечает Баулз, все конкуренты США на мировом рынке расстались с иллюзией, что экономический рост требует, чтобы предпринимательство было совершенно свободно от вмешательства правительства.

Рождественское желание Шульце было иным и заключалось в том, чтобы Боскин «посоветовал своему боссу прекратить дебаты по вопросу о доходах от прироста капитала». Разделяя точку зрения Штейна, что основания для паники отсутствуют, Шульце полагает, что небольшой импульс со стороны ФРС был бы сейчас кстати. Если ФРС не задействует свой механизм, со стороны правительства может последовать чрезмерное вмешательство и экономика столкнется с весьма «неблагоприятным союзом на Капитолийском холме: большие расходы, сокращение налогов для средних слоев населения, налоги на доходы от прироста капитала». И это, считает Шульце, было бы все равно, что в экономике оставить «ящик Пандоры под деревом».

Элизабет Коркоран и Пол Уиолич

### Роковые изъяны

ВЫПУСКНИКА одного из полицейских учебных заведений на Среднем Западе США уже почти приняли на работу, но, когда стало известно, что среди его родственников были

больные хореей Хантингтона (неизлечимым врожденным расстройством, ведущим к физической и умственной деградации в зрелом возрасте), ему заявили, что не возьмут в штат без проверки на наличие гена, обуславливающего это заболевание.

Подобная проверка со стороны нанимателей и страховых компаний еще не стала обычным делом, но чуть ли не каждую неделю сообщается о все новых генетических открытиях, делающих ее возможной. Быстро расширяется список имеющихся у многих здоровых людей специфических генов, которые по статистике связаны с повышенным риском той или иной болезни, включая многие раковые заболевания и другие расстройства, обычно не рассматривающиеся как генетически обусловленные.

В частности, на этот предмет изучается одна из наследственных форм рака молочной железы, развивающаяся у почти 0,6% женщин в возрасте до 50 лет. Согласно М. Кинг из Калифорнийского университета в Беркли, статистика свидетельствует о том, что это заболевание распространено шире, чем такие хорошо известные генетически обусловленные болезни, как муковисцидоз и определенные формы мышечной дистрофии.

Анализируя генотип у женщин, страдающих этим раковым заболеванием, Кинг пытается установить, какие из ряда генов, располагающихся в определенном участке хромосомы 17, могут обуславливать подверженность злокачественному процессу. Когда Кинг и другие исследователи, работающие в том же направлении, добились успеха, разработка удобного метода диагностики значительно упростится. Кинг описала свои результаты в докладе на VIII Международном конгрессе по генетике человека, состоявшемся в октябре прошлого года в Вашингтоне. Она надеется, что ее исследования приведут к разработке методов диагностики рака молочной железы на ранней стадии, когда его легче лечить. Понимание природы генетических изменений, происходящих в раковых клетках, откроет возможности такого метода анализа крови, который будет выявлять присутствие опухолей, слишком мелких для визуального обнаружения.

Чем раньше начинается лечение, тем лучше. Как можно ожидать, многие последние открытия в генетике человека, коль скоро они будут способствовать совершенствованию методов лечения, пойдут на пользу больным. Недавно обнаружены гены, предположительно обуславливающие предрасположение к болезни Альцгеймера, раку ободочной и толстой кишки, раку печени и некоторым

формам артрита. Выявление носительства подобных генов и пренатальное генетическое обследование уже привели к резкому падению числа детей с наследственными заболеваниями, например болезнью Тея—Сакса и  $\beta$ -талассемией.

Чем больше появляется генетических тестов, тем шире они входят в практику. По данным обследования, проведенного Бюро по оценке новых технологий при конгрессе США, из 330 компаний, вошедших в 1989 г. в число 500 наиболее успешных, лишь 12 проводили генетические проверки в исследовательских или иных целях. Правда, примерно в половине опрошенных фирм руководство считает такие проверки приемлемыми и оправданными с точки зрения и нанимателя, и нанимаемого. В то же время более чем в 40% компаний администрация признала, что риск страхования претендента на должность (во всех прочих отношениях здорового) будет влиять на его шансы быть принятым на работу.

Главная причина того, что генетические проверки еще не очень распространены, заключается, судя по данным упомянутого бюро, в том, что сотрудники отделов кадров считают существующие на сегодняшний день методы генетического обследования неэффективными. Страховые компании отстаивают свое право на любую генетическую информацию, какая доступна их клиентам, чтобы не дать тем, кто знает об увеличенном для себя риске заболевания или смерти, завышать общую сумму риска, покрытую договором страхования. «Известно уже немало случаев, когда людям отказывали в страховке или ограничивали страховую премию в связи с генетическими дефектами», — отмечает специалист по медицинской генетике П. Биллингз из Медицинского центра Калифорния-Пасифик в Сан-Франциско.

Споры по поводу того, кто имеет право на доступ к генетической информации, не новы. В 1970-х годах во многих американских штатах негритянское население в обязательном порядке обследовали на носительство генетического дефекта, являющегося причиной серповидноклеточной анемии, и среди тех, кто отказался проходить эту проверку, некоторым пришлось платить большой страховой взнос. Многие люди, имеющие в семье случаи болезни Хантингтона, не хотят подвергаться проверке на присутствие гена, обуславливающего это заболевание, из опасения дискриминации со стороны страховых организаций или нанимателей. Еще один камень преткновения — вопрос о том, (Продолжение статьи см. на с. 85)

# Кремниевые создания

ПОЛ УОЛЛИЧ

Исследователи пытаются создать машины, способные моделировать мыслительный процесс и самосознание человека, но пока им не удастся смоделировать даже поведение мухи-поденки

**Ш**шш... чшш... скрип... скрап... Робот намазывает масло на поджаренный хлеб. И делает это довольно неплохо, если учесть, что он еще только этому учится.

Хотя люди легко справляются с таким несложным делом, для машины намазывание масла на гренки представляет собой очень трудную задачу. В действительности, она символизирует множество других задач, с которыми столкнутся машины в условиях реального мира. Обычный робот, умеющий лишь перемещать свой манипулятор по заданной траектории, почти наверняка вместо бутерброда сделает мешанину из хлеба и масла.

Намазывание масла — это операция, требующая постоянной коррекции с помощью системы датчиков и обратной связи: при слишком большом сопротивлении нужно снизить давление, при слишком маленьком — изменить угол наклона ножа и т. д. Чтобы заранее рассчитать правильный путь, необходимо предварительно точно измерить вязкость масла и площадь поверхности куска хлеба, нужна нелинейная модель процесса намазывания, а также несколько часов работы суперкомпьютера Cray.

Этот экспериментальный робот в лаборатории Стэнли Дж. Розеншайна в научно-исследовательском центре Teleos Research в Пало-Альто (шт. Калифорния) является представителем нового поколения машин, находящихся на переднем крае исследований в области искусственного интеллекта (ИИ). В отличие от систем ИИ, основанных на обширных базах знаний, таких, как экспертные системы, новое поколение должно работать на основе непосредственного восприятия ситуации и пользоваться здравым смыслом. Попытки реализовать эту идею потребуют существенного продвижения вперед не только в области машинного зрения и осязания, но и в области автоматизации логического мышления, планирования, представления знаний и понимания естественного языка.

*ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ К УСИЛИЮ* робот может намазывать масло, но не может попробовать на вкус то, что готовит. Взаимодействие с миром в основном остается нерешенной задачей для машин, которые "претендуют" на разум, близкий к человеческому, и даже на осознание своего собственного существования.



## Как не следует намазывать масло на хлеб



Эти направления сформировались на предыдущей стадии развития работ в области искусственного интеллекта, когда стало ясно, что для создания компьютера, который можно было бы считать «разумным», потребуется нечто большее, чем простое программирование. Затем два года назад один из первых разработчиков систем ИИ, Аллен Ньюэлл из университета Карнеги—Меллона, призвал исследователей снова объединить эти направления, чтобы создать то, что он назвал «интегрированными интеллектуальными системами». Успехи, достигнутые в разработке отдельных компонентов ИИ, по его словам, уже достаточно значительны, чтобы попытаться построить систему в целом.

На его призыв, как говорит Ньюэлл, откликнулась «целая плеяда оригинальных исследователей». Большинство из них уже работало над «автономными движущимися устройствами», или «интеллектуальными агентами», или над еще более необычными проектами. У них была одна общая цель — они пытались построить не просто «интеллектуальные компьютеры», а скорее механические объекты, которые могли бы самостоятельно действовать в реальном мире.

На пути тех, кто откликнулся на призыв Ньюэлла, возникли две существенные проблемы. Первая заключается в том, что исследователи расходятся во мнениях по фундаментальному вопросу о том, что следует считать разумным поведением. Во вторых, они делятся на два главных лагеря, каждый из которых по-своему представляет, каким образом нужно двигаться дальше и переходить от современного состояния в области ИИ к тому, что, по их мнению, можно действительно считать искусственным интеллектом. Сторонники традиционного подхода, такие, как Ньюэлл, считают, что нужно строить системы, способные логически мыслить, обучаться и производить обработку символов. Они не сомневаются, что более совершенные алгоритмы и аппаратура с повышенным быстродействием в конечном итоге породят интеллектуальные машины. В то же время представители молодого поколения, такие, как Родни А. Брукс из Массачусетского технологического института, старательно избегают всего, что могло бы выглядеть рационалистичным, и конструируют механизмы, которые действуют, всецело полагаясь на рефлексы.

Но даже если бы среди специалистов по ИИ существовало согласие (хотя такое предположение они сами

## Представление знаний

Программы ИИ обычно представляют знания в форме логических утверждений на специализированном языке программирования. Некоторые утверждения являются простыми фактами — (ИМЕЕТ ТВИТИ КРЫЛЬЯ) (ЯВЛЯЕТСЯ ТВИТИ ПТИЦА), — в то время как другие, обычно называемые правилами, кодируют информацию о связях: (СЛЕДУЕТ (ГОЛОДНЫЙ КЛАЙД) (ЦЕЛЬ КЛАЙД (И(ОБЛАДАЕТ КЛАЙД?Х) (СЪЕДОБНОЕ ?Х)) (СЪЕДАЕТ КЛАЙД?Х))). [Приблизительный перевод: «Если Клайд голоден, он хочет взять что-то съедобное и съесть это.»]

«Машина вывода» отвечает на новые утверждения путем поиска в своей базе знаний дополнительных фактов, основанных на правилах и уже существующих фактах. Например, если системе сказать, что Клайд голоден, она ответит, что у него имеются соответствующие цели. Придя к этому заключению, система будет искать в базе знаний съедобные объекты и затем придет к утверждению, что Клайд хочет взять один из них и съесть его (см. схему внизу). Рассуждение от знаний и правил к новым знаниям называется цепочкой, направленной вперед. Систе-

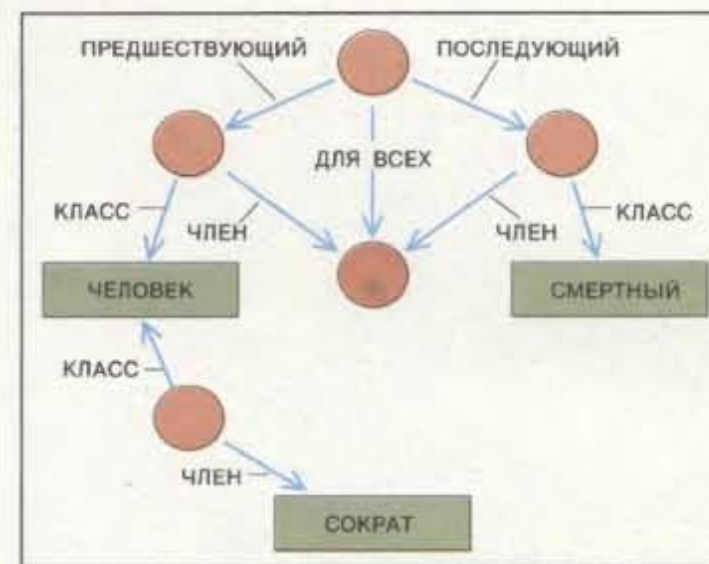


мы логического вывода могут также проводить цепочку назад от существующих знаний, чтобы отвечать на вопросы. Например, если систему спросить, хочет ли Клайд взять гаечный ключ, она увидит, что состояние голода может обусловить желание взять этот объект, и проверит, голоден ли Клайд и съедобен ли гаечный ключ. Найдя, что ни одна из этих возможностей не реализуется, система продолжит поиски других правил, которые в конечном итоге приведут к утверждению (ЦЕЛЬ КЛАЙД (ВЗЯТЬ КЛАЙД ГАЕЧНЫЙ КЛЮЧ)).

Кодирование фактов и действий часто связано с серьезными трудностями. Рассмотрим абсурдную фразу: «Гравитация утонула». Когда исследователь пытался заложить в машину понятие падения, он перевел «X упал» как «Гравитация потянула X вниз». Где-то еще в системе было правило: если ты упал в реку и не умеешь плавать, и нет никого, кто может спасти тебя, то ты утонешь. У гравитации нет ни рук, ни ног, ни друзей, поэтому ее ждет ужасный и невероятный конец.

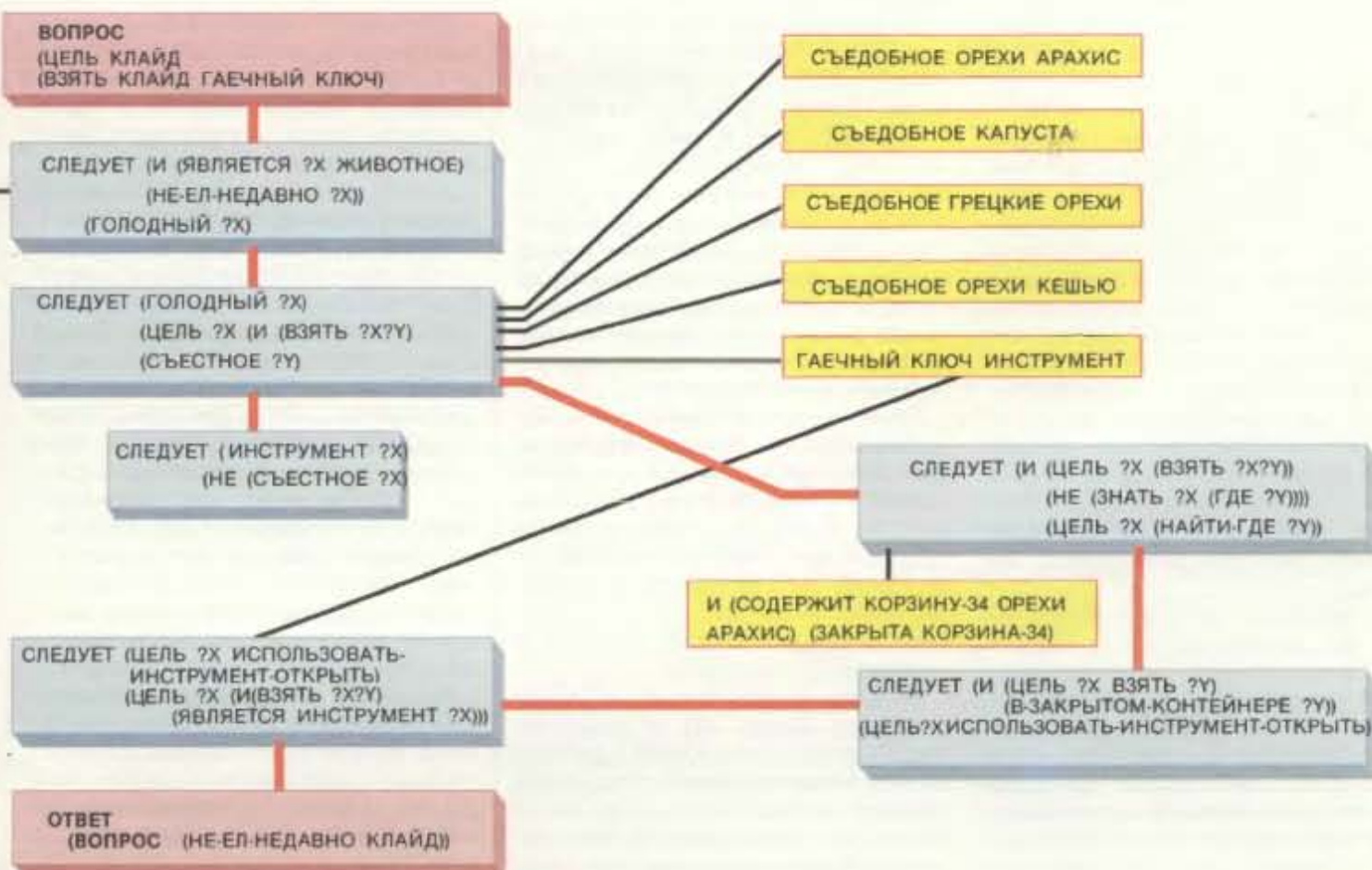
Другие факты, такие, как «рыбы плавают», — это по сути не факты, и кодировать их очень трудно. Одни рыбы ходят на плавниках, другие жарятся на сковороде. Исследователи прибегают к «рассуждению по умолчанию» («рыбы обычно плавают») и «немонотонному выводу» (обратное прослеживание выводов, которые, возможно, зависели от мнения, что какая-то конкретная рыба плавает) для вывода при наличии неопределенностей и ошибок. Однако эти методы применяются с переменным успехом.

Если объекты базы знаний имеют сложные отношения друг с другом (как это обычно и бывает), исследователи прибегают к семантическим сетям (вверху справа). Сети состоят из узлов—объектов и связей—отношений. Связи могут обозначать простые отношения, такие, как ЯВЛЯЕТСЯ, ЧАСТЬ, или более сложные — ИМЕЕТ ПРАВО ПО ЗАКОНУ, ПОЛАГАЕТ. Программа,



выводящая информацию о конкретном объекте, должна лишь следовать соответствующим связям по сети.

В семантических сетях можно также применять так называемый метод распространения активации, позволяющий моделировать свободные ассоциации в мышлении человека. Распространение активации идет по маркерам от узлов, представляющих конкретные объекты или понятия. Когда маркеры от различных узлов пересекаются, обратные пути к породившим их узлам представляют цепь ассоциаций между двумя объектами.





РОДНИ А. БРУКС из МТИ и его безмозглый приятель Дженгиз — приверженные сторонники той точки зрения, что разумное поведение не требует рассудка.

расценили бы не более как шутку), объединить обе концепции в одном устройстве с искусственным интеллектом было бы все равно не просто. Экспертные системы решают множество задач — от диагностики неисправностей дизельных двигателей до оценки финансового положения банковских учреждений. Системы автоматизированного планирования составляют расписания технического обслуживания самолетов и помогают конструировать сборочные конвейеры. Системы, понимающие естественный язык, могут так же легко разобрать структуру предложения, по крайней мере в большинстве случаев, как это делает человек. Однако опыт показывает, что эти различные по своему назначению модули нельзя просто объединить и получить работающую без сучка и задоринки систему.

На одной из последних конференций, как говорит Кеннет Д. Форбус из Северо-Западного университета, творцы «всех этих штуковин» высказывались оптимистически в отношении возможности построения автономной машины, которая могла бы решать разнообразные задачи и самостоятельно работать в реальном мире в течение года. «Поэтому, — говорит Форбус, — я устроил опрос среди исследователей, задавая всем

одни вопрос: «Как долго может продержаться ваша система?»».

Выяснилось, что пока никому не удалось построить что-нибудь, способное выжить в течение нескольких часов. Причины «смерти» так же разнообразны, как и сами машины. «Иногда, — говорит Форбус, — в тупик попадают программы, в других случаях выходят из строя батарейки. Однако чаще всего автономная система просто оказывается в ситуации, из которой ее не могут вывести ни логические рассуждения, ни приводные двигатели — скажем, когда она застревает под стулом».

Грубо говоря, специалисты по интегрированным интеллектуальным системам еще не сумели построить машину со способностью к выживанию, не уступающей выживаемости живущей всего один день поденке, — не говоря уж о ее сенсорных и поведенческих способностях, позволяющих отыскать другую поденку и осуществить спаривание.

Модули из различных по своим функциям систем ИИ не работают вместе, потому что разрабатывавшие их исследователи ставили перед собой индивидуальные задачи без учета многих факторов, которые, как выяснилось, имеют принципиальное значение для обеспечения работоспособности интегрированных систем. То-

мас М. Митчел из университета Карнеги—Меллона говорит, например, что в большинстве систем машинного зрения авторы алгоритмов просто задавались не теми целями. Значительная часть их усилий направлялась на то, чтобы программа могла интерпретировать всего одно изображение и идентифицировать присутствующие в нем объекты. Но искусственные создания, которым предстоит обитать в реальном мире, должны уметь интерпретировать целый поток изображений, каждое из которых лишь слегка может отличаться от других. Более того, их не столько должна интересовать идентификация объекта, сколько вопрос о том, не опасно ли с ним сталкиваться.

Хотя системы машинного зрения применяются в коммерческих роботах, специалисты в этой области до недавнего времени в основном игнорировали вопросы, связанные со зрением для движущихся машин. Митчел считает, например, что весь спектр проблем — от бинокулярного зрения до идентификации объектов нечеткой формы — может быть решен просто путем придания глазам робота способности двигаться, не прибегая при этом ни к увеличению вычислительной мощности компьютеров, ни к усложнению алгоритмов. Он цитирует работу Даны Х. Боллард из Рочестерского университета, посвященную «оживленному зрению» и в которой показано, как можно упростить многие алгоритмы обработки изображений, если принять во внимание, что интеллектуальные механизмы способны двигать головой и фокусировать оба глаза на интересующем их объекте.

Существует еще одна проблема, она связана с так называемыми системами установления истинности и формирования суждения на основе неполной информации, которые ориентированы на анализ данных в условиях неопределенной или противоречивой информации. Возьмем, например, утверждение «птицы летают». Оно истинно, как отмечают Марвин Л. Мински из МТИ и его коллеги, если только речь идет не о пингвинах или страусах, или если у них не подрезаны крылья и они не содержатся в тесной клетке, если они не мертвы и не прибиты гвоздями к насесту, или если они не были приучены с первых дней жизни оставаться на земле и т.д. Вместо того чтобы пускаться в глубокие рассуждения с целью установить априори, может ли данная конкретная птица летать, как говорит Митчел, «робот может просто взглянуть на птичку и решить, может ли она летать».

## Жучок Аттила

Родни Брукс, пожалуй, один из самых ярких представителей тех, кто хочет приговорить машинное зрение, установление истинности и большинство других элементов искусственного интеллекта к скорому забвению в истории. Они утверждают, что отдельные проблемы ИИ по существу отбирались для решения скорее из соображений их концептуальной оригинальности или простоты, нежели практической полезности. В своих трудах «Интеллект без разума» или «Слоны не играют в шахматы» он утверждает, что замысловатая логика и методы представления знаний, так страстно любимые исследователями ИИ, не имеют никакого отношения к машинам, которые предназначены для обитания в реальном мире.

Вместо этого Брукс связывает свои надежды с так называемой классификационной архитектурой, в которой сложные виды поведения, такие, как исследование окружающей среды, строятся из простых поведенческих актов, как, скажем, перемещение одной ноги. Концепция классификационной архитектуры в основном базируется на свойствах внешнего мира, а не на тонких логических рассуждениях, призванных структурировать действия робота. Если, например, робот встречается с препятствием, то ему важно обойти его, а не пытаться определить, почему оно вдруг здесь оказалось. Робота даже не нужно запоминать, что на этом месте находится препятствие, — в конце концов, он так же хорошо обнаружит его в следующем раз.

При таком процедурном представлении знаний, как говорит научный сотрудник МТИ Патти Мис, мы избегаем традиционного тупика в реализации ИИ, когда пытаемся построить и заложить в машину логически непротиворечивую модель внешнего мира. «Слишком трудно установить соответствие между восприятием и внутренним представлением», — говорит она.

Насекомообразные роботы Брукса «Аттила» и «Ганнибал» содержат множество микропроцессоров и работают за счет тесных связей между сенсорами, процессорами и исполнительными механизмами (см. статью в рубрике «Занимательная математика» в нашем журнале № 9 за 1991 г.). Ноги, например, большую часть времени управляются программой, которая проверяет их положение и поддерживает в устойчивом состоянии. Если под влиянием внешних условий робот включает поведенческий акт ходьбы, то центральный процес-

сор посылает сигнал «Ходьба» на ноги, но на самом деле не координирует их действий. Отдельные программы, встроенные в каждую ногу, работают независимо друг от друга. По мнению Мис, получающееся в результате поведение, слагающееся из этих параллельных процессов, по-видимому, лучше моделирует работу мозга, чем традиционная вера в централизованный, контролирующий все функции сознательный разум.

Несмотря на кажущуюся простоту, классификационная архитектура способна порождать довольно сложные действия. Один из роботов, сконструированных в МТИ, блуждал по холлам Лаборатории искусственного интеллекта, собирая пустые банки из-под газированной воды (согласно публикации, эксперимент был проведен по крайней мере один раз). При этом в программе робота не было заложено какой-либо четко выраженной концепции его поведения. Модуль

«сближения» подводил манипулятор робота вплотную к любому предмету, по форме напоминающему пустую жестянку, и манипулятор просто смыкал пальцы вокруг любого попавшегося ему предмета.

Брукс высказал предположение, что маленькие подвижные роботы, весящие не больше килограмма, способны выполнять такие функции, как исследование поверхности далекой планеты (или даже нашей собственной), более эффективно, чем крупные системы повышенной надежности.

Работая в этом направлении, аспирант МТИ Майа Матарик создала программный модуль, который в духе классификационного подхода строит карту поверхности, окружающей робота. Вместо обычной структуры данных, содержащей сведения об объектах и их координатах или даже сенсорное отображение окружающего мира, классификационная карта местности представляет собой набор вы-

## Лавина парадоксов

**Б**радобрей бреет каждого мужчину, который не бреется сам. Кто бреет брадобрея? Этими простыми предложениями Бертран Рассел разрушил кажущееся совершенство логики предикатов и математической теории множеств. Парадокс с брадобреем (или на языке математиков — с множеством всех множеств, не содержащих самих себя в качестве членов) иллюстрирует те ловушки, которые возникают при выводе истинности одних утверждений через истинность других.

Специалисты по искусственному интеллекту не могут игнорировать этих уже старых истин, поскольку большинство их программ основано на логическом выводе. По законам логики из парадокса можно вывести все, что угодно, и таким образом, возможность парадоксов губительна для ИИ.

В самом деле: если «А» истинно, то, очевидно, «А или В» тоже истинно. В то же время если «А» ложно и «А или В» истинно, то «В» должно быть истинно. Но парадокс гласит, что «А» одновременно и истинно, и ложно, так что «В» будет всегда истинно.

Существуют два выхода из этого затруднения, говорит Стюарт С. Шапиро из Университета шт. Нью-Йорк в Буффало. Один — предпочитаемый математиками: логика предикатов первого порядка, не допускающая утверждений, ссылающихся на

истинное значение другого утверждения. Нет парадоксов, но система неполна, как показал Курт Гедель. Утверждение может быть явно истинным, но формально доказать его истинность невозможно.

Другой путь, как говорит Шапиро, заключается в том, чтобы накладывать (в логическом смысле) произвольные ограничения на справедливость утверждений, так чтобы процесс вывода не мог просто убежать в бесконечность. Знание о том, что Луна состоит и в то же время не состоит из зеленого сыра, например, может привести автоматизированный рассудок к самым необычным выводам о составе лунной почвы, но машине непозволительно считать, что цвет неба влияет на оптовые цены жира тибетских яков.

Забавно то обстоятельство, отмечает Шапиро, что сама структура простых систем автоматического вывода препятствует возникновению таких парадоксальных ситуаций. Эти программы никогда не пытаются рассуждать, отправляясь от объектов, не имеющих непосредственной связи друг с другом. Лишь самые замысловатые и полные программы после долгой и кропотливой работы своих авторов способны установить ассоциацию между совершенно не связанными друг с другом фактами и взорваться, натолкнувшись на противоречие.

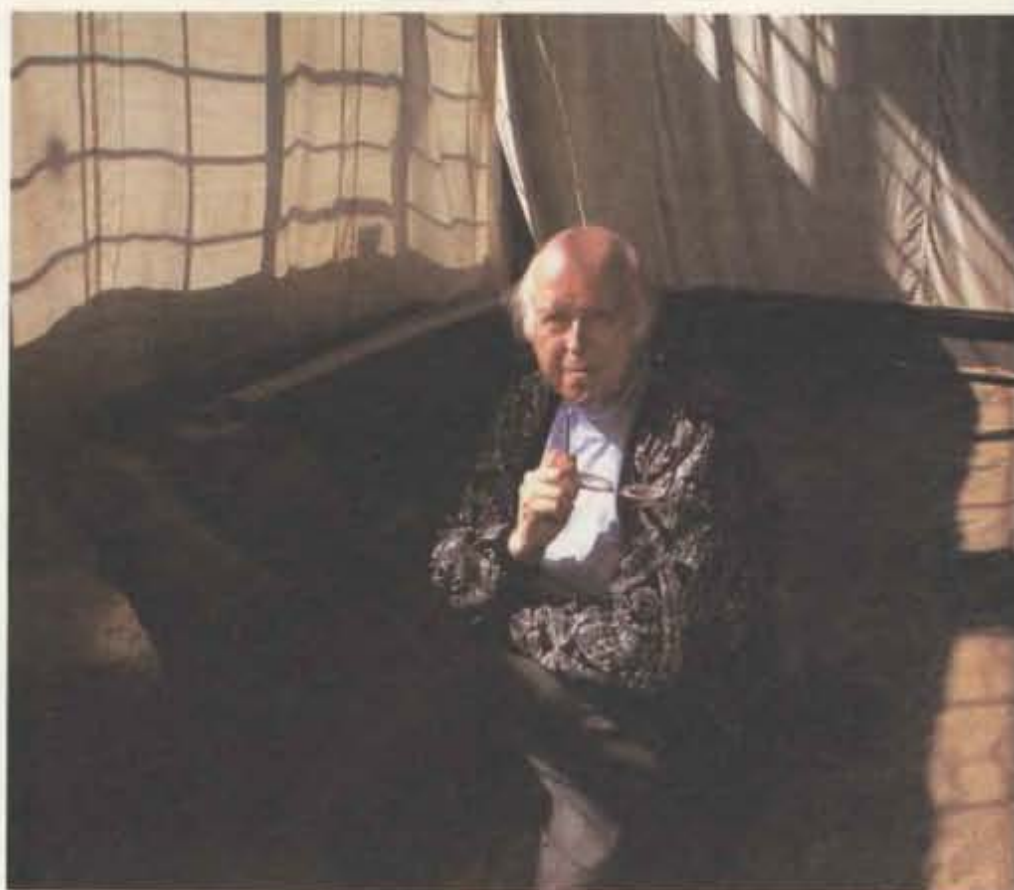
числительных процессов, каждый из которых активируется для любого «представляющего интерес» места в мире робота.

Мис даже построила классификационную архитектуру, включающую в себя такие факторы, как «мнение» и «мотивация». Робот, созданный по ее конструкции, потенциально сможет ответить на вопрос «Почему Аттила пересек дорогу?». Робот сможет сказать человеку, где по его мнению находится тот или иной объект или что заставило его перейти из одной комнаты в другую. Подобно тому как «поведенческие» агенты управляют актами ходьбы или собирания жестянок, агенты «мнения» в так называемой сетевой архитектуре агентов Мис управляют действиями робота на высшем уровне. Например, мнение о том, что «питание в батарейках кончается», может подавить мнение о продолжении исследования местности и склонить робота к тому, чтобы «вернуться на базу».

Как и следовало ожидать, сторонники более традиционных и менее впечатляющих своим внешним видом систем снисходительно относятся к идеям Брукса в лучшем случае или настроены откровенно враждебно в худшем. Нильс Дж. Нилсон из Станфордского университета, возглавлявший работы в области ИИ в Станфордском международном научно-исследовательском институте 20 лет назад, когда там был создан первый подвижный робот «Шейки», говоря о современных тенденциях в рассматриваемой области, сказал словами У. Х. Одена: «Тот, кто не хочет рассуждать, погибнет от того, что делает. Тот, кто не хочет действовать, погибнет от того, что думает».

Митчел высказывается более прямолинейно. «Брукс и его коллеги, — говорит он, — выдвигают очень соблазнительные, но очень вредные идеи». Признавая, что Брукс и его команда добились «удивительных успехов, создавая системы, которые ведут себя хорошо», Митчел в то же время утверждает, что классификационная архитектура больше подходит для создания термостатов, нежели разумных агентов.

И все же самые похвальные отзывы о новом направлении исходят от Ньюэлла — автора архитектуры SOAR, являющейся апофеозом изящных логических рассуждений и представления знаний. Ньюэлл считает, что между SOAR и классификационной архитектурой не так уж много различий, поскольку архитектура SOAR тоже оперирует главным образом на основе стимула-реакции, за исключением тех ситуаций, когда ее



СПЕЦИАЛИСТЫ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ Аллен Ньюэлл из Университета Карнеги-Меллона (слева) и Джон Е. Лэйрд из Мичиганского университета — два главных архитектора интегрированной логической системы SOAR, которой скоро будет 10 лет. Различные версии системы могут управлять подвижными

правила заходят в тупик. Ему нравится концепция «реагирования», которую он усматривает в маленьких насекомообразных.

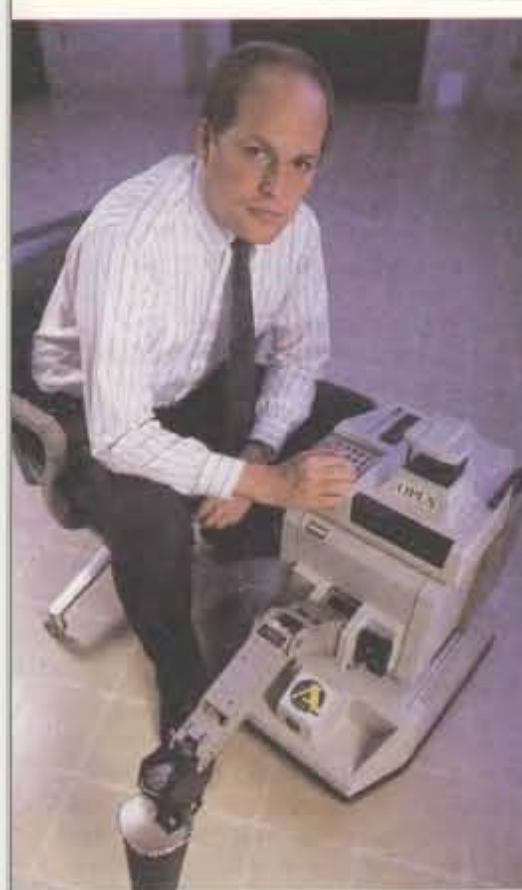
Независимо от того, прославятся ли «Аттила» и ему подобные роботы, или окажутся в философском тупике, или их ждет и то и другое, работа Брукса поднимает некоторые фундаментальные вопросы о природе интеллекта. Что имеется в виду, когда мы говорим, что система что-то знает? Достаточно ли для системы вести себя так, будто она знает, что не нужно наткнуться на стены, или она должна обладать каким-то явным представлением знаний из области строительной архитектуры?

Исследователям, как говорит Розеншайн, возможно, удобнее оперировать такими логическими категориями, как суждение и заключение, но это еще не означает, что внутри машин все должно быть построено на логических правилах. «Некоторых людей впечатляет точность логических языков и их способность сопоставлять факты, — говорит он, но в реальных машинах логическое изящество должно быть подчинено эффективности». Определение истинности логического суждения — это трудно разрешимая задача класса NP-пол-

ных задач, которую в принципе невозможно решить за приемлемое время. Подвижному роботу некогда заниматься такими вычислениями.

По словам Розеншайна, проблема заключается в том, что конструкторы ИИ в погоне за логическим изяществом смешивают статические факты, которые всегда истинны, с динамической информацией о текущем состоянии окружающего мира. Изменяющиеся факты, например, кто работает в какой комнате или открыта ли дверь лифта, выигрывают от явного представления. Однако константы, такие, как гравитация или непроницаемость материальных объектов, не нуждаются в явном кодировании. Система лишь должна действовать таким образом, как будто она знает их. Розеншайн и его коллеги разработали программные инструменты, которые встраивают статические факты в автономную систему.

Однако конструктору разумной машины все же следует решить, какие знания, по впечатлению наблюдателя, машина должна иметь и каким образом, опять же по впечатлению наблюдателя, эти знания должны быть в ней представлены. Эти вопросы еще далеки от своего разрешения. По словам Стюарта Шапиро из Университе-



роботами, понимать несложный английский язык и выполнять ряд других более или менее полезных практических задач.

та штата Нью-Йорк в Буффало, стандартная логика, например, может представлять факты, но она не способна представлять намерения или мнения о мире или о результатах конкретных действий. Более богатые логические формализмы несут в себе опасность порождать парадоксы, которые могут полностью дезорганизовать работу мыслительного аппарата системы, отмечает он (см. текст в рамке на с. 73).

Кроме того, продолжает Шапиро, логика мнений и логика действий — это не одно и то же. Программа, основанная на традиционной логике, скажем логике языка программирования PROLOG, обычно формирует мнение однажды, даже если она используется как логический шаг в нескольких различных ветвях логического рассуждения. Применение того же принципа экономии к действиям приведет вас, например, к заключению, что вам не надо ходить, чтобы выйти утром из двери своего дома, потому что вы уже ходили, когда отправились в ванную, чтобы почистить зубы.

Для агентов, наделенных искусственным интеллектом, очень важны логические представления, способные оперировать как действиями, так и

мнениями. Такие машины не только должны будут рассуждать о результатах своих действий, как отмечает Шапиро, но они также должны будут представлять и понимать мнения и действия людей и других разумных агентов. Например, «Джон считает, что Мэри считает, что в программе ошибка, а Джон считает, что в программе нет ошибки, и все же Мэри права».

Эти и другие логические регрессии описаны в работе Томаса Дина из Университета Брауна. Системы Дина планируют не только свои действия, но и планируют, в каком объеме проводить планирование. Авторы этих алгоритмов с сожалением отдают себе отчет, что вычислительные ресурсы не бесконечны — как и люди, машины могут проявлять только то, что Херберт Саймон называет «ограниченной рациональностью».

#### Куски знания

Методы рассуждения, дающие точные ответы, не годятся для машин, которые должны оперировать в «реальном масштабе времени». (Точное определение реального времени также является предметом споров, но Митчел предлагает упрощенный критерий: время, затрачиваемое на размышления, не должно превышать времени, необходимого на совершение действия, о котором размышляют.) На самом деле методы рассуждения, быстро дающие приблизительные ответы, тоже могут оказаться негодными, если их нельзя прервать на полпути для принятия срочного решения. Известно, что когда на пол падает хрупкий предмет, то в этот момент любое действие лучше, чем бездействие.

Сторонники такого метапланирования предпочитают пользоваться алгоритмами, основанными на «итерационном уточнении». Стоит прогнать их один раз, и они дают ответ, еще раз, и они дают лучший ответ, и так далее. Располагая информацией о том, как ответы улучшаются раз от раза и как возрастает стоимость поддержки с ответом, система может решить, как долго она должна думать, прежде чем предпринять действие. Существует, как признает Дин, еще один уровень регрессии: оптимизация затрачиваемого на планирование времени сама по себе является неразрешимой задачей, поэтому метапланировщик вынужден либо довольствоваться приближенным решением, либо заниматься планированием того, как долго следует планировать... и так до бесконечности.

Дин математически строго доказал, что логическая регрессия «в конечном итоге исчерпывается», но признал, что разумные машины, основанные на его алгоритмах, пока еще остаются на стадии формирования, т. е. «на стадии, когда они достаточно практичны, чтобы прогуливаться по коридорам, не оставляя за собой огромных выбоин в штукатурке». По его предсказаниям, к концу нынешнего десятилетия большинство планирующих и реагирующих систем по существу уже перестанут пользоваться кустарными методами распределения вычислительных ресурсов.

Одна из таких сравнительно несложных логических схем является мозгом логической системы SOAR, которая лежит в основе экспериментов группы Ньюэлла в различных воплощениях на протяжении уже почти девяти лет. Она базируется на двух методах: поиске и «дроблении на куски».

Когда система сталкивается с необходимостью решить какую-нибудь задачу, она проверяет, применимо ли к данной ситуации одно из правил в ее базе знаний, и проводит цепочку логического вывода, пока она не останавливается. Если задача решена, — очень хорошо, если нет, — система SOAR (когда-то эта аббревиатура означала State, Operator And Result — Состояние, Оператор И Результат) устанавливает «проблемное пространство», в котором следует искать выход из тупиковой ситуации. В пределах этого пространства она перебирает возможные решения, пользуясь специальными методами, если они применимы, или исчерпывающим перебором вариантов, если нет. После того как система SOAR находит решение, она обобщает примененный при этом метод и компилирует его в «кусочек знаний» — правило, которое будет активировано в следующий раз, когда система столкнется с аналогичной ситуацией, и таким образом будет устранена необходимость в трудоемком поиске.

Идеальным примером этого метода может служить модуль системы SOAR, предназначенный для понимания естественного языка, говорит Ньюэлл. Модуль просто применяет оператор «Понять это слово в контексте» к каждому новому слову на входе, быстро проводя логические рассуждения и оформляя результаты в «кусочки». По словам Джона Е. Лэйрда из Мичиганского университета, который наряду с Ньюэллом и другими разработчиками участвовал в создании SOAR, модуль естественного языка системы начинает работу с 900

правил и, поняв лишь несколько сот слов, расширяет свою базу знаний до 1500. Ньюэлл утверждает, что в принципе система способна практически неограниченно усваивать новые слова и правила. Он рассказывает, как программы выполнялись целый месяц подряд, при этом «ее знания пополнялись весьма интересными способами».

Но затем он дает обратный ход: в том виде, в каком система существует сейчас, «она сходит с ума через каждую пару часов». По его словам, дефект сидит где-то в исходных правилах, которые люди вручную вводили в систему. Каким-то неопределимым образом структура этих кусков препятствует хорошему обучению. Как ни странно, говорит Ньюэлл, чем меньше правил вводится в систему людьми и чем больше ей нужно постигать самостоятельно, тем лучше она работает.

Помимо применения в целях понимания естественного языка, система SOAR используется также для двух приложений в робототехнике: RoboSOAR — рука робота и HegoSOAR — подвижный робот. Система RoboSOAR, работающая совместно с

отдельным модулем зрения, который определяет положение мелких объектов в рабочем пространстве, может выполнять простые функции, такие, как подобрать и поставить друг на друга сборочные узлы. Система HegoSOAR исследует окружающую среду с помощью ультразвуковых датчиков, уделяя особое внимание объектам, похожим на мусорные ящики.

В конечном итоге, как утверждает Лэйрд, все отдельные модули SOAR будут объединены в один. Это позволит роботу воспринимать команды и отвечать на естественном английском языке по ходу выполнения своих рабочих функций. Однако прежде исследователям предстоит решить ряд проблем, связанных с системой зрения и некоторыми другими модулями.

Программы машинного зрения анализируют сцену в форме, которая не всегда соответствует информации, удобной для модуля решения задач системы SOAR. Кроме того, камера установлена непосредственно над рабочим пространством робота, так что RoboSOAR на самом деле не видит, что делает. Система должна проанализировать сцену, переме-

стить свой манипулятор в сторону, чтобы увидеть, была ли успешной попытка произвести то или иное действие. Это, наверное, можно сравнить с тем, как человек в толстых варежках пытается играть в шахматы, делая фотоснимок доски, думая над своим очередным ходом, и затем, закрыв глаза, протягивает руку, чтобы передвинуть фигуру.

Подобно SOAR, система Митчела THEO пользуется концептуально сходной архитектурой («планирования с последующей компиляцией»). Митчел утверждает, что одной только интеграции недостаточно: ключевую роль должна играть организация. Не имея способа фокусировать внимание на фактах, непосредственно относящихся к решаемой задаче, программа рано или поздно зайдет в тупик. «Мы быстро поняли, что, если система имеет пять правил, она работает отлично, но имея 5000 правил, она безнадежно замедляет работу», — говорит он. (Ньюэлл говорит о том же, комментируя результаты экспериментов с системой SOAR. Когда добавляется один-единственный «дорогостоящий кусок» к базе знаний, может возникнуть цепная ре-

акция, замедляющая работу программы в четыре раза.)

Помимо того, что засоряется память, многое из того, чему учится система, глядя на примеры, хотя и верно само по себе, может не иметь отношения к целям ее работы или даже вводиться в заблуждение. Митчел уподобил эту проблему автоматизированной версии культовых обрядов, следуя которым туземцы тихоокеанских островов строили посадочные полосы и ставили на них деревянные макеты самолетов, чтобы заманить западные грузы и технические знания с неба.

Создание кусков знаний помогает ускорить выполнение планов, но оно не делает их более правильными. Если план построен на ошибочном представлении о мире, он так или иначе не сработает. В идеальной ситуации интеллектуальная система должна извлекать уроки из своих ошибок, но заставить ее делать правильные выводы далеко не просто. «Не существует совершенной модели, позволяющей предсказывать результаты действий», — говорит Митчел, — поэтому лучшая стратегия на самом деле может заключаться в том, чтобы предоставить возможность системе THEO ошибаться и на основе анализа совершенных ошибок совершенствовать рассуждения, вместо того чтобы пытаться заранее предугадать, какие могут быть сделаны ошибки».

#### Искусственный интеллект и виртуальная реальность

Когда Митчел говорит о необходимости предоставления THEO и другим системам ИИ возможности свободно экспериментировать с окружением, он постоянно подчеркивает одно требование: никакого вреда не должно быть нанесено ни роботу, ни пользующимся его услугами людям. Поэтому некоторые специалисты по конструированию интеллектуальных агентов создали компьютерные модели, чтобы проверять программы, которые должны будут стать мозгом их автономных машин.

На других исследователей, пожалуй, наибольшее впечатление производит система «Гомер», созданная Стивеном А. Виром из Центра искусственного интеллекта фирмы Lockheed в Пало-Альто (шт. Калифорния). «Гомер» — это виртуальная подводная лодка, которая обитает в морском мире, населенном кораблями, рыбами, китами, другими подводными лодками, минами, буями, птицами, островами, доками и людьми.

«Гомер» понимает около 800 слов



ВУНДЕРКИНД Дуглас Б. Ленат из МСС — инициатор системы «Сус», проекта по кодированию здравого смысла, за плечами которого уже десятилетняя история. Семь лет назад многие специалисты по искусственному интеллекту считали эту систему сумасшедшей, теперь же она находится в главном русле исследований.

и может выполнять множество функций. Так, он успешно справляется, например, с такими командами, как «Доставь красный буй к доку до полудня и встреть Роджера у волнореза завтра утром». Он умеет обращаться к людям за информацией, когда не знает, где находится интересующий его объект, и постоянно следит за событиями в своей среде.

На самом деле распечатка общения с «Гомером» напоминает запись разговора с трехлетним ребенком:

«Вижу коричневую птицу на сером бревне».

«У острова появилось два парусника».

«Справа от меня опять прошел «Смирнов»».

«Я подошел к сухому доку».

«Гомер, привези мне буй Фреда».

«Фред, где твой буй?»

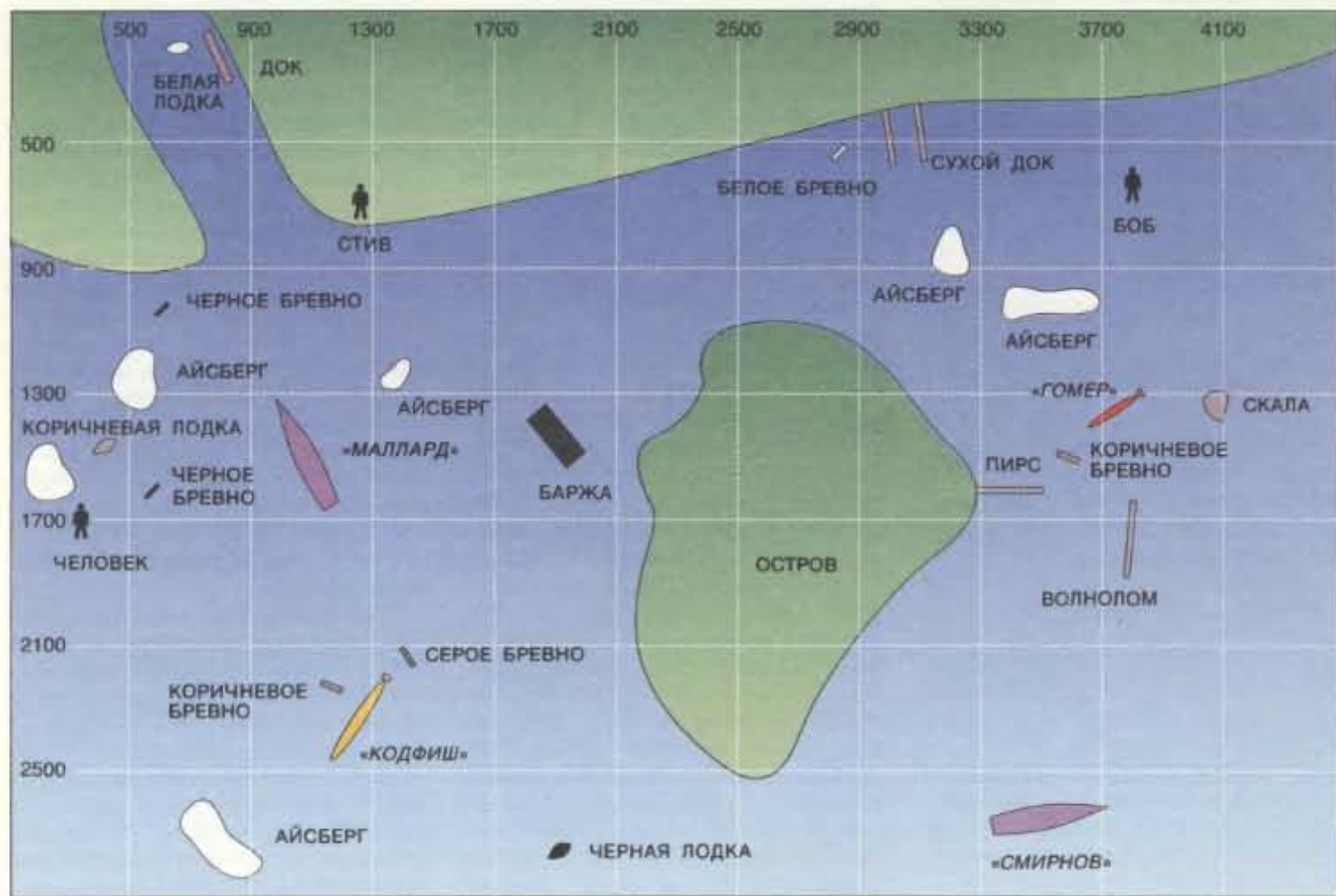
Вир признает, что условия моделируемого мира значительно упростили его работу, однако настаивает на том, что большую часть способностей «Гомера» можно было бы перенести на реальный подводный минокорабль. Кажущееся таким острым моделируемое зрение «Гомера» на самом деле не представляет собой ничего особенного. Поскольку морская среда содержит весьма ограниченный набор объектов, то даже сравнительно простая система восприятия сумеет отличить друг от друга такие объекты, как рыба, кит, парусник, бревно, птица, берег. «Гомер» выглядел

бы еще более компетентным, если бы его перенесли в концептуально сходную (хотя географически совершенно другую) искусственную среду, такую, например, как космическая станция, где все объекты можно закодировать для однозначной идентификации.

На первый взгляд, «Гомер» свидетельствует об успехах, достигнутых в области архитектуры ИИ. Он способен планировать свои действия, менять планы в зависимости от новых обстоятельств, может взаимодействовать с другими носителями интеллекта. Однако при более глубоком рассмотрении не все обстоит так гладко. По словам Вира, «Гомер» медлителен и не обладает достаточно емкой памятью. Чем дольше он живет, тем медленнее соображает. После нескольких сценариев, разыгранных подряд, программа практически останавливается. «Это как картонный домик, — жалуется Вир. — Добавив новую способность, вы обнаруживаете, что перестают работать старые сценарии. Приходится возвращаться и перенастраивать систему заново».

Жизни «Гомера» угрожает также недостаток бюджетных ассигнований и постоянные потери из числа членов исследовательской команды. Коллега Вира Тимоти У. Бикмоур год назад ушел из компании Lockheed, а самому Виру теперь разрешается тратить на проект лишь половину рабочего времени. Хотя новые аппа-

раты



МОДЕЛЬ МОРСКОГО МИРА, в котором обитает «Гомер» — интеллектуальный агент, созданный Стивеном Виром из Центра искусственного интеллекта компании Lockheed.

«Гомер» понимает простые команды на английском языке и может планировать свои действия по их выполнению.



ратные средства позволили «Гомеру» улучшить время реагирования от очень низкого до относительно приемлемого уровня (30 с на планирование простой последовательности действий вместо нескольких минут), мечте о его переносе на реальное минисудно суждено, по-видимому, оставаться мечтой еще неопределенно долгое время.

Совсем неподалеку от Вира, в Исследовательском центре Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) в Эймсе, другой моделируемый агент, похожий, обеспечил себе более прочное положение. «Машинка, уменьшающая энтропию» (ERE) Марка Е. Драммонда представляет собой концептуальную модель робота, который когда-нибудь будет помогать в рабочем обслуживании сооружений в космосе или на Луне.

В настоящее время ERE живет в мире плиток, на плоской решетке, состоящей из произвольного количества многоугольных плиток. В этом мире бушуют ветры, способные перемещать плитки с места на место, и попытки робота перенести их или ухватить одним или большим числом из имеющихся у него четырех манипуляторов могут оказаться безуспешными. По словам Драммонда, такая простая среда обеспечивает достаточно разнообразие для отработки важнейших аспектов планирования и управления.

ERE состоит из узлов, которые разбивают задачу на более простые части, оценивают различные варианты решений и компилируют правила, реализующие эти решения. Система предназначена не только для «достижения целей», таких, как расположение плиток в заданную конфигурацию, но и для осуществления того, что Драммонд называет поведенческими ограничениями, когда, например, нужно следить за тем, чтобы структура плиток оставалась неизменной, даже под воздействием ветров. (Разумеется, в конечном итоге Драммонд хотел бы перенести такое поведение на робота, которому можно было бы сказать: «Поддерживай космическую станцию в рабочем состоянии. Вот тебе список основных нарушений, а вот инструменты и необходимые материалы».)

Однако интерес Драммонда к миру плиток выходит за рамки его собственной программы исследований. Он надеется превратить свою моделируемую среду в некий стандарт, на котором конструкторы различных интегрированных агентов могли бы сравнивать рабочие показатели сис-

тем, проверяя их способность решать различные стандартные задачи и на основании результатов оценивать сильные и слабые стороны архитектур. Исследовательский центр НАСА в Эймсе совместно с компанией Teleos Розеншайна сумели добиться контракта с Агентством перспективных научно-исследовательских проектов в области обороны (DARRA). По этому контракту они должны создать набор тестов для интегрированных систем искусственного интеллекта.

На одном конце спектра интеллекта и действий копошатся насекомобразные роботы Брукса. В середине — десятки систем, подобные тем, что были построены Виром и Драммондом, обладающие различными уровнями знаний и способностей. На другом же конце величественно восседает творение Дугласа Б. Лената — «Сус», который знает почти все; по последним подсчетам в нем содержится 1,43 млн. взаимосвязанных фактов, но он почти ничего не делает. На самом деле многие, возможно, усомнятся в правомерности включения системы «Сус» в список интегрированных интеллектуальных систем, поскольку по существу это автоматизированная энциклопедия (отсюда и имя — *Encyclopedia*).

Что мешает рассматривать «Сус» как существо (хотя, подобно SOAR, эта система приближается уже к концу своего первого десятилетия), так это то, что у нее нет реального самовосприятия, о чем говорит Патрик Хейес из Станфордского университета. Хейес, в настоящее время являющийся президентом Американской ассоциации по искусственному интеллекту, в течение короткого периода возглавлял отделение системы «Сус» на Западном побережье, но затем ввиду разногласий с Ленатом он решил ограничиться ролью консультанта в этом проекте. «Сус знает, что существует нечто по имени Сус и что Сус — это компьютерная программа, — говорит Хейес, — но система не подготавливает, что именно она и есть Сус».

Тем не менее это замечательная программа. MCC — консорциум из 56 наиболее прогрессивных компьютерных компаний, включающий Digital Equipment Corporation, Eastman Kodak и Apple Computer, по контракту с которым работает Ленат, инвестировал в «Сус» работу программистов, объем которой исчислялся 500 чел.-лет. Возможно, предстоит вложить еще такое же количество работы, прежде чем примерно в 1994—1995 гг., по оптимистическим прогнозам Лената, «Сус» достигнет круглой величины 10 млн. фактов. К этому времени система начнет быстрее набираться зна-

ний за счет чтения, нежели при помощи инженеров, которые сейчас скапливают ей знания с ложки. Более широкая информационная база, возможно, позволит системе избежать таких умозаключений (по имеющимся у «Сус» данным), что люди всего мира — друзья Дугласа Лената.

#### Впереди нет проторенной дороги

Программа по замыслу должна располагать знаниями, которые могут понадобиться интеллектуальному агенту для решения своих задач: что такое люди и транспортные средства, как они взаимодействуют, как предметы падают на пол и разбиваются или как работает электрическая лампочка. Ленат мечтает о том дне, когда «Сус» начнет удовлетворять запросы по знаниям на уровне здравого смысла со стороны программ понимания естественного языка, экспериментальных систем, ждущих разумных решений на краю области, где они компетентны. «Сус», вероятно, поможет людям решить, какой им следует купить автомобиль. Почти все сведения могут пригодиться, отмечает он, — от изменяющихся ролей в современной семье до сравнительных характеристик безопасности автомобилей, окрашенных в ярко-синий или ярко-красный цвет.

Несмотря на свои внушительные размеры, как говорит Ленат, «Сус» остается конструкцией на уровне технологии «слесаря-сантехника». Все, что она знает, выражено в двух различных формах: первой, которая отличается изяществом и четким литературным языком, и второй на эвристическом уровне, с ее «скачком различных представлений», каждое из которых построено таким образом, чтобы ускорить процесс логического вывода для различных классов фактов. Пока система содержит 27 различных специализированных машин логического вывода, и Ленат намерен постепенно пополнить их набор по мере надобности.

Таким образом, «Сус» избегает поиска компромисса между выразительностью и эффективностью, утверждает Ленат. Например, за счет применения «набора инструментов для частных решений» «Сус» успешно решала задачи, связанные с категориями времени, пространства, причинности, суждений и намерений, с которыми обычно не справляются другие системы искусственного интеллекта. «Большая часть как сильных, так и слабых сторон интегрированных интеллектуальных систем будет определяться содержанием, а не архитектурой», — утверждает Ленат.

Более того, Ленат полагает, что поиски какой-то одной структуры алгоритмов, способной обеспечить разумное поведение, будут напрасны. «Интеллект — это 10 миллионов правил. Если у вас есть наполовину подходящее представление знаний и на четверть подходящая архитектура, они тоже не помешают», — говорит он. По его словам, исследователи, полагающие, что одна-единственная элегантная теория способна решить все проблемы представления и логического вывода, страдают комплексом «зависти к физикам». «Они хотят иметь теорию, одновременно маленькую, изящную, мощную и корректную, и в поисках такой теории они один за другим меняют подходы, которые можно охарактеризовать как поиски «бесплатного обеда», — утверждает Ленат.

Все эти философские споры и талантливые инженерные изобретения кажутся слишком серьезными для того, чтобы создавать автоматы, способные подбирать пустые пластиковые стаканчики с пола лаборатории — при условии, конечно, что они к нему не прилипли. Когда и как продолжительность жизни интегрированных интеллектуальных систем превзойдет 24-часовой барьер?

Соблазнительно, конечно, считать, что естественный прогресс в полупроводниковой промышленности позволит решать задачи восприятия и логического рассуждения просто за счет вычислительных мощностей. «В конце концов, — говорит Ньюэлл, — если бы рабочие станции не удваивали ежегодно свою производительность, то мы бы уже задохнулись». Более быстрые и дешевые микропроцессоры уже сделали доступными для большинства исследователей эксперименты с подвижными роботами, вооруженными телекамерами.

Однако в действительности, признает Ньюэлл, прогресс в области интегральных микросхем в лучшем случае позволил удерживать проекты, подобные SOAR, на расстоянии нескольких шагов от сдачи в утильсырьё. Ему внушает беспокойство мысль о том, какой будет производительность систем, содержащих, может быть, 200 тыс. правил вместо мизерных нескольких тысяч, с которыми работают его машины в настоящее время. Ему вторит Митчелл: «Хотелось бы верить, что кремниевые кристаллы спасут нас, но этого не будет».

Ответ, возможно, дадут время и упорный труд. По своей природе, как отмечает Ньюэлл, интегрированные системы искусственного интеллекта опираются на многообраз-

ные методы и технические средства — они не находятся на переднем крае какой-то одной отрасли ИИ. «И теперь, когда понимание естественного языка и другие области достигли определенной зрелости, — говорит он, — нужно пройти длинный путь, чтобы добраться до границы». Но ес-

## Наука и общество

### Кто дороже — люди или животные?

Дом Петруса Нкози находится всего в нескольких шагах от Крокодиловой реки (р. Лимпопо), разделяющей Матсулу-Тауншип с его грязными убогими лагунами и Национальный парк Крюгера. В этом заповеднике для диких животных, одном из самых больших в мире, обитают и находят защиту последние представители носорогов и слонов. Это показательный пример усилий по охране животного мира, предпринимаемых ЮАР, на территории которой расположено более 560 национальных парков и заповедников, общая площадь которых составляет более 7,2 млн. акров (около 3 млн. га). Помимо крупных животных в этих резерватах на каждом акре произрастает самое большое в мире число видов растительности и обитает самое большое на континенте количество сохранившихся рептилий.

Однако Нкози смотрит на этот парк и его охрану с несколько иной точки зрения. Он ходит на костылях, поскольку у него дыра в колене, которая гноится уже в течение более двух лет, с тех пор как смотрители парка Крюгера подстрелили его за браконьерство в этом резервате. «Вы только посмотрите на меня. Я конченый человек. Не могу найти работу, и мне нечем кормить детей, — жалуется он. — Они могут убить нас, даже если мы охотимся за мелкими животными, чтобы прокормить семью. Создается впечатление, что животные дороже людей».

Многие черные африканцы в большинстве сельскохозяйственных районов, так же как и Нкози, смотрят на заповедники для дичи и на военизированный персонал, который их охраняет, как на проявление политики апартеида. Браконьеры рискуют быть застреленными, даже если они охотятся с единственной целью — накормить свои семьи. Военизированная охрана парка (как правило, это бывшие военнослужащие южноафриканской армии) хорошо вооружена и метко стре-

ли у энтузиастов искусственного интеллекта хватит решимости пойти намного дальше одиночных диссертационных или краткосрочных исследовательских проектов, их кремниевые создания, может быть, и станут мозгом работающего тела.

Нелегальные охотники, организовавшие синдикаты по добыче слоновой кости и рогов носорога, рискуют получить от 3 до 10 лет тюремного заключения, а то и более строгое наказание. «В 1982 и 1983 гг. у нас были браконьеры, но мы их уничтожили», — с гордостью говорит Энтони Холл-Мартин, член Совета национальных парков в Претории, ответственный за исследовательские работы в них.

Большинство заповедников для диких животных созданы на территориях, с которых насильно были изгнаны коренные жители, животноводческая и земледельческая деятельность которых с точки зрения правительства страны представляла угрозу местной фауне и флоре. Скукуза — название первого и самого знаменитого лагеря отдыха на территории парка Крюгера — переводится как «Тот, кто чисто метет». Это название было когда-то прозвищем майора Джеймса Стивенсон-Хамилтона, первого охранника парка; прозвище было придумано жителями племени цонга, которых в начале XX в. принудительно согнали с их места под предлогом огораживания резервата.

Но и в наше время подобных примеров немало. В каких-нибудь 100 км от Йоханнесбурга расположен изумительный по красоте заповедник Пиланесбург. На его огороженной территории до сих пор можно увидеть остатки хозяйственных дворов коренных жителей, жилища которых были снесены в начале 80-х годов при строительстве дороги к парку.

Непосредственное отношение к заповедникам имеют вооруженные силы Претории, которые охраняют границу и предотвращают вторжение через нее на территорию страны жителей соседних государств. Многие резерваты, в том числе парк Крюгера и заповедник для диких животных Ндуму в Натале, расположены по обе стороны границы с Мозамбиком и все еще используются армией в качестве «санитарной зоны», препятствующей проникновению в страну нелегальных иммигрантов. До последнего времени



«ДОЛОЙ ПАРК КРЮГЕРА», — выкрикивают протестующие жители Матсулу-Тауншип во время недавней демонстрации против действий охранников парка, которые избивают и стреляют в людей, проникающих на территорию парка для охоты на диких животных или в поисках дров. Фото Брюса Уиллса.

два заповедника использовались армией ЮАР в качестве полигонов для испытаний ракет. Заповедник Де-Хуп в западной части Кейпа, где ЮАР и Израиль совместно проводили испытания ракеты дальнего радиуса действия, способной нести ядерную боеголовку, до сих пор считается военной зоной.

Поскольку политика апартеида начала терпеть поражение, сельские общины вновь начинают занимать землю или требовать компенсацию за те угодья, которые были у них когда-то отобраны. Местные сторонники охраны дикой природы и политические деятели все еще боятся повторения событий, имевших место в день празднования намибийцами независимости от правительства ЮАР, когда они с оружием в руках ворвались на грузовиках в заповедник Этоша на севере страны и сколько могли убили диких животных. «Это вынуждает сторонников сохранения заповедников изыскивать новые методы административного управления в этих районах и приспособиться к новым временам, полным перемен», — заявил Джон Хэнкс, исполнительный директор Фонда охраны природы ЮАР.

Впервые в стране создан подведомственный правительству заповедник для диких животных без нарушения привычного уклада жизни местных жителей. В новейшем в ЮАР резервате, Национальном парке Ричтерсвелд в засушливой зоне северной части Кейпа, полукочевым скотоводам было разрешено остаться, в ограниченных масштабах они смогут за-

ниматься животноводством на территории заповедника; ведутся переговоры о заключении взаимного соглашения, которое будет предусматривать защиту уникальных растений.

В прошлом году четыре известных борца за сохранение природы, в числе которых был старший служащий Национального парка Борд, пригласили лидера Африканского национального конгресса Нелсона Манделу принять участие в устроенной для него охоте на диких животных неподалеку от парка Крюгера. Мандела, ободренный происходящими в стране переменами, обещал сохранить существующую сеть парков и заповедников и изыскать возможности увеличения площади земельных угодий, которые сейчас отведены под заповедники и составляют 6% общей территории страны, и тем самым удовлетворить рекомендациям Международного союза охраны природы (штаб-квартира которого находится в Женеве), предусматривающим, чтобы каждая страна отвела по меньшей мере 10% своей территории для заповедных зон, где сохранялось бы разнообразие животного и растительного мира.

Несмотря на то что люди помнят о насильственном выселении коренных жителей, практиковавшемся на протяжении более 40 лет, Мандела выразил поддержку существующей системе национальных парков. «Парк Крюгера — это свершившийся факт — хотим мы этого или не хотим, — заявил он. — Он сыграл свою позитивную роль в сохранении ценных видов диких животных и растений и дру-

гих представителей живого мира. Он стал одним из наших природных богатств, и поэтому мы обязаны сохранить его».

Эдди Кох, Йоханнесбург

### Компьютерные фильмы в судебных процессах

В ПОСЛЕДНЕЕ время суд присяжных все чаще может принять решение, лишь разобравшись в технических вопросах: как давление может разорвать клапан, как нефтяной танкер определяет свой курс по радиомаяку или как можно идентифицировать подозреваемого по результатам анализа ДНК.

Реагируя на потребность в интенсивных курсах по науке, технике и медицине, адвокаты и судьи стали прибегать к помощи телевизионной технологии. Все чаще наиболее предприимчивые адвокаты в процессах по крупным суммам помимо вещественных доказательств используют факторы времени и пространства — с помощью компьютерных фильмов. Например, в случае рассмотрения причин авиационной катастрофы суд присяжных может наблюдать смоделированную компьютером с высокой точностью последовательность событий вплоть до момента крушения самолета.

«Невольно вспоминаешь третий-четвертый класс школы, когда учитель говорит, что теперь мы посмотрим кинофильм, — заявил Дейвид У. Муир, старший вице-президент международной компании по судебным технологиям Forensic Technologies International (FTI) в Сан-Франциско (шт. Калифорния). — Эти анимационные фильмы привлекают внимание и судей, и присяжных, и всех присутствующих».

Компьютерная графика, действительно, часто получает одобрение в суде, даже когда она призвана подкреплять, казалось бы, маловероятные версии. Так, в 1989 г. адвокат из Хьюстона Говард Л. Нэйшнз должен был найти способ убедить присяжных Техаса в том, что тряска в тележке аттракциона «Циклон» (американские горки) послужила причиной кровоизлияния в мозг у шестнадцатилетнего юноши, в результате которого он остался частично парализованным.

Нэйшнз знал, что ему будет трудно доказать это. Ничего подобного не было зафиксировано в юридической литературе. Было ясно, что обвиняемая сторона в лице администрации парка отдыха AstroWorld наверняка

приведет в качестве оправдательного аргумента тот факт, что никто из восьми миллионов человек, ранее прокатившихся по рельсам аттракциона «Циклон», не пострадал от инсульта. (Однако после несчастного случая хозяева парка изменили конструкцию сидений в тележке.)

Нэйшнз не стал испытывать судьбу. За 18 550 долл. он воспользовался услугами FTI, чтобы изготовить 15-минутный анимационный фильм, который должен был подкрепить показания трех технических экспертов, выступавших в качестве его свидетелей. В фильме, воссоздающем фрагмент аттракциона, была показана абстрактная фигура мальчика, голова которого моталась из стороны в сторону под влиянием инерционных сил, в то время как поезд пронесся вверх, вниз и кругом по практически вертикальным и резко закругленным участкам пути. Наложённые на изображение движущейся тележки стрелки показывали величину и направление возникающих инерционных сил перегрузки. Затем в фильме было показано, каким образом сгусток крови из прорванной артерии мальчика двигался к мозгу, где создал закупорку сосуда и кровоизлияние.

Двенадцать присяжных, вспоминая свои собственные благополучные поездки на аттракционе, сначала скептически относились к иску, как сказал Говард Х. Филдс, менеджер по обработке данных, бывший одним из присяжных в этом процессе. Но после двух дней дискуссий они решили присудить юноше 2,5 млн. долл.

Судя по всему, графические изображения способствовали решению, принятому в суде. Филдс полагает, что без демонстрации фильма и понимания возможного механизма перегрузок и тромбоза, он, возможно, проголосовал бы против удовлетворения иска. «Компьютерная графика помогла объяснить сугубо технические вопросы, которые без этого было бы трудно понять», — указал Филдс. (Нэйшнз говорит, что позже он уладил дело с владельцами парка AstroWorld — за неназванную сумму, — благодаря чему иск был снят.)

Хотя компьютерные фильмы уже использовались сотни раз, к ним пока прибегали в основном в тех случаях, когда в судебном порядке оспаривались суммы не менее 1 млн. долл. Трудоемкий процесс изготовления анимационного фильма может занять целый год и обойтись в сотни тысяч долларов.

Часто адвокаты опасаются; что фильм стоимостью 100 тыс. долл., выпущенный профессиональной графической фирмой, может быть про-



ПЕРЕГРУЗКИ, действующие на голову пассажира аттракциона, указаны в этом судебном компьютерном фильме стрелками.

сто выброшен судьей, который недоверчиво относится к компьютерам и видеофильмам. Прокурор может также ожидать, что оппонент практически неизбежно станет заявлять, что фильм искажает ситуацию.

Ввиду наличия таких подводных камней в большинстве компьютерных фильмов, предназначенных для показа в зале суда, их создатели стараются избежать эффектных видеотрюков или сцен, способных эмоционально воздействовать на присяжных и изображающих кровь, трупы или лица потерпевших. Фильмы часто приводятся в качестве демонстрационных свидетельств, просто для того, чтобы проиллюстрировать показания экспертов.

Компьютерная графика идеально подходит для исков, связанных с авиационными катастрофами, поскольку в них оспариваемые суммы довольно высоки и почти всегда есть аудиозаписи пилотов и зафиксированные показания приборов. Графическая модель самолета может проследовать по точно восстановленной траектории полета благодаря использованию записанных на пленку углов атаки, тангажа и рыскания, а также других данных, причем показ такого фильма сопровождается записью голоса пилота.

Для успешной защиты Федерального авиационного управления и Национальной службы погоды от обвинений в халатности, предъявленных авиакомпанией Delta Airlines и другими истцами, министерство юстиции

США обратилось к компьютерным видеофильмам, как заявил Кэтлин Дж. Фэйдли, главный консультант министерства юстиции по этому делу. В фильме показаны последние мгновения авиалайнера L-1011 фирмы Lockheed, эксплуатировавшегося компанией Delta Airlines, перед аварией, вызванной порывом ветра, на международном аэродроме в Даллас-Форт-Ворте в 1985 г.

Delta и ее союзники по иску также прибегли к графическому анимационному фильму, утверждая, что пилоты не получили предупреждения о плохих погодных условиях. В фильме федеральных служб давалась информация из «черного ящика» в сочетании с метеорологическими данными, подкреплявшими точку зрения, согласно которой пилоты видели, что направляются прямо в центр грозового облака и что бортовой радиолокатор позволял им избежать неблагоприятной погодной ситуации. «Если бы я участвовал в этом судебном процессе, где нужно было оправдать расходы, я бы тоже воспользовался этим методом», — сказал Томас Гиббс Джи, один из трех федеральных судей (уже ушедший в отставку).

Не исключено, что в будущем посещение зала суда будет все больше походило на посещение кинотеатра. И после судебного процесса, длившегося полтора года, возможно, что лучше всего присяжные и судьи запомнят 15-минутный видеофильм.

## Коротким путем к бесконечности



ЯН СТЮАРТ

**В** КАПИТАНСКОМ журнале записана дата 2529.2 по галактическому календарю: «Цель пятилетней экспедиции космического корабля — вторгаться в незнакомые новые миры, опустошая цивилизации, и смело идти туда, куда посылает нас командование космического флота. Но по большей части мы наткнулись на недалеких обитателей космоса, навивно полагававших, что могут стереть в порошок наш звездный корабль. Вчера, например, космическая гусеница обвила нас гигантским коконом. Это существо, конечно, не могло тягаться с нашим аннигиляционным ткацким станком, и мы соткали столько шелка, что его хватило на всех членов экипажа. Мы взяли курс на...»

Замигали красные огни: «Тревога», «Тревога!»

От неожиданности капитан Кинк чуть не выпал из своего командирского кресла.

— Боже мой, что случилось, мистер Пок?

Старший офицер Пок подскочил к своей консоли.

— Капитан, мы, кажется, попали в светящуюся странную область вселенной, — сказал он, удивленно под-

няв брови и шевеля своими мохнатыми ушами. — Я уверен на 99,357%, что мы вошли в идеальное ньютоновское поле.

— Что еще за идеальное ньютоновское поле? — воскликнул д-р Энной.

— Тише, Энной, не то я пошлю вас обратно зашивать космическую гусеницу! — пролаял Кинк. — Продолжайте, мистер Пок.

Пок родился и вырос на планете Вульгария. Его мать была вульгаркой, а отец бородавчиком. Поэтому Пок был наполовину вульгаром, а злые языки утверждали, что даже больше, чем наполовину.

— Капитан, тревога была поднята, когда мы приблизились к планете, населенной исключительно разумными существами, известными как колесники. Их научно-технические достижения настолько грандиозны, что они способны создавать целые вселенные, весьма отличающиеся по своим свойствам от нашей. Кажется, колесники поймали нас во вселенной, управляемой законами ньютоновской физики. Наш корабль движется сейчас в бесконечной трехмерной вселенной, в которой и пространство, и время абсолютны.

— Вы имеете в виду, что здесь не действует принцип относительности? Эйнштейн пришел бы в ужас.

— Вы рассуждаете логично, капитан. Но если и дальше следовать логике, то возникают значительно более неприятные вещи. В идеальном ньютоновском поле массивное тело может представлять собой всего лишь точку в пространстве, и — простите, капитан, — наши датчики засекали какое-то тело, движущееся в нашем направлении.

— Покажите его на экране, мистер Пок. Начните защитное маневрирование, мистер Флэйкофф.

Скорость тела все время возрастала.

Наконец оно стремительно пронеслось мимо. Кинк и его команда затряслись, как пассажиры метро.

— Лейтенант Йехута, вам удалось зафиксировать траекторию тела?

Лейтенант покрутил несколько ручек на своей консоли, он выглядел очень изволнованным.

— В чем дело Йехута?

— Тело имело координаты 12 точка 53 точка 30, но затем оно внезапно покинуло вселенную.

— Вы имеете в виду, что оно исчезло?

— Не совсем так, сэр. Он достигло бесконечности. Оно попало туда ровно через 17,23 секунды после того, как мы его обнаружили.

— Поразительно, — объявил Пок.

— Явление, совершенно не известное ни людям, ни вульгарам.

— Тело состояло из нескольких точечных масс, — добавил Йехута.

— Мистер Дотт, каков ваш анализ ситуации?

Главный инженер, шотландец по

происхождению, внимательно посмотрел на показания своих приборов.

— Я бы рискнул предположить, что это ньютоновские точечные массы. Совсем крошечные частички, сэр. Это либо нейтроны, либо нейтрино, не знаю, правда, что именно.

— Есть ли какие-либо признаки действия необычных сил?

— Нет, сэр, только обычный гравитационный закон с обратной зависимостью от квадрата расстояния.

Мистер Пок ударил по нескольким клавишам своего компьютера.

— Капитан, тело улетело в бесконечность за конечный промежуток времени без помощи каких-либо технических средств, лишь под влиянием ньютоновского идеального поля.

— Но ведь это невозможно! — воскликнул Кинк. Система взаимодействующих гравитационных масс не может просто так улететь в бесконечность. При этом нарушится закон сохранения энергии.

— Капитан, это не совсем очевидно, — объяснил Пок. — Любое возрастание кинетической энергии может компенсироваться потерей потенциальной энергии. Массы могут двигаться быстрее при условии, что они проходят через слабее гравитационное поле. Такая ситуация может возникнуть в случае, когда массы продолжают удаляться друг от друга. Йехута, все ли массы удалялись в бесконечность в одном и том же направлении?

— Нет, мистер Пок, массы разлетались, как при взрыве, во всех направлениях.

Кинк продолжал упорствовать.

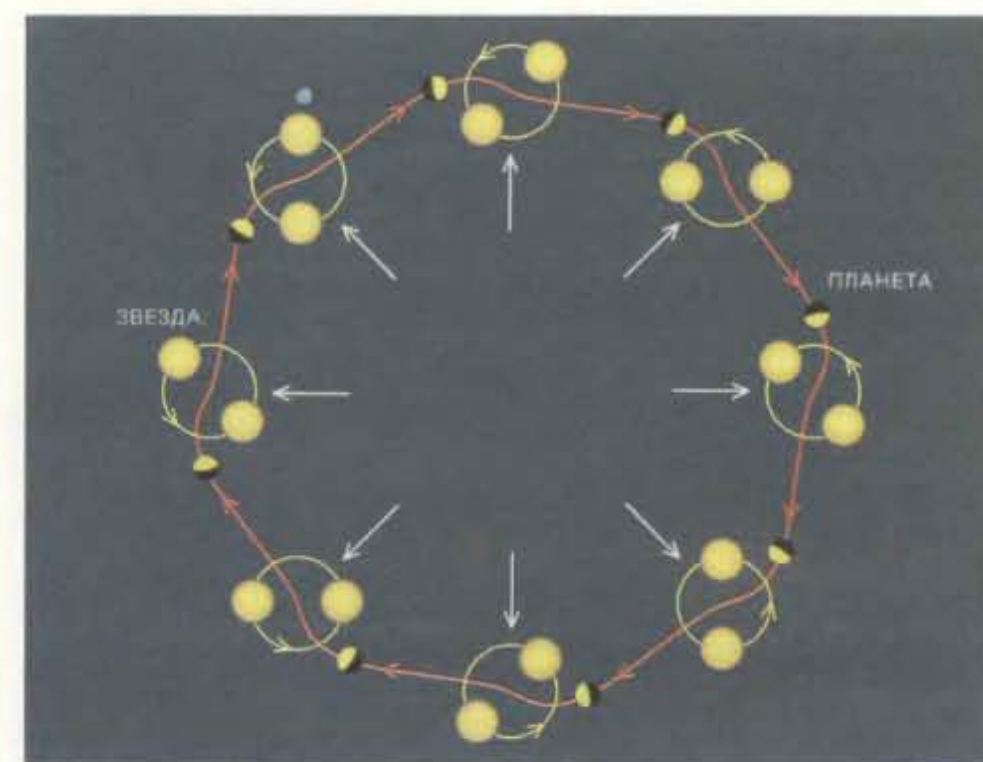
— Так или иначе массы не могут дойти до бесконечности. Это противоречит всякой логике.

Пок насторожил уши при звуке одного из самых любимых им слов. — Логически, капитан, это так. Но в некотором смысле можно показать, что частица все же уйдет в бесконечность, если она выйдет за пределы сферы любого фиксированного размера за соответствующий промежуток времени.

Кинк смотрел на него с недоумением.

— Капитан, — продолжал Пок, — представьте себе одиночную частицу, движущуюся по прямой линии с постоянной скоростью. За бесконечное время она выйдет за пределы любой конечной сферы, как бы упав с края вселенной. Учитывая, конечно, — добавил он поспешно, — что невозможно упасть с края бесконечной вселенной.

— Разумеется, мистер Пок, я имел в виду, что массы не могут убежать в



**ЛЮБОЕ КОЛИЧЕСТВО** планет и звезд может убежать в бесконечность, если их орбиты таковы, как показано сверху. Конфигурация основана на правильном многоугольнике, в данном случае восьмиугольнике. На каждой стороне многоугольника — по две звезды и планета. Пары звезд движутся по орбитам, вокруг каждой вершины многоугольника. Планеты движутся от одной пары звезд к другой.

бесконечность за конечный промежуток времени.

Пок, подвигав ушами, впал в глубокое размышление.

— Вероятно, вы правы, капитан. Но здесь напрашивается один механизм.

Доктор Дотт громко фыркнул.

— Пожалуйста, просветите нас, мистер Пок.

— Если частица ускоряется достаточно быстро, она может пройти бесконечный путь за конечное время. Представим себе, что в первую секунду частица движется со скоростью один метр в секунду. Тогда за первую секунду она пройдет путь в один метр. Теперь будем ускорять движение так, чтобы за следующие полсекунды она двигалась со скоростью два метра в секунду и прошла еще один метр. Затем будем продолжать в том же духе, уменьшая вдвое интервал времени и удваивая скорость.

Взяв в руку перо с надписью «Космический флот», Пок набросал следующую таблицу:

	скорость м/с	расстояние м	общее расстояние
1-я секунда	1	1	1
след. 1/2 с.	2	1	2
след. 1/4 с.	4	1	3
след. 1/8 с.	8	1	4
след. 1/16 с.	16	1	5
след. 1/32 с.	32	1	6

— Через две секунды частица пройдет бесконечное расстояние, при условии что скорость возрастает быстрее, чем уменьшаются интервалы времени. Другими словами, любая частица достигнет бесконечности, если ее скорость растет в геометрической прогрессии от интервалов времени, которые уменьшаются в геометрической прогрессии. Я называю это Принципом геометрического роста Пока. Время, необходимое для того, чтобы достичь бесконечности, зависит от величины ускорения, однако оно всегда будет конечным.

— Но, мистер Пок, — сказал Дотт, — это означает, что данная чертова масса способна двигаться быстрее света.

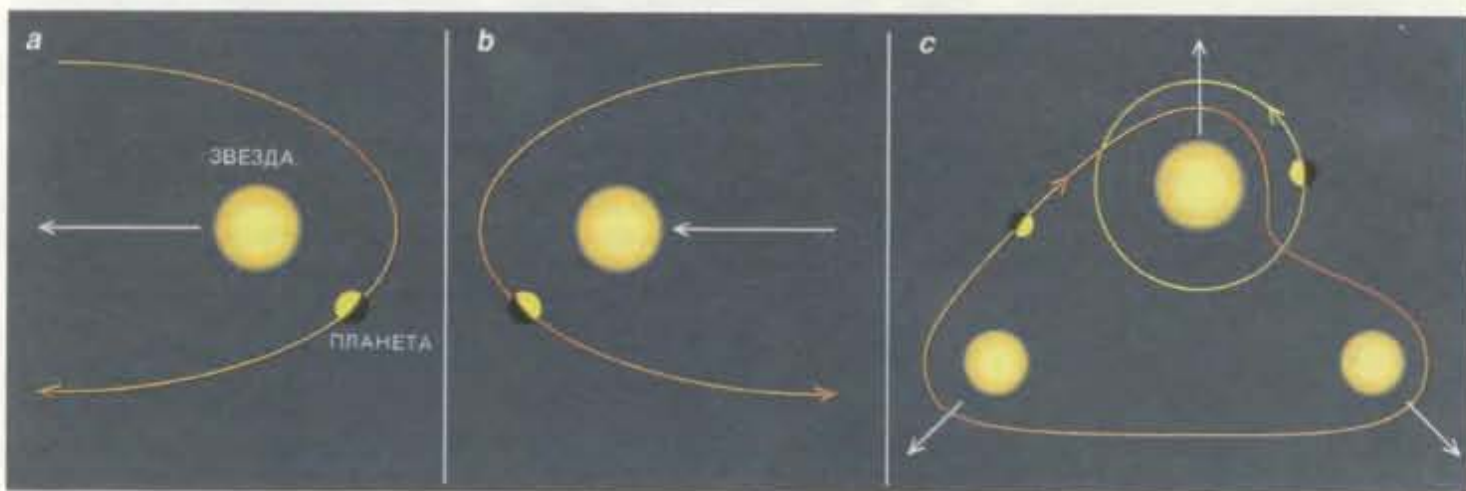
— Да, — сказал Пок, — но, надеюсь, вам не нужно напоминать, что в идеальном ньютоновском поле тело может достичь скорости, превышающей скорость света.

Кинк побарабанил пальцами по столу.

— Дотти, можем ли мы защитить корабль от точечных ньютоновских масс?

— Это можно сделать с помощью нейтронных бомб, сэр. Но у нас их очень мало. Ответьте мне на один вопрос, Йехута. Сколько этих точечных чертей прошло мимо нас?

— Не могу с уверенностью сказать,



**ЭФФЕКТ ПРАЩИ** ускоряет планету, когда она приближается к звезде в направлении, противоположном движению звезды (а). Когда планета приближается к звезде в том же направлении, в котором движется звезда (b), то планета замедляется, а ускоряется звезда. Благодаря эф-

фекту пращи небесные тела, изображенные в конфигурации справа (с), ускоряются в различных направлениях. Система будет расширяться до бесконечности во вселенной, где не действуют законы теории относительности.

сэр. Но не очень много. События разворачивались столь стремительно, что инструменты не успели сделать точный подсчет.

— Во всяком случае, это не могло быть только одно тело, — проворчал вульгар. — По законам ньютоновской гравитации, одиночное тело, не находящееся под воздействием каких-либо других сил, движется прямолинейно с постоянной скоростью.

— Потому, вероятно, здесь было два тела, — заявил Кинк.

— Нет, капитан, — сказал Пок. — В случае двух тел орбиты были бы эллиптическими, гиперболическими или параболическими; кометы, приходящие из глубин космоса, движутся либо по параболическим, либо по гиперболическим орбитам. Планеты с их эллиптическими орбитами вообще не могут достичь бесконечности — они остаются привязанными к своим светилам. Кометы могут достичь бесконечности, но они затратят на это бесконечное время. Они замедляют свое движение по мере удаления от центра орбиты.

— Так сколько же, черт возьми, было этих тел? — Капитан начал терять терпение. — Три? Четыре? Больше?

— Капитан, мы можем быть уверены, что колесники воспользуются минимально возможным количеством масс. Их стремление к оптимальности уже стало легендарным. Я обращаюсь с информационным запросом к бортовому компьютеру. — Пок покрутил несколько ручек. — Любопытно. Оказывается, эта задача была впервые поставлена в 1895 г. по космическому календарю математиком Полем Пенлеве...

— Не надо читать, Пок. Включите-ка лучше речевой синтезатор компьютера.

Компьютер заговорил голосом, звучавшим так, будто это говорил утенок Даффи в консервную банку:

— Пенлеве изучал сингулярности: ситуации, в которых ньютоновская физика нарушается. Конкретнее система может обладать сингулярностью в некоторый момент времени, если решения ее динамических уравнений не могут быть продолжены начиная с этого момента. Простейшая сингулярность для системы гравитационных точечных масс возникает, когда две массы сталкиваются и занимают одну и ту же точку в пространстве. Кроме как при столкновениях сингулярности возникают также, когда масса достигает бесконечности за конечный промежуток времени. Такие сингулярности известны как гиперсингулярности.

— Как я уже объяснял, — добавил Пок, — одно или два тела не могут

вызвать гиперсингулярности.

— Ну, мистер Пок! — воскликнул компьютер, — вы так блестяще эрудированы, что я бы расцеловал вас, если бы мог. — При этих словах вульгар-бородавочник залился краской.

— Компьютер! — рявкнул Кинк. — Прекратите флиртовать с мистром Поком и продолжайте ваш доклад.

— Пенлеве доказал, что три тела не могут вызвать гиперсингулярности, но он не мог расширить свой результат на четыре или более тел. Пенлеве различал две разновидности гиперсингулярности. Первая имеет место, когда тело улетает в бесконечность по простой траектории. Вторая же возникает, когда тело начинает совершать все более интенсивные колебания по мере того, как время приближается к определенному моменту. В XX в. Х. фон Ципель, Р. Макджийн из Университета Миннесоты, Дональд Саари из Северо-западного университета и Х. Сперлинг доказали, что любая система, генерирующая одну из этих разновидностей гиперсингулярности, должна также порождать и другую. Иными словами, некоторые тела могут улететь в бесконечность, претерпевая при этом бешеные колебания.

— Расскажите мне подробнее об этих гиперштуках, — потребовал Кинк.

— Саари показал, что гиперсингулярность может возникнуть в системе из четырех тел. Но если положения, скорости и массы этих тел выбирать произвольно, то вероятность гиперсингулярности близка к нулю. Дж. Мэйзер из Принстонского университета и Р. Макджийн открыли гиперсингулярность в системе четырех тел, расположенных на одной линии, но только после бесконечного числа столкновений, которые предполагались упругими. Затем в 1984 г. по космическому календарю Дж. Джервер из Университета Ратгерса раскрыв сценарий, позволяющий пяти телам улететь в бесконечность. Позвольте мне подробнее остановиться на открытии Джервера.

Компьютер начал проектировать изображения на главный экран. Он показал три звезды, одна из которых была больше других. Они были расположены в форме треугольника с тупым углом в точке, занимаемой самой тяжелой звезды (см. рисунок на с. 82).

— Не забывайте, что массы этих тел сосредоточены в точках. Их размеры на экране лишь представляют их относительные массы.

Появился астероид, двигавшийся по орбите, расположенной вне треу-

гольника, но вплотную прилегающей к нему. Всякий раз, когда астероид проходил вблизи наиболее массивной звезды, его скорость возрастала вследствие так называемого эффекта пращи. Астероид приобретал гравитационную энергию от звезды, в то время как энергия звезды уменьшалась на то же количество. При последующих встречах с двумя другими звездами астероид передавал им энергию за счет обратного эффекта пращи. В результате скорости астероида и двух меньших звезд возрастали.

— В этой системе закон сохранения энергии не дает тяжелой звезде также ускориться. Как следствие ни один из объектов не может удалиться в бесконечность за конечное время. Но Джервер нашел лазейку в законе.

Компьютер показал пятое тело, планету, которая обращалась вокруг наиболее массивной звезды. Теперь, когда астероид пронесся вблизи и звезды, и планеты, планета начала терять энергию настолько интенсивно, что массивная звезда начала ее приобретать. На каждом витке астероида звезды и астероид ускорялись, а планета замедлялась, постепенно приближаясь к звезде. Потерянная и приобретаемая энергии уравновешивали друг друга, и треугольник стал расти в геометрической прогрессии. За конечный промежуток времени все три звезды убежали в бесконечность, прихватив с собой астероид и планету!

Компьютер продолжил свой рассказ:

— Джервер обнаружил, что, хотя описанный сценарий вполне вероятен, вычисления, требуемые для доказательства его реалистичности, настолько сложны, что окончательное доказательство получить практически невозможно. Затем в 1989 г. по космическому календарю Джервер воспользовался идеей, предложенной Скоттом Брауном для того, чтобы доказать, что  $n$  тел могут убежать в бесконечность, когда  $n$  достаточно велико. При этом используется более симметричная версия конфигурации по сравнению с треугольником звезд, которая состоит из произвольного числа парных звезд одной и той же массы.

Компьютер показал восемь пар звезд, каждая пара описывала круговые орбиты вокруг центра масс пары (см. рисунок на с. 83). Эти центры занимали вершины правильного многоугольника с восемью сторонами. То же количество планет двигалось приблизительно вдоль ребер многоугольника. Все планеты имели одинаковую массу, которая значительно уступала массе звезд. Всякий раз, когда планета приближалась к двойной звезде, она приобретала кинетиче-

скую энергию благодаря эффекту пращи. Двойная звезда расплывалась за это потерей энергии и переходила на меньшую орбиту. Планета придавала также кинетический момент двойной звезде, заставляя ее удаляться от центра многоугольника. Ввиду симметрии все восемь двойных звезд вели себя одинаково, подвергаясь одним и тем же воздействиям.

Компьютер стал приводить в движение небесные тела. На каждой стадии многоугольник увеличивался в размерах, планеты двигались быстрее и двойные звезды переходили на все более короткие орбиты.

Мистер Пок ухватился за консоль компьютера, как вульгарный ребенок.

— Ух ты! Дай-ка я попробую! — Он азартно подпрыгивал на своем кресле, пока не заметил ледяного взгляда капитана. Усилив воли он несколько укротил свой энтузиазм.

— Капитан, вся система, кажется, убегает в бесконечность после бесконечного числа эффектов пращи, происходящих со все большей частотой за конечное время, — сказал Пок. — Однако компьютерное моделирование еще не является логическим доказательством. Необходимо продемонстрировать, что подходящие исходные условия действительно приведут к правильной последовательности событий. — Он задумался на мгновение. — Симметрия должна сыграть свою роль в доказательстве. По существу она сводит задачу с  $3n$  телами к 3. После того как вы определили положения и скорости одной звездной пары и одной планеты, симметрия определяет соответствующие величины и для остальных тел. Другими словами, задача сводится к трем не связанным друг с другом «телам» (каждое представляет собой правильный многоугольник точечных масс), движущимся под влиянием очень сложного набора сил. И все же задача представляется мне пока трудно разрешимой, — сказал Пок.

— Доказательство, которое удовлетворит самым строжайшим логическим правилам, может быть получено для достаточно больших значений  $n$ , — заметил компьютер, — поскольку в этом случае силы упрощаются.

— Что я хочу знать, так это насколько большим должно быть значение  $n$ ? — спросил Кинк.

— Джервер не определил точного значения, — ответил Пок.

— Проклятье! — взревел капитан космического крейсера. — Может ли кто-нибудь дать мне простой ответ?

— В 1988 г. по космическому календарю З. Ксиа доказал, что существует способ заставить пять тел улететь в

бесконечность за конечное время. Его сценарий отличается от сценария Джервера, но он также опирается на симметрию.

— Наконец, — вздохнул с облегчением Кинк. — Итак, пяти масс достаточно.

— А четырех — почти определенно — не достаточно, — сказал Пок. — Поскольку колесники всегда выбирают оптимальные средства для достижения своих целей, то, что пролетело мимо нас, состояло в точности из пяти тел.

— Превосходно. У нас наверняка найдется пяток ньютоновых бомб на борту корабля. Теперь остается понять, что задумали колесники. Зачем

## Наука и общество

(Начало статьи см. на с. 67)

следует ли сообщать результаты генетической проверки родственникам обследуемого.

Законопроекты, направленные на предотвращение злоупотребления генетической информацией, зарегистрированы уже в восьми штатах, как отмечает Ф. Рейли, исполнительный директор Исполнительного центра для умственно отсталых Юнис Кеннеди в Уолтеме (шт. Массачусетс). Международный проект «Геном человека», целью которого является картирование и определение нуклеотидной последовательности полного набора генов человеческого организма, часто подается как причина для введения в действие законодательства, защищающего человека от посягательств на информацию о его генетическом состоянии. В штатах Висконсин, Род-Айленд, Пенсильвания и Техас обсуждаются меры по предотвращению злоупотребления генетическими данными. В ряде европейских стран специальные комиссии рекомендовали законодательным порядком запретить страховым организациям доступ к генетической информации об их клиентах.

В США в 1990 г. был принят закон о нетрудоспособности, вследствие которого к 1995 г. медицинское обследование при приеме на работу ограничится определением только практической способности претендента осуществлять данную трудовую деятельность. Однако этот закон не касается страхования. «Возможно, мы окажемся свидетелями того, что станет проблематичным рождение детей, которых дорого страховать», — говорит педиатр Н. Хольцман из Университета Джона Гопкинса.

Член законодательного собрания

они заманили нас в идеальное ньютоновское поле?

— Капитан! — оглянулся через плечо Йехута, не переставая работать пальцами на клавиатуре. — Наш крейсер притягивается гравитационными силами расположенной поблизости сложной звездной системы. Наша скорость уже равна одному пространственному узлу и продолжает расти. Капитан, она увеличивается в геометрической прогрессии по геометрически уменьшающимся периодам времени. 2 узла, 4!.. 8!.. 16!

Кинк повернулся к своему пилоту. — Мистер Флокофф, стреляйте скорее ньютоновскими бомбами, пока мы все не исчезли в бесконе...

шт. Калифорния Л. Коннелли недавно выдвинул законопроект, который должен исключить дискриминацию со стороны нанимателей и страховых компаний на основании генетических признаков, связанных с риском какого-либо заболевания. Хотя система страхования шт. Калифорния прекратила противодействие, Калифорнийская ассоциация промышленников боролась против этого закона до конца. В октябре 1990 г. губернатор штата П. Уилсон наложил на него вето потому, что такой закон, по его словам, будет чрезмерным для нанимателей.

Недавно подкомитет палаты представителей конгресса США посвятил целый день обсуждению проблем использования генетической информации, а также изучил предложенный к рассмотрению законопроект о частном праве в отношении генома человека, выдвинутый представителем от шт. Мичиган Дж. Коньерсом. Составленный по образцу законов о потребительском кредите, этот законопроект распространяет частное право на генетическую информацию и должен обеспечить ее недоступность для «третьих лиц» без согласия самого «первого лица». Он также позволит человеку исправлять свое личное дело.

Но, как полагает специалист по медицинской социологии Д. Уэртц из Исполнительного центра, эта защита недостаточна: «Согласно законопроекту, почти каждый может получить доступ к информации о генетическом состоянии индивида с его согласия, а ведь к согласию можно принудить. До тех пор пока в этом вопросе не будет наведен порядок, большинство людей не получит должной защиты».

## Книги для юного читателя



## ФИЛИП И ФИЛИС МОРРИСОН

*Энн Мазер. Комната для саламандры. Иллюстрации Стива Джонсона*  
THE SALAMANDER ROOM, by Anne Mazer. Illustrated by Steve Johnson. Alfred A. Knopf, 1991 (\$ 13.95).

Маленький Брайен встретил в лесу оранжевую саламандру, ползавшую в сухих листьях, и принес ее домой, в свою комнату.

«Где она будет спать? — спросила его мама. — Где будет играть?.. Она же будет скучать по своим друзьям... Чем ты будешь ее кормить?.. Скоро здесь повсюду заведутся жуки... А где будут жить птички и лягушки?.. И где будешь спать ты?» — закончила она.

Брайен тщательно обдумал все эти вопросы. Он постарался учесть все, что потребуется маленькому оранжевому существу. И вот ему в голову пришла мысль устроить себе спальню в лесу, чтобы саламандра действительно чувствовала себя дома. «Я буду спать на кровати под звездами, луна будет светить через... ветви деревьев; вокруг будут кричать совы и стрекотать сверчки, а рядом со мной, на большом камне, по-

крытом мхом, будет спать моя саламандра».

В этой книге всего 20 страниц; на каждой из них помещен рисунок, сопровождаемый несколькими строками текста. В простых словах мальчик о своем оранжевом друге содержит столько нежности, что вместе с прекрасными иллюстрациями книга воспринимается как поэзия. Любого мальчик или девочка, достаточно большие, чтобы представить, что они также принесли саламандру домой, с удовольствием ее прочтут, и скорее всего не раз.

*Джон Кассиди. Читай и экспериментировать: Детский музей науки в книге*  
EXPLORABOOK: A KID'S SCIENCE MUSEUM IN A BOOK, by John Cassidy and the Exploratorium. Palo Alto, Klutz Press, 1991 (\$ 16.95)

Маленького читателя эта занимательная книжка заинтересует уже одним своим необычным видом. По существу это настоящий музей. В ней

есть даже магнит, заключенный в прозрачную пластиковую оболочку. На передней обложке укреплен плоский волчок с разноцветными узорами. Вращая его, можно наблюдать необычную игру красок — эффект, который можно легко объяснить, если изучить волчок повнимательней. На одной из страниц книги ее автор рекомендует: «Пожалуйста, не нужно просто читать эту книгу... это инструмент».

В книге 7 разделов, и в каждом из них есть все необходимое для проведения многих экспериментов. Из магнита, о котором мы уже упоминали, можно изготовить, например, компас или главную деталь антигравитационной машины. В книге есть также увеличительная пластинка из прозрачной пластмассы (с помощью которой на одной из страниц можно рассматривать комиксы про Бэтмана и Робин Гуда), пластмассовая дифракционная решетка, дающая радужные узоры, и даже гибкое зеркало.

Оказывается, дома есть очень много подручных средств для проведения экспериментов. Например, если нужно создать поток воздуха, то для этого годится фен. В книге приведено множество рисунков и схем, поясняющих, как проводить эксперименты.

Джон Кассиди уже опубликовал 20 прекрасных книг для детей с описанием конструкций велосипедов и всевозможных «летающих устройств». Все они написаны живым и понятным для детей языком. Настоящая книга написана им в сотрудничестве с Музеем науки и искусства «Эксплораториум», находящимся в Сан-Франциско. Она станет настоящей находкой для юного читателя.

*Дик Вэс и Джерри Янг. Воздушные шары: Полное руководство по воздухоплаванию на шарах*  
BALLOONING: THE COMPLETE GUIDE TO



RIDING THE WINDS, by Dick Wirth and Jerry Young. Random House, 1991 (\$ 22.50).

В этой книге рассказывается о воздушных шарах, надуваемых горячим воздухом с помощью мощных пропановых горелок. На великолепных цветных фотографиях мы видим воздушные шары, величественно плывущие в небе. Текст книги буквально насыщен информацией. Авторы рассказывают об истории создания первого воздушного шара, рекордах, установленных на этих летательных аппаратах, об их устройстве и технологии изготовления, включая самую современную. В настоящее время первенство в этой области принадлежит Великобритании.

Эпоха пилотируемых воздушных шаров, надуваемых горячим воздухом, началась с первого полета человека на шаре этого типа над штатом Небраска в 1960 г. Эд Йост создал конструкцию этого шара околным путем, экспериментируя в 50-х годах с непилотируемыми полиэтиленовыми шарами, наполненными гелием, которые использовались для фотосъемки на большой высоте. Созданная им горелка была оснащена спиралью для испарения пропана. Типичный воздушный шар, способный поднять 3—4 человека, сравним по размеру с домом: его объем равен примерно 1700 м<sup>3</sup>. В 1990 г. стоимость такого шара с корзиной составляла 15 тыс. долл., а полет на нем в течение одного часа обходился в 35 долл.

Какие материалы используются для изготовления шаров, надуваемых горячим воздухом? В основном это нейлон и дакрон. В качестве же уплот-

нителя применяется полиуретан.

На снимках в книге мы видим шары самой разнообразной формы и расцветки, плывущие в небе поодиночке или группами вдоль Рио-Гранде или над Серенгетти, некоторые из них — шары-рекламы джинсов или мороженого. Возможно, что некоторые из читателей этой книги станут воздухоплавателями и им удастся осуществить то, что еще не удавалось никому: совершить кругосветный полет на воздушном шаре.

*Р.Ф. Саймс и Р.Р. Хардинг. Кристаллы и самоцветы.*

CRYSTAL AND GEM, by P.F. Symes and R. R. Harding. Special photography by Colin Keates. Eyewitness Books, Alfred A. Knopf, 1991 (\$ 15).

На одной из фотографий книги изображен коричневатый камешек, но этот цвет — «поверхностный». Специально сделанный вырез позволяет увидеть внутреннюю красоту самоцвета — переливы светло-лилового с прозеленью. Этот камешек — великолепный образец жадеита. На этой же странице мы видим целую россыпь драгоценных и полудрагоценных камней, среди них — ляпис-лазурь, бирюза, малахит и другие самоцветы. Простые минералы также по своему прекрасны. Не забыты в книге и «обыкновенные» кристаллы — среди них лед, аспирин и кремниевый чип.

Авторы лишь слегка касаются атомного порядка, прибегая при этом не к математике, а к наглядным моделям, зато весьма подробно описано, как растут природные и синтетиче-



ские кристаллы. Не забыты магические и целебные свойства, приписываемые камням, и то, как они соотносятся с гороскопом.

Большая часть образцов кристаллов и драгоценных камней, изображенных в книге, находится в Британском музее естественной истории. Юному читателю будет, несомненно, интересно ознакомиться с этими экспонатами (правда, в двухмерном варианте), каждый из которых сопровождается пояснительным текстом.

*Ф. Мишель и Ив Ларво. Беспокойная Земля: Тайны землетрясений, вулканов и дрефта континентов в объемных движущихся картинках.*  
THE RESTLESS EARTH: THE SECRETS OF EARTHQUAKES, VOLCANOES, AND CONTINENTAL DRIFT IN THREE-DIMENSIONAL MOVING PICTURES, by Francois Michel and Yves Larvor. Viking Penguin, 1989 (\$ 15.95).

Лава вытекает из озера, заполненного расплавленной массой, горды Анкоридж сотрясают сейсмические волны, зона разлома Сан-Андреас (шт. Калифорния) распространяется на северо-запад. Чтобы увидеть одно из таких грандиозных природных явлений достаточно раскрыть эту книгу на одной из страниц и, потянув за шнурочек, привести в движение раскладные картинки. Все эти явления предстанут перед вами в масштабах карты и будут протекать с невероятной быстротой, не причиняя никому вреда. Эта простая и красочная «картландия» познакомит ребят среднего школьного возраста с основными видами движений в сейсмологии и тектонике плит, и движения эти можно наблюдать вблизи. Плиты можно возвращать в «исходное положение» и наблюдать, как происходило их великое столкновение, приведшее к образованию Гималаев, когда Индия наехала на Азию с ошеломляющей скоростью — несколько дюймов в год.

ВНИМАНИЮ  
ЧИТАТЕЛЕЙ!

по всем вопросам  
полиграфического брака,  
обнаруженного в журнале, просим  
обращаться по адресу:  
127576, Москва, Илимская 7,  
Типография В/О «Внешторгиздат»  
Госкомпечати СССР

# Наука и общество

## Каждому по заслугам

В ОКТЯБРЕ прошлого года множество людей собралось на территории Массачусетского технологического института (МТИ), чтобы наблюдать первую церемонию вручения шутовских «Нобелевских премий». С гордо поднятыми головами и надутыми щеками появились участники торжественной процессии — шутники из ученых мужей, вознамерившиеся выставить на всеобщее посмешище самые карикатурные научные работы.

Это мероприятие было организовано Музеем МТИ и редакцией юмористического издания "Journal of Irreproducible Results" («Журнал невозпроизводимых результатов»), пародирующего научные публикации. Как пояснил редактор этого журнала и церемониймейстер вручения наград М. Абрахамс, шутовские Нобелевские премии будут ежегодно вручаться тем, чьи работы не могут (да и не должны) быть воспроизведены другими.

Четыре настоящих нобелевских лауреата — Ш. Глэшоу и Д. Хершбах из Гарвардского университета, а также Э. Чиван и Х. Кендалл из МТИ — в шутовских колпаках и с приклеенными искусственными носами сидели в президиуме с видом, отвечающим торжественности события. Незримо присутствовал дух еще одного лауреа-

та — Джерома Фридмана из МТИ: он прислал слайд с изображением собственной персоны и записанное на пленку приветственное послание, заканчивающееся словами: «Надеюсь, вы насладитесь этим торжеством не меньше, чем я».

В области химии шутовская Нобелевская премия была присуждена Ж. Бенвенисте из Французского национального института исследований в области здравоохранения и медицины за его статью, опубликованную в журнале "Nature" в 1988 г., в которой утверждалось, что вода способна запоминать все, что в ней растворено. Премия в области образования досталась вице-президенту США Д. Куэйлу, которого Абрахамс в своей приветственной речи назвал «поглотителем времени» и оккупантом иностранства, ясно продемонстрировавшим необходимость в повышении качества научного образования.

Премия в области физики была присуждена Т. Кайлу из МТИ за его статью в "Journal of Irreproducible Results", содержащую описание «административия» — самого тяжелого из всех существующих элементов, состоящего из одного нейтрона, восьми нейтронов-помощников, 35 вице-нейтронов и 256 вице-нейтронов-помощников. Кайл, однако, от этой премии отказался, заявив, что на самом деле он не проводил никаких исследований, а, как водится в науке,

просто поставил свою фамилию перед готовым текстом статьи.

Шутовской Нобелевской премии мира был удостоен Э. Теллер из Лоуренсовской национальной лаборатории в Ливермор. Как отец атомной бомбы и инициатор Стратегической оборонной инициативы (СОИ) Теллер, по словам Абрахамса, сделал все возможное, чтобы «изменить привычное для нас представление о мире».

Заключенный в тюрьму за торговлю наркотиками М. Милке, «которому мир многим обязан», был удостоен премии в области экономики. Э. фон Дейникен, автор «Колесницы богов» и других книг, в которых утверждается, что в доисторические времена Землю посещали инопланетяне, получил премию по литературе. А в области биологии премия досталась Р. Грэхему из Музея зародышей в Эскондидо (шт. Калифорния), представляющего собой по сути банк спермы, принимаемой только от нобелевских лауреатов и олимпийских чемпионов.

Наиболее замечательными фигурами, которые прозвал «нобелевский» комитет, пожалуй, следует считать Б. Понза из Университета шт. Юта и М. Флейшмана из Саутгемптонского университета в Великобритании, которые «открыли» холодную реакцию ядерного синтеза. Но это упущение можно исправить в следующем году.

Джон Ренни

## Новые солнечные элементы

ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ элементы широко используются в таких устройствах, как калькуляторы, но они также находят все большее применение в мощных энергоустановках для получения электроэнергии в местах, удаленных от линий электропередачи. Световые панели, отмечающие места парковки автомобилей, и дорожные знаки с питанием от солнечных батарей также становятся привычными. Однако все эти современные системы, которые в основном работают на полупроводниках, все еще относительно дороги. Photocomm, Inc., крупнейшая в США компания, производящая фотогальванические элементы, оценивает стоимость одного ватта электроэнергии, вырабатываемой солнечными батареями для бытового потребления, в размере 8—10 долл.

Этим объясняется интерес к новой технологии производства фотогальванических элементов. Она основана

на использовании окрашенного диоксида титана, который химически выполняет ту же роль, что и хлорофилл в фотосинтезе. Элементы, изготовленные по этой технологии, работают, как представляется, более эффективно и стоят они дешевле. Эти достоинства могут привести к существенному сдвигу в дальнейшем развитии фотогальваники, если новое устройство будет отвечать выдвигаемым потребителями эксплуатационным требованиям. Как указывает специалист Ассоциации производителей энергии за счет преобразования солнечного излучения С. Склад, общая мощность всех ежегодно вводимых в мире солнечных установок на сумму 700 млн. долл. составляет 50 МВт.

Новый солнечный элемент, который является результатом почти десятилетнего поиска М. Грацеля, сотрудника Швейцарского федерального института науки и техники в Лозанне, в настоящее время исследуется двумя крупнейшими европейскими компаниями. Недавно Грацель в журнале "Nature" опубликовал статью, в которой привел описание разработанного им элемента, коэффициент полезного действия которого равен 7% при облучении его солнечным светом и 12% при облучении рассеянным дневным светом.

Эти показатели говорят о том, что новые элементы почти не уступают лучшим аморфным кремниевым элементам, хотя имеются и сложные элементы, использующие такие материалы, как арсенид галлия, КПД которых около 30%. Однако, как следует из теории, элементы Грацеля можно усовершенствовать и довести их КПД до величины больше указанной. «Мы хотим достичь КПД не менее 15%», — сказал Р. Энтшел из фирмы Sandoz Chemicals в Базеле, где ведутся разработки новых красящих веществ для использования в солнечных элементах.

Кроме того, коммерческие изделия, основанные на этой конструкции, будут более простыми и дешевыми в изготовлении по сравнению с кремниевыми элементами, как заявил Б. О'Риган, который в течение последних двух лет сотрудничал с Грацелем и был соавтором его статьи в "Nature".

Элемент Грацеля — это электрохимическое устройство: в нем два электрода, которые находятся в контакте с жидкостью, содержащей заряженные ионы. Один из электродов покрыт слоем частиц диоксида титана, которые в свою очередь покрыты специальной краской. Красящее вещество на основе рутения, как ни стран-

но, очень похоже на хлорофилл, несколько молекулы того и другого состоят из атома металла, окруженного кольцами углерода и азота, способными улавливать солнечную энергию.

Молекулы светочувствительной краски, подобно микроантеннам, поглощают фотоны падающего на них света и высвобождают электроны, переходящие в находящийся под краской диоксид титана. Эти электроны «текут» от поглощающего свет электрода по внешней цепи к противоположному электроду и возвращаются к красящему веществу ионами мода в электролите.

Несколько исследователей в 80-х годах пытались покрыть краской полупроводники, с тем чтобы повысить их светопоглощающую способность, сказал Грацель, но все они столкнулись с непреодолимой проблемой: слой краски, который должен быть достаточно толстым, чтобы хорошо поглощать свет, оказался слишком толстым для обеспечения эффективного перехода электронов в лежащий под краской полупроводник. Кроме того, оказалось, что органические красящие вещества со временем теряют свою устойчивость.

В 1985 г. Грацель сделал основополагающее открытие, когда он изменил состав рутениевой краски и включил в нее химические вещества, которые обеспечивали прочную связь с диоксидом титана. Электропроводящая способность состава увеличивалась в 10 тыс. раз. В 1988 г. Грацель получил патент на это изобретение.

Последнее достижение, которое позволило наладить массовое производство новых приборов, было сделано благодаря О'Ригану. Он усовершенствовал метод осаждения мельчайших частиц диоксида титана из коллоидного раствора на проводящую стеклянную подложку. Теперь этот слой в элементе Грацеля — О'Ригана имеет суммарную площадь 780 единиц на одну единицу площади стекла, покрытого светочувствительным составом. Столь большая площадь поверхности, чувствительной к свету краски, позволяет ей поглощать большую часть падающих на нее фотонов и к тому же повышает эффективность перехода электронов к стеклянной подложке.

Ожидаются дальнейшие усовершенствования. Фирма Sandoz начиная с 1989 г. помогает Грацелю синтезировать и испытывать новые красящие составы, а сейчас он подал заявку на выдачу патентов на краски для покрытия с большей светопоглощающей способностью. Элементы, предназначенные для массового производ-

ства, как заявил Энтшел, не обязательно будут основаны на красящем веществе с содержанием металла. В них, по-видимому, будет использоваться смесь красок, подобранная с учетом оптимального поглощения солнечного света. Предметом наиболее серьезного внимания исследователей является задача, как сделать используемое в светочувствительных элементах химическое соединение достаточно устойчивым, чтобы оно могло сохранять свою работоспособность на протяжении 10—20 лет. А. Бовери из Бадена недавно суммировал все поиски ученых и приступил к разработке промышленной технологии изготовления фотогальванических элементов. По словам О'Ригана, электропроводящие полимеры или другие соединения могут исключить необходимость в жидком электролите.

Фирма Sandoz также хлопочет по поводу выдачи ей патентов: если будет освоено промышленное производство новых элементов, то в упомянутый швейцарский научно-исследовательский институт начнут поступать лицензионные платежи. «Они были добры к нам, — сказал Грацель, являющийся консультантом фирмы Sandoz. — Осторожный предприниматель воздержался бы от вложений своих средств».

Сейчас у фирмы есть две небольшие лаборатории, работающие над этим проектом. Как сказал Энтшел, Sandoz взяла обязательства разработать новые элементы не позже чем к концу 1992 г. «К тому времени мы сможем сказать, окажется ли наша работа успешной, — заявил он. — Если да, то престиж фирмы, специализирующейся на разработке и производстве красящих веществ, станет еще выше».

Тим Бердсли



НА ТОРЖЕСТВАХ, посвященных вручению шутовских Нобелевских премий, восседают почетные гости — настоящие нобелевские лауреаты: Ш. Глэшоу, Э. Чиван, Д. Хершбах и Х. Кендалл (слева направо). Фото: Стенли Роуин.

## УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

По всем вопросам доставки журнала «В мире науки» просим обращаться в Центральное агентство зарубежных изданий «Союзпечать».

129110 ГСП Москва, Безбожный пер., д. 19, корп. 16  
тел. 280-89-87, 280-90-88, 280-88-11.

## Школьное образование в негритянских гетто США



МАЙКЛ ЛАЧ

КАРЛТОНСКИЙ колледж я окончил весной 1990 г., получив диплом бакалавра по физике и направлению в аспирантуру, учиться в которой мне не очень хотелось. Мой отец — физик, сам я стажировался в Лаборатории Ферми и в Брукхейвенской лаборатории, но карьера ученого меня не привлекала. Пока не привлекала. У меня были другие планы.

На последнем курсе колледжа я узнал о программе «Учить ради Америки». Для ее выполнения требовались способные выпускники колледжей, которых можно было бы послать в районы, испытывающие острую нехватку преподавателей. Я распрощался с аспирантурой и в рамках упомянутой программы был направлен в одну из средних школ в гетто в Новом Орлеане для преподавания физики и биологии.

Я думал, что представляю себе те трудности, с которыми сталкивается школа в гетто: в теленовостях проблемам образования уделяют много места. Я слышал, как Джордж Буш гордился тем, что его называют «президентом образования», и не раз видел по телевизору рекламные сообщения, призывающие идти работать в школу. Широкая пропаганда рассчитана на то, чтобы привлечь внимание к неустойчивости финансового положения школ, разрушающейся инфраструктуре, снижению успеваемости учащихся в области естественнонаучных дисциплин и математики и отсутствию заинтересованности у учителей. Но все эти призывы мало что сделали для улучшения школьного образования в Америке. Обстановка в школах с каждым днем ухудшается: групповая преступность переключалась с улицы в классы; все больше мы видим беременных девушек-подростков, несмотря на их осведомленность о возможности заражения СПИДом; углубляется социально-экономическое неравенство населения.

Некоторые видят во мне спасителя. Я полон оптимизма, равнодушен к своему делу, не лишен тщеславия, увлечен наукой и люблю детей. Гово-

рят, что еще несколько лет — и я приобрету опыт и стану квалифицированным преподавателем, способным решить проблемы проживающей в гетто молодежи путем улучшения школьного образования в стране. Но после года работы у классной доски я понял, что привлечение в школу таких, как я, не решит проблему. Первый год в школе был для меня изнурительным и полным разочарования. Достижения в моем классе успехи не могли меня удовлетворить. Теперь для меня ясно, что для улучшения школьного образования в естественных науках недостаточно привлечь энергичных и чувствующих свою ответственность преподавателей.

Первое замеченное мною препятствие к достижению этой цели — условия, в которых жили мои ученики. Почти все они были из бедных семей и существовали на пособия; обитали они в домах для бедноты и большей частью не имели либо отца, либо матери. Это были американцы африканского происхождения, лишённые чувства гордости за своих предков, о которых они ничего не знали. Большинство из них жили в среде, где ежедневно совершались преступления и в ходу были наркотики. В каждом из четырех девятих классов училась по крайней мере одна девочка, ставшая матерью. Все эти обстоятельства оказывали заметное влияние на детей; они приходили в школу озлобленные, подавленные и испуганные, отравленные физическим и духовным страданием.

Во многих случаях учащиеся, с которыми мне доводилось работать, считались безнадежными. На третий день моего пребывания в школе мне заявили: «Ничего не поделаешь, будь мы толковее, учились бы в Макмейне» (расположенной неподалеку престижной школе). Практически ни один ребенок никогда не выезжал за пределы штатов Миссисипи и Луизиана, а многие не отваживались покинуть даже территорию своего гетто. Они знали, что некоторые люди живут лучшей жизнью — например, выдающиеся спортсмены или главари

наркомафии, — но большинство девятиклассников смирились со своей участью прозябать в бедности.

Сама школа отражает безнадежность положения своих учащихся. Это стены с облупившейся краской, запачканные и испещренные надписями, и окна с узкими решетками или забитые фанерой, и выбившиеся из сил преподаватели. Меня поразили высокий профессиональный уровень учителей, но они были слишком утомлены своей работой. Дисциплина в переполненных классах оставляла желать лучшего, а ремонт в школе был редким явлением.

Материальное снабжение поддеживалось на минимальном уровне. Для проведения лабораторных работ мне самому приходилось доставать все необходимое — ножницы, наклонные плоскости, шкивы, шары, пружины, образцы приборов, равно как и вещи, необходимые в повседневной работе, — копировальную бумагу, мел, скобки для скрепления бумаг. По самым скромным подсчетам я тратил 800 долл. из моей заработной платы на приобретение материалов. Какое-либо оборудование для обеспечения безопасности вообще отсутствовало.

Препятствием к учебе служила и плохая начальная подготовка. Большинство из учеников отставали от своих сверстников (в среднем по стране) на один-два года. Мне приходилось обучать их действиям с десятичными дробями, прежде чем приступить к изучению метрической системы измерений. Я учил их, как выполнять сложное деление, чтобы определять удельный вес вещества. Лишь некоторые учащиеся могли без труда написать текст длиной в один абзац или прочитать страницу в учебнике.

Попытка изложить рассчитанную на несколько лет программу по тому или иному предмету в течение одного года требует большого физического напряжения. Я рассчитывал на то, что мне отведут достаточное количество часов. Но меня ждало разочарование: я узнал, что моя оплачиваемая нагрузка составляла всего 30 часов в неделю, т. е. была меньше полной занятости. На самом деле я тратил около 60 часов в неделю: по утрам еще до начала занятий приходилось готовить все необходимое для проведения лабораторных работ, а после окончания уроков оставаться для дополнительных занятий с отстающими и составления экзаменационных билетов. Выходные дни уходили на проверку тетрадей, составление планов уроков и подготовку наглядной информации. Во время занятий у преподавателя нет никаких перерывов. Я не мог отлучиться, чтобы выпить чашку кофе,

пока не наступал 27-минутный перерыв на обед.

Тягостная атмосфера, обветшавшее здание и скудное материальное снабжение превращают для детей учебу в суровую борьбу за выживание. Даже чтобы окончить среднюю школу, требуется большое напряжение, а надеяться на то, что ее выпускник сможет стать толковым студентом в университете или техническом вузе, просто не приходится. Школы, в которых обучаются дети из более состоятельных семей, не смогли бы вынести всего того, с чем мне приходилось сталкиваться каждый день. Необходимо в ближайшее же время коренным образом изменить эту ситуацию, в противном случае разделение людей в стране по их социально-экономическому положению углубится.

Конечно, какую-то помощь могли бы оказать рядовые американские граждане из числа тех, скажем, чья деятельность так или иначе связана со школой, особенно в бедных районах. Пожертвования добровольцев или их готовность уделить какое-то время школьникам были бы очень кстати. Мои ученики с большим удовольствием беседовали со страховым агентом, который пришел, чтобы прочитать лекцию о различных профессиях. Они не только проявили искренний интерес ко всему, о чем говорил лектор, но и были удивлены, что такая важная персона посвятила им целых полдня.

Все эти меры могут облегчить положение школы, но их одних недостаточно. Для того чтобы обучение в школе было эффективным, необходимо изменить всю атмосферу в негритянских гетто. Прежде чем объяснить ребенку разницу между скоростью и ускорением, его нужно накормить и избавить от страха. Программы, направленные на просвещение родителей в вопросах воспитания детей, организация малоимущих в группы взаимопомощи, борьба с торговлей наркотиками и наведение чистоты — все это необходимо для улучшения жизни в гетто.

Незначительные изменения и «новые» предложения, о которых сейчас много пишут газеты, конечно, не в силах трансформировать разлагающуюся и деморализованную систему школьного образования, которая уже в течение нескольких десятилетий претерпевает распад. Школы в американских гетто и обучающиеся в них дети нуждаются в гораздо большем количестве вещей, чем готово дать им наше общество. Подобно многим другим, я приобщился к профессии школьного учителя с желанием изменить к лучшему систему образования, но на этом пути стоят слишком серьезные препятствия.

## БЕЗДОМНЫЕ СЕМЬИ

CHARACTERISTICS OF SHELTERED HOMELESS FAMILIES. Ellen L. Bassuk, Lenore Rubin and Alison S. Lauriat in *American Journal of Public Health*, Vol. 76, No. 9, pages 1097—1101; September 1986.

WHY DOES FAMILY HOMELESSNESS OCCUR? A CASE-CONTROL STUDY. Ellen L. Bassuk and Lynn Rosenberg in *American Journal of Public Health*, Vol. 78, No. 7, pages 783—788; July 1988.

COMMUNITY CARE FOR HOMELESS FAMILIES: A PROGRAM DESIGN MANUAL. Ellen L. Bassuk et al. Newton Centre, Mass., The Better Homes Foundation, 1990.

HOMELESS CHILDREN AND YOUTH: A NEW AMERICAN DILEMMA. Edited by J. M. Kryder-Coe, L. M. Salamon and J. M. Molnar. New Brunswick, N. J., Transaction Publishers, 1991.

A RESEARCH AGENDA: HOMELESS FAMILIES WITH CHILDREN. Final Report of a Three-Day Conference Sponsored by National Institute of Mental Health and National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism, January 31—February 2, 1991. Ellen L. Bassuk and Deborah A. Cohen. Newton Centre, Mass., The Better Homes Foundation, 1991.

## КВАНТОВАЯ КОСМОЛОГИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

QUANTUM THEORY OF GRAVITY, PART I: THE CANONICAL THEORY. Bryce S. De-Witt in *Physical Review*, Vol. 160, No. 5, pages 1113—1148; August 25, 1967.

WAVE FUNCTION OF THE UNIVERSE. J. B. Hartle and S. W. Hawking in *Physical Review D*, Vol. 28, No. 12, pages 2960—2975; December 15, 1983.

QUANTUM COSMOLOGY. J. J. Halliwell. Cambridge University Press (in press).

## СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ

HEMATOPOIETIC GROWTH FACTORS. Edited by David W. Golde. Hematology/Oncology Clinics of North America, Vol. 3, No. 3. W. B. Saunders Company, 1989.

HAEMATOPOIESIS: SEARCHING FOR STEM CELLS. Norman Iscove in *Nature*, Vol. 347, No. 6289, pages 126—127; September 13, 1990.

HEMATOPOIETIC STEM CELLS, PROGENITOR CELLS, AND GROWTH FACTORS. P. J. Quesenberry in *Hematology*, 4th

ed. Edited by W. J. Williams, E. Beutler, A. J. Erslev and M. A. Lichtman. McGraw-Hill, 1990.

ANTOLOGOUS BONE MARROW TRANSPLANTATION. Subhash Gulati, Joachim Yahalom and Carol Portlock in *Current Problems in Cancer*, Vol. 15, January/February 1991.

MOUSE HEMATOPOIETIC STEM CELLS. G. J. Spangrude, L. Smith, N. Uchida, K. Ikuta, S. Heimfeld, J. Friedman and I. L. Weissman in *Blood*, Vol. 78, No. 6, pages 1395—1402; September 15, 1991.

## ЗАРОЖДЕНИЕ ВЕРХОВОЙ ЕЗДЫ

DEREIVKA: A SETTLEMENT AND CEMETERY OF COPPER AGE HORSE KEEPERS ON THE MIDDLE DNEIPER. Dimitri Y. Telegin in *British Archaeological Reports*, International Series 287, 1986.

THE "KURGAN CULTURE", INDO-EUROPEAN ORIGINS, AND THE DOMESTICATION OF THE HORSE: A RECONSIDERATION. David W. Anthony in *Current Anthropology*, Vol. 27, No. 4, pages 291—313; August—October 1986.

THE DOMESTICATION OF THE HORSE. David W. Anthony in *Equids in the Ancient World*, Vol. 2. Edited by Richard H. Meadow and Hans-Peter Uerpmann. Ludwig Reichert Verlag, 1991.

THE ORIGINS OF HORSEBACK RIDING. David W. Anthony and Dorcas R. Brown in *Antiquity*, Vol. 65, No. 246, pages 22—38; March 1991.

## ХИМИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО ОТ СОЛНЦА

SOLAR THERMAL CENTRAL RECEIVER SYSTEMS. Edited by M. Becker. Springer-Verlag, 1987.

ENERGY AND THE MISSING RESOURCE. I. Dostrovsky. Cambridge University Press, 1988.

HYDROGEN AS AN ENERGY CARRIER: TECHNOLOGIES, SYSTEMS, ECONOMY. Edited by Carl-Jochen Winter and Joachim Nitsch. Springer-Verlag, 1988.

SOLAR THERMAL TECHNOLOGY: RESEARCH AND DEVELOPMENT AND APPLICATIONS. Proceedings of the Fourth International Symposium, New Mexico, 1988. Edited by B. P. Gupta. Hemisphere Publications, 1990.

## АВСТРАЛИЙСКАЯ КУСТАРИКОВАЯ ИНДЕЙКА

ENERGETICS OF EMBRYONIC DEVELOPMENT IN THE MEGAPODE BIRDS, MALLEE FOWL, *LEIPOA OCELLATA* AND BRUSH

**НАПОМИНАЕМ АДРЕСА  
МАГАЗИНОВ — ОПОРНЫХ  
ПУНКТОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА  
«МИР»**

480064 Алма-Ата,  
просп. Абая, 35,  
магазин «Прогресс»

370105 Баку,  
ул. Кебхели,  
556/557, квартал № 17, магазин № 28

603006 Нижний Новгород,  
ул. Горького, 156,  
магазин № 29 «Наука»

141908 Дубна,  
ул. Векслера, 11,  
головной магазин

375019 Ереван,  
ул. Барекамутян, 24-а,  
магазин № 29

250001 Киев,  
ул. Крещатик, 44,  
магазин № 12

660036 Красноярск,  
Академгородок,  
магазин № 101

191040 Санкт-Петербург,  
ул. Пушкинская, 2,  
магазин № 5  
«Техническая книга»

121019 Москва,  
проспект Новоарбатский, 26,  
магазин № 200  
«Московский дом книги»

125315 Москва,  
Ленинградский просп., 78,  
магазин № 19 «Мир»

630091 Новосибирск,  
Красный просп., 60,  
магазин № 7  
«Техническая книга»

440605 Пенза,  
просп. Победы, 4,  
магазин № 1

142292 Пушкино-на-Оке,  
просп. Науки,  
магазин № 7

634034 Томск,  
ул. Нахимова, 15/1,  
магазин № 15

TURKEY ALECTURA LATHAMI, D. Vleck,  
C. M. Vleck and R. S. Seymour in  
*Physiological Zoology*, Vol. 57, No. 4,  
pages 444—456; July/August 1984.

GAS EXCHANGE IN THE INCUBATION  
MOUNDS OF MEGAPODE BIRDS. R. S. Sey-  
mour, D. Vleck and C. M. Vleck in *Journal  
of Comparative Physiology B*, Vol.  
156, No. 6, pages 773—782; November  
1986.

WATER RELATIONS OF BURIED EGGS  
OF MOUND BUILDING BIRDS. R. S. Sey-  
mour, D. Vleck, C. M. Vleck and D.  
T. Booth in *Journal of Comparative  
Physiology B*, Vol. 157, No. 4, pages  
413—422; August 1987.

TEMPERATURE REGULATION IN THE  
INCUBATION MOUNDS OF THE AUSTRALIAN  
BRUSH-TURKEY (*ALECTURA LA-  
THAMI*). Roger S. Seymour and David F.  
Bradford in *The Condor* (in press).

**СОФИ ЖЕРМЕН**

EXAMEN DES PRINCIPES QUI PEUVENT  
CONDUIRE À LA CONNAISSANCE DES LOIS  
DE L'ÉQUILIBRE ET DU MOUVEMENT DES  
SOLIDES ÉLASTIQUES. Sophie Germain in  
*Annales de Chimie et de Physique*, Se-  
ries 2, Vol. 38, pages 123—131; 1828.

SOPHIE GERMAIN: AN ESSAY IN THE  
HISTORY OF THE THEORY OF ELASTICITY.  
Louis L. Bucciarelli and Nancy Dwor-  
sky. D. Reidel Publishing Company,  
1980.

MÉCANIQUE ET THÉORIE DES SUR-  
FACES: LES TRAVAUX DE SOPHIE GER-  
MAIN. Amy Dahan-Dalmédico in  
*Historia Mathematica*, Vol. 14, No. 4,  
pages 347—365; November 1987.

ÉTUDE DES MÉTHODES ET DES  
"STYLES" DE MATHÉMATISATION: LA  
SCIENCE ET L'ÉLASTICITÉ. Amy Dahan  
Dalmédico in *Sciences à l'Époque de la  
Révolution*. Paris, Librairie Blanchard,  
1988.

**КРЕМНИЕВЫЕ СОЗДАНИЯ**

REFERENCE FRAMES FOR ANIMATE VI-  
SION. Dana H. Ballard in *Eleventh Inter-  
national Joint Conference on Artificial  
Intelligence: Proceedings*. Morgan Kauf-  
mann Publishers, 1989.

DESIGNING AUTONOMOUS AGENTS:  
THEORY AND PRACTICE FROM BIOLOGY  
TO ENGINEERING AND BACK. Edited by  
Pattie Maes. MIT/Elsevier, 1990.

UNIFIED THEORIES OF COGNITION.  
Allen Newell. Harvard University Press,  
1990.

INTELLIGENCE WITHOUT REASON.  
Rodney A. Brooks in *Twelfth Interna-  
tional Joint Conference on Artificial In-  
telligence: Proceedings*. Morgan Kauff-  
mann Publishers, 1991.

SPECIAL SECTION ON INTEGRATED

COGNITIVE ARCHITECTURE (Proceedings  
of the AAAI Spring Symposium on In-  
tegrated Intelligent Architectures) in  
*ACM SIGART Bulletin*, Vol. 2, No. 4,  
pages 2—184; August 1991.

**ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ  
МАТЕМАТИКА**

A POSSIBLE MODEL FOR A SINGULARI-  
TY WITHOUT COLLISIONS IN THE FIVE  
BODY PROBLEM. Josef L. Gerver in  
*Journal of Differential Equations*, Vol.  
52, No. 1, pages 76—90; March 30, 1984.

THE PROBLEMS OF MATHEMATICS. Ian  
Stewart. Oxford University Press, 1987.

THE EXISTENCE OF PSEUDOCOLLI-  
SIONS IN THE PLANE, preprint. Joseph L.  
Gerver. Rutgers University, 1990.

**В МИРЕ  
НАУКИ**

Учредитель:  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»  
Издание  
зарегистрировано  
в Госкомпечати СССР,  
рег. № 1342

Подписано в печать 10.03.92.  
По оригинал-макету. Формат 60 × 90/4.  
Гарнитуры таймс, телнос.

Офсетная печать.  
Объем 5,75 бум. л.  
Бумага офсетная № 1.  
Усл.-печ. л. 11,50.  
Уч.-изд. л. 14,69.  
Усл. кр.-отт. 48,00.

Изд. № 25/9055. Заказ № 4.  
Тираж 9460 экз. С2

Издательство «Мир»  
Министерства информации и печати  
Российской Федерации  
129820, ГСП, Москва, И-110,  
1-й Рижский пер., 2.  
Набрано в Фотонаборном центре  
издательства «Мир»  
Типография В/О «Внешторгиздат»  
Министерства информации и печати  
Российской Федерации  
127576, Москва, Илимская, 7

**РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ  
ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**ПОЛУЧЕНИЕ  
ИСКУССТВЕННОГО АЛМАЗА**

**ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Центром впервые разработана технология получения пленок искусственного алмаза при низком давлении и низкой температуре с помощью ионного распыления чистого графита. Способ универсальный и, кроме того, позволяет получать пленки из любых металлов, окислов, нитридов и т. д.

**ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ:**

- высокая прочность и твердость искусственного алмаза покрытий (в 2-3 раза выше показателей натурального алмаза);
- отсутствие нагрева изделия в процессе нанесения покрытия;
- сохранение высокого класса чистоты поверхности изделия после нанесения защитного покрытия;
- получение сверхтонких (0,3—1 нм) сплошных пленок;
- отсутствие принципиальных ограничений на габариты изделия (до поверхности в несколько м<sup>2</sup>).

Алмазные покрытия могут быть использованы для защиты и упрочнения поверхности изделий из металлов, керамики, пластмасс, стекла, что обеспечивает увеличение сроков их службы в 5-10 раз.

Опытное и промышленное использование технологии в производстве газодинамических опор приборов, окон рентгеновских счетчиков, магнитных дисков с плотностью записи 10<sup>7</sup> бит/см<sup>2</sup>; новых элементов памяти (наноиск) на основе нанотехнологии с плотностью записи 10<sup>12</sup> бит/см<sup>2</sup>; скальпелей и микроскальпелей, ножей дермотомов, мерительного инструмента, калибров, зеркал технологических лазеров, быстроизнашивающихся деталей текстильного оборудования — полностью подтвердило ее высокую эффективность.

Оригинальная технология защищена авторскими свидетельствами внутри страны и запатентована в США, Великобритании, Германии, Японии, Швейцарии и Франции. Технология включает в себя элемент «ноу-хау», который является ее ключевым звеном.

Разработчик предлагает заинтересованным производителям исполнение заказов по нанесению пленок искусственного алмаза на собственных полупромышленных установках.

РНЦ «Курчатовский институт» приглашает отечественные и зарубежные предприятия к сотрудничеству в создании совместных производств по выпуску продукции с использованием пленок искусственного алмаза.

**С предложениями обращаться:**

123182, г. Москва  
пл. Курчатова  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Телекс: 411594 ШУГА  
Телефон: 196 92 48  
Телефакс: (095) 196 45 88

