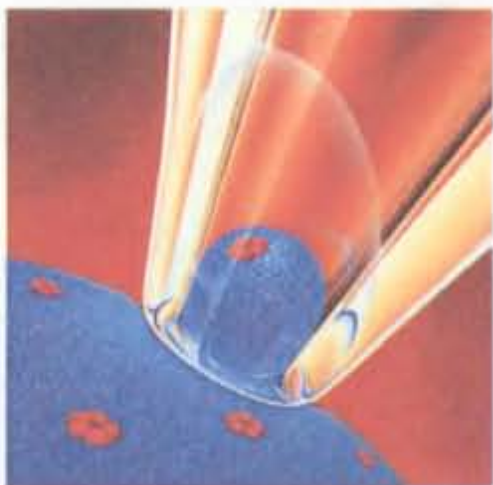


*В следующем номере:*



МЕТОД ПЭТЧ-КЛАМП

ПОЛЬША НА ПУТИ К РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ

ТЕКСТУРЫ И СТРОЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

ПОЧЕМУ УСТОЙЧИВЫ АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

ПАУЧЬИ СЕТИ И ШЕЛК

ИНФРАКРАСНЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

КОТЕЛ ИЗ ГУНДЕСТРУПА

В ПОИСКАХ ВОЛН

# В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Издание на русском языке



Апрель **4** 1992

ЛАЗЕРНЫЙ ЗАХВАТ  
НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

# ОБРАЩЕНИЕ К ПОДПИСЧИКАМ ЖУРНАЛА

## «В МИРЕ НАУКИ»

### Дорогие друзья!

Уже 10-й год выходит наш журнал на русском языке. И 10-й год редакция прилагает все усилия оперативно и без потерь донести до вас информацию с переднего края мировой науки. Если в первые годы нашего издания мы пробивали железный занавес, отделявший нашу страну от иных точек зрения, оценок и подходов, не принятых и не допустимых при существовавшем, т. е. разрешенном «сверху», единомыслии, то сейчас возникает новый занавес — занавес информационного вакуума, обусловленный распадом научных структур, отсутствием финансовых возможностей у библиотек, академических институтов, учебных заведений, издательств и средств массовой информации выполнять свои функции по просветительской и научно-информационной деятельности. А именно эта деятельность в настоящее время приобретает особое значение. С одной стороны, в образующемся вакууме уже начали возникать антинаучные и антитехнологические тенденции, занимающие все большее место в информационной сфере. Это будет иметь последствием потерю того вклада в духовный потенциал общества, который обязан науке. За этим последует ослабление интеллектуального потенциала и, как следствие, — вырождение общества, вплоть до распада цивилизации.

С другой стороны, в связи с развитием рыночных отношений все большее значение во всем мире приобретает разнообразная и точная информация, рассказ о достижениях науки и техники, преследующий не столько популяризаторские цели, сколько взаимную ориентацию производителей и потребителей. Эти задачи тесно связаны, поскольку только грамотное и информированное общество может потреблять в сфере производства, культуры и знаний и только понимание процессов развития, происходящих в мире и обществе служит гарантией его устойчивости и основой роста. Решению этих задач способствует и журнал «Scientific American», который читают десятки миллионов людей во всем мире.

К сожалению, из-за переживаемых нами трудностей тираж «В мире науки», русскоязычного издания этого журнала, в 1992 г. снизился до 10 тыс. экземпляров, а стоимость изготовления и распространения только одного экземпляра стала обходиться редакции в 35 рублей. Мы пытаемся путем привлечения различных средств компенсировать огромные убытки и постараться в текущем году выпустить все номера журнала без переобъявления подписки.

Редакция будет признательна за любое содействие во всемерном привлечении капиталов, спонсорских вложений, публикации рекламно-информационных материалов заинтересованных организаций и иных действий, способствующих выводу из сложившейся ситуации.

Мы приглашаем всех оказать посильную помощь в издании журнала, на благо отечественной науки и культуры.

Наш расчетный счет № 362305 в Коммерческом народном банке, уч. 30 ф. 19101  
(для журнала «В мире науки»).

Редакция журнала  
«В МИРЕ НАУКИ»

# В МИРЕ НАУКИ

Scientific American · Издание на русском языке

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ

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

МОСКВА «МИР»

№ 4 АПРЕЛЬ 1992

В номере:

#### СТАТЬИ



(Scientific American, February 1992, Vol. 266, No. 2)

#### 6 Беженцы из Юго-Восточной Азии и успехи в учебе

Натан Каплан, Марселла Х. Чой, Джон К. Уитмор

Дети беженцев из Юго-Восточной Азии добиваются прекрасных успехов в рамках системы американского образования. Исследование культурных факторов такого успеха позволяет сделать предположение, что причины кризиса в образовательной системе США лежат скорее в социальной, нежели в учебной сфере



#### 14 Грязевые вулканы в районе Марианских островов

Патриция Фрайер

Под воздействием флюидов, которые выдавливаются из Тихоокеанской плиты при ее погружении в процессе субдукции, мантийные породы превращаются в своего рода серпентиновый ил. Медленно перетекая затем по трещинам вверх, они образуют горы на морском дне вблизи Марианского желоба



#### 22 Инвазия и метастазирование раковых клеток

Ланс А. Лиотта

Наиболее угрожающей особенностью рака является необнаруживаемое расселение опухолевых клеток по организму. Выяснение механизма их проникновения в ткани поможет создать новые методы лечения



#### 32 Млекопитающие островной Европы

Герхард Шторх

В карьере близ Месселя в Германии найдены замечательно сохранившиеся ископаемые остатки млекопитающих, водившихся в Европе в то время, когда она была островом. Эта находка проясняет ключевую фазу эволюционной истории



#### 41 Лазерный захват нейтральных частиц

Стивен Чу

Лазеры можно использовать для захвата и управления электрически нейтральными частицами. Эти методы позволяют ученым охлаждать пары почти до температуры абсолютного нуля, разрабатывать новые атомные часы и «растягивать» отдельные молекулы ДНК



#### 50 Бирюза в доколумбовой Америке

Гарман Харботл, Фил Уэйганд

До прибытия конкистадоров этот драгоценный камень имел большое культовое и экономическое значение в Мезоамерике, что способствовало развитию обширной торговли и культурных контактов с Юго-Западом Северной Америки



#### 58 Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский

Диана Б. Пол, Костас Б. Кримбас

Вокруг имени этого генетика, родившегося в России, ведутся споры. Его главные научные достижения получены им в период работы в нацистской Германии, а затем он был осужден в СССР за измену Родине



#### 69 Тенденции развития бытовой электроники

Совершенство изображения

Элизабет Коркоран

Европа делает ставку на телевидение высокой четкости. Появится ли в 1992 г. объединенная технологическая держава?

#### РУБРИКИ

4 Об авторах

4 50 и 100 лет назад

13, 30, 38, 47,

57, 79, 85, 89 Наука и общество

82 Занимательная математика

88 Книжки

95 Эссе

96 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 Morison (BOOK EDITOR)

Corey S. Powell

John Rennie, Phillip E. Ross

Rick 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

© 1992 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. Калица

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Л. В. Шепелева

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

З. Е. Кожанова, О. К. Кудрявов,

Т. А. Румянцева, А. М. Смотров,

А. Ю. Краснопевцев, 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



### ЛАЗЕРНЫЙ ЗАХВАТ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

На обложке показаны шесть лазерных пучков, которые используются для охлаждения атомов до температур, близких к абсолютному нулю. Это часть созданной установки для измерения энергетических состояний атомов с очень высокой точностью. Такие исследования показывают, что существует возможность усовершенствования атомных часов и более точного измерения силы гравитации. Лазерные методы могут применяться также для управления отдельными молекулами, клетками и другими микроскопическими объектами (см. статью Стивена Чу «Лазерный захват нейтральных частиц» на с. 41).

### Иллюстрации

ОБЛОЖКА: иллюстрация George Retseck

СТР.	АВТОРИСТОЧНИК	СТР.	АВТОРИСТОЧНИК	СТР.	АВТОРИСТОЧНИК
7	Jason Goltz	35	Senckenberg Museum		courtesy of Marguerite Vogt (вверху в середине), AP/Wide World Photos (внизу в середине, справа и крайний справа)
8—10	Johnny Johnson	36	Senckenberg Museum (вверху и в середине), State Museum of Natural History, Karlsruhe (внизу)		
11, 12	Jason Goltz	37	Senckenberg Museum	62, 63	Courtesy of the Archives, California Institute of Technology (внизу слева), Sovfoto/Eastfoto (вверху слева), courtesy of Vassily Babkoff and Elena Sakanyan (внизу в середине)
14, 15	Gerard Fryer, University of Hawaii	40	Douglas L. Peck		
16	Ian Worpole	42—45	George Retseck		
17	Gerard Fryer	46	Arthur Ashkin, AT&T Bell Laboratories		
18	Patricia Fryer (вверху), Gerard Fryer (внизу)	50—52	Lee Boltin/ Trustees of the British Museum		
19, 20	Patricia Fryer	53	Laurie Grace		
23	Peter Bendt/ Custom Medical Stock Photo	54	Lee Boltin/ Trustees of the British Museum		
24, 25	Dana Burns-Pizer	55	Joe LeMonnier		
26	Dana Burns-Pizer (вверху), David Montrose/ Custom Medical Stock Photo (внизу слева), Lance A. Liotta (внизу справа)	56	Lee Boltin/ Trustees of the British Museum	68, 69	Steve Murez/ Black Star
28	Dana Burns-Pizer	59	Courtesy of Vassily Babkoff and Elena Sakanyan		
29	Jason Küffer	60, 61	Kadr (крайний слева), Genetics, Vol. 55, No. 1, 1967 (вверху слева), Bettmann Archive (внизу слева),	70	Ian Worpole
33	Patricia J. Wynne (вверху), Senckenberg Museum of Natural History, Frankfurt am Main (внизу)			71	Charles P. Sandbank, courtesy of John Wiley & Sons Ltd
34	Angelika Helfricht			72, 73	Ian Worpole
				74	Johnny Johnson
				75, 76	Steve Murez/ Black Star
				82, 84	Andrew Christie

Nathan Caplan, Marcella H. Choy, John K. Whitmore "Indochinese Refugee Families and Academic Achievement" (НАТАН КАПЛАН, МАРСЕЛЛА Х. ЧОЙ, ДЖОН К. УИТМОР «Беженцы из Юго-Восточной Азии и успехи в учебе») проводили совместное исследование семей беженцев из Юго-Восточной Азии, работая в Институте социальных исследований в Мичиганском университете в Анн-Арборе. Каплан — почетный профессор психологии Мичиганского университета и директор программы. Чой — соискатель докторской степени в области социальной психологии. Уитмор — специалист по Юго-Восточной Азии.

Patricia Fryer "Mud Volcanoes of the Marianas" (ПАТРИЦИЯ ФРАЙЕР «Грязевые вулканы в районе Марианских островов») большую часть своей деятельности посвятила исследованию геологии Марианского региона. Младший научный сотрудник отделения планет факультета научных и технологических исследований океана и Земли Гавайского университета в Маунао, где она и получила докторскую степень по геологии и геофизике. По словам самой Фрайер, то немногое свободное время, которое у нее есть, она посвящает семье, музыке и шитью платьев для кукол своей дочери.

Lance A. Liotta "Cancer Cell Invasion and Metastasis" (ЛАНС А. ЛИОТТА «Инвазия и метастазирование раковых клеток») возглавляет лабораторию патологической анатомии в Национальном институте рака. Кроме того, он профессор в клинике Медицинской школы Университета Джорджа Вашингтона и доцент Медицинской школы Джорджтаунского университета. Изучал биологию в Хайрем-колледже, диплом об окончании которого получил в 1969 г. Степени доктора философии и медицины

присвоены ему в 1976 г. в Университете Кейса в Кливленде (шт. Огайо) за работу, в которой предлагается новая модель процесса метастазирования при раке. Лиотта удостоен множества профессиональных знаков почета.

Gerhard Storch "The Mammals of Island Europe" (ГЕРХАРД ШТОРХ «Млекопитающие островной Европы») — глава секции ископаемых млекопитающих в Зенкенберговском научно-исследовательском институте и Музее естественной истории во Франкфурте-на-Майне. Получил докторский диплом в 1967 г. в Университете им. Гете во Франкфурте и специализировался в области палеонтологии позвоночных, проводя раскопки позднекрейцеровых местонахождений во Внутренней Монголии и плейстоценовых местонахождений на островах Средиземноморья. В основном интересуется фауной Месселя — ее биогеографическим значением, палеобиологией млекопитающих и их систематикой.

Steven Chu "Laser Trapping of Neutral Particles" (СТИВЕН ЧУ «Лазерный захват нейтральных частиц») — заведующий кафедрой физики и профессор гуманитарных и естественных наук Станфордского университета. В 1976 г. получил степень доктора в области физики в Калифорнийском университете в Беркли, где продолжал научную работу еще в течение двух лет, затем стал сотрудником AT&T Bell Laboratories. В 1983 г. возглавил исследовательский отдел по квантовой электронике. Через четыре года Чу стал профессором физики Станфордского университета.

Garman Harbottle, Phil C. Weigand "Turquoise in Pre-Columbian America" (ГАРМАН ХАРБОТЛ, ФИЛ УЭЙГАНД «Бирюза в доколумбовой Аме-

рике») более 20 лет изучают использование бирюзы человеком. Харботл получил докторскую степень в Колумбийском университете. Старший химик Брукхейвенской национальной лаборатории, он использует методы естественных наук для решения археологических проблем. Уэйганд — антрополог, работает в Калехио де Мичоакан в Мехико и в Северном музее Аризоны во Флагстаффе. Он защитил докторскую диссертацию в Университете Южного Иллинойса и в настоящее время возглавляет археологические работы в Мексике и на Юго-Западе США.

Diane B. Paul, Costas B. Krimbas "Nikolai V. Timofeeff-Ressovsky" (ДИАНА Б. ПОЛ, КОСТАС Б. КРИМБАС «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский») сотрудничают в исследованиях по истории генетики. Пол является профессором политических наук в Массачусетском университете в Бостоне и научным сотрудником Музея сравнительной зоологии в Гарвардском университете. Степень доктора философии она получила в Университете Брандейса в 1975 г. В 1988—89 гг. стажировалась в научном центре в Берлине, где и собрала основной материал по данной статье. Сборник статей Пол будет опубликован в 1993 г. Кримбас — профессор генетики Сельскохозяйственного университета в Афинах. Ему присвоены ученые степени в Лозанском университете в Швейцарии, в Сорбонне в Париже и в Колумбийском университете, где он учился генетике у Феодосия Добжанского.

Geoffrey Burbidge "Essay" (ДЖЕФФРИ БЕРБИДЖ «Эссе») — профессор физики Калифорнийского университета в Сан-Диего, бывший директор Национальной обсерватории Китт-Пик.

ния. Вот почему мы столкнулись сейчас с необходимостью осуществления организационных мер по снижению до минимума разрушительного воздействия воздушных налетов, по предотвращению массовой истерии и, что важнее всего, по спасению человеческих жизней».

«Ракета, предназначенная для военных целей, могла бы получать энергию для своего движения благодаря сгоранию спирта или бензина в смеси с жидким кислородом. Двигатель в этом случае представляет собой обычную камеру сгорания, имеющую сопло для вывода выхлопных газов. Отсек управления можно было бы снабдить средством радиоуправления рулевыми поверхностями. Ничего сверхсложного в такой конструкции нет, хотя ракета и будет дороже, чем артиллерийский снаряд».

Теперь что касается различных видов военного использования ракет. Современные трехдвигательные зенитные снаряды не очень эффективны и не достигают требуемой высоты. Немские бомбардировщики многократно и беспрепятственно долетали до Лондона, несмотря на громадную концентрацию подразделений ПВО. Ракета стартует с нулевой скоростью и непрерывно ускоряется до тех пор, пока у нее не кончится топливо. Таким образом, можно было бы легко сконструировать ракету, которая достигала бы высоты в 30 тыс. или даже 40 тыс. футов. Возможно, это и есть искомое оружие против вражеских бомбардировщиков. В свое время ракета сыграла важную роль в уничтожении наполеоновского флота в войне против Англии. В будущем, возможно, ракетные снаряды станут своего рода «дальнобойной артиллерией».

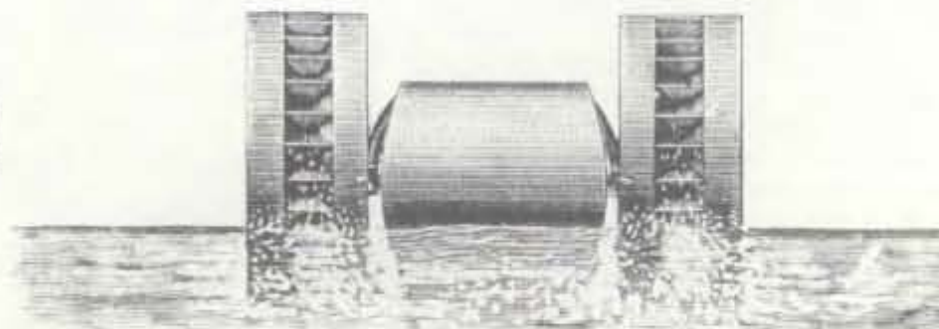
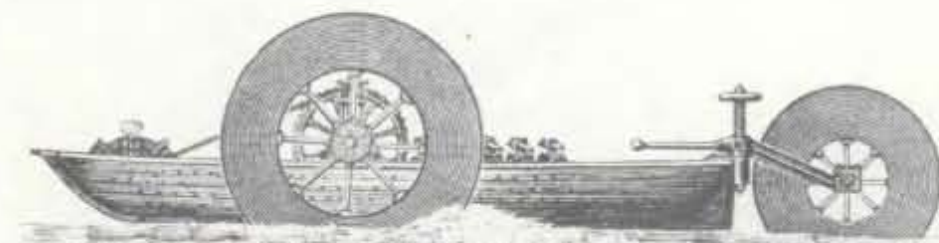
Наконец, ракетный двигатель, неэффективный в качестве двигателя самолета при современных скоростях, мог бы использоваться для отрыва самолета от земли при взлете, обеспечив огромную тягу и позволив увеличить загрузку наших бомбардировщиков дальнего действия».

Он намеревается разместиться в просторной и крепкой железной клетке, которая могла бы предохранить его от нападений этих животных, в то время как он будет слушать их «высказывания» и записывать их на фонограф. Гарнер считает, что ему удастся выявить «взгляды» горилл-вожаков с меньшими трудностями и с большей точностью, чем это обычно можно сделать в случае с некоторыми выдающимися лицами, с замечательной легкостью произносящими речи на жизненно важные темы».

«Генри Уайлд, член Королевского общества, пришел к заключению, что наружная оболочка земного шара и огромная масса внутри нее вращаются в некоторой степени независимо друг от друга. Внутренняя часть, все еще в жидком состоянии, продолжает, как он полагает, обращаться вокруг оси, которую наша планета имела в «младенческой» стадии своего существования. По его мнению, земная кора сместилась на угол приблизительно в 23°, что произошло в результате глобального катаклизма, когда Луна оторвалась от Земли. Г-н Уайлд занят сейчас постройкой механизма, состоящего из сферы, находящейся внутри другой сферы несколько большего размера, причем обе сферы превращены в магниты посредством охватывающих их проволочных катушек. На те участки поверхности, которые соответствуют океанам, он наложил намагниченное листовое же-

лезо. Кроме того, внутренняя и наружная сферы вращаются вокруг осей, отклоненных друг от друга на 23<sup>1</sup>/<sub>2</sub>°. И наконец, он обеспечил возможность фиксации магнитной стрелки в любой точке поверхности глобуса. Уайлд заявляет, что при помощи этого хитроумного устройства можно воспроизвести все известные изменения напряженности и направления магнитного поля Земли, о которых сохранились какие-либо свидетельства. И что является весьма убедительным доводом в пользу этого эксперимента, характер изменения магнитного поля за последние четыре столетия — насколько он изучил его — фактически повторяется до малейших деталей, когда при вращении упомянутых сфер задается «отставание» внутренней сферы относительно наружной на величину 22<sup>1</sup>/<sub>2</sub> дуговой минуты в год».

«Г-н Густава Труве всегда поражала громадная разница в скорости локомотива и корабля. Относительно низкие кинематические качества судов он относит на счет огромного сопротивления, оказываемого на них водой. Однако действительно ли каждая из двух функций судна — плавание и поступательное движение — требует наличия собственного специального органа? Именно затем, чтобы ответить на этот вопрос, г-н Труве сконструировал аппарат, боковой и передний виды которого показаны на рисунке».



Электрическая лодка, соединяющая в себе гребной винт и поплавок

## 50 и 100 лет назад



ФЕВРАЛЬ 1942 г. «В такого рода войне, которую мы сейчас ведем, необхо-

димо обеспечить защиту гражданского населения, поскольку это — всеобщая война, «тотальная» война, в которой принимает участие каждый, и ничего нового здесь нет. Это старо как мир. Мы имеем на этот счет ут-

верждение г-на Шикльгубера о том, что одной из целей такого рода войны является «исчезновение побежденного народа с арены истории». Вот почему мы должны рассмотреть проблему защиты гражданского населе-

SCIENTIFIC AMERICAN

ФЕВРАЛЬ 1892 г. «Проф. Р. Л. Гарнер предполагает посетить Африку, захватив с собой некоторые принадлежности и приспособления для проживания среди горилл, которые позволят ему познакомиться с их речью».

# Беженцы из Юго-Восточной Азии и успехи в учебе

*Дети беженцев из Юго-Восточной Азии добиваются прекрасных успехов в рамках системы американского образования. Исследование культурных факторов такого успеха позволяет сделать предположение, что причины кризиса образовательной системы США лежат, скорее, в социальной нежели в учебной сфере*

НАТАН КАПЛАН, МАРСЕЛЛА Х. ЧОЙ, ДЖОН К. УИТМОР

**П**РЕКРАСНЫЕ результаты в учебе, которые демонстрируют дети в Азии, — факт общепризнанный. Их ошеломляющий прогресс, особенно, в области естественных наук и математики, побудил американских педагогов посетить школы Японии и Тайваня, с целью выявить, что же лежит в основе этих достижений. По мнению специалистов, американским школам необходимо перенять кое-что в подходах своих азиатских коллег, например, увеличить продолжительность учебного года или ориентироваться на более серьезные задачи, которые ставятся перед учащимися, в целях повышения образовательного уровня в американских школах.

Однако чтобы увидеть корни успехов азиатских школьников, зарубежные поездки не нужны. Превосходные достижения американских учащихся азиатского происхождения свидетельствуют о том, что многое можно понять, изучая систему американского образования. В период с конца 1970-х до начала 1980-х годов неблагоприятная экономическая и политическая обстановка вынудила многие семьи вьетнамцев, лаосцев и этнических китайцев из Вьетнама попытаться счастья в США. Переселение к нам «людей в лодках» из Юго-Восточной Азии дало редкую возможность познакомиться с интеллектуальными возможностями их детей.

Юные беженцы вступают в учебу, проводя месяцы и даже годы, получая чисто формальное образование в лагерях для переселенцев. Подобно своим родителям, они перенесли все тяготы бегства из родного дома. Несмотря на все эти трудности, практически не зная английского языка, дети быстро адаптировались к новым условиям в школах и начали показывать прекрасные результаты.

Изучая, насколько улучшились с начала 1980-х годов экономическое по-

ложение и образовательный уровень переселенцев на примере 1400 семей наша группа при Мичиганском университете проанализировала факторы, повлиявшие на успехи детей из этих семей. Некоторые обычные объяснения, такие как родительская поддержка и сосредоточенность на учебе, оказались применимыми, другие гипотезы не оправдались.

Хотя некоторые из полученных нами данных позволяют говорить о специфике культурных традиций, остальные, несомненно, указывают на первостепенную роль семьи в достижениях детей. И поскольку эта особенность выходит за рамки культурных традиций, она заинтересовала педагогов, социологов и политиков, равно как и самих беженцев. Стало ясно, что американская образовательная система хорошо работает при поддержке учащихся вне школы со стороны семьи и общества.

Наше исследование охватило многие стороны процесса переселения. Мы собрали данные о 6750 человек из пяти урбанизированных районов: это графство Ориндж (шт. Калифорния), города Сиэтл, Хьюстон, Чикаго и Бостон. В результате мы получили информацию о происхождении и семейной жизни беженцев, а также экономические и демографические данные. Мы обнаружили, что по своему интеллектуальному и социальному статусу эти люди были более ординарными, чем их предшественники, бежавшие из Вьетнама в 1975 г., когда пал Сайгон. Новые переселенцы были очень слабо знакомы с западной культурой, и по приезде в США они практически не знали английского языка. Зачастую все, что они имели с собой, была их одежда.

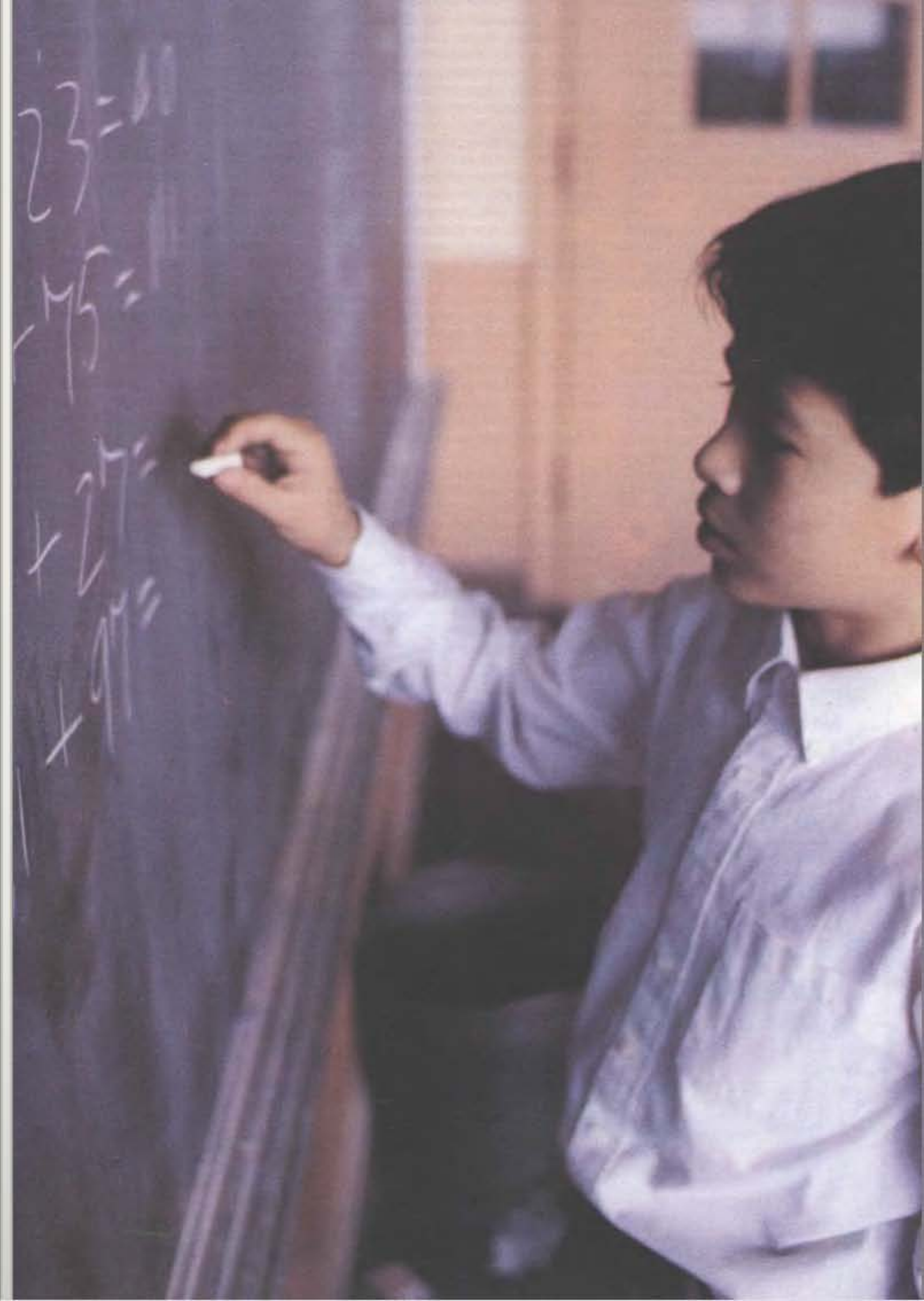
**И**З ЭТОЙ достаточно большой группы мы взяли методом случайной выборки 200 семей, включая 536 детей школьного возраста (27%

семей имело четырех детей и более). К моменту проведения исследования эти юные переселенцы прожили в США в среднем три с половиной года. Сведения о родителях и детях собирались путем их опроса на родном языке. Мы также изучили записи, которые велись в школах, и другую документацию.

Все дети учились в школах с невысоким уровнем успеваемости, расположенных в бедных городских районах. Для анализа дети были распределены по возрастным группам: из классов с 1-го по 11-й начальной школы было отобрано по 8% из каждого, из детского сада и 12-го класса по 5%. Школьные отметки мы перевели в «цифровую среднюю оценку» (ЦСО), приравняв «А» к «4», а «D» к «1». Расчеты показали, что средняя ЦСО у детей была равна 3,05, т. е. чуть выше «В», 27% имело общую ЦСО, равную «А», 52% — «В» и 17% — «С». Только 4% имели ЦСО ниже «С».

В сравнении с общими ЦСО, еще более поразительными были оценки учащихся по математике. Почти половина детей имели по математике «А», а одна треть — «В», т. е. четверо из пяти имели «А» или «В». Успехи по этому предмету не удивляют: детям легче даются дисциплины, в которых английский язык не играет решающей роли: математика, физика, химия и естественные науки. Как и ожидалось, их отметки в гуманитарных науках были ниже: там, где требовалось хорошее знание языка, как например, собственно в английском, истории и общественных науках, совокупная ЦСО составила 2,64.

**ВЬЕТНАМСКИЙ МАЛЬЧИК** — один из многих выходцев из Юго-Восточной Азии, обучающихся в школе № 122 в Бронксе (Нью-Йорк). Подобно другим школьникам из семей беженцев этот восьмилетний мальчик показывает замечательные успехи в математике.



Для сопоставления этих локальных данных с картиной по всей стране мы обратились к результатам стандартных тестов, в частности, к «Калифорнийскому тесту на успеваемость» (California Achievement Test — CAT). И вновь обнаружили, что достижения «наших беженцев» были весьма высокими. Их средняя оценка по тесту CAT отвечала 54-ому процентилю, т. е. они были лучше 54% экзаменуемых, тем самым достигнув уровня, превышающего средний по стране. Интересно, что их оценки тесно группировались вокруг средней величины, иными словами диапазон индивидуальных различий был невелик.

Общенациональные тесты также показали, что у детей из Юго-Восточной Азии математические способности выше средних, если сравнивать их с другими детьми, сдающими экзамены на том же уровне. Половина обследованных детей имела оценки, соответствующие высшему квартилю (т. е. попали в 25% лучших), а 27% вошли в 10-ый дециль (т. е. показали более высокие результаты, чем 90% учащихся по стране). Тест CAT по математике подтвердил, что ЦСО этих детей была результатом не каких-либо местных особенностей, а честного математического «сопоставления».

Наихудшие результаты, были и здесь получены по языку и чтению. Средняя оценка оказалась чуть ниже,

чем по стране. По причинам, рассмотренным выше, такой результат можно считать закономерным, хотя остается удивляться, что в языковых тестах оценки этих учащихся приближались к общенациональным показателям.

ЦСО и результаты SAT свидетельствуют, что дети беженцев показывают отличные успехи в учебе, особенно, если учитывать их подготовку. Пережитые ими физические лишения и эмоциональные травмы, а также недостаточная подготовка не могут благоприятствовать легкой адаптации к школьной системе в США. Однако несмотря на воспоминания о своем тяжелом прошлом, эти дети нашли в себе силы сосредоточиться на настоящем и работать ради будущего. Идя этим путем, они достигли замечательных успехов в учебе. И что еще удивительнее, этого добились не отдельные наиболее одаренные дети, а большинство.

Ясно, что эти достижения стимулированы силами, которые способны преодолеть чуждые географические и демографические факторы. С помощью различных статистических методов мы попытались выявить эти силы. В процессе анализа мы обратили внимание на один примечательный факт: положительную корреляцию между количеством детей в семье и ЦСО.

Традиционно большое количество детей в семье связывали с их плохой успеваемостью. Практически все собранные ранее данные указывают на закон «обратной зависимости»: чем больше детей в семье, тем ниже средняя ЦСО и другие показатели успеваемости. Как правило, отмечалось снижение ЦСО и других показателей на 15% на каждого дополнительного ребенка в семье. Объяснения этому явлению давались разные, однако суть была одна.

В исследованной нами ситуации этот фактор либо был нейтрализован, либо выполнял положительную функцию. Мы восприняли это обстоятельство, как важный ключ к пониманию роли семьи в успехах ребенка. Мы полагали, что характерные особенности семьи могут объяснить, почему эти достижения проявились так рано в среде переселенцев, и как дети и родители преодолели такие препятствия, как слабое знание английского языка, бедность и часто тяжелую атмосферу городских школ.

Поскольку они являлись пришельцами в чужой стране, мы могли полагать, что по крайней мере некоторые из причин школьных успехов лежали в их культурных традициях. Не игнорируя некоторых особенностей, присутствующих в США, таких как возможность получить хорошее образование и перспективы продвижения, мы считали, что в этой стране дети из Юго-

Восточной Азии должны руководствоваться ценностями и традициями, которые они впитали на своей родине.

Культурное воспитание не происходит в вакууме, оно передается через семью. Ощущение принадлежности к культуре у детей, как правило, формируется в результате спонтанных концентрированных усилий родителей в семейном кругу. Такая передача ценностей от одного поколения к другому является универсальным способом сохранения культуры.

Мы пытались выяснить, какие из этих ценностей были важны для родителей, как они передавались детям и каким образом влияли на успехи детей в школе. Наши анкеты включали 26 вопросов, касающихся такого рода ценностей, причем вопросы выбирались на основе изучения азиатской литературы и социологических исследований. Опрашиваемые должны были оценить значимость этих ценностей для своей жизни.

Мы обнаружили, что оценки родителей и детей совпадают, показывая, что родители хорошо справлялись со своими обязанностями наставников. В основном, все они прибыли в США, неся с собой виды на будущее и ценности, основанные на собственных культурных традициях. Мы также выяснили, что культурные традиции играют важную роль в учебных успехах детей. Сохраняющиеся ценности

поддерживают мотивацию и дают направление в жизни, когда семья борется с проблемами в стране, так сильно отличающейся от их родины. Эти ценности создают ряд культурных стереотипов, уходящих корнями в конфуцианские и буддийские традиции Восточной и Юго-Восточной Азии.

Семья выступает основным «институт» этих традиций, в рамках которого и посредством которого усваиваются знания. Прибегнув к факторному анализу и другим статистическим методам, мы попытались выявить, как группируются культурные ценности, а также их связь с учебными успехами. Анализ показал, что отношения между родителями и детьми, равно как их отношения с родственниками складываются на основе взаимных, коллективных обязательств. Они стремятся к тому, чтобы достигнуть в семье взаимного уважения, сотрудничества и гармонии.

НИ В ЧЕМ так ярко не проявляется стремление к успеху как в продолжительности домашних занятий. В старших классах школьники, выходцы из Юго-Восточной Азии, занимаются самостоятельно около 3 ч 10 мин в день, ученики средних классов — 2,5 ч, младших — 2 ч 5 мин. Исследования, проводимые в США, показывают, что американские школьники средних и старших классов тра-

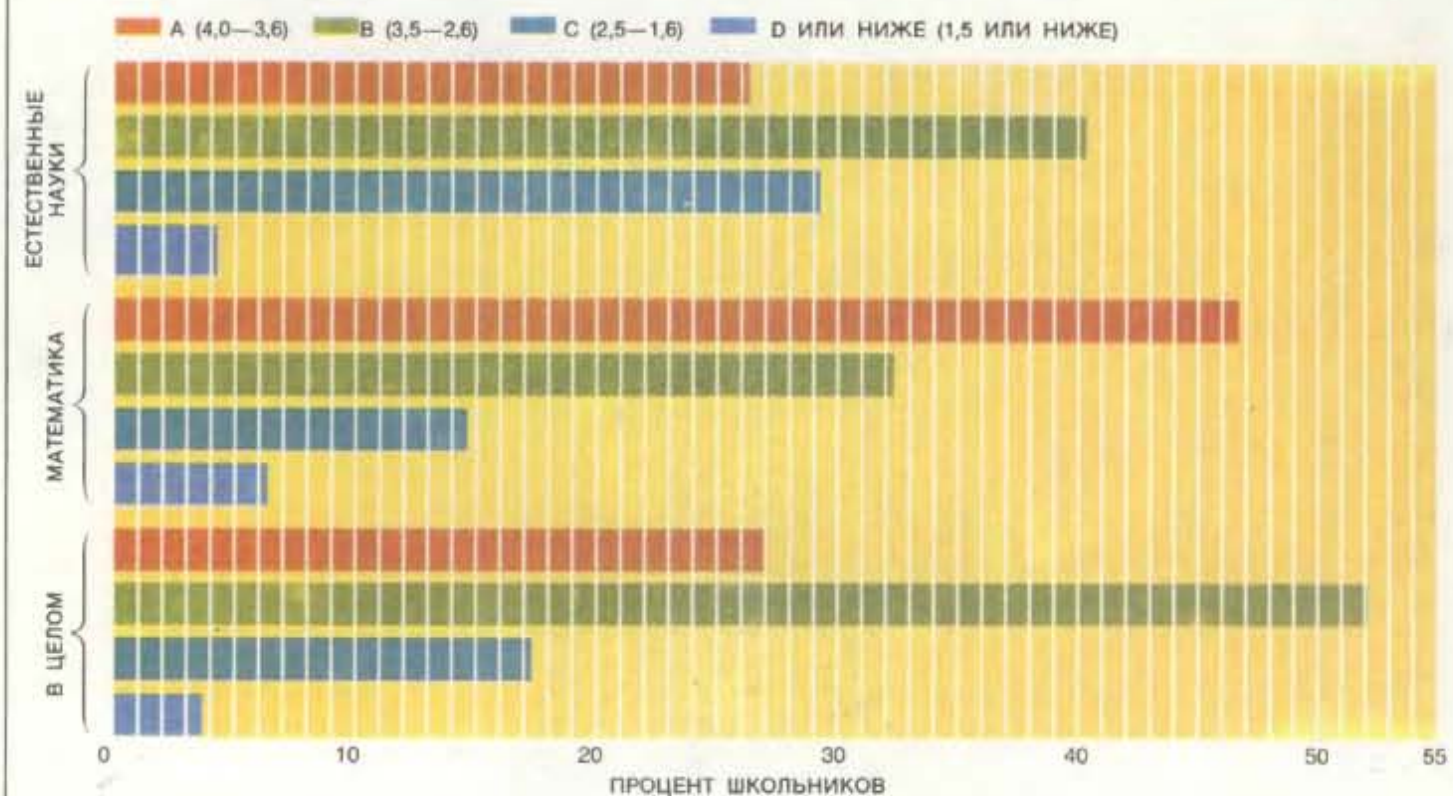
тят на занятия дома около 1,5 ч.

Таким образом, в семьях беженцев учеба по вечерам доминирует над домашними делами. Хотя недостаточная образованность и слабое знание английского языка мешают родителям понять суть домашних заданий, они ставят перед детьми определенные цели на время вечерних занятий и воспитывают в них чувство ответственности за школьные отметки и другие практические результаты.

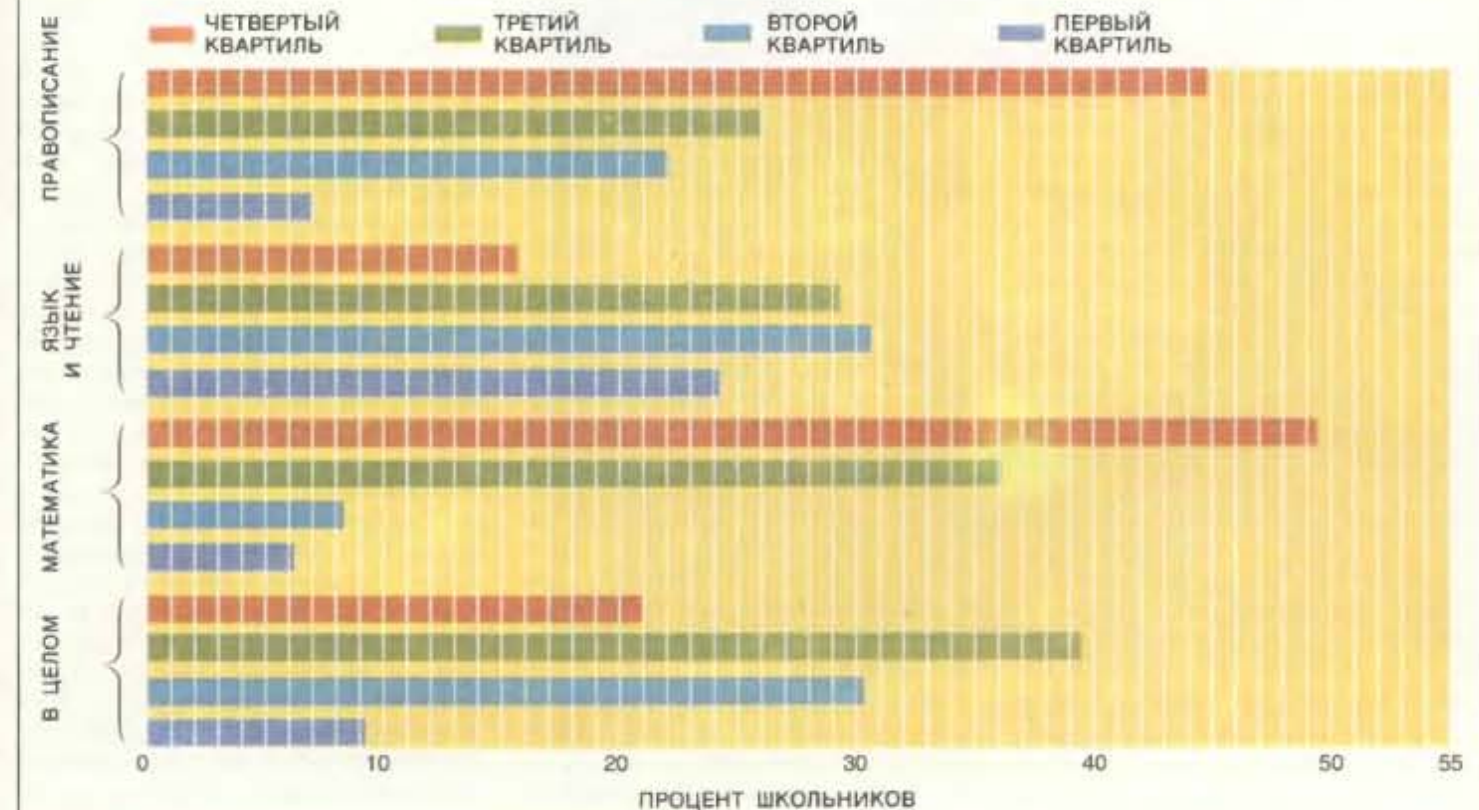
После обеда со стола убирается посуда и он используется для занятий. Старшие дети, и мальчики и девочки, помогают своим младшим братьям и сестрам. Уча младших, они получают не меньше, чем уча сами. Есть все основания полагать, что в значительной мере обучение — с точки зрения приобретения опыта, навыков, формирования отношений и устремлений — проходит именно в эти часы. Младшие дети помимо этого не только приобретают необходимые знания, но и учатся учиться. Такое вовлечение всех детей в учебный процесс показывает, как большая семья может стимулировать учебные достижения. Атмосфера в семье помогает детям чувствовать себя в школе как дома и, как следствие, хорошо учиться.

Участие родителей проявляется также через чтение книг младшим детям — занятие, непосредственно связанное с успехами в обучении. По на-

Цифровая средняя оценка у детей беженцев из Юго-Восточной Азии



Результаты проверки детей беженцев из Юго-Восточной Азии по тесту SAT





РАЗМЕР СЕМЬИ коррелирует с успеваемостью детей. На рисунке слева — интеллектуальное развитие, определенное по методу IQ (желтый, красный, зеленый) и по стандартному тесту (синий), падает с увеличением числа детей



в семье. Напротив, на графике справа цифровая средняя оценка у детей, выходцев из Юго-Восточной Азии, в целом увеличивается с ростом количества детей.

шим данным, почти половина (45%) родителей читает своим детям вслух. В таких семьях средняя ЦСО составила 3,14, тогда как у детей, родители которых не читают вслух, она равна 2,97. (Эти цифры, как и другие результаты, основанные на сравнении ЦСО, статистически достоверны.) Необходимо отметить, что отмеченные положительные результаты чтения вслух не зависели от того, на каком языке — английском или родном читались книги детям.

Это обстоятельство позволяет предположить, что знание английского языка родителями, возможно, не играет решающей роли в учебных успехах их детей. Больше внимание скорее оказывают другие факторы, а именно, эмоциональные узы, связывающие детей и родителей, культурные ценности и опыт, выносимые из книг, которые читаются на родном языке, а также формирующееся положительное отношение к чтению и учебе. Чтение книг в семье затухает различие между школой и домом. В этом смысле учебный процесс воспринимается как нечто обычное, ценное и радостное.

Было также обнаружено, что на учебные показатели влияют эгалитаризм и разделение ролей. Относительное равноправие между мужчиной и женщиной наиболее устойчиво коррелировало с ЦСО. В семьях, где респонденты были несогласны с утверждением «жена всегда должна следовать желаниям мужа», средняя ЦСО у детей составила 3,16. И напротив, в семьях, где с этим утверждением были согласны, ЦСО составляла 2,64. Там, где муж помогал жене в приготовлении пищи и стирке, средняя ЦСО равнялась 3,21, тогда как в семьях, в которых муж не принимал

участия в домашних делах, она составляла 2,79.

**ТАКОЕ** чувство равноправия распространялось не только на родителей, оно оказывало влияние и на их детей, особенно, с точки зрения отношения к противоположному полу и успехов в учебе. Более высокие ЦСО были у детей, чьи родители предъявляли одинаковые требования к мальчикам и девочкам. В семьях, где не считалось, что образование более необходимо мальчикам, средняя ЦСО составила 3,14, а там, где мужчине отводилась главенствующая роль, средняя ЦСО была только 2,83.

Помимо «опор» и «направляющих», обеспечиваемых семьей, важную роль в учебном процессе играли внутренние стимулы, основанные на культурных традициях. К факторам, определяющим учебные успехи, и дети, и родители наиболее часто относили «любовь к учебе». Этот аспект можно рассматривать с двух сторон. Во-первых, дети испытывают чувство удовлетворения, когда они успешно справляются с поставленными задачами. Среди факторов, способствующих этому, отмечалось стремление к интеллектуальному росту через овладение новыми навыками и понятиями, а также приобретение новых навыков и мастерства. Во-вторых, детям беженцев свойственно чувство удовлетворения, которое они получают при обучении своих младших братьев и сестер. Оба процесса — передачи и получения знаний — воспринимаются ими с радостью, а не как скучная работа.

Чувство удовлетворения достигнутыми результатами основано на понимании большей значимости труда в сравнении с врожденными способно-

стями. Переселенцы не полагаются на судьбу или удачу как путь к успеху, они верят в свои силы, которые могут повлиять на их судьбу. А их культурные традиции помогают им ставить перед собой реальные задачи. Без правильной расстановки приоритетов в работе цели останутся иллюзорными. Обладая же культурными ценностями, каждый, кто ставит перед собой четкие и долгосрочные цели, способен определить главную цель и достичь ее.

Вера человека в способность самому влиять на свою жизнь и достигать поставленных целей с давних пор считается важным компонентом успеха и мотиваций, и наши данные еще раз подтверждают эту мысль. Родителям был задан ряд вопросов относительно их способности контролировать внешние обстоятельства, оказывающие влияние на их жизнь. У тех из них, кто важную роль отводил своим личным качествам, дети имели высшие ЦСО.

Другие данные свидетельствуют о том, что, помимо тесной связи с культурными традициями прошлого, семьи беженцев реально оценивают свои настоящие и будущие возможности. Такая способность рассматривать в единстве свое прошлое, настоящее и будущее порождает в этих людях чувство целостности и направленности в жизни.

Образование заняло центральное место в утверждении их положения в США. Оно было и остается главной дорогой к успеху и выживанию в американском обществе для переселенцев. В отличие от этого, в Юго-Восточной Азии образование — привилегия немногих. Таким образом, будущее детей из семей беженцев неразрывно связано с образованием и

достижениями в учебе. Рассматривая образование как ключ к социальной адаптации и благосостоянию, можно понять, почему так велико участие родителей в учебном процессе.

Родителям свойственно то же чувство долга и те же устремления в других сферах жизни. Получить работу и быть способным обеспечить семью — составляющая часть семейной гордости. Низкий уровень жизни — позор для азиатской семьи. С той же решимостью и энергией, которые проявляют их дети в школе, родители находят работу и быстро выкарабкиваются из экономической зависимости и бедности.

**ДВА** ИЗ 26 отобранных нами показателей культурной адаптации подразумевают принятие некоторых аспектов американского образа жизни: «получение от жизни удовольствия» и «обладание материальными благами». Эти аспекты особенно важны, поскольку они связаны с будущим беженцев и отражают мощное влияние американского образа жизни на сегодняшних беженцев и на их последующие поколения. Неудивительно, что когда опрашиваемых просили назвать наиболее характерные черты их соседей — уроженцев США, они прежде всего упоминали эти два аспекта.

Но самым интересным нашим открытием было то, что те же два показателя были тесно связаны с низкими ЦСО. В семьях, где родители отводили важную роль удовольствиям и развлечениям, дети имели более низкие ЦСО, а именно, 2,90 по сравнению с 3,14. Семьи, отводившие главную роль приобретению материальных ценностей, имели аналогичные результаты: 2,66 против 3,19.

Причины такой негативной связи не совсем ясны. Отражает ли она меньшую требовательность родителей, которые настолько быстро адаптировались, что в итоге утратили свои культурные корни? Мы думаем, что так оно и есть на самом деле. У беженцев, считающих, что «прошлое так же важно, как и будущее», дети имели среднюю ЦСО 3,14. У детей из семей, где сохранению прошлых традиций не отводилась такая роль, средняя ЦСО составляла 2,66. Этот показатель явился одним из самых мощных непредвзятых прогностических факторов учебных успехов.

Полученные нами данные разошлись с тем, что ожидалось. Наиболее преуспевающие семьи беженцев характеризуются прежде всего верностью своим традициям и ценностям, а не приспособлением к американскому образу жизни. Этим утверждением

мы ни в коем случае не хотим принизить ценность американской системы. Своей открытостью и предоставляемыми возможностями она позволила беженцам преуспеть в США и даже сохранить свои собственные культурные традиции.

Происходя из разных источников, традиционные ценности выходцев из Юго-Восточной Азии и средних американцев включают образование, достижение целей, трудолюбие, самостоятельность, упорство и чувство гордости и достоинства. Различия этих двух систем ценностей заключаются в пути достижения успеха. Американские нравы стимулируют независимость и личные достижения, тогда как система ценностей жителей Юго-Восточной Азии больше опирается на взаимозависимость и роль семьи в стремлении к цели. Учитывая статус этих беженцев в обществе в на-

чале их пребывания в США, можно сказать, что эта позиция оказалась наилучшим выбором. Именно поэтому дети из таких семей прекрасно вписываются в американскую систему образования.

Отсутствие акцента на развлечение и получение удовольствий в этих семьях не означает, что дети в них несчастны. Несмотря на данные о росте числа самоубийств среди некоторых американских детей азиатского происхождения, мы обнаружили, что дети из обследованных нами семей прекрасно себя чувствуют. Наши опросы не обнаружили никакого опасного манипулирования детьми со стороны родителей. Наоборот, их любовь к учебе способствовала их успехам в школе.

Культурные ценности беженцев из Юго-Восточной Азии, стимулирующие рвение к учебе, не являются уни-



ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ вовлекают детей в большинстве семей беженцев из Юго-Восточной Азии в совместную работу. После обеда стол расчищается и дети под руководством родителей приступают к работе. Старшие дети помогают заниматься своим младшим братьям и сестрам.



ШКОЛЬНИКИ, выходцы из Юго-Восточной Азии, быстро адаптируются к условиям американских школ, поскольку процесс обучения входит составной частью в их жизнь в семье. Подобно этой вьетнамской девочке на фотографии, такие дети чувствуют себя в школе вполне комфортно.

кальным явлением с точки зрения культуры; более ранние исследования других групп выявили аналогичные результаты. Например, дети еврейских иммигрантов из Восточной Европы также прекрасно адаптировались к американской школьной системе. По данным Юдит Крамер из Бруклинского колледжа и Сеймура Левентмена из Пенсильванского университета, опубликованным в 1961 г., 90% еврейских иммигрантов третьего поколения учатся в колледжах, несмотря на то, что первое поколение переселенцев в США было в массе необразованным. Их концентрация на семейных и культурных ценностях явилась конструктивным фактором на пути к успеху.

В 1948 г. Уильям Каудилл и Джордж де Вос из Калифорнийского университета в Беркли выяснили, что сразу после второй мировой войны японские учащиеся, живущие в США, сумели преодолеть связанные с войной предубеждения и успешно справлялись с учебой. Их высокие учебные показатели связывали с культурными ценностями и родительской поддержкой. Более позднее исследование Реджинальда Кларка из Клермонтской высшей школы подтвердило необычайные успехи живущих в США африканских учащихся, родители которых

оказывали помощь школе и учителям, а также создали дома благоприятную для занятий атмосферу.

Упомянутые данные, а также наши результаты, могут сыграть важную роль в идущем сейчас в США обсуждении системы образования. Очевидно, американская школьная система, несмотря на критику в ее адрес, не потеряла своей способности учить и передавать знания, о чем свидетельствует пример иммигрантов. Мы считаем, что мнение о неспособности наших школ обучать детей исходит из нереального требования связать систему образования с насущными социальными нуждами. Общественность и политики хотят, чтобы учителя и учебные заведения уберегали детей от влияния улицы и наркотиков, решали проблемы беременности среди школьниц, насилия и секса в школах, а также взяли бы на себя миллионы других задач и обязанностей дополнительно к своим преподавательским функциям.

**ПО МЕРЕ** проникновения социальных проблем в учебные классы, они начинают поглощать и без того скудные средства, выделенные на образование, и мешать школе выполнять образовательную функцию. Основная роль учителей при этом сво-

дится к родительским обязанностям, направленным на изменение поведения детей, многие из которых приходят в школу плохо подготовленными к учебе.

Если мы хотим решительно преодолеть кризис американской системы образования, мы должны для начала точно определить круг проблем, которые нам нужно решать. Мы должны провести грань между процессом обучения и внутришкольными социальными службами. Только тогда мы сможем оценить реальные возможности школы в выполнении этих двух, иногда противоположных друг другу, функций или выявить не связанные с образовательным процессом проблемы и привлечь к их решению другие организации.

Настоящая статья посвящена роли семьи в учебном процессе на примере беженцев из Юго-Восточной Азии. Мы твердо уверены, что для процветания американских учебных заведений необходимо более активное участие родителей и семьи. Они должны воспитывать в детях уважение к учебе и создавать внутри семьи атмосферу, благоприятствующую процессу обучения. Они также должны прикладывать усилия к тому, чтобы их дети радовались учебе и посещали школу с желанием учиться.

Однако мы не можем требовать поддержки только от семьи. Школа должна обращаться к семье, вовлекая ее в процесс обучения детей и не ограничиваясь ежегодными родительскими собраниями. Родители и учителя должны определить культурные ценности, способствующие учебному процессу. Мы не можем полностью взять на вооружение азиатскую или какую-либо другую культуру. Было бы нелепо применять эти культурные нормы и традиции к американским детям. Мы можем, однако, работать над тем, чтобы убедить семью поверить в важность образования и, как это наблюдается в среде беженцев, помочь осознать, что в будущем усилия семьи будут вознаграждены. Мы можем перенять некоторые аспекты жизненного опыта иммигрантов, особенно те, которые касаются роли семьи в получении образования детьми. Мы можем определить сопоставимые с точкой зрения культуры ценности, образ жизни и установки на успех, которые способны повысить уровень образования. И в этом смысле пример беженцев из Юго-Восточной Азии, как и более ранних иммигрантов японского и еврейского происхождения, может способствовать формированию наших приоритетов и нашей политики.

## Жизнь на беговой дорожке

**Л**епарды бегают быстрее всех: на коротких дистанциях они способны мчаться со скоростью почти 100 км/ч. На дерби все внимание — скаковым лошадям. Однако в стайерских забегах никто не сравнится с вилорогом (американской вилорогой антилопой). По словам физиолога С. Линдстедта из Североаризонского университета, были попытки определить скорость вилорога, следуя за ним на автомобиле. Наиболее надежные из таких оценок говоря о том, что это животное без особого труда делает 64 км/ч. «Безусловно, 45 миль [1 миль = 1609 м] в час для него не проблема», — считает Линдстедт.

Он и его коллеги из Североаризонского университета, Вайомингского университета в Ларамии и Бернского университета недавно завершили исследование механизмов, обеспечивающих высокую скоростную выносливость этих необычных травоядных. Как утверждает их сообщение в журнале «Nature», секрет вилорога заключается в ряде небольших физиологических и структурных приспособлений, обеспечивающих эффективность потребления кислорода более чем втрое выше ожидаемой. «Мы так и думали, что найдем у него что-то особенное в мышцах либо в кислородном обмене, — поясняет Линдстедт, — и обнаружили как раз последнее. Вилорог просто способен усваивать гораздо больше кислорода, чем другие животные его размеров».

Как правило, мелкие млекопитающие потребляют кислород гораздо активнее крупных. У землеройки 1 г мускулатуры использует его за день столько, сколько у слона — за месяц. У всех млекопитающих интенсивность потребления кислорода является важнейшим лимитирующим фактором для способности к бегу: чем быстрее животное движется, тем больше кислорода ему необходимо.

Животное не может использовать кислород быстрее некой предельной для данного вида скорости. Даль-

нейшее усиление двигательной активности возможно только за счет анаэробного метаболизма, т. е. извлечения энергии из углеводов гликогена с образованием в качестве «отхода» молочной кислоты. У большинства видов пиковая интенсивность такого процесса может поддерживаться не более нескольких минут.

Чтобы отыскать источник неустойчивости вилорога, Линдстедт и его сотрудники надели на двух молодых животных респираторы и заставили их бежать по наклонному тредбану («бегущей» дорожке). Смысл наклона, по словам Линдстедта, был двойной: хотелось избежать риска для здоровья животных при слишком высокой скорости движения, а кроме того, горизонтальный тредбан не послужил бы за бегущими вилорогами. Момент, когда в крови испытываемого животного начинает накапливаться молочная кислота, означает достижение им максимальной интенсивности потребления кислорода. Эта величина оказалась втрое выше, чем обычно наблюдается у животных, по массе близких вилорогу; фактически она приближается к типичной для мыши.

При тщательном изучении физиологии вилорога обнаружилось некоторые факторы, объясняющие его особенности аэробного метаболизма. По словам Линдстедта, у него на удивление крупные легкие — втрое больше, чем у коз сходных размеров. Сердце также необычайно крупное, а кровь богата гемоглобином. Значит, мышцы могут получать больше кислорода за меньшее время. Мышечные клетки плотно набиты органеллами, называемыми митохондриями, в которых происходит утилизация кислорода. В совокупности эти адаптации позволяют вилорогу легко бегать на марафонские дистанции. И скорость, и выносливость, вероятно, необходимы животному, чтобы спастись от хищников, скажем волков.

Джон Ренни



**ВИЛОРОГИ** — бесспорные чемпионы по стайерскому бегу. Почему это так, сейчас стало ясно в результате изучения их уникальной физиологии. (Фото: Comstock.)



# Грязевые вулканы в районе Марианских островов

*Под воздействием флюидов, которые выдавливаются из Тихоокеанской плиты при ее погружении в процессе субдукции, мантийные породы превращаются в своего рода серпентиновый ил. Медленно перетекая затем по трещинам вверх, они образуют горы на морском дне вблизи Марианского желоба*

ПАТРИЦИЯ ФРАЙЕР

НА ГЛУБИНЕ почти 4000 м от поверхности Тихого океана Дадли Фостер включил наружное освещение на подводном аппарате «Алвин». Дженит Хаггерти и я, прильнув к десятисантиметровым иллюминаторам, вглядываемся в окружающее нас пространство, пытаемся уловить приближение морского дна. Через пару минут мы опускаемся на покрытый осадками склон среди множества зеленых с белыми прожилками небольших валунов и, спрятавшись внутри «Алвина», как эмбрионы в утробе матери, на 5 часов совершенно забываем о физических неудобствах, жадно рассматривая гору зеленой грязи в 80 км к западу от Марианского желоба.

Это одна из десятков больших подводных гор, разбросанных по участку размером в 100 × 1000 км непосредственно к западу от самого глубокого на Земле подводного желоба, а ее необычный состав говорит о том, что здесь можно найти новые ответы на ряд вопросов морской геологии. Главный среди этих вопросов — судьба воды и других флюидов, высвобождающихся из горных пород в процессе субдукции.

Субдукция происходит при столкновении плит земной литосферы, когда одна из них «заталкивается» в мантию. Под действием тепла и давления породы опускающейся плиты начинают, разумеется, обезвоживаться, но куда именно деваются флюиды, это долгое время геологам было неясно. Я и некоторые из моих коллег нарисовали в общих чертах модель, согласно которой выжатые из погружающейся плиты флюиды взаимодействуют с мантийными породами и некоторую их часть превращают в минералы с низкой плотностью; последние в состоянии медленно подняться через зону субдукции к поверхности морского дна. Такова была наша гипотеза, тем

не менее я вовсе не была уверена в том, что же я увижу в районе Марианских островов.

До того как ступить на борт «Алвина» в 1987 г., мы более десяти лет обследовали Марианские подводные горы, отбирая образцы и накапливая гидролокационные снимки. Фостер из Вудхоллского океанографического института (пилот «Алвина»), Хаггерти из Университета Талсы и я отправились на дно океана, с тем чтобы вблизи рассмотреть сооружение, бросающее вызов законам тектоники плит и геохимии.

Загадочные подводные горы Марианской преддуговой области — района, где происходит субдукция Тихоокеанской литосферной плиты на северо-запад под Филиппинскую плиту, представляют собой структуры с по-

логими склонами: их высота 1—2 км, а в основании они имеют 15—30 км. В других местах подводные горы аналогичных размеров и очертаний сложены излившейся лавой. В отличие от них некоторые из Марианских подводных гор, по-видимому, состоят главным образом из мягкой грязи примерно такой же консистенции, как сливочный сыр. Структуры с такой консистенцией были известны и ранее. Это так называемые грязевые вулканы — холмы из подвижных осадков, которые образуются в связи

с просачиванием из недр нефти и газа. Однако они имеют высоту всего несколько сотен метров и содержат совершенно иной набор минералов, чем находили мы.

ПЕРВЫЕ подозрения в том, что Марианские подводные горы чем-то необычны, возникли в конце 1970-х годов. Как считали геофизики, все подводные горы в преддуговом бассейне должны иметь вулканическое происхождение: ведь Марианские острова сформировались из магмы, образовавшейся над участками Тихоокеанской плиты, которые опустились до глубины порядка 80—150 км.

Однако собранные нами геофизические данные оказались несовместимы с этой интерпретацией. Например, подводные горы вулканического происхождения обычно обладают сильным магнитным полем, так как кристаллизующиеся из лавы магнитные минералы выстраиваются в определенном порядке под действием земного магнитного поля. В результате этого подводная гора действует как большой магнит, порождая крупные магнитные аномалии. Кроме того, вулканические подводные горы создают положительные аномалии силы тяжести. Последние отражают заключенную в этих горах аномально большую массу (по сравнению с мас-

сами окружающей их океанической плиты, создающими региональные гравитационные аномалии). Выяснилось, что некоторые подводные горы в Марианской преддуговой области лишены обеих этих особенностей.

С тех пор геологи, чередуя теоретическое моделирование с полевыми работами, пытались определить, чем сложены эти горы и как они образовались. Наши предварительные познания из области механики и гидрохимии зон субдукции подсказали нам, какие данные следует собирать, и анализ полученных сведений существенно обогатил наши представления.

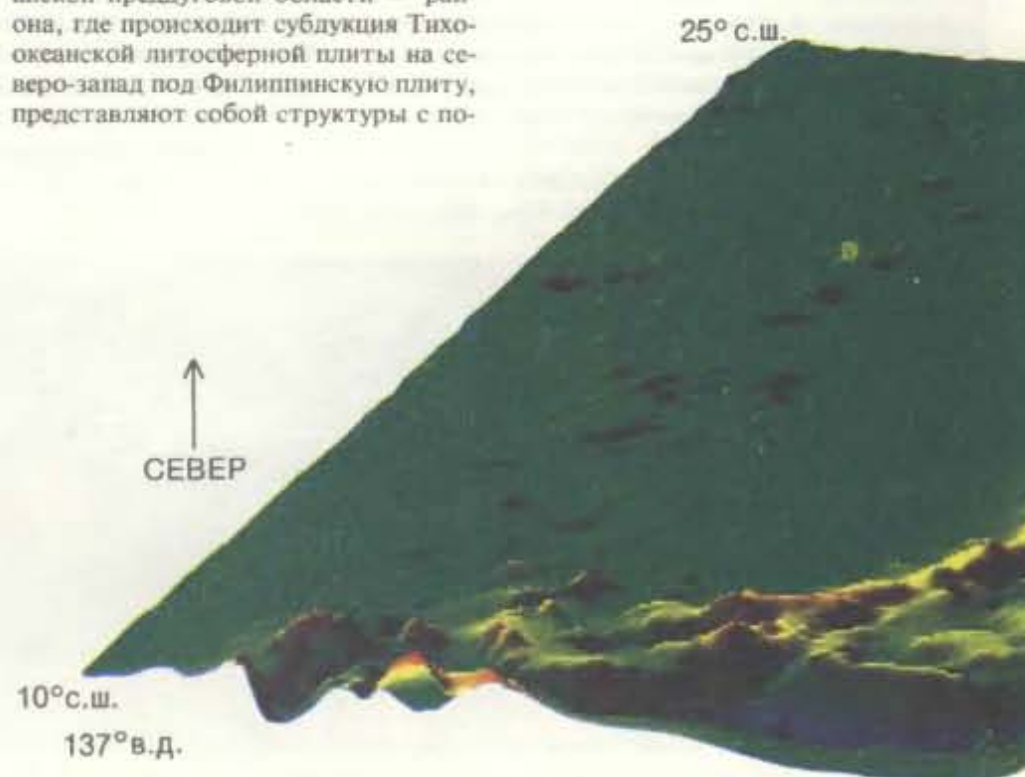
Дональд Хассонг, работавший тогда в Гавайском университете (теперь он президент Международного совета по исследованиям морского дна), и автор статьи подозревали, что необычные подводные горы могут быть диапирами, т. е. массами пород относительно малой плотности, которые благодаря своей плавучести поднялись вверх, пройдя через вышележащие слои. (Вероятно, самыми известными диапирами являются соляные куполы Мексиканского залива.) В Марианском преддуговом бассейне, как мы думали, диапиры, скорее всего, сложены мантийными породами, видоизмененными в результате взаимодействия с флюидами, которые были выжаты из вышележащей Тихоокеанской литосферной плиты.

По мере опускания Тихоокеанской плиты составляющие ее осадки и породы теряют воду при различных физических и химических процессах. На

пути от морского дна до 15-километровой глубины возрастающее давление перекрывающих пород выжимает из осадочных отложений поровые флюиды и выгоняет флюиды из трещин и других пустот, имеющих в поролах. Эти флюиды просачиваются до дна Марианского желоба и растекаются вдоль границы между двумя сближающимися плитами или же проникают в лежащие над этой границей породы преддуговой зоны. Затем плита подвергается ряду химических реакций, в результате которых выделяются вода и различные соединения. Предполагается, что обезвоживание продолжает происходить в недрах этой островодужной системы до глубин более 200 км.

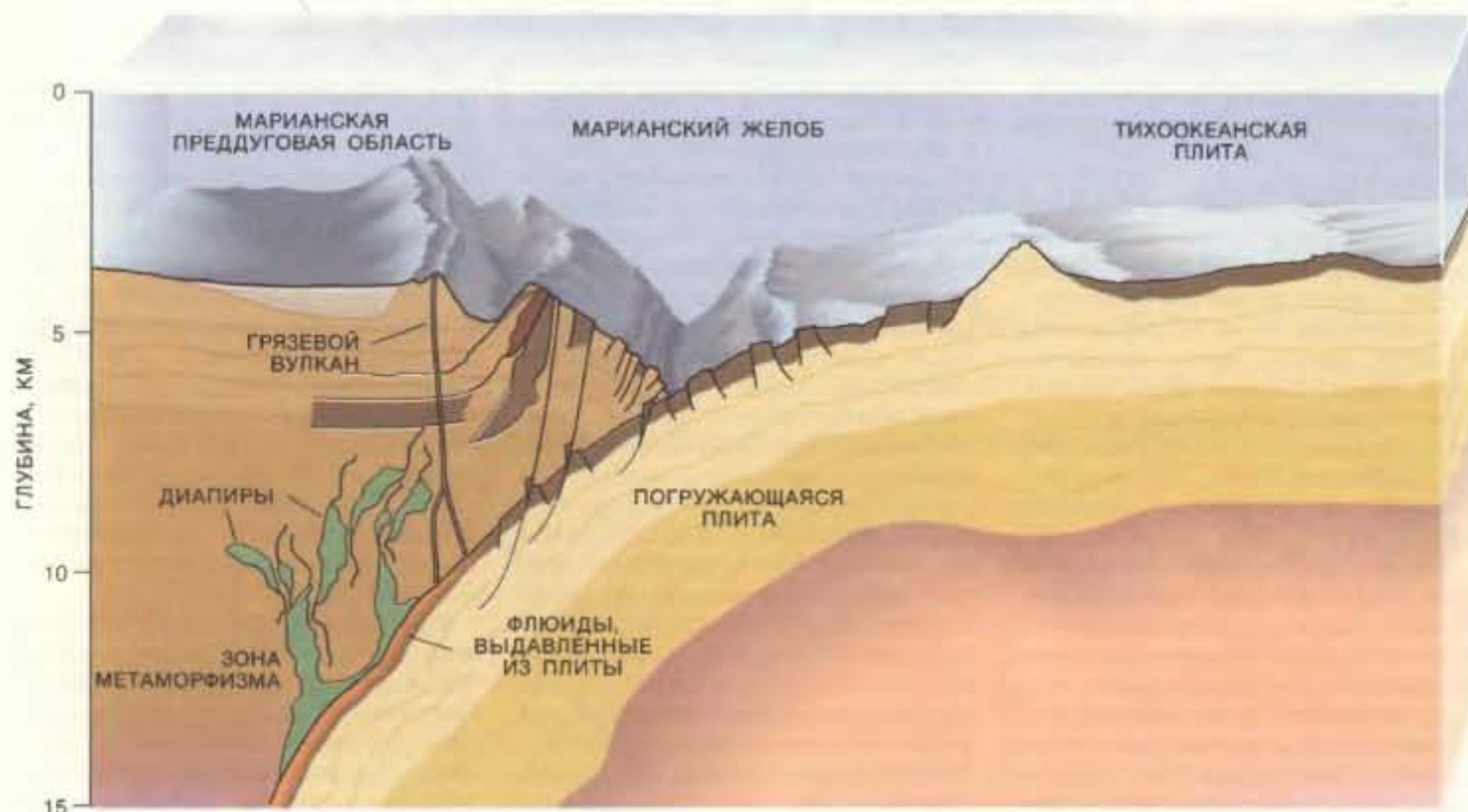
Куда идут эти флюиды? В течение десятилетий этот вопрос не давал покоя исследователям геохимического баланса плит, погружающихся в процессе субдукции. Океаническая литосфера исчезает в Марианской зоне субдукции уже по крайней мере в продолжение 45 млн лет, и, вероятно, из нее было выдавлено огромное количество флюидов. Однако тот объем флюидов, который появляется на вышележащей Марианской дуге в форме газов, выделяющихся в процессе вулканической деятельности, гораздо меньше того, что должен был бы выйти из литосферы.

Разрешить это несоответствие позволяет, например, концепция «метаморфической губки». В соответствии с этой концепцией выделяющиеся из литосферы флюиды приводят к развитию метаморфизма в вышележащих породах мантии, по существу ме-



МАРИАНСКИЙ ПРЕДДУГОВОЙ бассейн к западу от Марианского желоба (на юг от Марианских островов) располагается над погружающейся в процессе субдукции Тихоокеанской плитой. Метаморфизованные породы мантии поднимаются по разломам в преддуговую область и образуют там подводные горы. Автор и ее коллеги обнаружили эти необычные подводные горы и разработали теорию их происхождения.





**МОДЕЛЬ МЕТАМОРФИЧЕСКОЙ ГУБКИ** объясняет судьбу флюидов, выдавливаемых из погружающихся в ходе субдукции океанических плит. По мнению автора, породы, перекрывающие плиту, поглощают выжимаемые по капле

флюиды за счет реакций, приводящих к образованию таких легких минералов как серпентин. Серпентин поднимается вдоль плоскостей разломов к морскому дну в виде диапировых блоков или холодной вулканической гряды.

няя на противоположные те реакции, которые вытягивали воду из погружающегося вглубь материала коры. Но для того чтобы это было возможно, необходимо выполнение определенного набора условий: минералогический состав мантийных пород, равно как и температура и давление окружающей среды должны быть подходящими для протекания метаморфизма.

В толще типичной океанической литосферы возрастом 150 млн лет вследствие роста температуры с глубиной на глубине около 30 км температура должна достигать 500°C. Однако из теоретических моделей термической структуры Марианского региона, разработанных Джерардом Фрайером из Гавайского университета, следует, что верхняя часть Тихоокеанской плиты в 100 км к западу от оси Марианского желоба и на глубине около 30 км под преддуговым бассейном имеет температуру всего лишь около 100°C. Тихоокеанская плита понижает температуру более глубокой части коры и вещества мантии, через которые она проходит, погружаясь в процессе субдукции. Если интенсивность охлаждения попадает в пределы определенного диапазона значений, в системе субдукции будут поддерживаться аномально низкие температуры на глубине. Это зависит

от скорости и угла погружения литосферного блока, возраста коры (а значит, и степени, до которой она уже охладилась), скорости конвекции в мантии над погружающейся плитой, трения между плитами, а также эффектов химических реакций и циркулирующих флюидов в опускающейся плите и выходящем преддуговом клине.

И действительно, результаты дальнейшего моделирования, проведенного Фрайером и мною, показали, что физико-химические условия в большей части преддуговой области благоприятствуют метаморфизации мантийных пород, в результате которой образуются минералы глаукофановой и зеленосланцевой фаций (семейств родственных минералов), формирующиеся при низких и умеренных температурах и давлениях. Таким образом, согласно этим моделям, концепция метаморфической губки можно доверять.

Если существует такая губка, которая впитывает флюиды из погружающейся вглубь земной коры, то из чего она состоит? Главной породой, слагающей мантию в преддуговой области, является перидотит — порода, богатая минералом оливином. При тех температурах и давлениях, которые господствуют в Марианской преддуговой зоне, оливин взаимо-

действует с водой, образуя серпентин — минерал группы асбеста.

В результате этого превращения объем перидотита увеличивается и, значит, метаморфизованный перидотит становится менее плотным, чем окружающая его мантия. Поэтому ступки серпентина могут подниматься вверх в виде диапиров. Этот вывод непосредственно связывает теорию и данные моделирования с тем, что мы обнаружили на морском дне.

**В О ВРЕМЯ** морских геологических экспедиций, проведенных в конце 1970-х и начале 1980-х годов, Джеймс Хоккинс из Океанографического института Скриппса, его студент Шерман Блумер (в настоящее время сотрудник Бостонского университета) и я в результате драгирования получили образцы из более чем 40 мест на подводных горах Марианского преддугового бассейна. Блумер заметил, что по содержанию микроэлементов самые свежие образцы перидотита близки к магмам островных дуг. Он высказал догадку, что большая часть преддуговой области, вероятно, создана ростом Марианской вулканической островной дуги над зоной субдукции.

После этого он сформулировал следующую гипотезу о природе подводных гор. Субдукция в Марианском

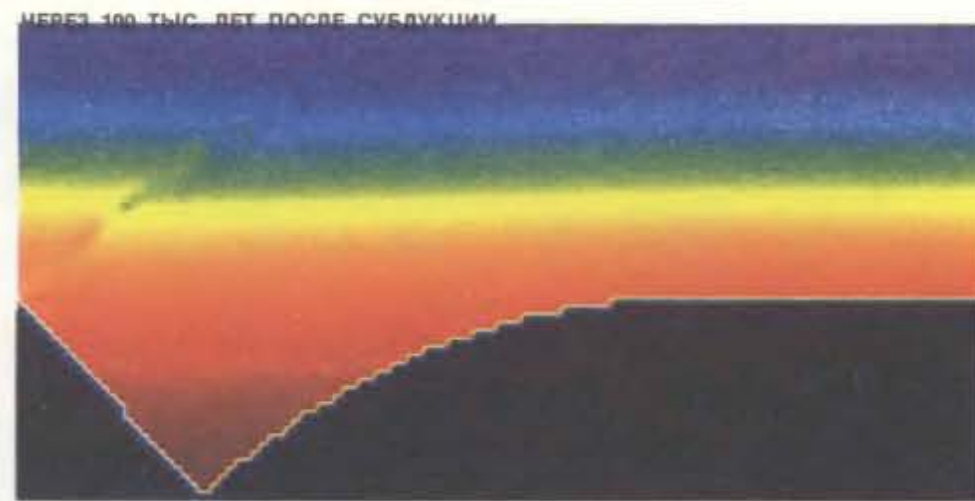
желобе (начавшаяся приблизительно 45 млн. лет назад) должна была привести к тектонической эрозии, поглотившей, по-видимому, 50—60 км преддуговой области. Эта эрозия в свою очередь должна была вызвать образование в преддуговой зоне разломов растяжения (данное предположение позднее подтвердилось результатами сейсмических наблюдений методом отраженных волн). Под действием напряжений серпентин легко деформируется. Это навело Блумера на мысль о том, что подводные горы представляют собой диапиры серпентина, испытавшие воздымание вдоль разломов.

Концепцию широко распространенного метаморфизма преддугового клина равно как и возможности диапиризма, косвенно подтверждают результаты анализа образцов серпентина из нескольких подводных гор Марианского преддугового бассейна. Химический состав пород и тип метаморфизма, которому они подверглись, меняются очень значительно. Отсюда следует, что вся преддуговая мантия на ранней стадии своей истории действительно достигла обширной области, физические условия в которой были благоприятны для развития метаморфизма, соответствующего низким и умеренным температурам и давлениям.

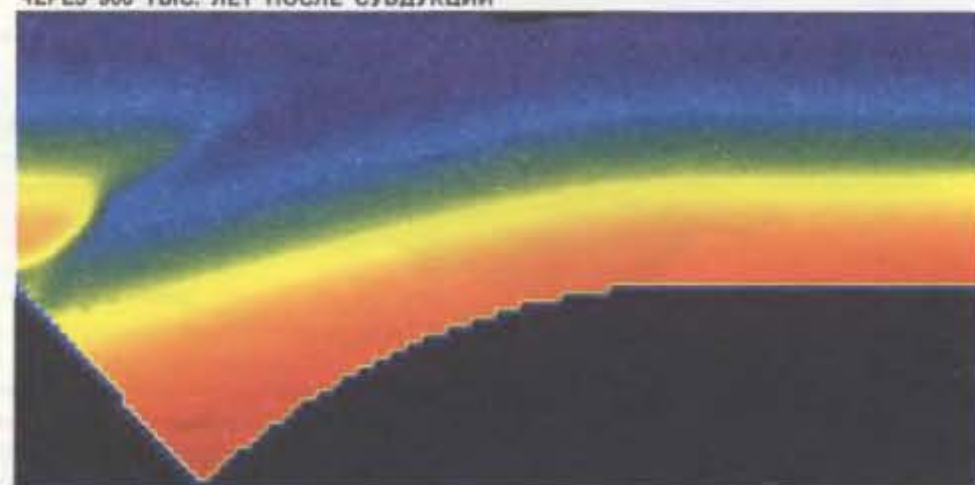
Однако исследование одного из образцов ясно показало, что общая картина сложнее, чем простой подъем серпентинных диапиров вдоль разломов. В экспедиции 1981 г. при взятии образцов из подводной горы вблизи южной границы преддуговой зоны на поверхность была извлечена белая карбонатная порода с очень необычной текстурой, и я попросила мою коллегу Дженит Хаггерти осмотреть эти образцы. Она обнаружила в составе карбоната арагонит — минерал, неустойчивый на тех глубинах, с которых образец был поднят. На тех глубинах и при существующих там температурах воды арагонит должен был бы раствориться за один год.

Хаггерти заметила также, что образец содержал множество мелких пустот, окруженных кристалликами

**ПОГРУЖАЮЩАЯСЯ В ПРОЦЕССЕ СУБДУКЦИИ** Тихоокеанская плита охлаждает ту область мантии, в которую проникает (три верхних рисунка). Температуры и давления, существующие в Марианском регионе, благоприятствуют возникновению метаморфизма глаукофановой и зеленосланцевой фаций (названных так по семействам образующихся при этом пород).

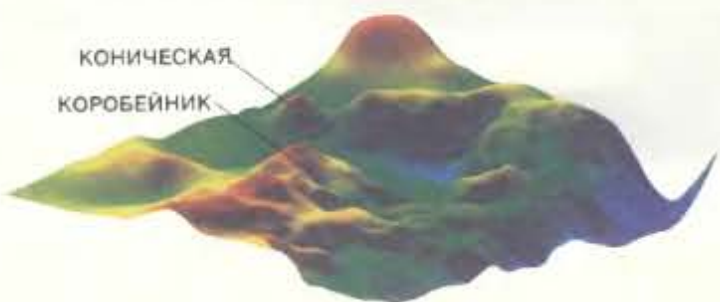
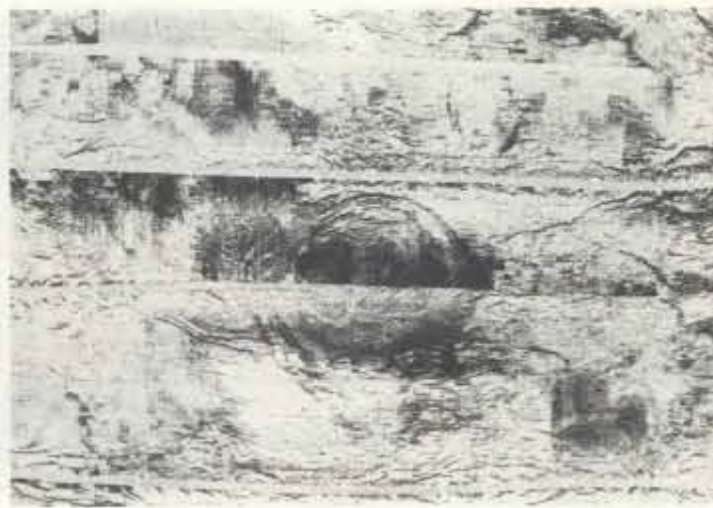
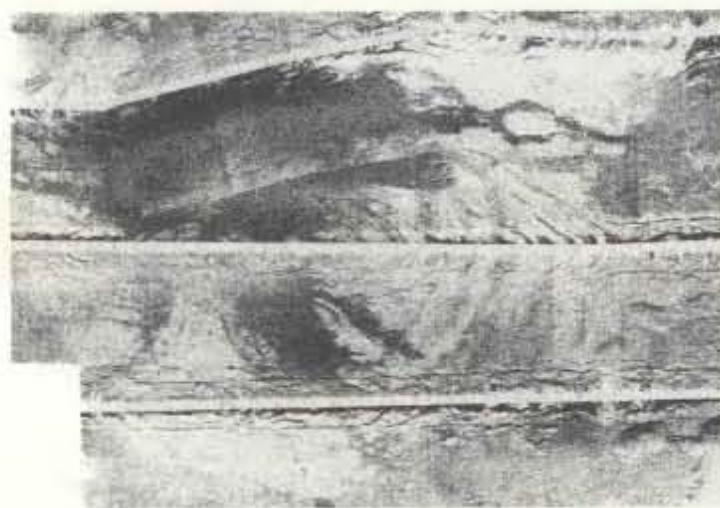


ЧЕРЕЗ 100 ТЫС. ЛЕТ ПОСЛЕ СУБДУКЦИИ



ЧЕРЕЗ 900 ТЫС. ЛЕТ ПОСЛЕ СУБДУКЦИИ





**ПОДВОДНЫЕ ГОРЫ**, согласно исследованиям с помощью гидролокатора бокового обзора и эхолотов, содержат признаки существования таких структур, которые обычно интерпретируются как потоки лавы. Однако в данном случае потоки состоят не из лавы, а из серпентина — минерала группы асбеста, образующегося при взаимодействии перидотита с водой при умеренных давлениях и температурах.

арагонита и кальцита. По ее предположению образование этих кристаллов было вызвано проникновением флюидов через жерло вулкана. Состав и отношение изотопов кислорода и углерода в исследованных образцах указывали на то, что флюидом, с которым они находились в равновесии, не была морская вода. Хаггерти считала, что перед ней обломки трубообразного сооружения.

Это не могли быть «черные курильщики» — известные трубообразные структуры, обнаруженные при исследованиях гидротермальных систем в осевых зонах срединно-океанических хребтов. В нашем случае карбонатные трубки не были образованы в результате выделений горячей морской воды, циркулирующей вблизи магматических камер под гребнями хребтов, а вероятно, были созданы постепенным просачиванием относительно холодных флюидов через трещины в дне Марианского преддугового бассейна. Нас интересовало, могли ли эти флюиды поступать из погружающейся в процессе субдукции Тихоокеанской плиты. Если бы интенсивный выход связанных с субдукцией флюидов достаточно часто встречался на морском дне в связи с трещинами или серпентиновыми диапирами, это помогло бы сбалансировать бюджет флюидов в зонах субдукции.

**В ТО ВРЕМЯ** о связи между подводными горами и соседним морским дном преддуговой области, а

также о характеристиках отдельных подводных гор было известно немного. Вопросы происхождения, строения и состава этих подводных гор можно было надеяться разрешить только при помощи картирования морского дна с высоким разрешением.

В 1983 г., т. е. через два года после экспедиции, в которой со дна был поднят тот необычный карбонатный образец, мы обследовали с помощью гидролокатора внешнюю часть Марианского преддугового бассейна и обнаружили две подводные горы из серпентина. Одна из них выглядела как глыба с отколотой восточной стороной, благодаря чему образовалась серповидная структура. Другая имела приблизительно коническую форму и по профилю напоминала такие базальтовые щитовидные вулканы, как гавайские или исландские.

На полученных с помощью гидролокатора изображениях подводной горы Конической, как мы стали называть второе сооружение, на нижних склонах юго-восточной стороны видны несколько концентрических гряд, похожих на гребни, образованные выдвиганием, которые, по-видимому, можно встретить на сооружении, деформирующимся действием собственного веса. Однако самыми впечатляющими образованиями, безусловно, являются покрывающие большую часть склонов какие-то темные удлиненные извилистые пятна. Темные участки на гидролокационных

изображениях указывают районы — обычно это шероховатые поверхности, — интенсивно отражающие звук обратно к приемнику. Такие шероховатые поверхности свойственны лавовым потокам. Но образцы, полученные драгированием из районов развития этих потоков на подводной горе Конической, содержали лишь серпентинизированный перидотит, несколько небольших марганцевых конкреций и некоторое количество осадочного материала, включающего серпентин.

У серповидной подводной горы (которую мы нарекли Коробейником) пятен с извилистыми очертаниями не наблюдалось. Вместо этого имелся лишь единый большой овальный поток. Он отчасти заполнял ограниченный сбросами провал (грабен) на восточной стороне горы, а в результате драгирования в этом месте были получены образцы серпентинизированного перидотита и некоторое количество серпентинсодержащих осадков. С южного конца грабена был вычерпан серпентинизированный перидотит практически того же самого состава, что и породы, слагающие упомянутый выше поток.

После завершения геофизических исследований, картирования морского дна и рекогносцировочного сбора образцов наступила стадия детальных полевых работ на дне океана. Геолог, работающий на суше, обычно обходит исследуемый участок пешком, тогда как морской геолог пе-

редвигается на обитаемом подводном аппарате.

Вот почему Фостер, Хаггерти и я оказались внутри металлической сферы, где было тесно, холодно и сыро. Летом 1987 г. я возглавила экспедицию на «Алвине» в Марианский преддуговой бассейн, с тем чтобы исследовать подводные горы Коническую и Коробейник. Первые погружения на подводную гору Коническую показали, что светлые участки на снимках, сделанных гидролокатором, соответствуют плоскому морскому дну, слегка покрытому осадками, а темные извилистые образования — неровным волнистым поверхностям зон распространения зеленого ила и темных валунов. Это знакомые нам потоки. В их состав входили неуплотненный серпентиновый ил и валуны из перидотита, в разной степени серпентинизированного.

При четвертом погружении после приблизительно трехчасового осмотра юго-западного склона горы Конической «Алвин» приблизился к относительно плоскому проходу на юго-западной стороне от вершины. Научный наблюдатель, находившийся на борту аппарата в этом погружении, Дебра Стейкс из Южно-Каролинского университета сообщила нам по радио, что недалеко от центра этого прохода перед ними открылось целое поле каких-то призрачных белых труб. Все оставшееся время она и пилоты провели, осматривая и фотографируя это поле, а также отбирая на нем образцы. (Этот участок размером около 200 м в поперечнике, содержащий сотни таких карбонатных трубок, мы впоследствии стали называть «кладбищем».) Добытые образцы были почти в точности идентичны тем карбонатным образцам, которые были получены в результате драгирования в 1981 г. с подводной горы в южной части Марианского преддугового бассейна.

Часть остальных погружений мы посвятили исследованию упомянутого «кладбища». Карбонатные трубки оказались тонкими и имели в высоту, как правило, менее двух метров. Их поверхности были изрезаны, как будто разъедены коррозией. Мы заметили карбонатные инкрустации, заполнявшие многие из мелких трещин, которые в большом количестве встречались на морском дне, и карбонатные осадки в основании валунов. Однако ни разу в ходе исследования этих трубообразных сооружений ни один из нас не видел эманаций флюидов.

По периферии поля располагались несколько трубообразных построек другого рода. Они были толще и выше — несколько метров в высоту. Не-



**ТРУБООБРАЗНЫЕ СООРУЖЕНИЯ** на Марианских подводных горах свидетельствуют о выходе на поверхность флюидов, выносимых из мантии. Химические характеристики пород, из которых сложены трубообразные постройки, и медленно выделяющихся флюидов исключают возможность их происхождения из морской воды.

которые трубы сливались, образуя валы, и, как правило, были инкрустированы черными марганцевыми отложениями. Одно из сооружений имело светлоокрашенную верхнюю часть с довольно гладкой, хотя и неправильной формы поверхностью, усеянной мелкими пятнышками бледно-желто-зеленых бактериальных матов. Мы заподозрили, что это активно формирующиеся трубки.

После отбора образцов с поверхности мы поскребли верхушку этой трубки в надежде обнаружить — и, если удастся, опробовать — какие-либо выходы флюидов, которые могли быть связаны с ее формированием. Дело в том, что пилоты «Алвина» неоднократно встречались с гидротермальными жерлами, из которых, когда сшибались их верхушки, тотчас же с огромной силой вырывались горя-



**ПОТОКИ ГРЯЗИ** с разбросанными среди них твердыми камнями на склонах подводной горы Конической образуются в результате излияний холодной грязи. Состав большинства пород соответствует составу грязи, но некоторые несут следы связи со срединно-океаническим рифтом или океаническими островами.

чие потоки. Вначале, когда мы поскребли эту трубку, пилот вообще не смог уловить каких-либо признаков активной деятельности. Однако через несколько минут стало видно, что на самом деле с поверхности структуры выделяются небольшие струйки флюида, но они, скорее, сочлились, чем извергались.

Измерив температуру внутренней части отверстия одной из труб, мы определили, что она на 0,03°C ниже, чем температура окружающей морской воды на этой глубине. Кристаллизация минералов из раствора является эндотермической реакцией (требующей подвода энергии), и, возможно, именно выпадение минерала, из которого сложено трубообразное сооружение, и вызывает небольшое по-

нижение температуры флюидов.

Ля Верн Калм из Орегонского университета с коллегами уже в 1986 г. обнаружил низкотемпературные выходы флюидов и карбонатные трубки в Орегонской преддуговой области, но подводная гора Коническая — это было нечто совсем другое. Трубообразные сооружения Орегонской зоны субдукции связаны не с серпентинитовыми диапирами, а с флюидами, выдавленными из призм осадков, наращиваемых на переднюю часть вулканической дуги со стороны океанической плиты.

К тому же позднее Хаггерти установила, что трубообразная постройка, о которой идет речь, состоит вовсе не из карбонатов. Она содержит какой-то прежде неизвестный минерал, который представляет собой магнетитовый силикат, аналогичный глинизированному алюмосиликату аллофану. Хаггерти проанализировала изотопный состав кислорода и углерода в карбонатных образцах и определила, что трубообразные постройки, подобные тем, которые опробовались в 1981 г. на юге Марианского преддугового бассейна, были сформированы в условиях равновесия не с морской водой, а с другими флюидами.

Пробы сочашшихся из силикатной трубы флюидов имеют аномально высокое значение pH (9,28 против 7,72 для окружающей морской воды) и высокую щелочность. Эти изливающиеся воды в 500 раз богаче метаном, чем морская вода, в шесть раз богаче кремнеземом, примерно на 6% богаче сульфатами и содержат сероводород, вообще отсутствующий в окружающей морской воде. Во время отбора проб медленно выходящие флюиды, вероятно, смешивались с морской водой, так что приведенные цифры следует считать минимальными оценками.

На горе Коробейник никаких трубообразных сооружений не видно и, заглядывая в глубь горы через сбросовые уступы, нельзя заметить каких-либо потоков, а лишь массивный серпентинизированный перидотит. В результате этих исследований мы пришли к выводу, что подводные горы Коробейник и Коническая соответствуют двум различ-

ным путям, которыми метаморфизованные породы мантии шли к морскому дну. Подводная гора Коробейник, очевидно, представляет собой глыбу серпентинизированного перидотита, испытавшую такое же поднятие, как и большая часть мантийных пород преддуговой области. Возможно, это — большой, почти неповрежденный диапир серпентина. «Поток» на его восточном фланге — это, вероятно, оползневые отложения серпентина, связанные с образованием сбросов, которые привели к возникновению здесь грабена. Мы подозреваем, что подводная гора Коническая по сути является грязевым вулканом, имеющим в центре подводящий канал, по которому из недр изливаются холодные потоки серпентинитового ила, пропитанного поступающими из глубины флюидами.

**П**ОРОДЫ, обнаруживаемые на поверхности подводных гор, по всей вероятности, были доставлены наверх из глубины через преддуговую область. Однако никто не знает, какого типа породы подстилают подводные горы. Нам необходимо было собрать как можно больше проб со всей исследуемой области. Днем мы опускались на «Алвине», а ночью черпали материал с уступа в грабене восточнее подводных гор.

Большинство типов пород, отобранных прежде из Марианского преддугового бассейна, содержат такие микроэлементы и в таких количествах, которые указывают (как и перидотиты) на их происхождение из магматического источника, связанного с островной дугой. Исходя из этого, можно было бы сделать вывод, что Марианский преддуговый бассейн сформировался в результате тектонической эрозии, а не путем постепенного добавления осколков океанической плиты к фронтальной части вулканической дуги. Однако образцы, полученные из сбросового уступа, находящегося на 2000-километровой глубине, наводят на мысль об ином сценарии.

Линн Джонсон, еще обучаясь в Гавайском университете на последнем курсе, произвел анализы лав из полученных драгированием образцов и нашел, что некоторые из них отвечают характерным особенностям не магматических дуг, а базальтов срединно-океанических хребтов и базальтов, типичных для океанических островов. В образцах, отобранных из того же самого уступа, присутствует также кремний — богатая кремнеземом осадочная порода, содержащая радиолярии (одноклеточные организмы, вы-

деляющие кремнезем). Возраст радиолярий указывает на то, что образцы кремния древнее чем 95 млн лет, т. е. на 50 млн лет старше, чем сама зона субдукции.

Обнаружение в этих образцах базальтов срединно-океанических островов и кремней заставляет пересмотреть существующие модели эволюции Марианского преддугового бассейна. Возможно, на фронтальную часть вулканической дуги наращивалась океаническая кора, которая там и сохранилась (тем не менее продолжая быть тесно связанной с лавами островодужного происхождения). Но из этого следует невозможность тектонической эрозии целых 60 км преддуговой части, которую предполагал Блумер. Лавы, подобные базальтам срединно-океанических хребтов и базальтам океанических островов, каким-то образом все же могли бы излиться в пределы преддуговой области. Однако все, что нам известно о распределении температур и составе магм в преддуговых областях, делает данный сценарий весьма маловероятным.

Связь серпентинитовых подводных гор с фрагментами океанической плиты, которые, возможно, на них наращивались, нельзя было объяснить в рамках какой-либо из общепринятых теорий поведения конвергентных окраин плит. Поэтому морские геологи решили выделить Марианские подводные горы в качестве объектов для детального исследования в соответствии с международной «Программой океанического бурения». В 1989 г. Джулиан Пирс из Даремского университета в Великобритании и я во главе группы из 27 ученых из 10 стран отправились в экспедицию с целью пробурить ряд скважин в преддуговых областях Марианской и Идзу-Бонинской систем субдукции непосредственно к северу от Марианского желоба.

Мы пробурили скважины на склонах и на вершине подводной горы Конической. Колонки, отобранные на склонах до глубины 313 м ниже поверхности морского дна, представляли собой сложную серию серпентинитовых потоков. Они содержали не только серпентинизированный перидотит, но и обломки метаморфизованных базальтов срединно-океанических хребтов. Присутствие этих базальтов наводит на мысль, что в процессе аккреции океанической плиты в отдельный ее фрагмент могли проникнуть поднимающиеся серпентинитовые илы. Кроме того, илы, извлеченные со склонов горы, в изобилии но-

сят следы пластического течения с образованием складок и многократных сдвигов, позволяя сделать вывод о том, что они появились здесь в результате излияния или оползания и что подводная гора, очевидно, испытывала значительные постседиментационные деформации.

Майк Моттл из Гавайского университета произвел анализ воды, содержащейся в порах этих илов. Он пришел к выводу, что полученные им результаты указывают на присутствие морской воды в различных пропорциях в неглубоко лежащих потоках склонов и флюида, отличного от морской воды, который приобретает наиболее отличающийся состав на вершине горы, где, по всей вероятности, проходит ее подземное жерло. Моттл показал, что тенденции в изменении состава поровой воды, полученной из разных мест, аналогичны тем, которые наблюдались в изливавшихся из жерла водах, собранных нами при погружении «Алвина», но отклонения от состава морской воды были при этом даже еще больше.

Далее, из этих данных становится ясно, что относительно большие количества разнообразных соединений и элементов в рассматриваемых флюидах не могут быть результатом одних лишь взаимодействий между морской водой и породой, являющейся источником серпентина. Флюиды должны иметь какой-то другой источник, и скорее всего таковым служит погружающийся в процессе субдукции литосферный блок.

Проанализировав состав грязевых потоков, я обнаружила несколько минералов, принадлежащих к редко встречающемуся семейству водных гидроксилкарбонатов, к группе шегренита. На суше эти минералы встречаются в серпентинитовых обнажениях, которые взаимодействуют с водой. Присутствие их в грязевых потоках на подводных горах подтверждает важную роль флюида с составом, отличным от состава морской воды, в процессе метаморфизма. Если некоторые из этих минералов остаются устойчивыми в илах, увлеченные ими первичные флюиды в течение всего процесса внедрения и последующего захоронения должны пребывать заключенными в грязевые потоки.

Минеральный состав разбуренных илов слегка изменяется с глубиной, откуда можно сделать вывод, что грязевому вулкану свойственны импульсы активности, перемежающиеся периодами покоя. Подводная гора Коническая расположена на пересечении по меньшей мере двух крупных разломов и формировалась, возмож-

но, по мере того как движение по этим разломам раздавливало и истирало серпентинизированный перидотит, превращая его в горную муку. Когда флюиды с больших глубин просачиваются вдоль плоскостей разломов, горная мука уносится к поверхности. Вариации активности подводной горы можно связать с перемещением вдоль нижележащих разломов, а вариации состава — с различиями в типах пород в фокусах разломов. Определение возраста осадков, извлеченных в результате бурения, показывает, что древнейшие потоки на морском дне, пройденные нашими скважинами, имеют возраст около миллиона лет. Из этого следует, что данная подводная гора образовалась, вероятно, сравнительно недавно.

**С**КОЛЬКО может существовать таких грязевых вулканов, какое количество серпентинитовых подводных гор сформировалось другими путями и многие ли трещины в преддуговой области могут служить местами активных излияний или просачивания флюидов — все это нам неизвестно. Несомненно лишь то, что флюиды и различные компоненты, попавшие в преддуговую систему из плиты, погружающейся в процессе субдукции, находят дорогу обратно в океан и возвращаются в морской геохимический цикл.

Обнаружение серпентинитовых грязевых вулканов в Марианской преддуговой области и выяснение их происхождения важны далеко не для какой-то отдельно взятой зоны субдукции. Геологи выявляют сейчас все больше и больше экзотических массивов (фрагментов литосферы), обнажающихся на континентах и островах в зонах столкновения плит, и многие из таких массивов содержат крупные серпентинитовые тела. Теперь ясно, что эти массивы серпентина по структуре и составу близки к найденным нами.

Исследование серпентина, входящего в экзотические массивы, позволит оценить относительную роль серпентинитовых диапиров и грязевых вулканов в древних преддуговых системах. Полученные знания в сочетании с изучением современных серпентинитовых подводных гор должны помочь геологам до конца понять эволюцию зон субдукции на протяжении всей истории Земли. Кроме того, сопоставляя древние экзотические массивы, встречающиеся на суше, с активными преддуговыми областями, мы сможем лучше понять сложные системы континентальных окраин, частью которых нередко становятся эти преддуговые участки.



КОЛОНКА серпентинитового ила (в натуральную величину) после своего отложения много раз испытывала смятия и сдвиги.

# Инвазия и метастазирование раковых клеток

*Наиболее угрожающей особенностью рака является необнаруживаемое расселение опухолевых клеток по организму.*

*Выяснение механизма их проникновения в ткани поможет создать новые методы лечения*

ЛАНС А. ЛИОТТА

**П**РЕДПОЛОЖИМ, что при диспансерном маммографическом обследовании 55-летней женщина узнает, что у нее в груди обнаружено подозрительное уплотнение. Путем микроскопического анализа материала биопсии (т.е. извлеченного из организма фрагмента живой ткани) патологоанатом довольно легко может выяснить, является ли эта ткань злокачественной. Но судьбу пациентки определить далеко не так просто. Она зависит от клеточных событий, недоступных прямому наблюдению, а именно, от метастазирования злокачественных клеток, т.е. их распространения по организму, приводящего к образованию вторичных опухолей.

При неудачном лечении рака именно метастазы оказываются главной причиной гибели больного. Если первичная опухоль выявлена и удалена достаточно рано — до метастазирования, рак может быть ликвидирован. Если же к моменту диагноза у больного уже есть вторичные опухоли или даже микроскопические метастазы, то прогноз неблагоприятный. Не затронутые лечением, метастазы разрастутся и в итоге приведут к смерти.

Хотя зловещая природа метастазирования хорошо известна, крайняя запутанность этого процесса очень затрудняла исследования. К счастью, упорное изучение отдельных этапов метастазирования привело, наконец, к обилию информации. Один из наиболее важных результатов заключается в том, что в отличие от прежних представлений метастазирование стало рассматриваться как активный процесс, а не случайное последствие опухолевого роста. На самом деле инвазия опухолевых клеток в здоровые ткани — а это ключевой этап развития вторичных опухолей — представляет собой, несомненно, сложное явление, в котором участвуют реакции как раковых, так и нормальных клеток.

Наша лаборатория в Национальном институте рака (НИР) пыталась выяснить фундаментальные основы инвазии и метастазирования рака на двух уровнях: мы изучали биохимические механизмы инвазии, действующие на клеточной поверхности, и генетические механизмы внутри опухолевых клеток, которые делают метастазирование возможным. При этом использовался комбинированный подход, сочетавший прямые наблюдения индивидуальных опухолевых клеток, выделение и очистку производимых ими белков, а также выделение генов, функционирующих преимущественно или исключительно в клетках с высокой либо низкой метастатической активностью. Нам удалось идентифицировать ряд генов и белков, которые, по-видимому, регулируют некоторые стороны инвазии и метастазирования.

Эти открытия позволили пойдти к разработке стратегий лечения, которое могло бы останавливать рост опухолей до начала метастазирования. Созданы многообещающие новые маркеры для предсказания мелких бессимптомных метастазов. Оба этих подхода должны помочь больным раком на ранних стадиях его развития. Однако еще более нужны методы, которые позволяли бы ликвидировать уже существующие вторичные опухоли. Достигнутое нами понимание молекулярных механизмов метастазирования, по-видимому, приведет к решению и этой задачи.

**Т**ЕРМИН «метастаз» был введен французским врачом Жозефом Клодом Рекамье в опубликованной в 1929 г. монографии «Recherches du Cancer» («Исследования рака»). Он впервые представил анатомические доказательства того, что причиной метастазов являются раковые клетки, которые попадают в кровотоки и переносятся в удаленные от исходной опухоли участки тела. Еще до Ре-

камье хирурги и анатомы заметили, что границы опухоли могут расширяться путем клеточной колонизации соседних тканей и лимфоузлов, но считалось, что колонии опухолевых клеток в более отдаленных участках организма возникают независимо. Рекамье описал местную инфильтрацию, инвазию раковой ткани в стенки вен и вторичный опухолевый рост в мозге у больных раком молочной железы.

Вклад Рекамье в биологию метастазирования обеспечил ему место в истории науки, но не помог улучшить лечение больных. В случае рака молочной железы он предлагал давящую повязку — по-видимому, для ограничения распространения опухоли. Но теперь известно, что такое воздействие на деле способствует переходу раковых клеток в кровяное русло. К счастью, это лечение так и не получило распространения.

Недавние исследования метастазирования показали, что этот процесс представляет собой, так сказать, тяжелый многоэтапный марафон, при котором лишь ничтожная доля опухолевых клеток — менее одной на 10 тыс. клеток, оставляющих первичную опухоль, — выживает и дает начало новой злокачественной колонии. Трудности для опухолевых клеток начинаются уже тогда, когда они покидают первичную опухоль, проникая через стенки сосудов кровеносной или

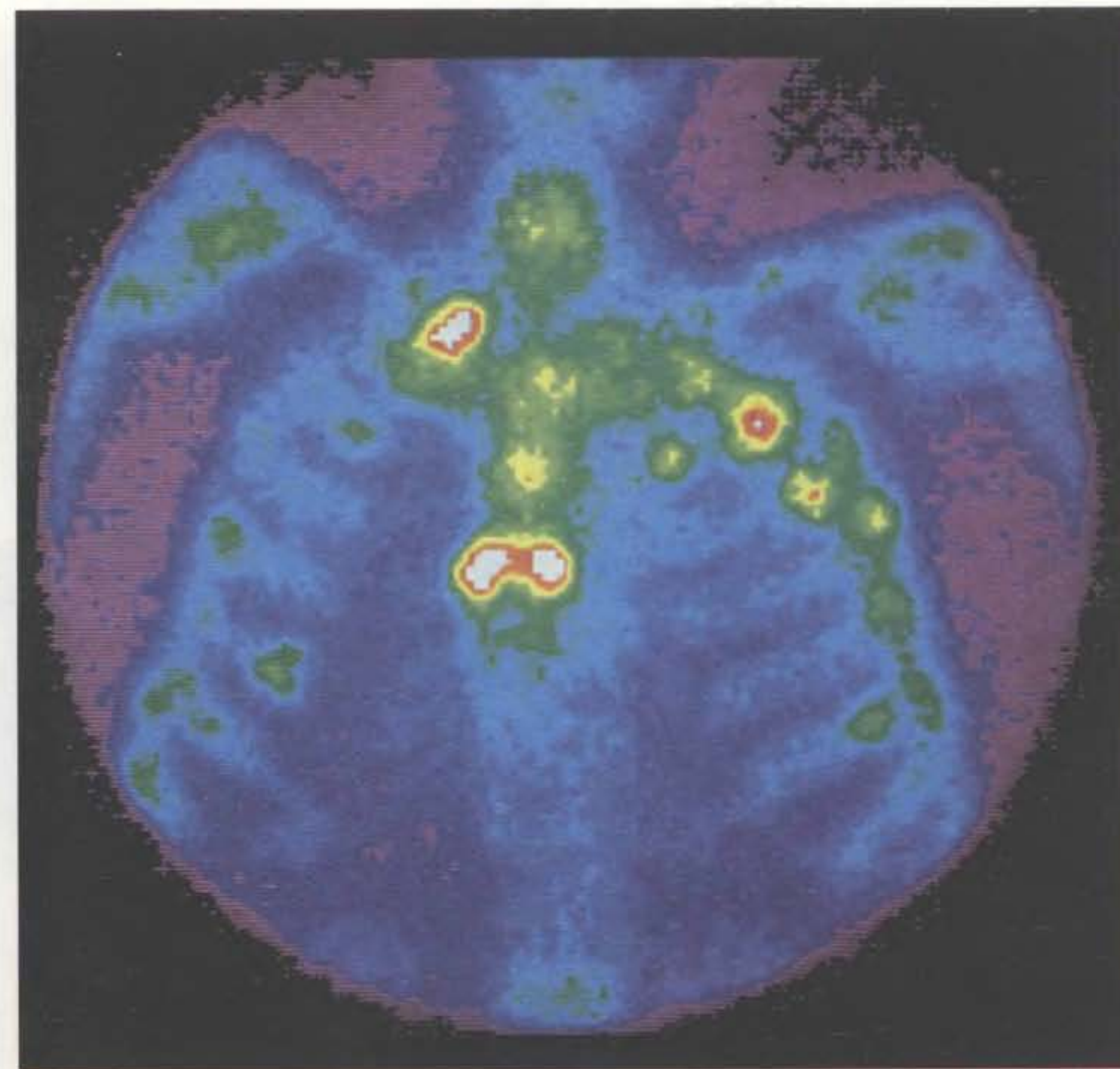
**ВТОРИЧНЫЕ ОПУХОЛИ**, или метастазы, при радиоизотопном сканировании грудной области больного раком выявляются в виде мелких «горячих» пятен на синем фоне. Они возникают в результате отделения клеток первичной опухоли и их инвазии в ткани в других участках организма. По мере того как приходит понимание механизмов, обеспечивающих миграцию клеток, предпринимаются попытки пресечения этого процесса.

лимфатической системы. Опухоль индуцирует самообеспечение новыми кровеносными сосудами (этот процесс называется ангиогенезом) для питания быстро разрастающейся массы клеток (см. статью: The Vascularization of Tumors, by J. Folkman; "Scientific American", May 1976). Стенки новообразованных кровеносных сосудов в опухолях частично проницаемы, так что злокачественные клетки относительно легко проникают в просвет сосудов. Любое разветвление кровеносных сосудов в опухолевой ткани является потенциальным участком проникновения ее клеток в кровотоки.

Лимфатические сосуды также доступны для проникновения опухолевых клеток, но опухоли не индуцируют образование собственной сети лимфатических сосудов. В норме лим-

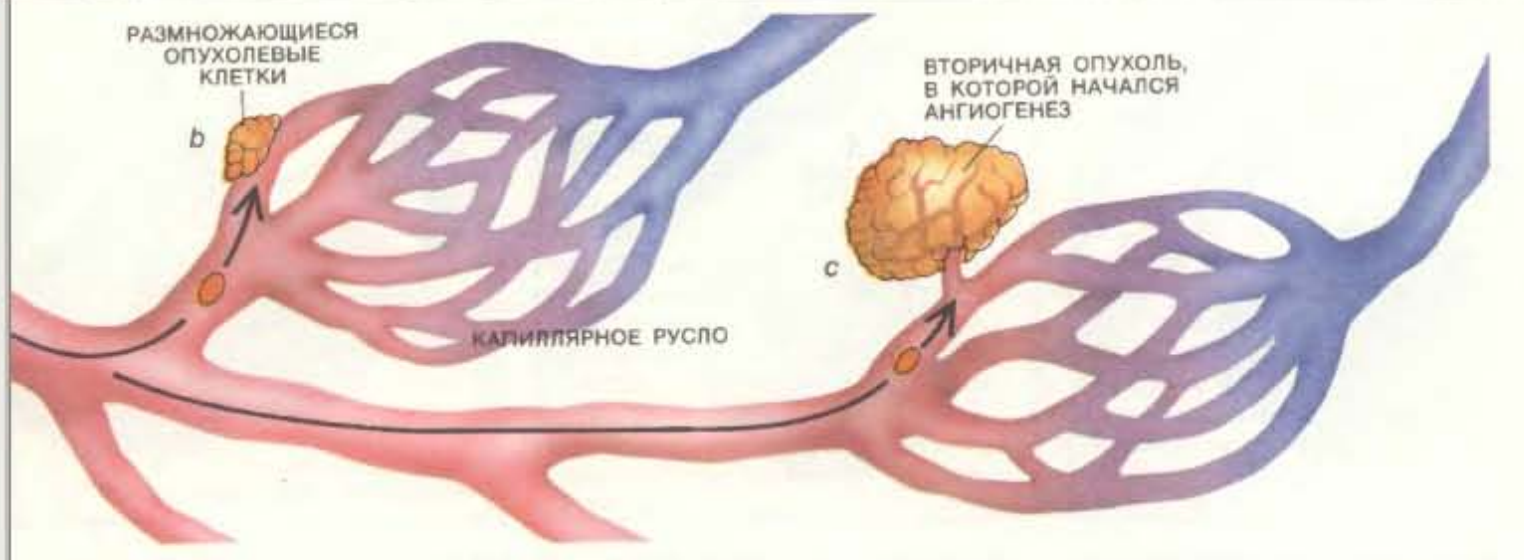
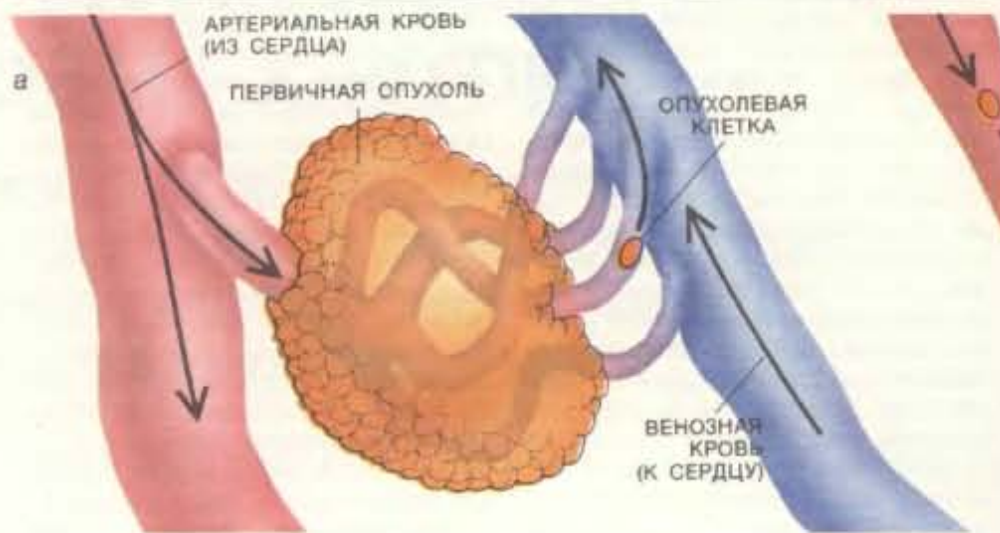
фатические сосуды откачивают избыток внеклеточной жидкости из тканей, так что отсутствие лимфатической системы в опухолях может вносить некоторый вклад в создание гидростатического давления в опухолевой ткани; впервые это было показано П. Гуллино в Институте патологической анатомии в Турине. Это внутреннее давление может повредить опухоль и тем самым помогать организму-хозяину благодаря тому, что пережимаются слабые кровеносные сосуды и участки опухолевой ткани лишаются кислорода и питания. Отсутствие внутриопухолевых лимфатических сосудов означает также, что раковые клетки могут проникать в лимфатическую систему хозяина только на границе опухолевой и нормальной тканей.

Опухолевые клетки обычно перемещаются по вене или лимфатическому сосуду пока не застрянут где-нибудь «ниже по течению» или в лимфоузле из-за сужения сосуда либо прикрепившись к его внутренней выстилке. В большинстве случаев метастазирующая клетка где-либо закрепляется после того, как проходит через сердце. Исходя из чисто анатомических соображений, можно предсказать, где будет формироваться 60% метастазов первичной опухоли. Так, обычным местом метастазов многих опухолей являются легкие, поскольку из сердца вся кровь прокачивается через легочные капилляры, прежде чем разносится по остальным тканям организма. При раке толстой кишки метастазы часто возникают в печени, которая получает прямой приток венозной



**Как распространяется рак**

Метастазирование рака, состоящее в том, что опухолевые клетки образуют колонии на расстоянии от первичной опухоли, является многоступенчатым процессом. Вначале некоторые клетки отделяются от исходной массы опухолевой ткани и попадают в питающие опухоль кровеносные сосуды (а). Они разносятся с кровотоком до тех пор, пока не закрепляются в выстилке капилляров. Затем такая клетка проникает через стенку кровеносного сосуда, внедряется в окружающую ткань и начинает размножаться (b). Новая масса опухолевой ткани вызывает образование питающих ее кровеносных сосудов (c), которые могут стать отправной точкой для новых метастазирующих клеток.



крови из толстого кишечника.

Когда метастазы образуются не в тех органах, в которых ожидалось, это обычно связано с тем, что циркулирующие опухолевые клетки находят там особо благоприятную «почву» для выживания и роста, которая может обеспечиваться какими-либо гормонами или факторами роста, избирательно стимулирующими опухолевые клетки. Концентрационные градиенты определенных белков, выделяемых органами-мишенями, также могут привлекать опухолевые клетки и побуждать их мигрировать из кровяного русла.

подавляющее большинство опухолевых клеток, задерживающихся в капиллярах или лимфоузлах, погибают

там в результате механических повреждений, возникающих из-за задержки потока крови, или атаки со стороны защитных сил организма. Однако в течение 8—24 часов часть выживших опухолевых клеток начинает внедряться в стенку сосуда и в конце концов покидает кровоток.

Не все проникшие в нормальную ткань опухолевые клетки способны выжить и дать начало очагу злокачественного роста. Образуют новые колонии только те опухолевые клетки, которые, осев в ткани, приступают к пролиферации (размножению). Это может стимулироваться различными воздействиями, включая местные факторы роста и гормоны, производимые организмом-хозяином, а

также аутостимулирующими факторами роста, производимыми самими опухолевыми клетками. Только что образовавшиеся метастазные колонии могут разрастаться лишь при условии достаточного обеспечения питания благодаря опухолевому ангиогенезу. Полностью сформировавшиеся вторичные опухоли имеют собственное кровоснабжение, а значит, могут стать новым источником циркулирующих опухолевых клеток. Таким образом, метастазные колонии сами могут метастазировать и, следовательно, ускорять ухудшение состояния больного.

**НА** НЕСКОЛЬКИХ этапах метастазирования — при выходе клеток

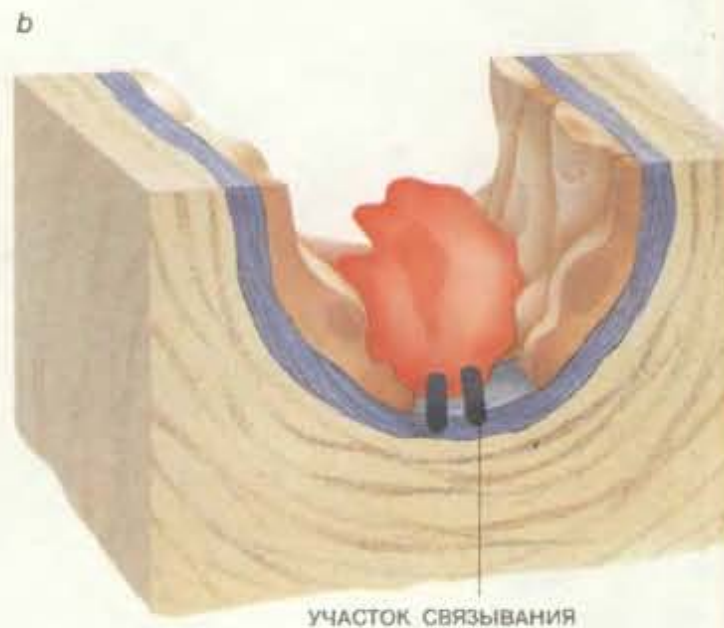
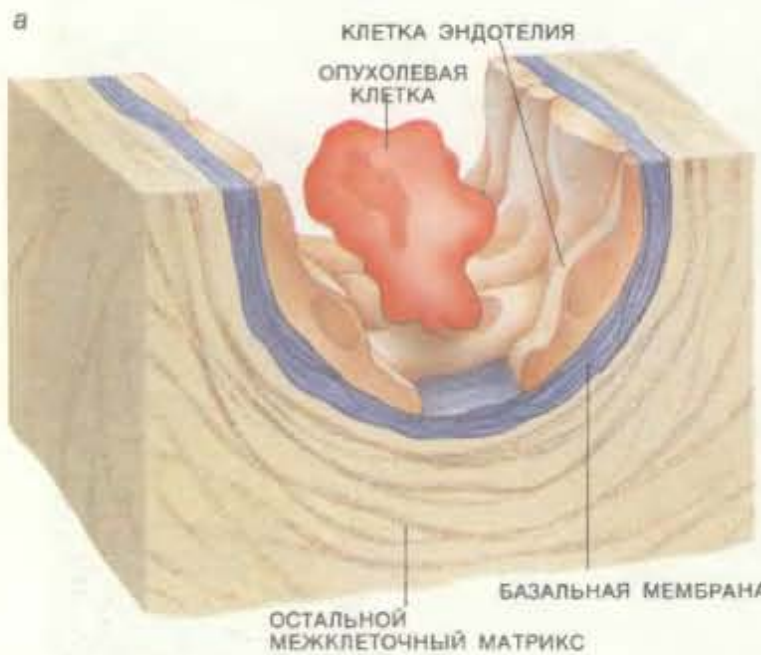
в кровотоки, при внедрении в стенку сосуда и при проникновении в нормальную ткань — опухолевые клетки должны проявить инвазивные свойства. До конца 1970-х годов было распространено мнение, что инвазия опухолевых клеток представляет собой побочное явление — следствие давления внутри опухоли, возникающего по мере ее роста, в сочетании с пониженной тенденцией опухолевых клеток к межклеточной связи (см. статью: Р. Хайнс. Фибронектины, «В мире науки», № 8, 1986). С этой точки зрения инвазия рассматривается как пассивный процесс: опухолевые клетки просто выталкиваются в кровоток под давлением растущей массы опухоли и затем разделяются и расселя-

ются. Не объяснялось, однако, почему некоторые доброкачественные опухоли (такие, например, как лейомиома матки) могут вырастать до больших размеров и развивать высокое внутреннее давление без инвазии в окружающие ткани и метастазирования.

Наша исследовательская группа в НИР, изучавшая метастазирование, решила экспериментально проверить гипотезу давления, связанного с ростом. Вначале мы обрабатывали клетки метастазирующих опухолей агентами, блокирующими клеточное деление, и затем анализировали способность этих клеток проникать через тканевые барьеры. Оказалось, что подавление деления не влияет на про-

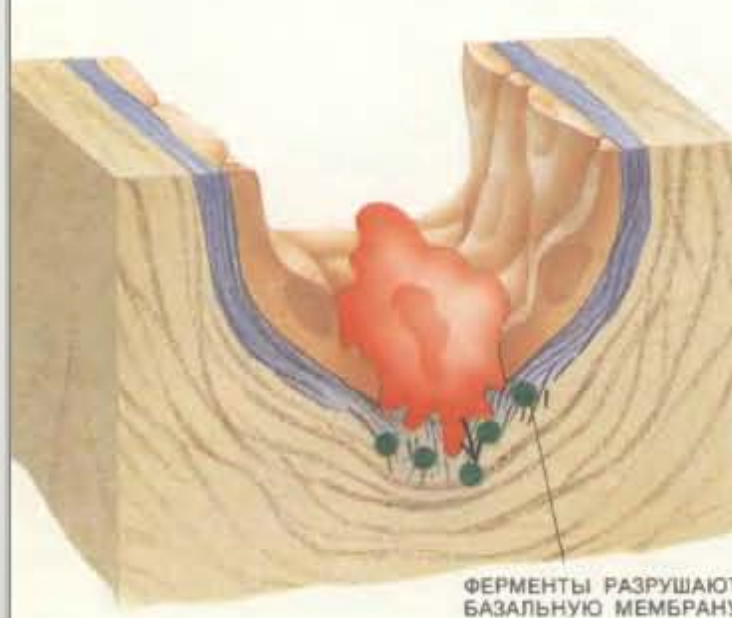
цесс инвазии. Мы сделали вывод, что давление, возникающее вследствие роста опухоли, не требуется для проникновения раковых клеток через тканевый барьер. Инвазия опухолевых клеток, очевидно, представляет собой активный процесс.

Для злокачественности, способности опухоли к метастазированию, необходима инвазия. «Качество» опухоли определяется при патологоанатомическом анализе по виду ее краев. Доброкачественные опухоли, не обладающие инвазивными свойствами, характеризуются четко очерченной границей, обусловленной давлением со стороны опухоли и смещением окружающих тканей. И наоборот, злокачественные опухоли характери-



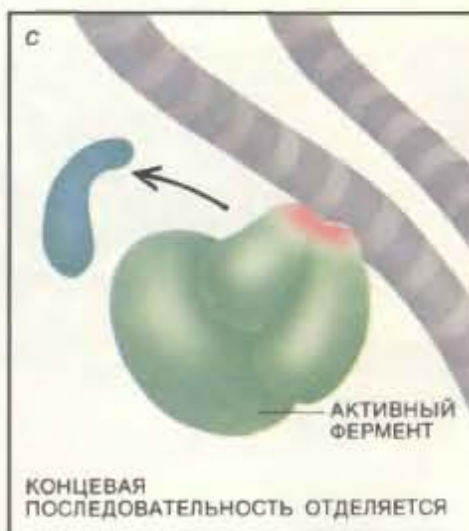
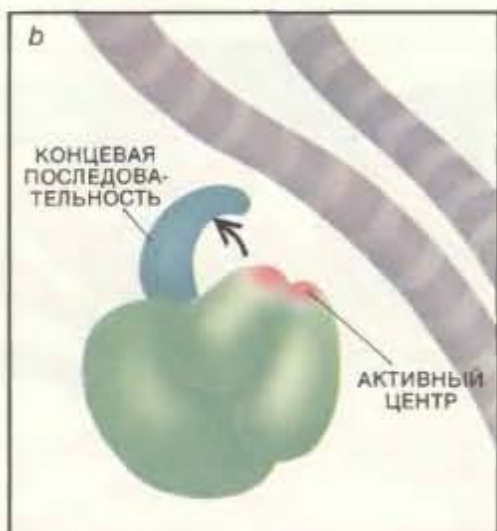
ИНВАЗИЯ опухолевых клеток — это сложный процесс, начинающийся с их выхода из кровотока и завершающийся образованием метастазов в тканях. Предваряя инвазию, опухолевые клетки индуцируют сокращение клеток эндо-

телиа, выстилающих кровеносные сосуды, и обнажение белкового матрикса, называемого базальной мембраной (a). Затем опухолевые клетки прикрепляются к базальной мембране, связываясь с определенными белками (b), вхо-



дскими в ее состав. Секретируемые этими клетками ферменты расщепляют белки матрикса, и в мембране образуются отверстия (c). Опухолевые клетки проникают через

них, продолжая производить ферменты, позволяющие им внедряться в слой межклеточного матрикса под базальной мембраной (d) и далее в глубь ткани.



**МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗЫ**, секретируемые опухолевыми клетками, играют ключевую роль в процессе инвазии. Эти ферменты синтезируются в неактивной форме, в которой активный центр блокирован аминокислотной последова-

тельностью на одном из концов молекулы (а). Когда возникает потребность, этот концевой участок отодвигается и отщепляется (b), так что в активном центре могут связы-

ваются слабо выраженной границей, называемой фронтом инвазии, где индивидуальные опухолевые клетки активно мигрируют от первичной опухолевой массы. В сложных биохимических событиях, происходящих во фронте инвазии, участвуют как опухолевые клетки, так и клетки нормальной ткани.

Для понимания механизма инвазии

следует разобраться в сущности барьеров между циркулирующими опухолевыми клетками и нормальными тканями вне сосудов. Первый барьер образуют клетки эндотелия, выстилающие изнутри кровеносные и лимфатические сосуды. Эксперименты, проведенные Г. Николсоном из Больницы Андерсона в Хьюстоне, показали, что опухолевые клетки могут об-

ладать специальными адгезивными свойствами относительно поверхности эндотелия. Связывание опухолевых клеток со слоем эндотелиальных клеток вызывает сокращение последних и обнажение подлежащей ткани. Таким образом, опухолевые клетки как бы понуждают клетки эндотелия к кооперации в процессе инвазии. Под клетками эндотелия находится

более прочный барьер — межклеточный матрикс, проникнуть через который сложнее. Он представляет собой плотную сеть различных белковых и углеводных молекул. У млекопитающих перегородки межклеточного матрикса разделяют ткани на ряд компартментов. Одной из специализированных форм матрикса является базальная мембрана, обволакивающая кровеносные сосуды, мышечные клетки и нервные волокна. К базальной мембране прилежит матрикс другого типа, называемый интерстициальной стромой, которая поддерживает прочие клетки и лимфатические сосуды.

ваться и расщеплять молекулы коллагена, формирующие межклеточный матрикс (с, d).

Роль межклеточного матрикса заключается частично в том, что он служит опорой при росте тканей. Матрикс также обеспечивает избирательную проницаемость для транспорта белков и других веществ между клетками, через стенки кровеносных сосудов и в процессе фильтрации в почках. Кроме того, он выполняет роль механического барьера при инвазии опухолевых клеток.

В норме популяции клеток по разные стороны межклеточного матрикса не перемешиваются даже при заживлении ран или при развитии органов в ходе эмбриогенеза. Злокачественные клетки тем не менее легко проникают в межклеточный матрикс, пересекают границы тканей и поселяются в новом месте. Разрушение базальной мембраны является характерным признаком фронта инвазии всех раковых опухолей человека. В «социальном порядке» метастазирующие опухолевые клетки определяют свойственная им тенденция к разрушению образуемых межклеточным

матриком границ и к смешиванию с клетками типов, отличных от тех, которые формируют ложе исходных опухолей.

Непрерывная базальная мембрана, окружающая кровеносные сосуды, обычно не имеет пор или каналов, достаточно крупных для пассивного прохождения по ним опухолевых клеток. Следовательно, метастазирующие опухолевые клетки, покидая кровяной ток, находят другой путь проникновения через базальную мембрану. Для изучения этого процесса мои коллеги и я выделяли базальные мембраны из животных тканей. Когда метастазные клетки помещали на выделенную базальную мембрану, те немедленно прикреплялись к ней. Под прикрепившимися опухолевыми клетками образовывалась затем зона лизиса, в которой происходила фрагментация белков базальной мембраны. В конце концов опухолевые клетки внедрялись и проникали через разрушенный участок базальной мембраны.

На основании полученных результатов мы пришли к выводу, что проникновение опухолевых клеток через барьер базальной мембраны осуществляется в три этапа. На первом этапе происходит прикрепление клеток к базальной мембране. Это опосредуется специфическими рецепторами на клеточной поверхности, распознающими компоненты базальной мембраны. На втором этапе активируются ферменты деструкции, которые разрушают или перестраивают молекулы базальной мембраны непосредственно под опухолевыми клетками. На третьем этапе опухолевые клетки вытягивают псевдоподии (амебонидные ложноножки) в зону лизиса, что сопровождается миграцией самих клеток.

**ТРИ ЭТАПА** инвазии опухолевой клетки — адгезия, ферментативная модификация базальной мембраны и миграция — должны быть тесно скоординированы и упорядочены во времени. Пока продвигающийся фронт клеточной поверхности активирует ферменты для разрушения препятствующих молекул, задняя часть клетки должна оставаться прочно прикрепленной к межклеточному матриксу. Как только откроется путь вперед, должно произойти переключение активностей, с тем чтобы ферменты деструкции прекратили свое действие и клетка могла продвинуться. Такое переключение необходимо, поскольку чтобы двигаться поступательно, внедряющейся в ткань опухолевой клетке нужно как бы ухватиться за матрикс в направлении движе-

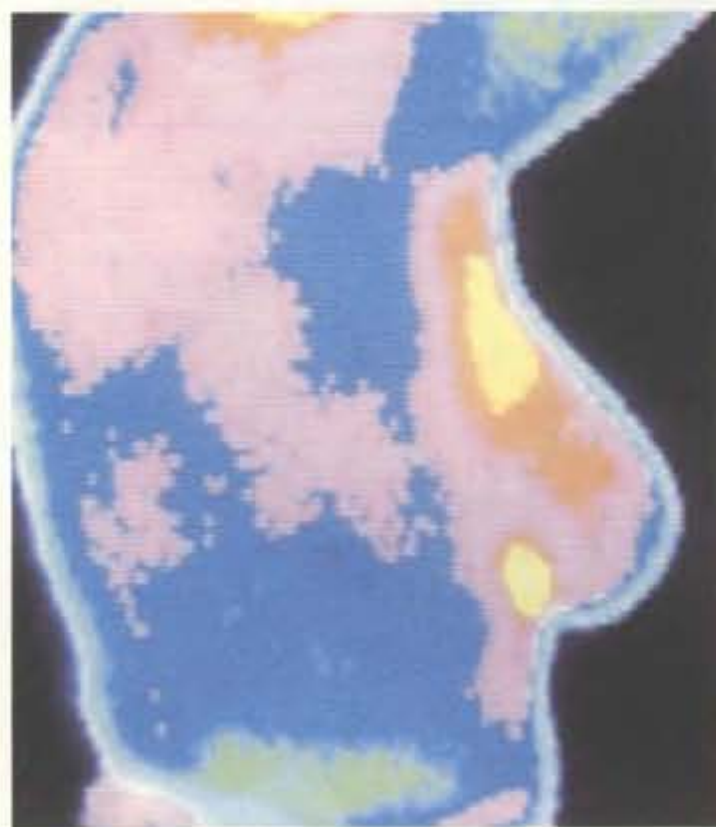
ния, переместиться вперед и ликвидировать все связи с матриксом на задней стороне клетки. Другими словами, опухолевая клетка должна одновременно рыть туннель, цепляться за его края и продвигаться вперед.

Такое удивительное поведение встречается не только у опухолевых клеток. Время от времени нормальные клетки также приобретают способность к инвазии в окружающие ткани. Нормальное инвазивное поведение характерно, например, при имплантации плаценты в стенки матки и при формировании органов в ходе эмбрионального развития. Лейкоциты (белые клетки крови) могут проникать через стенки сосудов и достигать участков воспаления. Сети кровеносных сосудов устанавливаются благодаря миграции и инвазии клеток эндотелия, которые проходят сквозь барьеры межклеточного матрикса и размещаются в тех участках тканей, которые нуждаются в питании и кислороде.

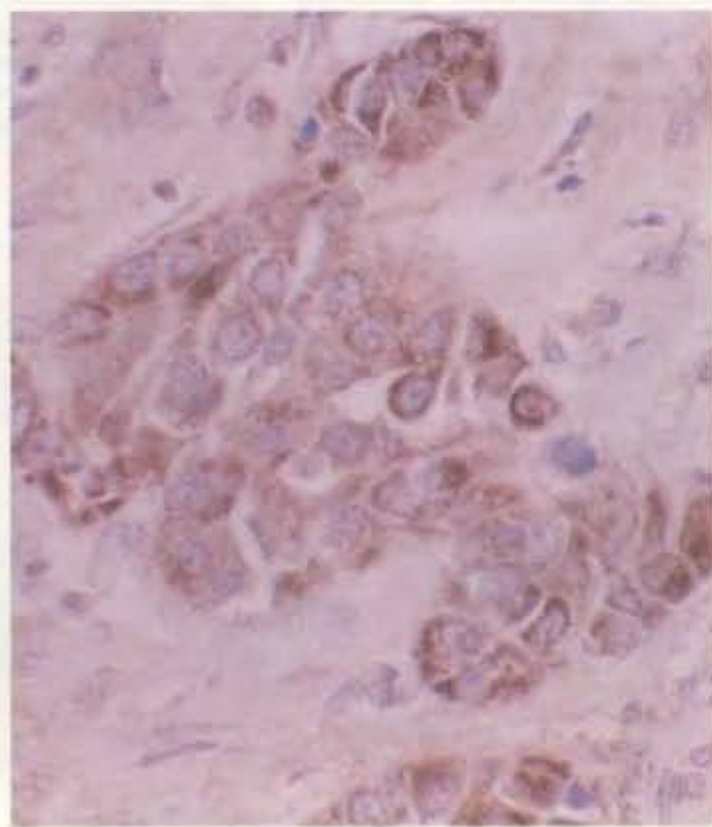
Во всех этих случаях механизм инвазии нормальных клеток в общих чертах, скорее всего, такой же, как и у опухолевых клеток. Тем не менее существует критически важное различие в регуляции этих процессов. Инвазия нормальных клеток прекращается при исчезновении побудительных стимулов, а злокачественные клетки могут безостановочно мигрировать, пересекая тканевые барьеры там и тогда, где и когда это совершенно неприемлемо для нормальных клеток.

Зававшись целью разрешить проблему различий в регуляции инвазии нормальных и злокачественных клеток, мои коллеги и я взялись за поиски генов и белков, характеристически ассоциированных с инвазией. В этом направлении удалось добиться некоторого успеха. Одним из удивительных результатов наших исследований было открытие того, что регуляторные белки негативного действия (подавляющие инвазивное поведение нормальных и раковых клеток) могут быть столь же важны в поддержании агрессивности клеток, что и позитивно действующие факторы. Это позволило предположить существование генов — супрессоров метастазирования, т.е. генов, которые кодируют белки, способные подавлять ключевые этапы метастазирования.

Концепция генов, подавляющих метастазирование, перекликается с недавними исследованиями Р. Вайнберга из Уайтхедовского института и Б. Фогельштейна из Университета Джонса Гопкинса, которые продемонстрировали важность генов, подавляющих рост раковых клеток. Вайнберг и Фогельштейн предполо-



**РАК МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ** и другие опухоли могут быть обнаружены с помощью медицинских сканнеров (слева), но получаемые изображения не выявляют те особенности поведения и биохимии опухолевых клеток, которые делают



их метастазирующими. На окрашенном срезе раковой ткани молочной железы (справа) антитела против металлопротеиназ окрашивают некоторые потенциально инвазивные клетки в коричневый цвет.

жили, что утрата или мутации определенных регуляторных генов, таких как ген *p53* или ген, обуславливающий ретинобластому, приводят к аномальному неконтролируемому росту клеток — первому этапу в развитии рака. Следующим критическим этапом является переход опухолей от простого роста к инвазии и метастазированию.

В процессе этого перехода вследствие некоторых генетических событий в опухолевых клетках усиливается образование белков, стимулирующих миграцию, и ферментов, расщепляющих межклеточный матрикс. В тех же самых клетках прекращается экспрессия белков, подавляющих метастазирование, которые в норме блокируют превращение клеток доброкачественных опухолей в метастазирующие.

С целью идентифицировать важные для инвазии ферменты мы сравнили белки, образующиеся в культурах метастазирующих инвазивных и неметастазирующих опухолевых клеток. При этом использовались линии раковых клеток, выделенные И. Фидлером из Больницы Андерсона, который впервые стал систематически получать линии мышечных опухолевых клеток с различной способностью к метастазированию. Было обнаружено, что выраженная склонность к инвазии ассоциирована с усиленным образованием расщепляющих белки ферментов, относящихся к классу металлопротеиназ. При аналогичных исследованиях клеток человека оказалось,

что повышенный уровень металлопротеиназ в опухолях коррелирует с развитием инвазии и метастазирования; это наблюдалось при раке молочной железы, толстой кишки, желудка, щитовидной железы, легких и печени.

На сегодняшний день известны по крайней мере восемь представителей семейства генов, кодирующих металлопротеиназы. Все эти ферменты обладают сходной структурой, но существенно различаются по типам белков, которые они расщепляют. Одним из важных белков, расщепляемых металлопротеиназами, является, например, коллаген, палочкообразные трехспиральные молекулы которого формируют каркас межклеточного матрикса. Разновидность этого белка, называемая коллагеном IV, образует структурный скелет базальной мембраны. Для различных тканей характерны другие разновидности коллагена. По всей вероятности, для преодоления разнообразных тканевых барьеров опухолевыми клетками требуется не одна металлопротеиназа, а ряд таких ферментов с различной специфичностью; то же касается и других классов ферментов деструкции.

Чтобы установить, действительно ли металлопротеиназы необходимы для инвазии, мы обрабатывали опухолевые клетки антителами, избирательно блокирующими определенные ферменты этого семейства. В этих опытах наблюдалось полное подавление

инвазивного поведения опухолевых клеток.

**М**НОГОЕ из того, что удалось узнать о структуре и функциях металлопротеиназ, может привести к разработке лекарств, предотвращающих или останавливающих инвазию и метастазирование путем подавления действия этих ферментов. Так, например, известно, что все металлопротеиназы образуются исходно в неактивной форме, совершенно неспособной расщеплять какие-либо белковые молекулы. Отсутствие активности здесь обусловлено высоко консервативной последовательностью из девяти аминокислот, присутствующей на одном из концов молекулы у всех металлопротеиназ.

В этой последовательности имеется необычайно реакционноспособный остаток цистеина. В неактивной форме содержащий ее конец молекулы складывается так, что этот остаток цистеина взаимодействует с ионом металла в активном центре фермента, блокируя способность расщеплять белки-мишени. Таким образом, металлопротеиназы изначально несут свой собственный встроенный ингибитор.

Металлопротеиназа приобретает активность, когда форма ее молекулы изменяется так, что пептид (участок белка), содержащий реакционноспособный остаток цистеина, удаляется от иона металла в активном центре. Затем данный пептид отщепляется, и

фермент становится постоянно активным. Мои коллеги и я, изучая конформационные изменения металлопротеиназ в образцах опухолей человека, обнаружили, что эти ферменты действительно переходят в форму, проявляющую полную активность.

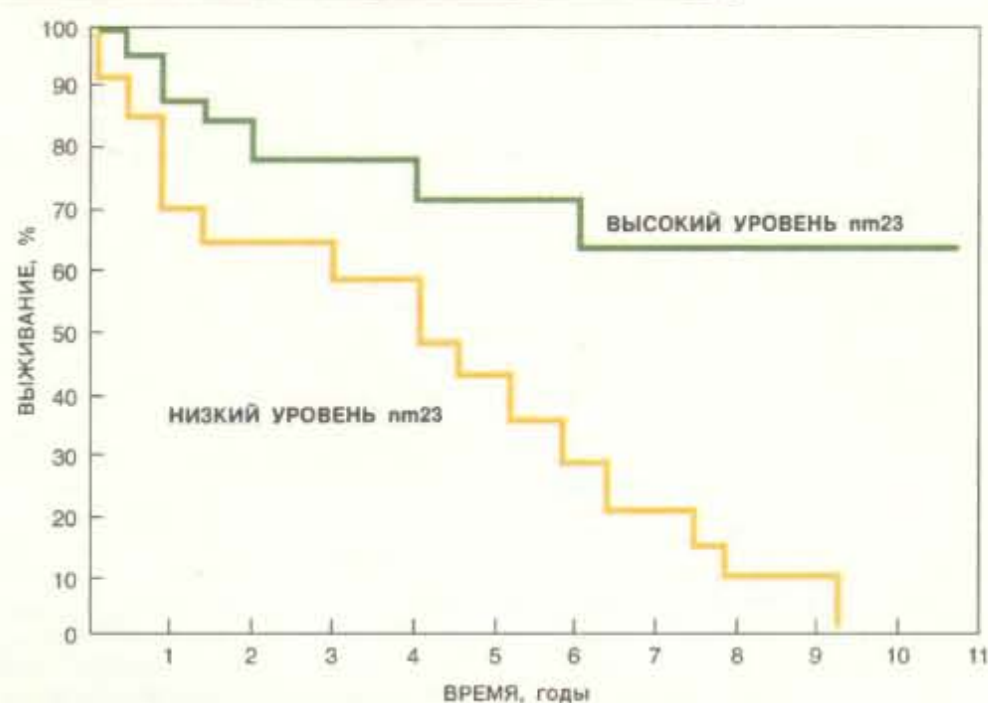
Эти сведения о металлопротеиназах могут иметь практическое значение. Так, представляется перспективным создание лекарства, имитирующего содержащий цистеин пептид и, следовательно, способного блокировать активность металлопротеиназ, тем самым останавливая или подавляя инвазию и метастазирование. Однако пока нет ответа на весьма существенный вопрос, что именно инициирует молекулярные изменения металлопротеиназы?

Одна из возможностей заключается в том, что в опухолевых клетках латентные металлопротеиназы активируются другими ферментами деструкции, которые отщепляют ингибиторный пептид. Возможно также, как предположил недавно мой коллега У. Стетлер-Стивенсон, что активация осуществляется под действием иммобилизованных белков на клеточной поверхности. Эти белки могли бы обеспечивать тонкий контроль локальной активности металлопротеиназ.

**О**ДНАКО даже активированная металлопротеиназа не может расщеплять свои мишени в присутствии мощного тканевого ингибитора металлопротеиназ (TIMP — от англ. tissue inhibitor of metalloproteinase). Подобно тому как существует семейство металлопротеиназ, есть и семейство TIMP, включающее по крайней мере два белка: обнаруженный первым TIMP-1 и недавно идентифицированный Стетлер-Стивенсоном TIMP-2. И тот и другой ингибируют все активные металлопротеиназы, но TIMP-2 обладает дополнительным специальным средством к латентной или неактивной форме коллагеназы IV (металлопротеиназы, расщепляющей коллаген IV).

TIMP, образующиеся в нормальных тканях, таких, как хрящевая и костная, могут играть важную роль в предохранении межклеточного матрикса от излишнего разрушения. Они, возможно, защищают также нервы, предотвращая повреждение базальных мембран, окружающих нервные волокна. В принципе эти белки могут служить регуляторами клеточного роста в кровеносных сосудах и костном мозге.

Опухолевые клетки тоже могут секретировать TIMP; так, например, TIMP-2 образуется во многих опухо-



КРИВЫЕ ВЫЖИВАНИЯ для больных раком молочной железы отражают важность белка *nm23*, который, по-видимому, может подавлять метастазирование. При высоком содержании этого белка в опухолевых клетках уровень метастазирования невысок и прогноз благоприятный. И наоборот, если *nm23* в опухолевых клетках мало, то вероятность смерти больного велика из-за большого числа метастазов. Содержание *nm23* может служить индикатором для лечения рака.

лях. Та же злокачественная клетка, которая синтезирует какую-либо металлопротеиназу, может производить и ее ингибитор. Ферментативная активность будет проявляться только тогда, когда число молекул металлопротеиназы превысит число молекул TIMP. Следовательно, в этом, как и в других аспектах, инвазия опухолевых клеток зависит от баланса позитивно и негативно действующих белковых регуляторов.

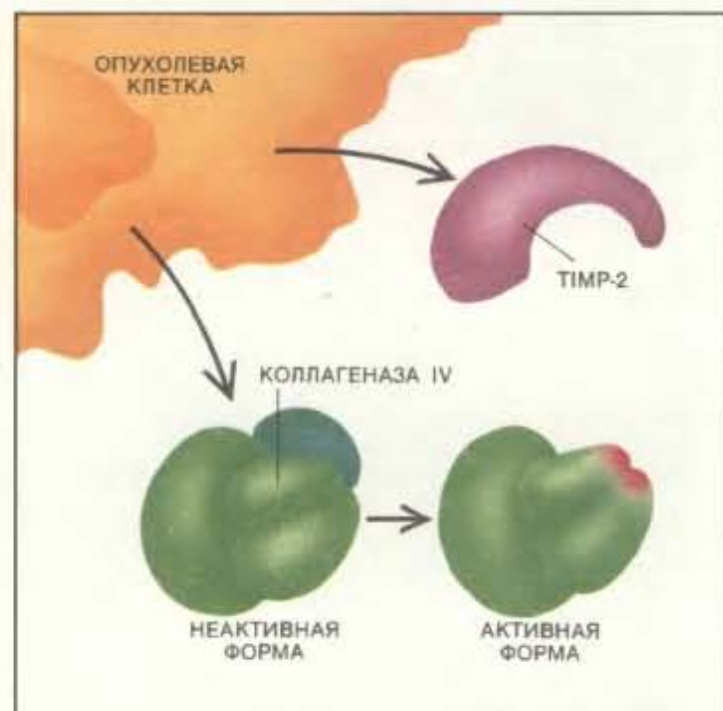
Таким образом, TIMP являются супрессорами метастазирования. В ряде лабораторий было показано, что TIMP-1 и TIMP-2 могут останавливать процесс инвазии опухолевых клеток. TIMP-2 способен также блокировать формирование новых кровеносных сосудов, требующихся для питания растущих метастазов. Эти обнадеживающие результаты означают, что TIMP и сходные с ними препараты открывают подход к предотвращению инвазии и лечению метастазирования.

Недавно П. Стиг из нашей исследовательской группы открыла еще один мощный белковый супрессор метастазирования. Анализируя различия в генетической активности между метастазирующими и неметастазирующими опухолями мыши, Стиг обнаружила ген, отсутствующий или неактивный в метастазирующих опухолях. Белок — продукт этого гена постоянно отсутствует или дефектен

во многих линиях клеток метастазирующих опухолей, а в клетках неметастазирующих опухолей он содержится в относительно большом количестве. Этот белок получил название *nm23* (от англ. nonmetastatic).

Клинические исследования, проведенные в США нашей группой совместно с К. Хеннеси из Ньюкаслского университета и Н. Кимуры из Института геронтологии в Токио, позволяют сделать вывод, что низкое содержание *nm23* в первичных опухолях молочной железы явно ассоциировано с метастазированием и большой вероятностью смерти больного. И наоборот, высокий уровень *nm23* коррелирует с отсутствием метастазов и благоприятным прогнозом. Более того, анализ генетических изменений при раке молочной железы у человека показал, что более чем в 50% случаев утрачена одна из двух копий гена, кодирующего *nm23*. В нормальной ткани молочной железы и в ее инвазивных опухолях содержание этого белка было высоким. Таким образом изменения, касающиеся *nm23*, сильно коррелируют с переходом клеток к инвазии и метастазированию. Это характерно не только для злокачественных опухолей молочной железы, но и для других раковых заболеваний.

**К**ОЛЬ скоро адекватный уровень нормального белка *nm23* обе-



ТАНЕВЫЕ ИНГИБИТОРЫ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗ (TIMP), секретируемые некоторыми клетками, представляют собой белки, которые предотвращают инвазию путем подавления ферментативного расщепления коллагена. Один из



членов этого семейства белков, TIMP-2, особенно эффективен, поскольку связывается как с активной, так и с неактивной формами металлопротеиназы, называемой коллагеназой IV.



спечивает защиту от рака молочной железы, то определение уровня p23 в опухолях может иметь клиническое значение. У значительного числа женщин с только что диагностированным раком молочной железы отсутствуют клинические признаки метастазирования. Однако известно, что у 25—30% таких больных имеются скрытые метастазы, слишком малые, чтобы вызвать симптомы. Определение содержания p23 и других биохимических индикаторов, исследуемых в настоящее время, поможет выявлять больных с повышенным риском скрытых метастазов, с тем чтобы своевременно лечить их.

Белок p23 может быть использован не только для диагностики, но и для лечения. В нашей лаборатории Стил вводила ген, кодирующий p23, в культивируемые метастазирующие клетки, в результате чего усиливалась его экспрессия, т.е. синтез белка. Инъекции мышам, такие клетки оказывались неспособными к образованию метастазов. Мы предполагаем, что метастазирование можно подавлять путем не разработанной пока генотерапии, включающей введение гена p23 в опухолевые клетки.

Каким образом p23 подавляет метастазирование? Установлено, что белок p23 обладает ферментативной активностью, состоящей в присоединении фосфатных групп к белковым молекулам. Фосфорилирование может модифицировать активность белков, в том числе тех, которые регулируют передачу сигналов, влияю-

щих на клеточный рост и дифференцировку. Известно также, что клетки, синтезирующие p23, не секретируют его. Однако помимо этих фактов нам нечего сказать о функции белка p23.

Возможно, нормальная функция этого белка станет понятной путем исследований его паразитической консервативности в течение миллионов лет эволюции. Белок p23 человека практически идентичен белку awd плодовой мушки, изученному А. Ширном из Университета Джона Гопкинса. У плодовой мушки белок awd требуется для правильного формирования всех органов, закладывающихся из эпидермы эмбриона — мозга, глаз, крыльев, ног и гениталиев. По аналогии можно предположить, что белок p23 у человека также играет важную роль в организации и межклеточной коммуникации клеток. В ходе развития клетки нормальных тканей взаимодействуют друг с другом, формируя органы должных размеров и формы. Утрата или абберантная регуляция p23 может приводить к неустойчивому клеточному состоянию, что благоприятствует автономному поведению опухолевых клеток и их метастазированию.

Предсказание или предотвращение будущих метастазов является чрезвычайно важной клинической задачей. Не менее важно, но более срочно уничтожение обнаруженных метастазов у больных раком. Молекулярные исследования путей межклеточной коммуникации, регулирующих инва-

зию и образование колоний метастазирующих опухолевых клеток, проведенные Э. Кон из нашей группы, открыли новый класс синтетических лекарственных соединений, получивших название карбоксиамидаминоимидазола (CAI).

У животных, которым вводили эти вещества через рот, блокировался рост уже образовавшихся метастазов. Как показали К. Фелдер из Национального института психического здоровья и Д. Хьюп из фирмы Merck & Co, CAI изменяют поток ионов кальция внутрь клетки. Мы полагаем, что вследствие этого изменения нарушаются сигналы, стимулирующие рост колоний метастазирующих клеток. Судя по результатам лабораторных исследований, CAI могут останавливать рост различных солидных опухолей человека, включая меланомы (сильно склонные к метастазированию злокачественные опухоли на основе пигментных клеток кожи), рак кишечника, молочной железы и предстательной железы.

Когда будет опубликована эта статья, уже начнется первая фаза клинических испытаний CAI в Национальном институте рака. Настало весьма волнующее время для всех, изучающих метастазирование и инвазию: после более полутора столетий исследований медицинская наука, возможно, наконец, направит знания о метастазировании на пользу больных. Диапазон подходов к проблеме никогда еще не был так широк, а перспективы успеха — столь отчетливыми.

## Наука и общество

### Электронный научный журнал

Луи Пастер в своем общении с коллегами в разговорах или при публикации в научных журналах неофициальных писем ввел в практику строгое научное документирование. В своих работах Пастер разделял методы, которыми он пользовался для анализа, и выводы, давая тем самым возможность другим ученым повторить его эксперименты.

Огромный объем компакт-диска позволяет современному исследователю сделать еще один шаг в этом направлении. Заинтересованным чита-

телям будет предоставлена возможность повторить описываемый эксперимент, а также проверить некоторые собственные гипотезы.

Моделью нового типа научного журнала является выпуск Геологической службы США и нескольких других федеральных агентств, чья деятельность связана с обработкой огромных запасов данных телеметрии. Это издание, названное "Arctic Data InterActive" (ADI), представляет одно из первых технических изданий, использующих постоянные запоминающие устройства (ПЗУ) на компакт-диске. На одном таком диске диаметром 12 см может храниться

более 250 тыс. страниц текста (это нечто большее, чем громадная электронная книжная полка).

В статье об аляскинском леднике Маласпина, написанной Брюссом Молни из Геологической службы США, ответственным за международные полярные программы, и Джоном Джоунсом, специалистом по радиолокационным станциям (РЛС) Геологической службы, приводятся свидетельства того, что неровности поверхности ледника отображают топографию подстилающей поверхности. Этот вывод основывался на анализе изображений ледника на экране индикатора бортовой самолетной

РЛС бокового обзора и позже подтвердился полевыми исследованиями.

Читатель имеет возможность выбрать для воспроизведения на экране то же самое изображение, снятое с экрана индикатора РЛС, которое первоначально было напечатано в 1989 г. в издании Американского геофизического союза "EOS Transactions". Это изображение синтезировано из реальных дискретных значений отраженных сигналов РЛС бокового обзора, установленной на борту реактивного самолета типа «Лир», полет которого был осуществлен подрядчиком Геологической службы США.

Изучив картину, полученную с экрана индикатора РЛС, читатель может воспользоваться некоторыми из тех программных средств обработки изображений, которые специалисты по телеметрии применяют для исследования изображений. Имеется возможность анализировать изображение по частям; можно регулировать цвет, затемнение, контраст, даже неровность поверхности для выделения на экране контуров ледника. «Читатель фактически видит то же самое, что видели мы», — говорит Молния. (Это не совсем так: информация на диске не включает билет до Аляски и обратно.)

ADI обладает свойствами, которые сегодня начинают определять термин «мультимедиа», т.е. использование гибридных средств передачи и обработки данных. Для установления отношений между текстом статьи и данными в ADI применяется программный метод, называемый «гипермедиа», который позволяет увязать опорные точки в данных с привычным контекстом статьи в научном журнале. «Мы пытались исполь-

зовать лучшие элементы информационных средств в сочетании с возможностями и изяществом «мультимедиа», — говорит Денис Уилтшир, один из руководителей Геологической службы, работавший над созданием программного обеспечения вместе с фирмой Internetwork в Дел-Маре (шт. Калифорния).

Электронное издание включает также краткое описание быта охотников — коренных жителей Аляски, сопровождаемое их фотографиями из материалов Смитсоновского института, а также таблицами процентного соотношения полов и возрастных характеристик китов, на которых они охотятся. В будущих вариантах можно будет добавить звуковую информацию в виде истории коренных жителей Аляски. (Эта идея не была реализована в первом издании.) Вместо предоставления читателю всего лишь ссылок на соответствующие публикации можно будет включить полный текст этих статей.

Прежде чем научный журнал, использующий гибридные средства передачи и обработки данных, будет ежемесячно доставляться подписчикам, нужно решить несколько проблем финансового характера и материально-технического обеспечения. Стоимость ADI для агентств составит 100 тыс. долл.; такая же сумма потребовалась бы для покупки десятков различных ПЗУ на компакт-дисках с записью существующих библиографических справочников. Однако Уилтшир считает, что расходы на выпуск журнала будут существенно ниже, поскольку его структура, или «обложка», уже разработана.

Выпуск таких электронных журналов будет существенно отличаться от

издания их бумажных предшественников. От специалистов с навыками работы, аналогичными мастерству режиссеров видеомонтажа, потребуется объединить различные информационные средства. Пока не разработаны стандарты на форму представления данных исследований, сотрудникам журнала может потребоваться много времени для исправления неточностей или согласования различий в методах сбора информации.

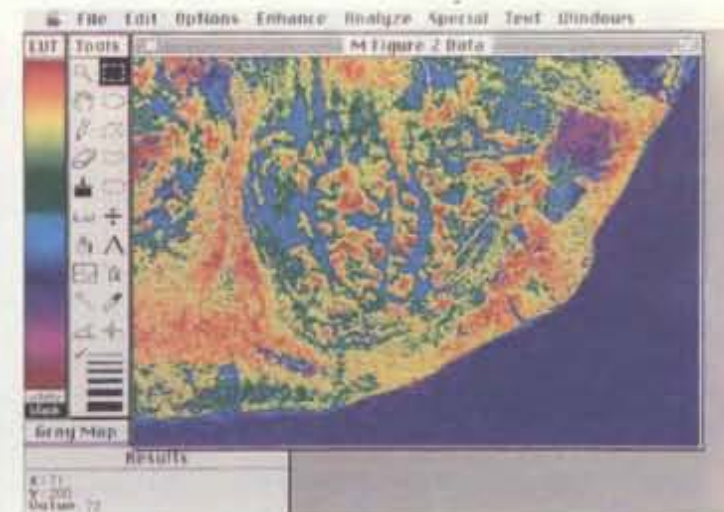
Вопрос о том, есть ли повседневная необходимость в таком большом количестве информации, также, несомненно, является предметом дискуссии. Роберт Дэй, профессор английского языка, преподающий в Делаварском университете стиль написания научных и технических произведений, говорит, что наилучшими публикациями часто являются такие, в которых изложение автора и рецензии на его работу, составленные группой его сотрудников, образуют единый синтез идей ученого и методов исследования. В этом случае часто нет необходимости прилагать к статье исходные данные исследователя. «Мы вовсе не хотим, чтобы каждая статья выглядела как диссертация на соискание степени доктора философии», — замечает Дэй.

Возможно, наиболее сильным аргументом в пользу издания научного журнала с использованием гибридных средств информации является то, что читатели могут проверить и оспорить выводы исследователя. «Если какая-нибудь величина представлена с точностью до четвертого знака, — говорит Молния, — у специалистов обязательно возникнут сомнения».

Гэри Стикс



ЛЕДНИК НА АЛЯСКЕ можно увидеть в прототипе нового научного журнала. В электронном издании использованы гибридные средства передачи данных и программные



средства обработки изображений для выделения топографии (слева) и цвета (справа) ландшафта. Фото фирмы Internetnetwork.

# Млекопитающие островной Европы

В карьере близ Месселя в Германии найдены замечательно сохранившиеся ископаемые остатки млекопитающих, водившихся в Европе в то время, когда она была островом. Эта находка проясняет ключевую фазу эволюционной истории

ГЕРХАРД ШТОРХ

ПЯТЬДЕСЯТ миллионов лет назад в Германии в 20 км от Франкфурта, близ Месселя там, где теперь карьер, было озеро и животные приходили к его обманчиво спокойным водам, чтобы утолить жажду. Они паслись на берегу, купались на мелководье, прятались в ветвях, нависающих над водой. Летучие мыши, охотясь за насекомыми над зыбкой поверхностью воды, залетали дальше от берега и сновали над глубокими водами.

Затем время от времени — с интервалами, слишком большими, чтобы животные могли обратить на это внимание, — на поверхность водоема стали вырываться струи ядовитого газа, удушая все живое вокруг. (Известны и другие подобные случаи; так, 6 лет назад озеро в Камеруне извергло облако диоксида углерода, что погубило тысячи людей и животных.) Каждый газовый выброс оставлял таким образом широкий след, отправляя массу животных в глубины озера. Там химические условия среды часто были таковы, что мягкие ткани необычайно хорошо сохранялись, и ныне в ископаемых остатках можно различить шерсть грызуна, чешую панголина, косточки внутреннего уха животных, даже состав их последней трапезы. В результате захоронения животных медленно пополнился растущий пласт горячего сланца на дне озера.

Ни в одном другом местонахождении не обнаружено столь большого разнообразия замечательно сохранившихся ископаемых эоцена (периода времени 53—35 млн. лет назад), когда Европа была субтропическим островом. Мессельские животные, относящиеся к ранней стадии средне-

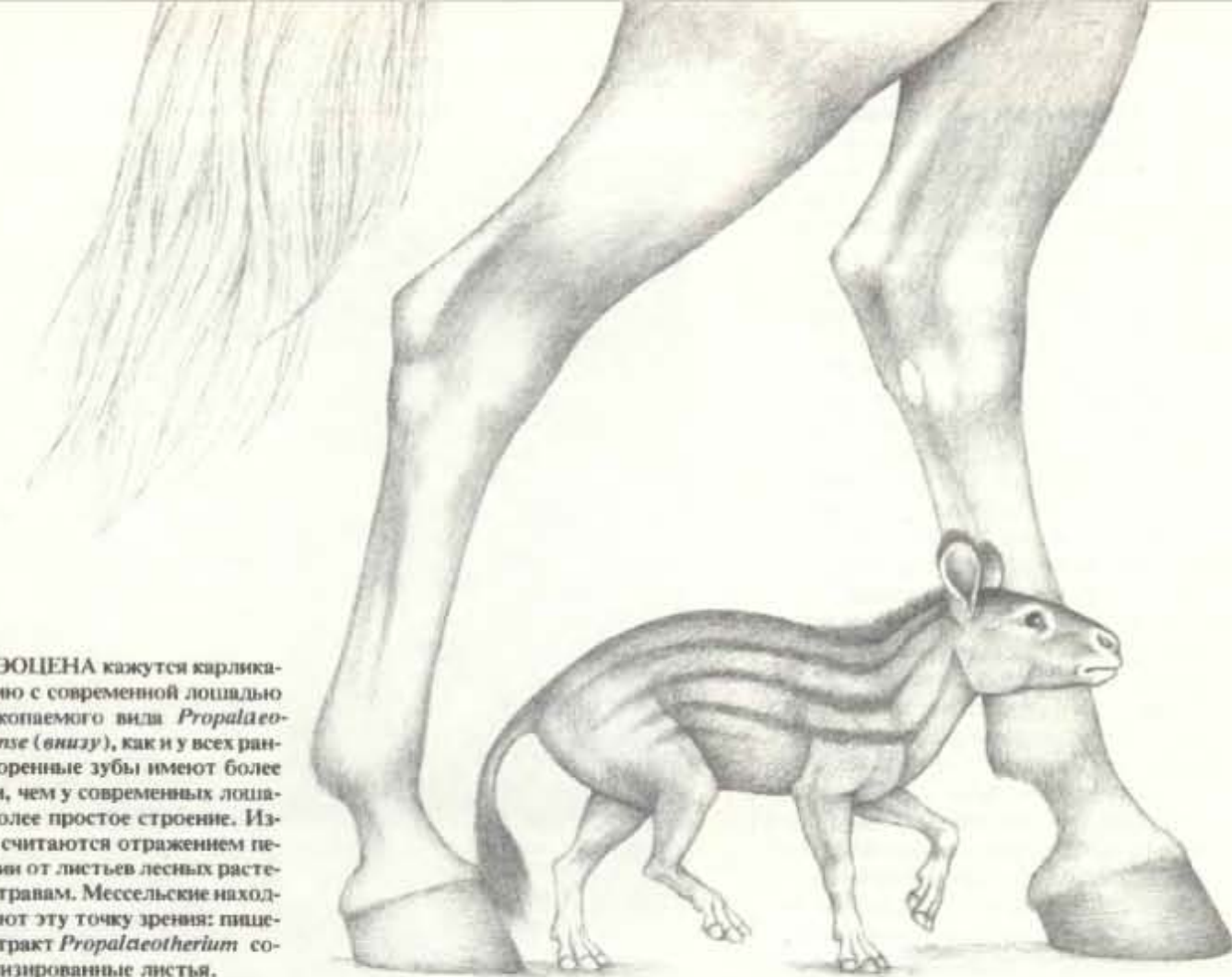
го эоцена, особенно важны, поскольку они освещают наиболее революционный этап развития млекопитающих в Европе — ранний эоцен. Ископаемые остатки фауны этого времени не найдены, но реконструкция путей распространения древних животных показывает, что именно тогда архаичная европейская фауна оказалась открытой для массового внедрения новых форм. Новые млекопитающие значительно потеснили прежних, многие из которых вымерли, а большинство млекопитающих Месселя являются потомками этих пришельцев.

ЗДЕСЬ я в основном коснусь этих новых млекопитающих, рассмотрев их вероятную родину, пути миграции и потомков. Подобные вопросы требуют тщательного разбора. Легче понять, почему пришельцы достигли быстрого успеха и возобладали над прежними формами. Они, по-видимому, подвергались более интенсивному естественному отбору — возможно, потому, что область их исходного распространения была населена большим множеством конкурентов. Во всяком случае, новая фауна сформировала более сбалансированное сообщество, чем прежняя. В ее состав входили, например, первые копытные животные, как парнопалые, так и непарнопалые. Эти листоядные, как предполагается, заняли прежде пустые экологические ниши. Среди пришельцев были группы животных, которые позже успешно эволюционировали; особенно следует отметить полуобезьян — основателей отряда приматов, включающего *Homo sapiens*. Мессельские находки дали как бы снимок жизни озера в период от 500 тыс. до 1 млн. лет назад. К концу первой

четверти эоцена этот водоем высох, часть акватории и питавшие ее притоки были погребены в результате тектонических процессов и естественной эрозии. Миллионы лет спустя шахтеры в поисках залежей горючих сланцев раскопали массу неповрежденного палеонтологического материала. После этого остался открытый карьер около 1 км длиной, 700 м шириной и 70 м глубиной. То, что еще могло быть там найдено, много лет подвергалось опасности быть засыпанным вплоть до 1986 г., когда правительство земли Гессе объявило Мессель природным заповедником. Это решение спасло местонахождение не только от мусорных машин, но и от палеонтологов-любителей, растаскивавших его сокровища.

Подходящие методы сохранения сланцевых ископаемых были разработаны только 20 лет назад. С тех пор, однако, открытия в Месселе в основном рассматривались как добавление ряда разнообразных ископаемых к предмету споров о происхождении и расселении систематических групп (видов, семейств и т. п.). В Месселе уже найдены материалы, представляющие более 40 видов млекопитающих, принадлежащих к 14 отрядам, и число их продолжает расти по мере того, как изучаются новые находки. Многие животные были реконструированы на основе сохранившихся очертаний мягких тканей тела и сочлененных скелетов; в таких случаях внешний вид организма может быть полностью восстановлен, за исключением цвета шерсти. В других случаях облик удается воссоздать методом, сравнимым с разворачиванием смятой картонной коробки. Результаты таких реконструкций приве-

ЭКВИДЫ ИЗ ЭОЦЕНА кажутся карликами по сравнению с современной лошастью (вверху). У ископаемого вида *Propalaeotherium messelense* (внизу), как и у всех ранних эквидов, коренные зубы имеют более низкие коронки, чем у современных лошадей, и также более простое строение. Изменения зубов считаются отражением перехода в питании от листьев лесных растений к степным травам. Мессельские находки подтверждают эту точку зрения: пищеварительный тракт *Propalaeotherium* содержит fossilized листья.



дены рядом с фотографиями, иллюстрирующими эту статью.

Новая фауна Европы вскоре после заселения региона оказалась изолированной, поскольку пути миграции по суше были отрезаны. Более того, многие территории отделились друг от друга мелкими заливами и проливами. Таким образом Европа стала скорее архипелагом, чем островом, и, как случается на современных архипелагах, распространившиеся там млекопитающие вскоре подверглись локальной специализации. Этот феномен, называемый эндемизмом, проявился даже у таких мобильных видов, как летучие мыши (остатков которых встречается в Месселе очень много — вероятно, они часто тонули в озере). Эндемизм имеет тенденцию стирать видимые свидетельства генеалогических связей, что затрудняет интерпретацию происхождения ряда мессельских млекопитающих.

Животные-пришельцы явно произошли от групп, возникших вне Европы, но где именно — часто остается загадкой. Для того чтобы ответить на этот вопрос, всякий раз следует прежде всего определить, относится данная находка к переселенцам или к немногочисленным выжившим эндемичным для Европы формам. Для выяснения этого данных мало. Из позднего мела (периода от 100 до 65 млн. лет назад) известны только один коренной зуб, найденный во Франции и несколько фрагментов зубов, обнаруженных в Португалии. Совершенно нет находок из раннего палеоцена — периода, следующего за рубежом между меловым и третичным периодами 65 млн. лет назад. Единственно возможные из известных предшественников «коренных европейцев» Месселя происходят из средне- и позднепалеоценовых местонахождений Бельгии, Парижского бассейна и Вальбека в Германии. Но эти ископаемые млекопитающие слишком эндемичны и архаичны — никто из них не дал начала ныне существующим семействам. Правда, одна мессельская находка, похоже, претендует на статус архаического европейского жителя — это причудливое двуногое млекопитающее *Leptictidium nasutum* (см. иллюстрацию справа).

**ГДЕ ЖЕ** возникли переселенцы? Маловероятно, что они происходят из Азии, поскольку в то время она была населена иной фауной и отделена от Европы водным пространством. Тем не менее некоторые виды, такие, как панголины, могли преодолеть этот барьер.

Северная Америка, тогда отделенная от Южной, представляется более

## Реконструкции

Ископаемые были реконструированы на основе отпечатка тела, сохранившего контур мягких тканей, и сочлененных скелетов. Таким образом, облик животного может быть восстановлен полностью, за исключением цвета шерсти.



*Eurotamandua joresi* — древнейший и наиболее полно сохранившийся экземпляр известных ископаемых муравьедов — имел длину около 80 см.



*Pholidocercus hassiacus* — похожее на ежа насекомоядное длиной 40 см (от носа до хвоста).



*Leptictidium nasutum* — бегал на двух ногах, чем отличается от всех ныне живущих млекопитающих, кроме человека. Он достигал 75 см.



*Eomanis waldi* — древнейший панголин, сходен с современными видами. Это животное длиной около 50 см питалось муравьями и термитами.



вероятной прародиной для определенных групп. В раннем эоцене этот континент был связан с Европой двумя сухопутными мостами, несмотря на образование пролива, который позднее сформировал Северную Атлантику. Благоприятные климатические условия, должно быть, способствовали довольно свободному перемещению млекопитающих, способных занять все экологические ниши на этих мостах. Действительно, около 60% родов, известных из европейского раннего эоцена, найдены также в осадочных породах Скалистых гор. Радикальное обновление фауны в раннем эоцене имело место одновременно в Северной Америке и Европе, и некоторые специалисты определяют эти регионы как общую зоогеографическую область, называя ее Евразией.

По мнению большинства специалистов, животные расселялись в основном из Северной Америки в Европу, и в ряде случаев это ясно подтверждается. Например, современные хищные, по-видимому, возникли в Северной Америке. Их исходная группа, миасиды, в североамериканских местонахождениях впервые встречаются в раннем палеоцене, а в Европе они известны только начиная с нижнего эоцена, т. е. появились там на 10 млн. лет позже. Грызуны также преодолели этот путь в Европу, но в отличие от хищных достигли Северной Америки лишь немного раньше, чем Европы. Это позволяет предположить, что грызуны возникли в Азии и внедрились в Северную Америку по сухопутному «мосту» в районе современного Берингова пролива.

Но есть разногласия, хотя и не прямые, указания на африканское происхождение большого числа весьма важных таксонов, свидетельствующие, что эти млекопитающие сначала пришли в Европу, а оттуда — в Северную Америку. Я поэтому полагаю, что в раннем эоцене иммигранты в большинстве случаев шли не на восток, а на запад, т. е. из Европы — в Новый Свет.

Палеонтологическая летопись Африки для ранних периодов очень неполна, так что об африканском происхождении судят лишь по косвенным данным. Так, можно предположить, что Африка была прародиной тех популяций, которым нет одновозрастных либо более древних азиатских аналогов и которые явно достигли Европы раньше, чем Северной Америки. Примерами таких европейских предшественников могут быть *Hyracotherium* (древнейший из известных родов лошадей), *Diacodexis* (древнейший из известных родов от-



**ЛОВУШКА ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ:** находки ископаемых летучих мышей обычно редки, но в Месселе они более многочисленны, чем другие млекопитающие, вероятно, потому, что они часто летали над поверхностью озера, когда оно извергало газы. Пищеварительный тракт *Palaechiropteryx tupaiodon* (вверху) содержал ночных бабочек, которые летали в сумерках либо ночью; это до-

казывает, что летучие мыши использовали эхолокацию 50 млн. лет назад. Наземное насекомоядное *Macrocranton tupaiodon* (с. 36, вверху) тоже охотился в темноте, о чем свидетельствуют его хорошо развитые уши и нос, а также крошечные глаза. *Mastomys beegeri* (в середине) относится к грызунам. Систематическая принадлежность сумчатого (внизу) еще не определена.

ряда парнопалых, включающего свиней, крупный рогатый скот и коз) и лемуноподобные полуобезьяны — первые приматы современного облика. Более того, в Европе эти иммигранты, по всей видимости, появились на юге раньше, чем на севере, чего и следовало ожидать, если их родиной была Африка.

До того как предок лошади был найден в Южной Европе, считалось, что он, подобно современной лошади (*Equus*), возник в Северной Америке. Но европейские местонахождения свидетельствуют против этого. А мессельские находки привели к предположению об африканском происхождении современных приматов, которое подтверждается сделанным в прошлом году открытием ископаемого палеоценового примата в горах Атлас в Марокко.

**ПОЖАЛУЙ,** никакая другая находка не интересна так сама по себе

и для понимания древних путей миграций, как ископаемый муравьед *Eurotamandua joresi*, обнаруженный в Месселе в 1974 г. Это древнейший и лучше всего сохранившийся представитель подотряда Vermilingua отряда Edentata (неполнозубые), к которому относятся также ленивцы и броненосцы.

Поскольку ископаемые остатки Edentata в соответствующих геологических отложениях Северной Америки не обнаружены, эти животные скорее всего не совершали путь из Южной Америки через Северную. Таким образом, можно предполагать, что они мигрировали в Европу из Африки. В пользу такого предположения говорит ряд фактов: протоатлантический пролив в позднем мелу и в раннетретичное время был относительно узким; Южная Америка и Африка вплоть до позднего мела, а возможно, и в раннем палеоцене были связаны сушей; многие хребты расширя-

вшегося дна Атлантики возвышались над поверхностью, создавая возможность сухопутного перехода вплоть до конца эоцена — начала олигоцена около 35 млн. лет назад.

Но я склоняюсь к другой интерпретации. Хотя *Eurotamandua* из Месселя жил 50 млн. лет назад, он обладал многими характерными признаками ныне существующих родов *Tamandua* (малый муравьед) и *Myrmecophaga* (гигантский муравьед). Ископаемая форма, следовательно, дает основание предположить, что муравьеды возникли еще в меловое время.

Кроме того, примитивные признаки, сохранившиеся у ныне живущих неполнозубых, позволяют рассматривать их как наиболее древнюю группу среди современных плацентарных млекопитающих. Вполне вероятно, что они существовали еще до того, как южный суперконтинент Западной Гондвана раскололся на Африку и Южную Америку, что произошло

около 90 млн. лет назад. Согласно такому взгляду на эволюционную историю, Edentata заселили Африку очень давно, хотя до сих пор там не найдены ни живые, ни вымершие их представители.

Дальнейшие исследования наверняка уточнят эти гипотезы и, возможно, дадут более совершенные средства

для их проверки. Разумно надеяться, что новые методы обнаружения и анализа древнего органического материала найдут благодатную почву в удивительных по сохранности мессельских ископаемых. В таком случае мы получим бесценные ключи к тайне происхождения наших «братьев» — млекопитающих и самого человека.

## Наука и общество

### Ночное тепло

**УГРОЗА** потепления, вызываемого парниковым эффектом, заставила биологов оценить, в какой мере сельское и лесное хозяйство и природные экосистемы испытают воздействие повышенных температур. Широкомасштабные исследования тенденции изменения температуры, проводимые на протяжении более четырех десятилетий в США, СССР и КНР, свидетельствуют о том, что ученые, возможно, зря тратили время.

По существу при всех расчетах, выполненных к настоящему времени, включая оценку Межправительственного совета по изменению климата при ООН, предполагалось, что по мере накопления в атмосфере газов, обуславливающих парниковый эффект, ночные и дневные температуры будут возрастать в равной степени. Однако последнее исследование под руководством Томаса Карла из Национального центра климатических данных в Ашвилле, шт. Северная Каролина, показало, что в Северном полушарии произошло повышение главным образом ночных температур. Ночное потепление относительно благоприятно для растений: оно

уменьшает дегидратацию и другие отрицательные воздействия дневного тепла и ночного холода. «Это весьма существенное обстоятельство означает, что уменьшается воздействие неблагоприятных для сельского хозяйства факторов», — утверждает Филип Джоунз из Отделения климатических исследований при Университете Восточной Англии в Великобритании.

Средняя температура на земном шаре, несомненно, увеличилась за последнее столетие на 0,3—0,6°C. Но исследование Карла, опубликованное в «Geophysical Research Letters», показывает, что в наибольшей степени это увеличение обусловлено поднимавшимся суточным минимумом температуры. Другими словами, ночи стали более теплыми. В то же время суточный максимум, обычно регистрируемый в дневные часы, почти совсем не увеличился в США и Китае и лишь ненамного возрос на территории СССР.

Данные, собранные Карлом несколько лет назад, показали, что диапазон суточных изменений температуры в США уменьшается. Некоторые критики гипотезы потепления, например, Патрик Майклз из Виргин-

ского университета, даже использовали эту информацию как довод в свою пользу. В то время, однако, было неясно, является ли этот эффект характерным только для Северной Америки.

Обобщив данные по СССР и Китаю, Карл, по-видимому, убедил коллег, что потепление в Северном полушарии в этом веке обусловлено преимущественно ночным эффектом. В своей работе Карл использовал данные по 744 метеостанциям, которые покрывают более 40% территории суши Северного полушария. Данные по США начинаются с 1901 г., по Советскому Союзу — с 1951 г., по Китаю — с 1951 г. Данные по США были скорректированы с учетом роста городов.

Полученные результаты выявляют серьезные просчеты в компьютерных моделях климата, используемых в настоящее время для анализа парникового эффекта: эти модели не предусматривают существенных различий между ночным и дневным потеплением. Ночное потепление, по словам Карла, «настолько велико, что требует какого-то физического объяснения». «Или модели неточно предсказывают относительную роль дневных и ночных эффектов», — говорит он, — или ночное потепление представляет собой нечто отличное от парникового эффекта».

Существует теория, которая может объяснить это аномальное явление, хотя исследователи проявляют осторожность в том плане, что она еще не доказана и что определенную роль могут играть другие неизвестные эффекты. По мнению Джоунза, ночное потепление может сильнее проявляться потому, что микроскопические частички сульфатов, образующиеся при сгорании минерального топлива, отражают солнечный свет обратно в космическое пространство в дневное время. Таким образом сульфаты в виде аэрозолей ослабляют парниковый эффект после восхода солнца. В ночное время солнечный свет не рассеивается, а атмосфера поглощает тепло, излучаемое нагретой землей. В результате парниковый эффект сильнее выражен в повышенных значениях ночных температур.

За несколько месяцев до опубликования данных Карла Роберт Чарлсон из Вашингтонского университета описал в геофизическом журнале «Tellus» модель воздействия сульфатных аэрозолей на климат, которая правильно предсказывает маскировку парникового эффекта в Северном полушарии. «Весьма соблазнительно связать это явление с сульфатными аэрозолями», — заявляет Карл. — Я еще не вполне в этом убежден, но полагаю, что в этом направлении нужно

провести значительную работу».

Сульфатные аэрозоли могут влиять на климат, способствуя образованию облаков. Наблюдения со спутников показывают, что атмосфера Земли становится более облачной. Но, по словам Чарлсона, роль облачности и ее зависимость от сульфатных аэрозолей остаются неясными.

Есть, впрочем, статистические данные, которые, судя по всему, подтверждают определенную роль сульфатов. Согласно Джоунзу, данные по Судану также свидетельствуют в пользу ночного потепления, указывая на то, что рассматриваемый эффект проявляется над большей частью Северного полушария. В противоположность этому данные по Австралии показывают, что потепление там более равномерно распределяется между дневным и ночным временем суток. Этот факт находится в полном соответствии с «сульфат-аэрозольной» гипотезой, утверждает Карл, поскольку 90% сульфатов попадают в атмосферу в Северном полушарии. Коллега Джоунза Т. Уигли отмечает, что потепление вследствие парникового эффекта в этом веке проявилось сильнее в Южном полушарии, чем в Северном, а это также наводит на мысль, что сульфаты в Северном полушарии сдерживают дневной прогрев.

Если сульфатные аэрозоли действительно способствуют парниковому эффекту, то они могут поставить трудные вопросы перед обществом. Ночное потепление все-таки ведет к нарушению экологического равновесия и таянию ледников. В то же время применение Закона о чистом воздухе в США и мероприятия других стран по предотвращению загрязнения атмосферы в результате сжигания минерального топлива могут привести к непредвиденному результату. Если «сульфатная гипотеза» верна, отмечает Карл, то уменьшение выбросов сульфатов может ускорить глобальное потепление.

Тим Беросли

### Туманный ледниковый период

**М**ЕЖДУ 1500 г. и концом XIX в. Европа претерпела длительное похолодание, известное как малый ледниковый период. В это время на севере наступали ледники, в Голландии замерзали каналы, а урожай был весьма неустойчивым. На заключительном заседании Американского геофизического союза в декабре прошлого года прозвучало сообщение об искусственных научных исследованиях, позволяющих установить, какова была погода во время малого ледникового

периода и как она изменилась с тех пор. Эти данные указывают на сложную картину изменения климата и имеют большое значение для тех специалистов, которые пытаются предсказать воздействие человеческой деятельности на окружающую среду в глобальном масштабе.

Один из методов выяснения характера погоды в прошлом заключается просто в измерении температуры в скважине, пробуренной в земной поверхности. Температура очень медленно распространяется с поверхности вниз через породу; на глубине примерно 300 м она сейчас соответствует температуре, которая была на поверхности земли во время малого ледникового периода. «Это — прямое измерение температуры», — отмечает Генри Поллак из Мичиганского университета. До сих пор большинство замеров в скважинах было проведено в Северной Америке. Согласно Поллаку, данные по скважинам, как правило, показывают, что в последние сто лет, после похолодания в XIX в., этот регион становится теплее. Но в количественном отношении потепление в значительной мере варьирует от места к месту, а в некоторых местностях климат даже стал холоднее.

Такие же разноречивые данные получены при разбурировании ледников. Анализ керна льда позволяет провести очень точную датировку, поскольку в этом случае можно сосчитать ежегодные снегопады, а количественные соотношения изотопов кислорода льда позволяют определить температуру во время накопления снега.

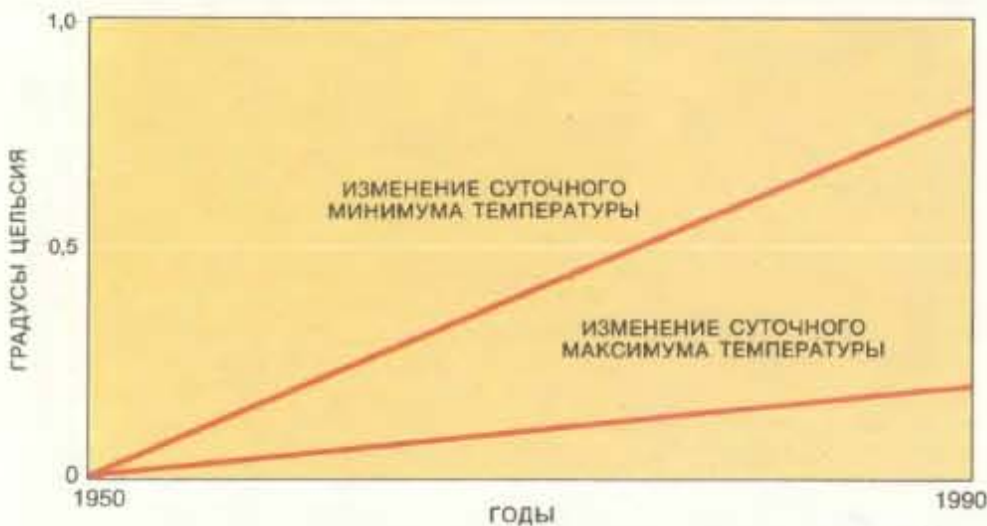
Климатические модели указывают на то, что изменения температуры в наибольшей мере должны проявляться в высоких широтах. Однако, как считает Ричард Алли из Пенсильван-

ского университета, в Гренландии малый ледниковый период проявился «очень слабо» — настолько слабо, что его «сигнал» не выходит за пределы ошибки измерений. Аналогичным образом, по данным Лонни Томпсона из Университета шт. Огайо, керн льда с Антарктического полуострова не «запомнил» какого-либо похолодания во время малого ледникового периода.

Томпсон все же отмечает значительные температурные флуктуации, выявленные в горных ледниках низких широт. Он предполагает, что изменения климата в масштабах всего мира могут варьировать в зависимости от широты и долготы. Картина усложняется и под влиянием океанов: Глен Шен из Вашингтонского университета усмотрел в кораллах Тихого океана признаки того, что воды в восточной части Тихого океана были во время малого ледникового периода теплее, чем сейчас.

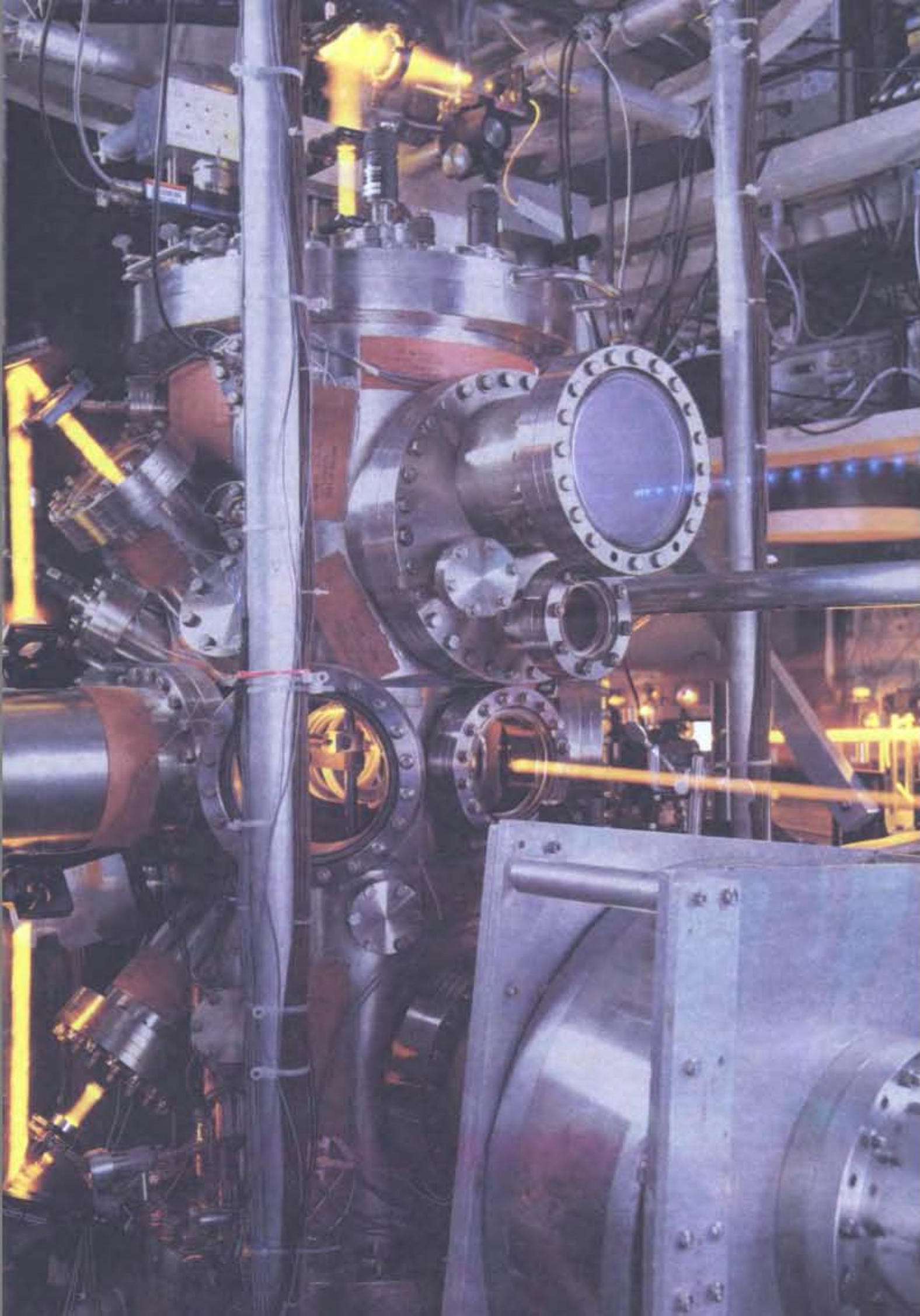
Неразбериха с малым ледниковым периодом усугубляется также и тем, что он, по всей видимости, неоднородно проявлялся не только в пространстве, но и во времени. Малколм Хьюдженс из Арizonского университета использует кольца деревьев в качестве показателей изменения климата. Он описывает малый ледниковый период «как чередование серий относительно холодных зим», но добавляет, что в этот период не каждый год был обязательно холодным. Анализируя совокупность данных по кольцам деревьев по всему земному шару, Хьюдженс распознает резкие изменения характеристик окружающей среды и климатических циклов, которые то «включаются», то «выключаются». «Мы начинаем, наконец, понимать, как на самом деле «работает» климат», — говорит он.

Кори Пауэлл



СУТОЧНЫЙ МИНИМУМ ТЕМПЕРАТУРЫ, обычно приходящийся на ночь, значительно возрос на большей части Северного полушария за последние 40 лет. В то же время изменение суточного максимума оказалось небольшим.





# Лазерный захват нейтральных частиц

*Лазеры можно использовать для захвата и управления электрически нейтральными частицами. Эти методы позволяют ученым охлаждать пары почти до температуры абсолютного нуля, разрабатывать новые атомные часы и «растягивать» отдельные молекулы ДНК*

СТИВЕН ЧУ

**П**ЕРЕД тем как вы перевернете очередную страницу этого журнала, попробуйте внимательно обдумать ваши действия. Каждый раз, когда вы беретесь за страницу, вы должны поместить один палец над листом бумаги и второй под ним так, чтобы расстояние между каждым пальцем и бумагой равнялось примерно диаметру атома. В этот момент электроны на поверхности кожи ваших пальцев начинают отталкивать электроны с каждой стороны листа бумаги. Это слабое перераспределение зарядов создает электрическое поле, которое достаточно сильно для того, чтобы вы могли зажать лист бумаги между пальцами. Таким образом, действие электрических сил атомного масштаба позволяет захватывать и удерживать объекты, которые в целом электрически нейтральны.

В отличие от этого управление нейтральными частицами атомных размеров представляет собой сложнейшую техническую проблему. Заряженными объектами гораздо проще управлять, поскольку электрические и магнитные поля могут действовать на них значительно сильнее. Уже на протяжении более 100 лет ученые используют электромагнитные силы для управления заряженными части-

цами — электронами и ионами — на расстоянии. Но только в последние несколько лет ученые научились с такой же легкостью управлять на расстоянии нейтральными частицами.

В частности, разработаны приборы, в которых применяется лазерное излучение для захвата и управления атомами и частицами микронных размеров с очень высокой точностью. Эти изобретения быстро нашли широкое применение на практике. Наша группа и другие исследователи охладили атомы до температуры, близкой к абсолютному нулю, — в этих условиях можно изучать квантовые состояния вещества и необычные взаимодействия между светом и ультрахолодными атомами. Мы начали разрабатывать атомные часы и чрезвычайно чувствительные акселерометры. Наши методы начали применяться для управления отдельными большими молекулами, такими, как полимерные молекулы. Кроме того, мы изобрели «оптический пинцет», в котором лазерные пучки удерживают и перемещают органеллы внутри клеток, не разрушая их мембран.

**П**РИМЕРНО за 10 лет до того, как ученые научились управлять на расстоянии нейтральными частицами с помощью лазерного излучения, они решили некоторые из подобных задач с помощью магнитных полей. При этом магнитные поля использовались для фокусировки атомов в пучки и их захвата. После того как ученые смогли локализовать атомы с помощью лазерного излучения, они перешли к обширному арсеналу лазерных методов, позволяющих достичь точного управления нейтральными атомами.

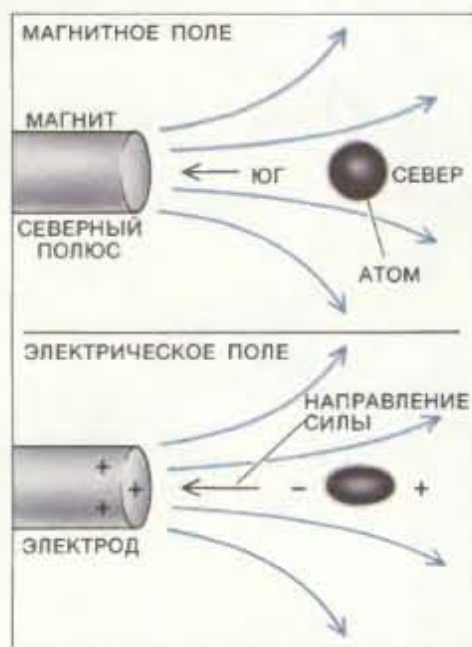
Первая ловушка для нейтральных частиц была разработана В. Паулем из Боннского университета. В 1978 г. он с коллегами осуществил захват нейтронов с помощью магнитного

поля. Через семь лет тем же путем У. Филлипс с сотрудниками из Национального бюро стандартов США локализовали атомы.

Магнитная ловушка может удерживать частицы, магнитные свойства которых подобны свойствам крошечного стержневого магнита. Точнее, частица должна обладать небольшим магнитным дипольным моментом. Если такую частицу поместить в магнитное поле, напряженность которого изменяется в пространстве, то она начнет двигаться в область с более сильным или более слабым полем в зависимости от ориентации ее дипольного момента (см. рисунок на с. 42). Пауль понял, что можно создать конфигурацию магнитного поля с локальным минимумом его напряженности в некоторой области пространства, и если магнитный диполь частицы первоначально был ориентирован на поиск такого положения со слабым полем, то он останется в этой ориентации «поиска слабого поля» (см. статью: У. Филлипс, Г. Меткалф. Охлаждение и локализация атомов, «В мире науки», 1987, № 5).

Атомы можно удерживать также при помощи лазерного излучения. На атомы и другие нейтральные частицы может действовать радиационная сила, поскольку свет обладает импульсом (моментом количества движения). Если атом освещается пучком света с определенной длиной волны, то он постоянно поглощает и излучает кванты света — фотоны. Если атом поглощает фотоны, то он получает «толчки» импульсов фотонов в направлении распространения света. Эти отдельные «удары» складываются, и появляется «рассеивающая» сила, которая пропорциональна импульсу каждого фотона и числу фотонов, рассеиваемых атомом за одну секунду. Конечно, каждому поглощен-

**ПУЧКИ ЛАЗЕРНОГО** излучения направлены в вакуумную камеру, в которой создан «атомный фонтан». Лазерные пучки охлаждают и захватывают атомы в нижней части установки. После захвата атомы подбрасываются вверх и затем останавливаются в верхней части установки из-за действия силы тяжести. В этот момент можно провести точные измерения энергетических состояний атомов. Синие точки света представляют импульсы ультрафиолетового излучения, с помощью которого исследуются атомы.



МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ поля могут воздействовать на атом с определенными силами, даже если атом обладает небольшим магнитным моментом и электрически нейтрален. Атом «втягивается» в область сильного магнитного поля, если «южный полюс» атомного магнитного момента направлен в сторону «северного полюса» внешнего поля. В электрическом поле атом также будет притягиваться в область с высокой напряженностью поля. Внешнее электрическое поле притягивает отрицательные заряды атома, одновременно отталкивая положительные заряды. В результате этого перераспределения зарядов атом притягивается к положительно заряженному стержню.

ному фотону должен соответствовать один испущенный фотон. Однако при излучении фотонов нет никакого выделенного направления, и поэтому среднее изменение импульса, вызванное излучением фотонов, равно нулю. Суммарный эффект поглощения и излучения фотонов сводится к «подталкиванию» атома в направлении распространения света.

Величина этой рассеивающей силы очень мала. Если атом поглощает один фотон, то вызванное этим изменение скорости намного меньше средней скорости атомов при комнатной температуре. (Изменение скорости по порядку величины равно сантиметру в секунду — скорости передвижения муравья, в то время как атом при комнатной температуре движется со сверхзвуковой скоростью.)

Эта рассеивающая сила была впервые обнаружена в 1933 г., когда О. Фриш использовал ее для отклонения атомов натрия. Он получил пары атомов натрия, нагревая натрий в специальной кювете. Для создания

пучка атомы проходили через отверстие в кювете, а затем — через ряд щелей. Сформированный таким образом пучок атомов освещался светом натриевой лампы. Хотя в среднем каждый атом натрия поглощал только один фотон, Фришу удалось заметить слабое отклонение пучка.

Полученные Фришем рассеивающие силы были слишком слабы для захвата атомов. Через несколько десятилетий ученые поняли, что с помощью лазеров скорость рассеивания фотонов можно увеличить более чем до 10 млн. фотонов в секунду, что соответствует силе, в 100 000 раз превышающей действующую на атомы силу притяжения к Земле. Первые впечатляющие эксперименты, демонстрирующие действие рассеивающей силы, были проведены в Национальном бюро стандартов двумя различными группами ученых, руководимыми Филлипсом Холлом и Джоном Холлом. В 1985 г. они остановили пучок атомов и снизили температуру примерно от 300 К (комнатная температура) до 0,1 К.

Большая рассеивающая сила, достижимая при использовании лазеров, вселила в ученых надежду, что можно не только останавливать атомы, но и осуществить их захват. Однако попытки создать конфигурацию нескольких лазерных лучей, которая позволяла бы собирать и концентрировать атомы в некоторой области пространства, были обречены на неудачу. Согласно принципу, известному под названием оптической теоремы Ирришоу, невозможно создать световую ловушку при любой конфигурации лазерных пучков, если рассеивающая сила пропорциональна интенсивности излучения. Проблема заключается в том, что пучки света нельзя расположить так, чтобы они создавали только направленные «внутри» силы. Если излучение входит в область ловушки, то оно должно выходить из нее и поэтому создает также силы, направленные «наружу».

ОДНАКО атомную ловушку можно построить и на основе использования другой силы, с которой свет может воздействовать на атомы. Для понимания природы этой силы полезно изучить, как небольшие нейтральные частицы могут быть притянуты к положительно заряженному объекту, например к натертой шерстью стеклянной палочке. Палочка создает электрическое поле, которое поляризует частицы. При этом среднее расстояние от стержня до положительных зарядов в частице оказывается немного больше, чем среднее расстояние до отрицательных зарядов. Такое

асимметричное распределение зарядов создает дипольный момент. Сила притяжения, испытываемая в электрическом поле отрицательными зарядами частицы, оказывается больше, чем сила отталкивания, действующая на положительные заряды. В результате частица с наведенным дипольным моментом втягивается в область с высокой напряженностью. Следует отметить, что эта сила аналогична магнитной дипольной силе, которая впервые использовалась для захвата нейтронов и атомов. Если бы стержень был заряжен отрицательно, то электрическое поле навело бы диполь противоположной полярности и частица все равно бы притягивалась к областям с сильным электрическим полем.

Из-за наличия дипольной силы атомы можно удержать электрическим полем, которое имеет локальный максимум в некоторой области пространства. Можно ли создать такие поля путем сложной системы размещения электрических зарядов? Для любой системы статических зарядов ответ отрицательный — это невозможно. Но электрическое поле с локальным максимумом все же можно создать в динамической системе. В частности, поскольку свет состоит из быстро колеблющихся электрического и магнитного полей, сфокусированный лазерный пучок может создать переменное электрическое поле с локальным максимумом в фокусе. При взаимодействии электрического поля с атомом оно изменяет распределение электронов вокруг ядра атома, наводя электрический дипольный момент. Поэтому атом будет притягиваться к локальному максимуму поля точно так же, как нейтральные частицы притягиваются к заряженной палочке.

Тот факт, что величина электрического поля быстро изменяется, не представляет никаких проблем. В тот момент, когда поле изменяет свой знак, дипольный момент атома также изменяет свою полярность. До тех пор пока электрическое поле изменяется со скоростью, меньшей, чем внутренние частоты колебаний электронов в атоме, дипольный момент атома успевает «следить» за внешним электрическим полем. Поэтому атом постоянно движется к локальному максимуму электрического поля. Это означает, что дипольную силу можно использовать для локализации атомов. В 1968 г. В. С. Летохов впервые предположил, что атомы могут быть захвачены лазерными пучками благодаря действию дипольной силы, и через 10 лет А. Эшкин из AT&T Bell Laboratories предложил более удоб-

## Как свет может замедлить движение атомов



1. Рассмотрим два пучка света, которые освещают атом. Один распространяется в том же направлении, что и атом, а другой — в противоположном. Частота света несколько ниже частоты излучения, которое атом легко поглощает.



2. «С точки зрения атома» (в его системе отсчета) частота пучка света, движущегося в том же направлении, что и атом, уменьшается, а частота встречного пучка — увеличивается.



3. В результате атом будет поглощать эти высокочастотные фотоны, а не низкочастотные, и поэтому будет «подталкиваться» в направлении, противоположном своему движению, т. е. будет замедляться.



4. Испускание поглощенного света будет «толкать» атом в некотором направлении, но если этот процесс повторяется многократно, испускание не дает суммарной силы.

ную ловушку с использованием сфокусированных лазерных пучков.

Хотя ловушка на основе дипольной силы элегантна по своей идее, при ее создании возникают определенные практические проблемы. Для уменьшения рассеивающей силы частота лазерного света должна быть настроена ниже частоты, на которой атомы активно поглощают фотоны. При таких больших расстройках локализуемые силы такие слабые, что атомы с температурой до 0,01 К не могут быть удержаны в ловушке. Даже если в ловушку поместить более «холодные» атомы, они вылетят из нее через несколько миллисекунд из-за рассеяния фотонов. Кроме того, заполнение атомами такой ловушки кажется трудновыполнимым, поскольку ее объем составляет только 0,001 мм<sup>3</sup>.

По этим причинам создание оптической ловушки считалось неразрешимой задачей. Однако в 1985 г. с помощью лазера удалось охладить атомы по всем пространственным направлениям до температур гораздо меньших, чем достигнутые ранее при остановке атомных пучков; после этого схемы оптических ловушек стали вполне работоспособными. Идея лазерного охлаждения была впервые предложена в 1975 г. Т. Хэнчем и А. Шавловым из Станфордского университета. В том же году подобная схема для охлаждения захваченных ионов при помощи лазеров была предложена Д. Вайнлэндом и Г. Де-

мелтом из Вашингтонского университета.

Эти ученые предположили, что атом можно охладить, если осветить его с двух сторон лазерным излучением, частота которого несколько ниже частоты максимального поглощения. Если атом движется в направлении, противоположном одному из лазерных пучков, то (благодаря эффекту Доплера) частота света «с точки зрения атома» увеличивается. Поскольку «действующая» частота света увеличилась и приблизилась к пику поглощения, такой свет с большей вероятностью будет поглощаться атомом. Вследствие поглощения света атом испытывает действие рассеивающей силы, которая замедляет его движение, поскольку она направлена в противоположную сторону.

Но как атом взаимодействует со светом, распространяющимся в направлении его движения? Этот свет поглощается с малой вероятностью, поскольку его частота «с точки зрения атома» уменьшается. Суммарное действие двух противоположных пучков света на атом сводится к возникновению рассеивающей силы, направленной против его движения. Красота этой идеи проявляется в том, что атом, движущийся в противоположном направлении, также будет испытывать действие рассеивающей силы, замедляющей его движение. Если атом окружить тремя парами противоположно направленных пучков све-

та, ориентированных по трем взаимно перпендикулярным осям, то его можно будет охладить по всем трем направлениям.

В 1985 г. группа ученых из AT&T Bell Laboratories, в которую входили Эшкин, Л. Холлберг, Дж. Бьоркхольм, А. Кейбл и я, охладил атомы натрия до температуры 240 миллионных долей кельвина. Поскольку такое световое поле действует как вязкая сила, мы назвали конфигурацию лазерных пучков, создающую замедляющую силу, «оптической патокой» (optical molasses). Хотя такая система в строгом смысле и не является ловушкой, атомы удерживаются в «вязкой» области на время до 0,5 с, после чего они все же ускользают из охлаждающей системы.

«Оптическая патока» позволила нам решить три основные проблемы, препятствовавшие созданию лазерной ловушки. Во-первых, охлаждение атомов до чрезвычайно низких температур позволило уменьшить их случайное тепловое движение, из-за которого атомы легко могут покинуть ловушку. Во-вторых, мы можем легко «загрузить» атомы в ловушку. Если сфокусировать захватывающий пучок в центре оптической патоки, то при случайном вхождении в него атомы будут локализованы. В-третьих, попеременно освещая атомы захватывающим и охлаждающим пучками, можно уменьшить эффект их нагрева из-за рассеивающей силы в захваты-

вающем пучке. Через год мы усовершенствовали систему «оптической папки» и смогли наконец локализовать атомы с помощью лазерного излучения.

Даже при использовании методов загрузки, применявшихся в нашей первой ловушке, желательнее было бы создать ловушку с большим объемом захвата. Если бы в ловушке можно было использовать рассеивающую силу, то понадобилась бы меньшая интенсивность лазерного излучения. Это означает, что необходимо как-то обойти ограничения, накладываемые оптической теоремой Ирншоу. Важные соображения для преодоления этой проблемы были предложены Д. Притчардом из Массачусетского технологического института и К. Вайманом из Колорадского университета и их коллегами. Они указали, что если напряженности действующих на атомы магнитных и электрических полей изменяются в пространстве, то вызываемая лазерным излучением рассеивающая сила не обязательно будет пропорциональна интенсивности света.

Эта идея позволила Ж. Далибарду

из Высшей нормальной школы в Париже предложить «магнитооптическую» ловушку, в которой используется слабое магнитное поле и циркулярно поляризованный свет. В 1987 г. группа Притчарда и моя группа совместно создали такую ловушку в Станфорде. Через три года группа Ваймана продемонстрировала, что такой метод можно использовать для захвата атомов в стеклянной кювете с применением дешевых диодных лазеров. В их эксперименте была исключена процедура предварительного охлаждения, необходимая в наших первых экспериментах по захвату атомов. Тот факт, что атомы можно локализовать в запаянной кювете, означает, что редкие типы атомов, например радиоактивные изотопы, могут управляться оптическими методами. В настоящее время магнитооптическая ловушка стала наиболее широко используемой.

**В ТО ЖЕ** время ученые добились существенных успехов в технике охлаждения атомов. Филлипс и его коллеги обнаружили, что при определенных условиях «оптическую па-

ку» можно использовать для охлаждения атомов до температур ниже предела, предсказанного существующей теорией. Это открытие побудило Далибара и Кохен-Таноуджи из Французского колледжа и Высшей нормальной школы и мою группу в Станфорде создать новую теорию лазерного охлаждения, основанную на сложной взаимосвязи между атомами и их взаимодействием со световыми полями. В настоящее время атомы можно охладить до температуры со средней скоростью, соответствующей отдаче от трех с половиной фотонов. Для атомов цезия это означает температуру ниже 3 мК (микрокельвинов).

Развивая идею «оптической папки», Кохен-Таноуджи, А. Аспект, Е. Аримондо, Р. Кайзер и Н. Ван-Стинкист (все из Высшей нормальной школы) изобрели сложнейшую схему, позволяющую охладить атомы гелия до температуры, соответствующей скорости ниже скорости отдачи от одного фотона. Атомы гелия были охлаждены до температуры 2 мК по одному направлению; проводятся исследования по расширению этого ме-

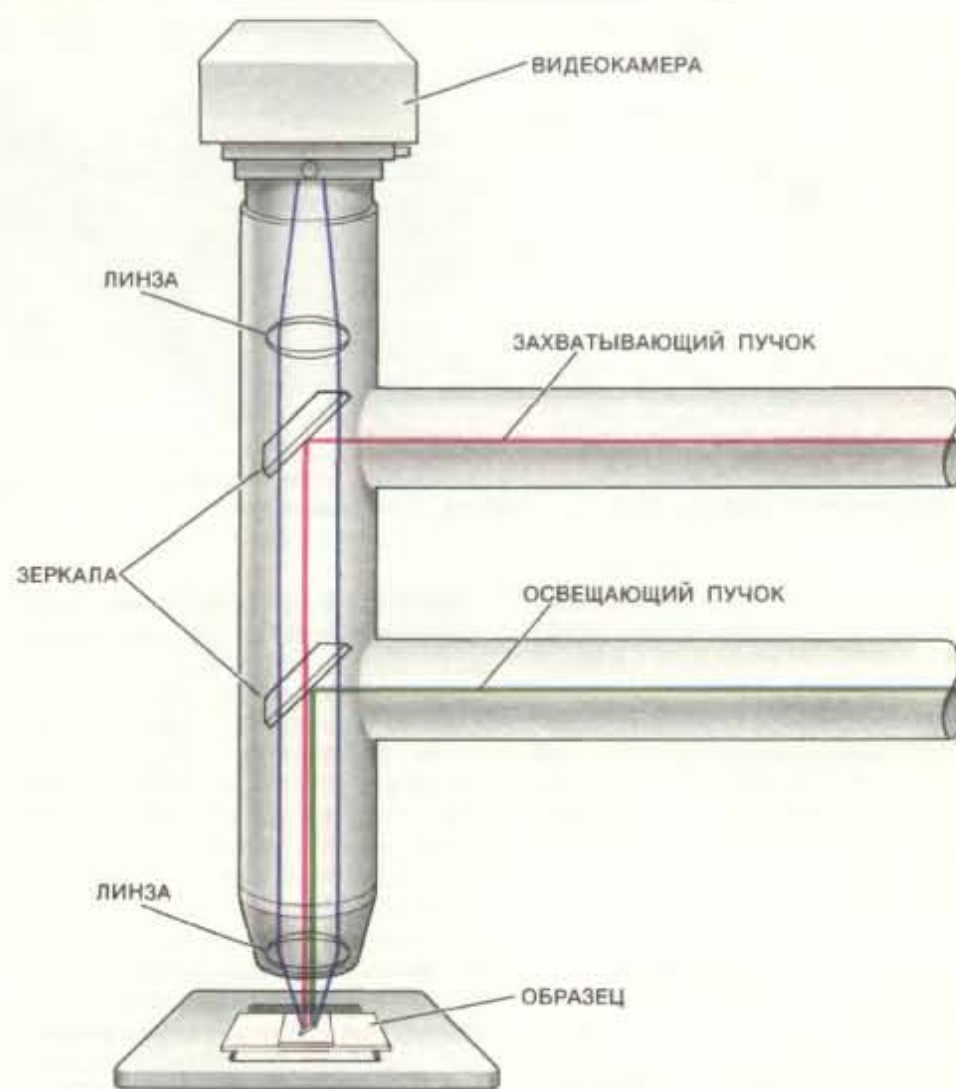
тогда на все три пространственных направления.

В этом методе охлаждения атомы захватываются в состоянии с определенной скоростью примерно таким же способом, как в нашей первой оптической ловушке. В процессе рассеяния фотонов скорость атомов изменяется случайным образом. Во французском эксперименте были созданы условия, позволяющие атому вследствие отдачи оказаться в определенном состоянии, которое является комбинацией двух состояний с близкими к нулю скоростями. Если атом попадает в это квантовое состояние, то вероятность рассеяния на нем фотонов существенно уменьшается; это означает, что дополнительные фотоны не могут взаимодействовать с атомом и увеличить его скорость. Если атом не попадает сразу в это квантовое состояние, то он продолжает рассеивать фотоны и имеет возможность все же попасть в желаемое состояние с малой скоростью. Таким образом, атомы охлаждаются за счет того, что они могут случайным образом попадать в «захваченное по скорости» квантовое состояние.

Наряду с охлаждением и захватом атомов созданы различные атомные линзы, зеркала и дифракционные решетки для управления атомами. Разработаны устройства, не имеющие аналогов в обычной световой оптике. Ученые из Станфордского и Боннского университетов создали «атомные воронки», которые переводят группу «горячих» атомов в хорошо управляемый поток «холодных» атомов. Ученые из Станфорда сделали также «атомный трамплин», в котором атомы отскакивают от «светового листа», простирающегося от поверхности стекла. При использовании искривленной стеклянной поверхности можно создать атомную ловушку, действие которой основано на силе тяжести и взаимодействии со светом.

Итак, мы научились управлять атомами с поразительной легкостью, но что нам это дает?

Если физики получают атомы в виде паров при сверхнизких температурах, они смогут изучить, как эти атомы взаимодействуют друг с другом в таких условиях. Согласно квантовой теории, атом ведет себя как волны, длина которых равна постоянной Планка, деленной на импульс частицы. Если атом охлажден, то его импульс уменьшается, а длина волны возрастает. При достаточно низких температурах средняя длина волны становится сравнимой со средним расстоянием между атомами. При таких низких температурах и высокой плотности атомов квантовая теория предска-



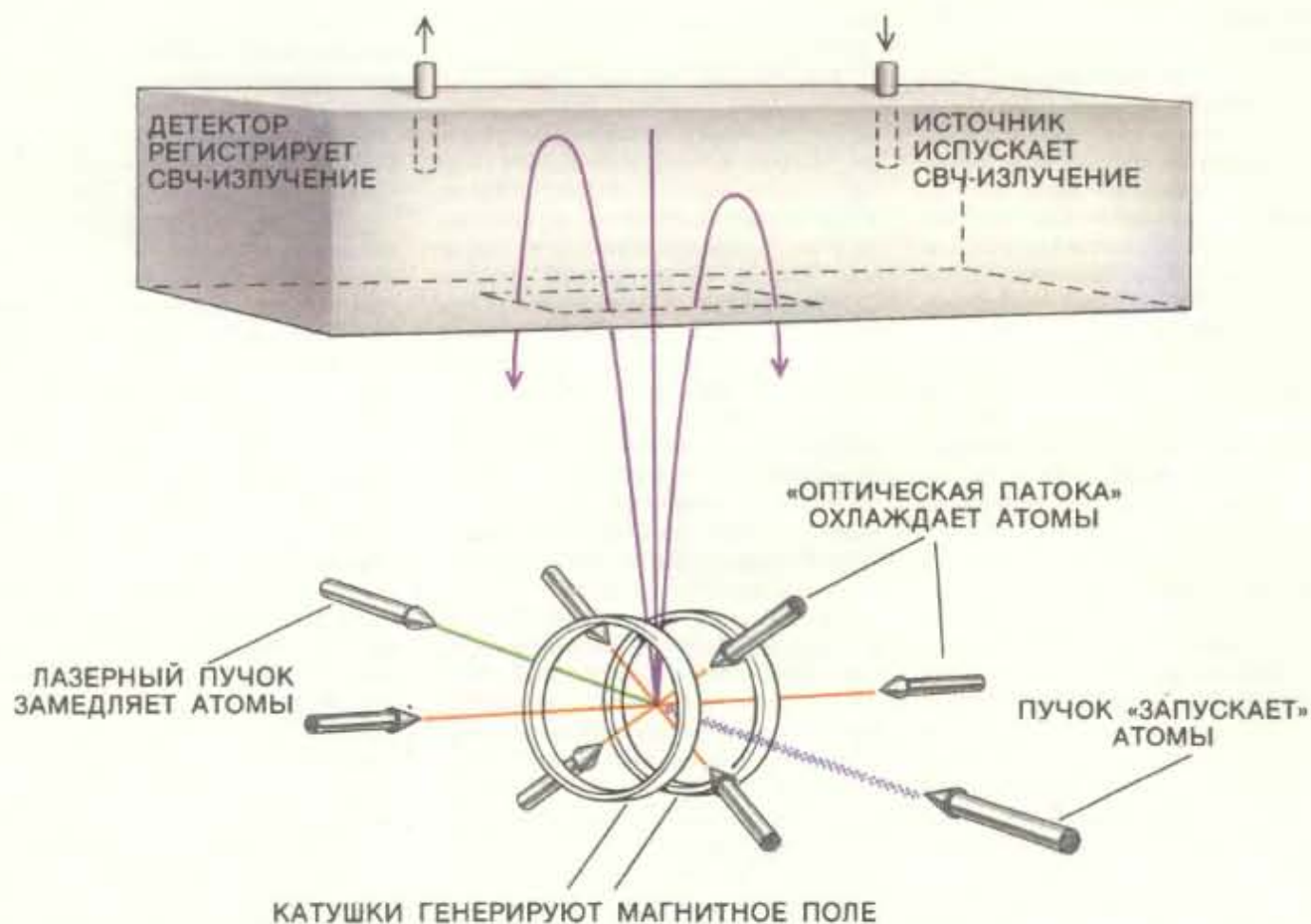
«ОПТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ» позволяет управлять микроскопическими объектами, такими как клетки. Образец помещают на предметный столик микроскопа, а в микроскоп вводятся зеленое и инфракрасное лазерное излучение. Зеленый свет освещает образец, а инфракрасное излучение захватывает и удерживает образец.

зывает, что их значительная часть конденсируется в одном квантовом основном состоянии. Такая необычная форма существования вещества, называемая конденсацией Бозе — Эйнштейна, была предсказана теоретически, но это явление никогда не наблюдалось в атомных парах. Т. Грейтэк и Д. Клеппнер из Массачусетского технологического института и Дж. Валравен из Амстердамского университета пытаются наблюдать это явление в атомах ртути, захваченных в магнитную ловушку. Одновременно другие группы ученых стремятся к той же цели, используя охлажденные лазером атомы щелочных металлов, например цезия и лития.

Методы управления атомами открывают новые возможности и в спектроскопии высокого разрешения. Объединив несколько таких современных методов, станфордская группа создала прибор, позволяющий с поразительной точностью измерять

спектральные характеристики атомов. Мы изобрели «атомный фонтан», в котором ультрахолодные атомы запускаются вверх с такой малой скоростью, что сила тяжести возвращает их вниз. Атомы для фонтана охлаждаются в магнитооптической ловушке в течение 0,5 с. После этого около 10 млн. атомов запускается вверх со скоростью около 2 м/с. В верхней точке траектории атомы зондируются двумя импульсами СВЧ-излучения, разделенными небольшим промежутком времени. Если соответствующим образом настроить частоту СВЧ-излучения, то два этих импульса заставят атом перейти из одного квантового состояния в другое. (В 1989 г. Н. Рамзей получил Нобелевскую премию по физике за разработку и использование этого метода.) В наших первых экспериментах измерялась разность энергий между двумя состояниями атома с разрешением до двух стомиллиардных.

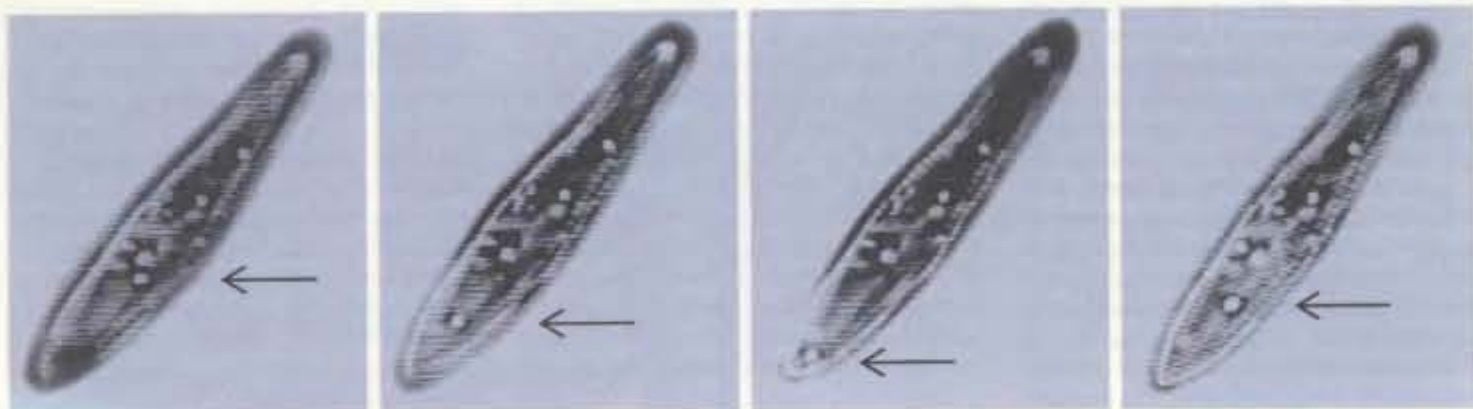
Как «атомный фонтан» позволяет



«АТОМНЫЙ ФОНТАН» позволяет точно измерить энергию различных состояний атома. Атомы вводятся в установку и замедляются лазерным пучком. Затем они захватываются и охлаждаются в комбинированной магнитооптической

ловушке. После того как в ловушке накопится примерно 10 млн. атомов, они подбрасываются вверх. В верхней точке траектории СВЧ-излучение возбуждает переходы атома между состояниями с разной энергией.





ОРГАНЕЛЛА в клетке простейшего организма с помощью «оптического пинцета» была сдвинута в один конец клетки, как показано на первых трех фотографиях. Справа вид-

но, как органелла после захвата возвращается в свое исходное положение.

проводить столь точные измерения? Во-первых, атомы находятся в состоянии свободного падения и их легко можно экранировать от всех возмущений, способных исказить положение их энергетических уровней. Во-вторых, такие измерения всегда ограничены по точности из-за действия принципа неопределенности Гейзенберга. Согласно этому принципу, разрешение энергетических измерений всегда ограничивается величиной постоянной Планка, деленной на длительность проведения «измерения». В нашем случае длительность измерения соответствует промежутку времени между подачей двух СВЧ-импульсов. В «атомном фонтане» время измерения для невозмущенных атомов может быть «растянуто» почти до 1 с — такой период измерения невозможен для атомов, находящихся при комнатной температуре.

Поскольку «атомный фонтан» позволяет очень точно измерять положение уровней энергии атома, это устройство можно попытаться приспособить для создания улучшенных атомных часов. В настоящее время мировой стандарт времени определяется по разности энергий между двумя определенными уровнями в основном состоянии атома цезия. Через два года после первой демонстрации «атомного фонтана» группа из Высшей нормальной школы с его помощью измерила энергию «часового перехода» в атоме цезия с очень высокой точностью. Эти два эксперимента указывают, что можно создать прибор, способный измерять абсолютную частоту этого перехода с точностью  $1/10^{16}$ , это в 1000 раз выше точности лучших существующих атомных часов. Привлеченные такими перспективами, более восьми групп исследователей во всем мире пытаются в настоящее время с помощью «атомного фонтана» повысить точность цезиевого стандарта времени.

ДРУГИМ направлением, по которому сейчас интенсивно проводятся исследования, является атомная интерферометрия. Первые атомные интерферометры были созданы в 1991 г. учеными из Университета в Констанце (Германия), Массачусетского технологического института, Федерального физико-технического института (Германия) и Станфордского университета.

В атомном интерферометре атом делится на две волны, разнесенные в пространстве. Эти две части затем соединяются и могут интерферировать друг с другом. Простейший пример такого пространственного разделения — это атом, проходящий через две разнесенные на некоторое расстояние щели. Если после прохождения через щели происходит рекомбинация атома, то можно наблюдать волноподобные интерференционные полосы. Такие интерференционные явления показывают, что для описания поведения атомов необходимо использовать как представление частицы, так и представление волны.

Атомные интерферометры позволяют измерять физические эффекты с очень высокой чувствительностью. В первом опыте по демонстрации этой возможности М. Казевич и я создали интерферометр, в котором использовались медленные атомы. Атомы делились и объединялись в фонтане. С помощью этого прибора мы уже показали, что ускорение силы тяжести можно измерить с разрешением в три стомиллионные: в ближайшее время мы предполагаем достичь еще 100-кратного улучшения чувствительности. Ранее воздействие гравитации на атом было измерено с уровнем точности примерно 1%.

В последние годы работы по захвату атомов вызвали интерес к захвату и управлению других нейтральных частиц. Основные принципы захвата атомов можно применить и для ча-

стиц микронных размеров, таких, как шарики из полистирола. Интенсивное электрическое поле в центре сфокусированного лазерного пучка поляризует частицу точно так же, как оно поляризовало бы атом. Частица, как и атом, может поглощать свет определенной длины волны. Стекло, например, сильно поглощает ультрафиолетовое излучение. Но если частоту освещающего света настроить ниже частоты поглощения, то частица будет «втягиваться» в область с более высокой интенсивностью лазерного света.

В 1986 г. Эшкин, Бьоркхолм, Дж. Дзидзик и я показали, что частицы с размерами от 0,02 до 10 мкм можно локализовать с помощью одного сфокусированного лазерного пучка. В 1970 г. Эшкин осуществил захват суспендированных в воде шариков из латекса микронного размера с помощью двух сфокусированных лазерных пучков, направленных навстречу друг другу (см. статью: А. Ashkin. The Pressure of Laser Light, "Scientific American", February 1972). Однако только гораздо позднее было установлено, что если достаточно «остро» сфокусировать единственный лазерный пучок, то дипольная сила будет достаточно большой и перекроет рассеивающую силу, которая подталкивает частицу в направлении распространения лазерного пучка.

Большим преимуществом схемы захвата с использованием одного пучка света является то, что ее можно применять в качестве «оптического пинцета» для управления небольшими частицами. «Оптический пинцет» можно легко создать на основе обычного микроскопа, если ввести лазерный пучок внутрь тубуса и сфокусировать его с помощью объектива. Если поместить образец на предметное стекло, то его можно рассматривать через окуляр и одновременно управлять его положением, перемещая лазерный пучок.

Одно из открытий Эшкина и Дзидзика поразило воображение биологов. Эти ученые обнаружили, что «оптический пинцет» может перемещать живые бактерии и другие организмы, не причиняя им заметного вреда. Возможность такого захвата вызывает удивление, если учесть, что типичная интенсивность лазерного света в фокусе «оптического пинцета» составляет примерно 10 млн. Вт/см<sup>2</sup>. Оказалось, что если организм является почти прозрачным для длины волны захватывающего пучка, то он успешно эффективно охлаждается окружающей водой. Если же интенсивность лазера становится слишком большой, то организм «оптически разрезается».

Для «оптического пинцета» были найдены многочисленные применения. Эшкин показал, что объектами в живой клетке можно управлять, не повреждая клеточной стенки. С. Блок и его коллеги из Института Роулэнда в Кембридже (шт. Массачусетс) и Гарвардского университета изучили механические свойства бактериального жгутика. М. Бурнс и его сотрудники из Калифорнийского университета в Ирвине «манипулировали» хромосомами внутри ядра клетки.

С помощью «оптического пинцета» можно исследовать и более мелкие биологические объекты. Наши сотрудники Р. Симмонс, Дж. Файнер, Дж. Спудих и я использовали «оптический пинцет» для изучения мышечного сокращения на молекулярном уровне. Подобные исследования проводятся также Блоком и М. Шитцом из Университета Дюка. Одной из целей этой работы является измерение силы, развиваемой при взаимодействии молекулы миозина с актиновым филаментом (цепь из молекул актина). Мы зондировали этот «молекулярный мотор», прикрепив шарик из полистирола к нити актина и с помощью «оптического пинцета» зацепились за эту бусинку. Когда «головка» молекулы миозина приходила в контакт с актином, движение бусинки контролировалось фотодиодом, размещенным со стороны окуляра микроскопа. Система обратной связи управляла «оптическим пинцетом» так, чтобы компенсировать любое перемещение. Таким образом мы измерили силу, развиваемую молекулой миозина в условиях статической нагрузки.

«Оптический пинцет» использовался и для еще более мелких объектов. Спудих, С. Крон, Л. Сундерман, С. Квейк и я управляли одной молекулой ДНК, прикрепив для этого шарики из полистирола к концам нити

ДНК и удерживая эти шарики двумя «оптическими пинцетами». Мы обрабатывали ДНК флуоресцентным красителем и, освещая препарат зеленым светом аргонового лазера, наблюдали, как можно «тащить» молекулы ДНК, регистрируя флуоресценцию с помощью чувствительной видеокамеры. В наших первых экспериментах были измерены упругие свойства ДНК. Мы растягивали два конца молекулы до тех пор, пока вся молекула не была растянута (выпрямлена) во всю длину, и затем отпускали один из концов. Изучая динамику возврата молекулы ДНК в исходное положение, мы смогли проверить основные теории физики полимеров в условиях, далеких от равновесия.

«Оптический пинцет» можно также использовать для подготовки одной молекулы для дальнейших экспериментов. Прижав бусинки к предметному стеклу микроскопа и увеличив мощность лазера, мы обнаружили, что бусинки можно закрепить на стекле «точечной сваркой», при этом молекула ДНК остается в растянутом состоянии. Этот метод можно использовать для подготовки длинных

молекул ДНК для последующего изучения методами современной микроскопии. Мы надеемся использовать эти возможности для изучения движения ферментов вдоль молекулы ДНК и для решения проблем, связанных с экспрессией и репарацией генов.

Прошло только шесть лет с тех пор, как ученые смогли останавливать атомы, захватывать их в «оптическую пасту» и сделать первые атомные ловушки. Оптические ловушки позволили нам «протянуть руку и коснуться» частиц новыми мощными средствами. Мы показали, что если можно «видеть» атом или микроскопическую частицу, то можно удерживать ее, несмотря на имеющиеся в клетках мембраны. Мне было особенно приятно наблюдать, как проступали очертания неясных ранее предположений в атомной физике: методы и применения лазерного охлаждения и захвата частиц были развиты в гораздо большей степени, чем мы ожидали в первое время. Сейчас появились новые мощные инструменты для проведения исследования в физике, химии и биологии.

## Наука и общество

### А что было до Колумба?

ПЯТИСОТЛЕТИЕ со дня открытия Америки Колумбом невольно заставляет обратиться к полному неясности вопросу о том, кто же на самом деле открыл Новый Свет и чьи потомки, стоя на берегу, были свидетелями того, как к берегам американского континента причаливали корабли Колумба. Когда же и как попали туда «первобытные американцы»?

Еще десятилетие назад большинство археологов могли бы дать простой ответ: люди проникли в Новый Свет по суше из северо-восточной Азии примерно 12 тыс. лет назад и, продвигаясь в южном направлении, быстро расселились по всему континенту. Однако в последние годы приводится все больше свидетельств — в первую очередь археологических, а также тех, что получены в результате генетических и лингвистических исследований, — которые дают основание предположить, что люди прибыли на американский континент по меньшей мере на несколько тысяч, а возможно, и десятков тысяч лет раньше. «Эта загадка далека от разрешения», — заявил С. Зегура, антрополог из Арizonского университета.

Старая теория, которую часто называют кловисским сценарием, отно-

сится к 30-м годам нынешнего столетия, когда археологи нашли стоянку в Кловисе (шт. Нью-Мексико), на которой были обнаружены рифленые каменные лезвия, использовавшиеся, по-видимому, в качестве ножей или наконечников копий. После этого такие наконечники находили в других местах на всей территории Южной и Северной Америки. Самые древние из них датировались возрастом около 11 тыс. лет.

Большинство археологов пришли к мнению, что пользовавшиеся этим оружием охотники на крупную дичь, которых называют кловисскими людьми, были первыми американцами и что их предки мигрировали из Азии примерно за тысячу лет до этого, на исходе ледникового периода. Большая часть запасов воды на земном шаре все еще находилась в форме льда, и Сибирь и Аляска были соединены полосой земли на месте нынешнего Берингова пролива.

В середине 80-х годов обновленная версия кловисского сценария начала завоевывать признание. Эта теория была сформулирована К. Тернером-И из Университета шт. Аризона, специалистом по исследованию зубов, лингвистом Дж. Гринбергом из Станфордского университета и специалистом в области генетики Зегурой. Ос-

новываясь на результатах исследований языков, генов и зубов, эти ученые пришли к выводу, что предки всех современных коренных американцев прибыли на континент тремя отдельными волнами. Ученые заявили, что их данные, хотя и не подтверждают временного диапазона кловисского периода хорошо согласуются с ним.

Пока Тернер и его коллеги провозглашали свою неокловисскую теорию о трех волнах миграции, все более прочные позиции обретала идея о том, что найденные археологами стоянки, очевидно, были обитаемы задолго до того, как возникла кловисская культура. Две наиболее широко признанные стоянки докловисского периода находятся в Монте-Верде в Чили и в Мидоукрофте в США (шт. Пенсильвания).

Главный исследователь находки в Монте-Верде Т. Диллей из Университета в Кентуки сообщил о найденных каменных орудиях, остатках жилища и других признаках стоянки, обитаемой 13 тыс. лет назад. Он также предположительно идентифицировал несколько каменных фрагментов как орудия, возраст которых со-

ставляет 33 тыс. лет. Руководитель раскопок в Мидоукрофте Дж. Адовазио из Мерсхерстского колледжа сообщил о найденных при раскопках каменных орудиях, костях животных и древесном угле, которым по меньшей мере 15 тыс., а возможно, и 19 тыс. лет.

Наиболее впечатляющим и наиболее спорным фактом является относящаяся якобы к более раннему периоду, чем кловисская стоянка, древняя пещера, найденная в Педра-Фураде (Бразилия) французским археологом Н. Гуидоном из Парижского института социальных наук. По словам Гуидона, ему удалось найти в раскопках каменные орудия и другие побочные продукты жизнедеятельности человека, имеющие возраст 48 тыс. лет.

К другим местам обитания, которые, как считается, существовали раньше, чем кловисская стоянка, относятся пещеры в Блуфише на территории плоскогорья Юкон в Канаде, где, как утверждают исследователи, им удалось найти орудия из кости возрастом 25 тыс. лет; Тайма-тайма в Венесуэле, где была найдена кость мамонта, судя по всему убитого челове-

ком, датированная возрастом 13 тыс. лет, а также пещера в Орогранде в шт. Нью-Мексико.

Р. Макнейш из Андоверского фонда археологических исследований, который вел раскопки в Орогранде, сообщил о находке глиняного очага с отпечатком человеческой ладони, возраст которого составляет 28 тыс. лет, а также каменных орудий еще на 10 тыс. лет старше.

В свою очередь ряд генетиков нашли подтверждение тому, что миграция имела место и до периода возникновения кловисской стоянки. Упомянутый Зегура, который совместно с Гринбергом и Тернером разработал неокловисскую теорию, сейчас полагает, что люди могли прийти на американский континент примерно 15—30 тыс. лет назад и что вряд ли они прибывали тремя волнами; скорее всего они прибыли на континент одной группой, а позже разделились. Л. Кавалли-Сфорца из Станфордского университета, сравнив ДНК коренных американцев с ДНК азиатов, пришел к выводу, что разделились они еще в Азии примерно 30 тыс. лет назад.

Такие же данные были получены Д. Уолласом из Университета Эмори, который анализировал ДНК, наследуемую только от матери. Сотрудники Уолласа утверждают, что фактически все современные коренные американцы являются потомками четырех женщин азиатского происхождения, живших примерно 30 ( $\pm 10$ ) тыс. лет назад. Если эти женщины были в числе группы мигрантов в Новый Свет, то, как отмечает Уоллас и его коллеги в январском номере журнала «Genetics» за 1992 г., «указанный временной промежуток дает основание предположить, что Южная и Северная Америки были заселены до того времени, которым датируются древнейшие каменные артефакты, найденные в Кловисе».

Результаты, полученные группой Уолласа, были подвергнуты сомнению другой группой археологов, который руководил Р. Уорд из Университета шт. Юта и С. Паабо из Мюнхенского университета. Уорду и Паабо не удалось найти эти четыре женские линии, о которых сообщили сотрудники Уолласа. Согласно их данным, современные коренные американцы произошли от единственной женщины, жившей примерно 60 тыс. лет назад, возможно, в Азии. По их словам, на основании имеющихся на сегодня генетических данных нельзя установить, когда потомки этой женщины переселились в Новый Свет.

Возможно, новые данные позволят решить эту проблему. Уоллас надеется, что тщательное генетическое обследование жителей северо-восточной Азии поможет точнее установить, где и когда предки современных американцев начали делиться на отдельные линии. Сотрудник Университета шт. Флорида У. Хосуирт в настоящее время занимается исследованием ДНК, выделенных из 91 черепа, найденных в 1984 г. в болотах Флориды, и возраст которых исчисляется 8 тыс. годами. Это исследование должно помочь установить, насколько быстро эволюционирует ДНК.

Точку зрения о заселении американского континента до кловисского периода разделяет по крайней мере один лингвист. В 1990 г. Джоанна Николе из Калифорнийского университета в Беркли сообщила в журнале «Language», что 12 тыс. лет — это недостаточный срок для того, чтобы в языках коренных американцев сформировались принципиально отличающиеся друг от друга направления. Если допустить, что Северная и Южная Америки были заселены одной группой переселенцев, говоривших на одном языке, то тогда они должны были прийти на континент 50—60 тыс. лет назад; по утверждению Николе,

десяток волн миграции людей, говоривших на различных языках, мог бы привести к тому же результату через 30—40 тыс. лет.

Однако независимый лингвист Рулен, который разделяет теорию Гринберга о трех волнах миграции, не согласен с утверждением Николе. Признавая, что точную хронологию прошлого нельзя установить только на основании лингвистических данных, он придерживается той точки зрения, что временные рамки кловисского периода не противоречат возможности языкового расхождения коренных американцев.

Другие сторонники кловисского сценария подвергли сомнению достоверность существования мест обитания до того, как появилась стоянка, обнаруженная в Кловисе. В готовящейся к публикации статье в «American Antiquity» К. Танкерсли из Музея шт. Иллинойс высказывает предположение, что наличие остатков угля искажило показания о возрасте стоянки в Мидоукрофте, полученные на основании анализа по углероду-14. К. Хейнес из Аризонского университета, самый авторитетный специалист по культуре кловисского периода, считает, что «орудия», найденные в пещере Орогранде в шт. Нью-Мексико, являются ничем иным, как осколками скальной породы. Признавая очевидную достоверность существования стоянки в Монте-Верде, он утверждает, что она, будучи в единственном числе, не может быть источником достоверных данных. «Нужно найти еще одну такую же», — говорит Хейнес. Самым убежденным сторонником кловисской концепции считается Т. Линч, антрополог Корнеллского университета. По его словам утверждения о существовании мест обитания, предшествующих кловисской стоянке, являются продуктом небрежного отношения к фактам и стремление видеть желаемое, а не действительное. «Люди хотят верить в это, — заявил он, — точно так же, как они хотят верить в то, что рак излечим». По его мнению, все сомнительные факты о якобы существовавших местах обитания, предшествовавших кловисской стоянке, в конечном итоге будут признаны ложными, как и многие другие факты, утратившие доверие за последние 50 лет.

Линч и другие ученые также утверждают, что более 14 тыс. лет назад Берингов перешел и территория нынешней Канады были погребены под толщей льда и потому были непроходимыми. Кроме того, если допустить, что люди все же каким-то образом попадали на континент 15, 20 или 50 тыс. лет назад, то почему они не

оставили большего количества признаков своего существования?

Э. Брайн из Университета Альберта, который с такой же решительностью защищает концепцию о более раннем заселении Америки, с какой Линч нападает на нее, говорит, что еще 100 тыс. лет назад люди, перемещаясь в примитивных лодках, могли продвигаться в южном направлении вдоль побережья Северной Америки, а не углубляться внутрь материка, покрытого толщей льда. Когда ледниковый период завершился, уровень моря поднялся и затопил расположенные на побережье стоянки.

Предположения о еще более неожиданных маршрутах миграции были сделаны Р. Бонниченсом, возглавляющим Центр по изучению первых американских поселенцев при Университете шт. Орегон. Не исключено, считает он, что люди могли попасть в Южную Америку из Австралии либо через Антарктику, либо по Тихому океану, перебираясь с острова на остров. Гидон, проводившая раскопки стоянки в Педра-Фурада, считает, что трансатлантический путь в Америку из Африки тоже нельзя исключать. «Мы должны иметь в виду возможность попадания в Новый Свет различными путями, а не только по Берингову мосту», — заявила она.

Д. Мельцер, антрополог из Южного методистского университета, также считает, что, возможно, потребуются более сложные сценарии относительно заселения Америки, чтобы придать смысл имеющимся данным. Он отмечает, что некоторые люди могли проникнуть в Новый Свет очень рано, если учесть наличие древних артефактов, найденных Гидоном и другими археологами, но затем они могли вымереть, не оставив никаких генетических или лингвистических следов.

Все эти неопределенности ставят немало вопросов перед Д. Станфордом, который, являясь директором палеоиндейской исследовательской программы, осуществляемой Смитсоновским институтом, собирается устроить демонстрацию идей о заселении Нового Света. Станфорд заявляет, что он готов заключить пари на то, что ему удастся выдвинуть несколько различных и одинаково убедительных гипотез по рассматриваемому вопросу. Демонстрация среди прочего будет включать оригинальные мифы, рассказанные самими коренными американцами, большинство из которых утверждают, что их предки жили в Новом Свете. «Не исключено, что все наши гипотезы, — говорит Станфорд, — тоже могут оказаться не более, чем мифами».

Джон Хорган

### Когда в Новом Свете появились первые люди?



# Бирюза в доколумбовой Америке

*До появления конкистадоров этот драгоценный камень имел большое культовое и экономическое значение в Мезоамерике, что способствовало развитию обширной торговли и культурных контактов с Юго-Западом Северной Америки*

ГАРМАН ХАРБОТЛ, ФИЛ УЭЙГАНД

**К**ОГДА в 1519 году Кортес высадился на побережье нынешней Мексики, в Испании правил Карл V. Богатые подарки, преподнесенные Кортесу посланцами правителя астеков Монтекумы II, не были, однако, обычными пышными знаками внимания одного императора другому. Скорее они являлись священными дарами благочестивого народа одному из своих богов. Ибо Монтекума был убежден, что Кортес на самом деле был Кецалькоатлем — божественным пернатым змеем в человеческом облике, вернувшимся в Мексику из своего мифического путешествия в дальние страны. Испанский летописец Бернардино де Саагун так описывает дары астеков: «Сначала шло облачение Кецалькоатля: маска змея, сделанная из бирюзы; головной убор из перьев птицы кецаль и ... шиток, с мозаикой из бирюзы, бирюзовой инкрустацией, обклеенный бирюзой». Когда посланцы прибыли к Кортесу и поднялись на борт его корабля, «... они несли в руках одеяние бога... Они облачили в него Капитана и возложили на него мозаичную маску змея из бирюзы. Вместе с ней был и головной убор из перьев кецаля...».

В доколумбовом обществе Мезоамерики бирюза была нечто большим, чем обычная драгоценность. В социальной и религиозной сферах этот камень обозначал жизнь. Мудрые слова уподоблялись драгоценной бирюзе, и она была символом знатности. Она даже опередила в употреблении соперничавший с ней нефрит.

Обилие обработанной бирюзы в Мезоамерике ставит перед исследователями сложную проблему. Непосредственно здесь нет месторождений этого камня. Фактически единственные большие его залежи находятся севернее, на Юго-Западе США и в прилегающих районах севера Мексики. На североамериканском континенте все эти источники тянутся

вдоль огромной дуги от Калифорнии до Колорадо. Могли ли мезоамериканцы торговать с туземцами Юго-Запада, чтобы получить камень, который, как они образно выражались, был столь же драгоценен, как вода?

Традиционная наука долгое время утверждала, что между двумя этими регионами существовали в лучшем случае только случайные связи. Но современные изыскания и археологические исследования доказывают, что здесь развилась настоящая, высоко структурированная система торговли. И находки бирюзы, которая прекрасно сохраняется и пользовалась в древности огромным спросом, представляют собой одно из самых решающих свидетельств систематических контактов. Кроме того, проложенные этой торговлей пути вели к взаимному культурному обмену. Существуют свидетельства того, что Мезоамерика оказала сильное влияние на социальное развитие Юго-Запада. Более того, его коренное население в конце концов начало рассматривать бирюзу как нечто большее, чем предмет экспорта. Они стали придавать ей сакральное значение, как это делали мезоамериканцы.

**Ч**ТОБЫ доказать, что бирюзой действительно торговали, нужно продемонстрировать, что камень, добытый в одном районе, идентичен тому, который использовался в другом. По всему Юго-Западу и в Мезоамерике археологами было найдено более миллиона предметов из бирюзы. Химический анализ позволяет исследователям узнать, была ли какая-либо

ОРНАМЕНТАЛЬНАЯ ПОДВЕСКА в виде двухглавой змеи, хранящаяся в Британском музее. Выдолбленная деревянная основа выложена бирюзой. Красные и белые детали этого атекского украшения сделаны из раковин.

находка связана с другой, даже если они были обнаружены в местах, разделенных огромными расстояниями, и относились к различным периодам.

Нами применялась техника анализа методом нейтронной активации. При использовании этого, не разрушающего объект, метода мы бомбардируем образец пучком нейтронов, создавая различные изотопы элементов, таких, как натрий, калий, барий, скандий, некоторые редкоземельные элементы, марганец, железо, кобальт, мышьяк и медь. Последняя придает бирюзе ее неповторимый цвет. Месторождения бирюзы можно обычно идентифицировать по наличию определенных количеств этих

элементов. Сходное количественное соотношение указывает на общий источник. В течение последних двух десятилетий мы использовали метод нейтронной активации, чтобы проанализировать более чем 2000 образцов, полученных на 28 археологических памятниках в Мезоамерике и на Юго-Западе и в более чем 40 месторождениях бирюзы. Обычно мы анализировали от 10 до 40 образцов из одной шахты. В каждом из нескольких крупных археологических памятников мы просмотрели около 100 предметов. Такой подход дал нам возможность, например, связать несколько десятков находок из Мексики с конкретными шахтами, находящи-

мся на расстоянии более 1500 км, в Нью-Мексико, Аризоне и Неваде.

Мы также попытались оценить спрос на бирюзу, чтобы определить, насколько обширна и хорошо организована была торговля. Для этого мы использовали различные методы. Наиболее простым был подсчет и даже взвешивание предметов, найденных при раскопках или хранящихся в музеях и частных коллекциях. Если образцы бирюзы никогда не каталогизировались, как, например, в старых коллекциях из Чако-Каньона в Нью-Мексико, мы оценивали их общее количество. Измерялась емкость музейных контейнеров, в которых хранились образцы, а затем просчи-





МАСКА ПЕРНАТОГО ЗМЕЯ — Кецалькоатля из Британского музея, вполне возможно, является именно той маской, которая была в 1519 г. среди подарков Монтесумы Кортесу. Каждая из двух свернувшихся змей на лице сделана из бирюзы иного оттенка.

тывалось контрольное количество внутри известного объема. Простое умножение давало общую оценку. В других случаях мы просматривали изображения предметов из бирюзы в каталогах и книгах по искусству и подсчитывали индивидуальные образцы. В мозаиках подсчитывались только те элементы, которые можно было различить; таким образом, количество элементов мозаик, вероятно, занижено.

Использование стольких разнородных методов, конечно, ведет к приблизительности оценок. Будущие археологические работы, несомненно, потребуют уточнения наших цифр. Тем не менее мы считаем, что наши оценки можно опубликовать и что они достаточно соответствуют сегодняшнему состоянию археологических знаний. В сочетании с предшествующими работами наши исследования дают возможность реконструировать историю использования бирюзы и представить себе картину

постепенного образования системы торговли между Мезоамерикой и Юго-Западом.

Древнейшее свидетельство использования этого драгоценного камня датируется 600 г. до н. э. Это находка бирюзы Розой Рейна из Национального института антропологии и истории (Мехико) в погребениях близ Мескалы в Мексиканском штате Герреро. Очень немногочисленные образцы 300 г. до н. э. были встречены в шахтных гробницах около Теучитлана в Халиско. Но по настоящему мезоамериканцы начали ценить бирюзу только тогда, когда сложились их высокоразвитые культуры. Мы считаем, что область Чалчиунтес в мексиканском штате Сакатекас была первым районом Мезоамерики, где использовались значительные количества бирюзы. Это происходило в середине так называемого классического периода мезоамериканской культуры (100—900 гг. н. э.).

Около 600 г. н. э. общество северо-западной Мексики находилось в полном расцвете. Именно тогда широко разрабатывались близлежащие месторождения малахита, лазурита, сланца, киновари, гематита и, возможно, самородной меди. Свидетельства интенсивной обработки бирюзы появляются около 700 г. В это время обитатели самого крупного здесь церемониального центра — Альта Виста начали в больших количествах импортировать необработанную бирюзу. Анализ методом нейтронной активации привел нас к выводу, что главным ее источником был район Серрильос на территории нынешнего Нью-Мексико.

В Альта Виста, недавно исследованном Дж. Чарльзом Келли из Университета Соль Росс, была найдена самая большая мастерская по обработке бирюзы, когда-либо обнаруженная в Северной Америке. Бирюза предназначалась главным образом для культовых целей: престижные погребения содержали кольца, бусы, подвески и мозаичные диски. Края кубиков в мозаике были подтесаны наискось. Насколько важна была техника косой подтески для крепости мозаики и получения ее гладкой поверхности, мы увидели после того, как разобрали несколько фрагментов бирюзовой мозаики постклассического периода из Оахаки. Соединение между двумя кубиками с подтесанными краями превращалось в почти невидимую тонкую линию. Кубики наклеивались на деревянную основу с помощью «чауте» — смеси липкого растительного масла с углем, которой смазывалась их обратная сторона. Под кубиками осталась пыль от тонкого кварцевого абразива, который, как мы думаем, мастера использовали для их обточки, шлифования и полировки.

Кроме законченных изделий археологи нашли в Альта Виста большое количество осколков и необработанных кусков бирюзы. Мы обнаружили свидетельства того, что необработанной бирюзы здесь было значительно больше, чем впоследствии обрабатывалось. По-видимому, излишек предназначался для других изделий и его предполагалось куда-то отправить. Возможно, что местом назначения были города классического периода в Центральной Мексике: Теотиуакан и Чолула. Ни один из этих великих городов не дал большого количества обработанной бирюзы. Однако погребения их знатных жителей, в которых можно было бы ожидать находки драгоценного камня, никогда не были достаточно исследованы.

Следующий период хорошо документированного использования бирюзы приходится на поздний классический (около 700—900 гг.) и ранний постклассический (ок. 900—1200 гг.) периоды истории Мезоамерики. В это время бирюза широко распространяется по всему региону. Население американского Юго-Запада, особенно в Чако-Каньоне и его окрестностях, тоже начало использовать бирюзу, но лишь в небольших количествах. Этот камень все еще добывался преимущественно для экспорта в Мезоамерику.

Выдающиеся достижения, которые имели место в фазе Анасази в истории Чако-Каньона, датируемой временем позднего Пуэбло II (около 1050—1180 гг.), проливают свет на то влияние, которое Мезоамерика и американский Юго-Запад оказывали друг на друга через посредство торговли бирюзой (см. статью: Стивен Х. Лексон, Томас С. Уайндз, Джон Р. Стейн, У. Джеймс Джалдж. Общество в каньоне Чако, «В мире науки», 1988, № 9). Начавшись скромно, с деревушек, разбросанных по всему Колорало, в Чако-Каньоне быстро сложилась высокодифференцированная и структурированная социальная система. Появление больших скоплений экзотических зданий, построенных в новой архитектурной технике, предполагает структуру, хорошо организованную политически и экономически. Архитектура была не просто новой для Юго-Запада, она использовала мезоамериканские строительные приемы, такие, как панцирная кладка стен с забутовкой щебнем, которую мы встречаем по всему каньону и на двух платформах перед Пуэбло-Бонито.

Разветвленная система дорог соединяла поселение Чако-Каньона с окружающими пуэбло сходной конструкции. Преимущественный доступ к редким ресурсам — мы еще покажем, что бирюза была одним из них, — почти наверняка был важнейшим фактором в замечательном социальном развитии этого поселения. Вместе взятые, все эти факты свидетельствуют о существовании общества, игравшего особую роль на северных границах Мезоамерики.

Свидетельства мезоамериканского влияния на Юго-Запад видны и в общей планировке поселения. Обычно города Мезоамерики имели рассеянную, а не компактную планировку. На Юго-Западе, если допустить, что различные пуэбло в каньоне являлись скорее районами одного поселения, чем равноправными поселками, можно рассматривать их совокупность как ранний город, органи-

низованный на мезоамериканский манер.

Еще несколько соображений навоят на мысль, что Чако-Каньон в раннем постклассическом периоде, вероятно, испытал влияние культуры Мезоамерики. Здесь были найдены свидетельства мезоамериканского импорта таких высокоценных товаров, как макао и медные колокольчики. Были также обнаружены богатые погребения, сходные с аналогичными мезоамериканскими. Наконец, Юго-Запад начал широкую разработку бирюзы в тех же формах, которые тремя веками ранее использовались в Мезоамерике.

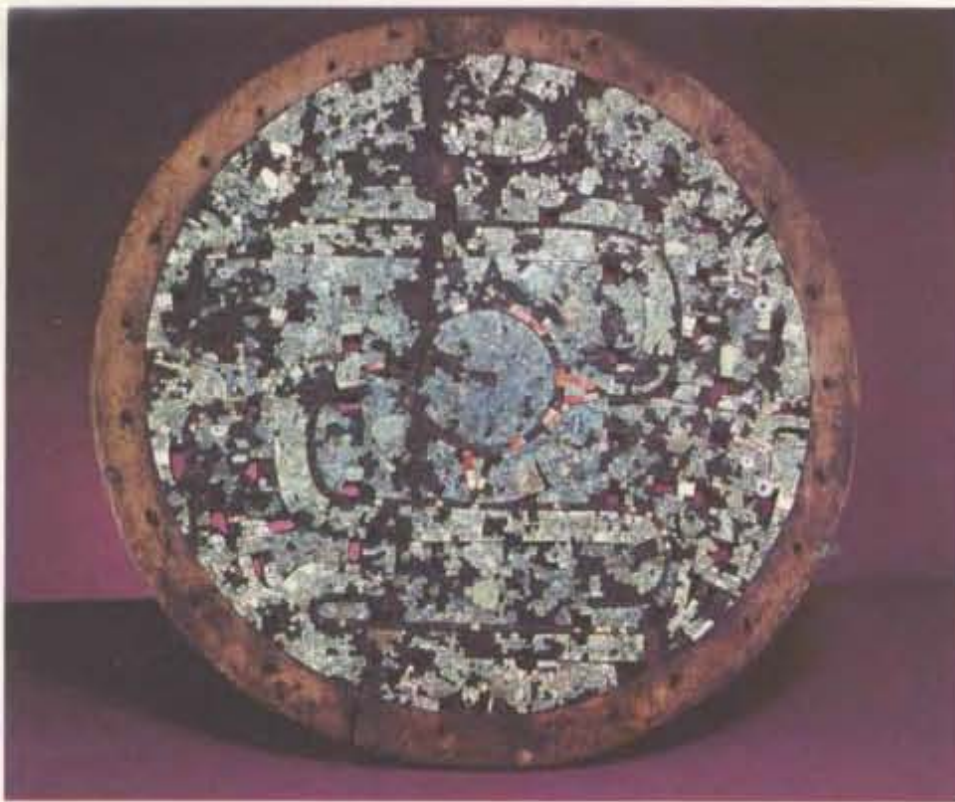
Несколько самых значительных находок бирюзы, когда-либо сделанных археологами, происходят именно из Чако-Каньона. Джонатан Рейман из Университета шт. Иллинойс считает, что всего там было найдено 500 000 предметов. У. Джеймс Джалдж, работавший тогда в Южном методистском университете, называл меньшую цифру — 200 000. Независимо от того, какая из цифр достоверна, обе они впечатляющи. В период пика культурной активности (около 975—

1130 гг.) использование бирюзы в богатых погребениях и больших культовых постройках — кивах — было беспрецедентным для Юго-Запада. Примером ее использования в сравнимых масштабах в предшествующее время является Альта Виста.

Много бирюзы поступало из Серрильос, но были и другие источники. Часто кубики в мозаиках обтачивались наискось и имели стандартные размеры. Поскольку такая обточка и стандартизация кубиков являются мезоамериканскими инновациями (возможно, из Альта Виста), их присутствие на американском Юго-Западе еще один важный показатель контактов.

Население Чако-Каньона не только использовало бирюзу при проведении красочных культовых церемоний, но, видимо, контролировало распределение этого камня. Дэвид Х. Сноу, работавший тогда в Музее Нью-Мексико и бывший одним из пионеров изучения использования бирюзы на Юго-Западе, детально проследил, как этот камень стал концентрироваться в Чако-Каньоне. Он показал, что система добычи минералов была здесь почти





АСТЕКСКИЙ ШИТ, состоящий из кубиков бирюзы, наклеенных на деревянный диск диаметром 30 см. Вокруг вертикальной оси, начиная с 10-часовой отметки циферблата, обвивается змея. Отверстия по краю предназначены для прикрепления перьев.

монополизирована. Действительно, наш анализ методом нейтронной активации выявил прямую связь между бирюзой Чако-Каньона и той, которая добывалась в других районах Юго-Запада (бассейн Таскона и Снейктаун в Аризоне). Очень вероятно, что в Мезоамерику бирюза шла прямо из каньона. Предметы, найденные на различных памятниках Мексики, включая Гасаве и Синалоа, Лас Кузвас и Сакоалько в Халиско и район Иштлан дель Рио в Наярите, соответствуют бирюзе Чако-Каньона, добытой в Серильос.

Неравномерное распределение бирюзы во времена расцвета Чако-Каньона коррелирует с другим изменением. После заимствования техники скошенной обточкой и стандартизации кубиков для производства миниатюрных мозаичных изделий Юго-Запад более не вел широкую торговлю исходным материалом с потребителями в глубине Мезоамерики. Вместо этого его население стало обрабатывать бирюзу самостоятельно. Организация ее добычи и обработки в Чако-Каньоне, вероятно, первый знак структурной интеграции Юго-Запада в мезоамериканскую систему торговли — процесса, который интенсифицировался с течением времени.

Видимо, где-то в XII в. Чако-

Каньон потерял свою монополию на бирюзу. В сущности, это обстоятельство явилось одной из причин социального упадка населения каньона. В конце XII в. другие памятники, такие, как руины Астек в Нью-Мексико, стали господствовать над районом Анасази. Но, как отметил Дэвид Р. Уилкоккс из Музея Северной Аризоны, никакой другой центр не смог занять его места в системе торговли, хотя механизм добычи бирюзы и ее обмена, конечно, не прекратил своего существования. Во всяком случае, в XIII в. спрос на бирюзу в Мезоамерике продолжал расти.

Этому обстоятельству сопутствовали изменения и на Юго-Западе. Драгоценный камень, являвшийся прежде исключительной собственностью религиозной и правящей элиты, стал употребляться в ювелирных изделиях, которые носили многие люди низшего статуса. Никогда уже бирюза не использовалась так экзотично и экстравагантно и не распределялась столь высоко дифференцированным путем в малое количество мест, как ранее. Эта картина ее употребления была нарушена с исчезновением монополии Чако-Каньона.

Рост спроса породил на Юго-Западе проблему снабжения сырьем. Чтобы удовлетворить потребности

Мезоамерики и самого этого региона, в середине XIII в. должны были быть открыты дополнительные источники бирюзы. Начался первый великий период добычи, которому, возможно, не было равных вплоть до «бирюзовой лихорадки» после второй мировой войны. Чарльз К. Ди Песо из «Американ Фаундэйшн» предпринял исследования в мезоамериканском городском центре Касас Грандес в Чуауа, Мексика (у самой границы Нью-Мексико), и обнаружил бирюзу из многих новых источников: пустыня Мохаве, районы в южной Неваде и крайнем Юго-Западе Нью-Мексико, а также неисчерпаемый Серильос. Касас Грандес был одним из нескольких перевалочных пунктов для расширявшегося мезоамериканского рынка. Открытие новых месторождений бирюзы имеет параллель в современном мире: когда высокая потребность в нефти привела к ее удорожанию, стали разрабатываться многие труднодоступные ее источники, например, в Северном море и на Аляске.

ВОЗРОСШИЙ поток бирюзы вызвал заметные перемены на торговых путях между Юго-Западом и Мезоамерикой. Многие общины, расположенные вдоль них, стали обогащаться, контролируя эту торговлю. Так, в конце постклассического периода в западной части современной Мексики возвысилось государство тарасков. Оно «оседлало» наиболее удобный для торговли бирюзой путь по тихоокеанскому побережью. Ранее большинство торговцев, промышленавших на северных границах Мезоамерики, свободно перевозили свои товары вдоль побережья. Тараски же заблокировали этот путь и таким образом установили контроль за движением товаров. По предположению Хелен Поллард из Мичиганского университета, купцы государства тарасков, находясь под протекцией царя, сами не торговали бирюзой. Но множество предметов роскоши из этого камня, найденных в археологических раскопках на таких памятниках, как столица тарасков Цинцунцан в Мичоакане, ясно показывает, что бирюза высоко ценилась в этом обществе. Другие, меньшие государства также процветали вдоль тихоокеанского побережья и, несомненно, добавляли свою цену в эту коммерцию.

Тем не менее прибрежный путь продолжал существовать. Частично это было связано с тем, что он пролегал вдоль населенного коридора, обитатели которого заботились о поддержании дорог. Расстояние от

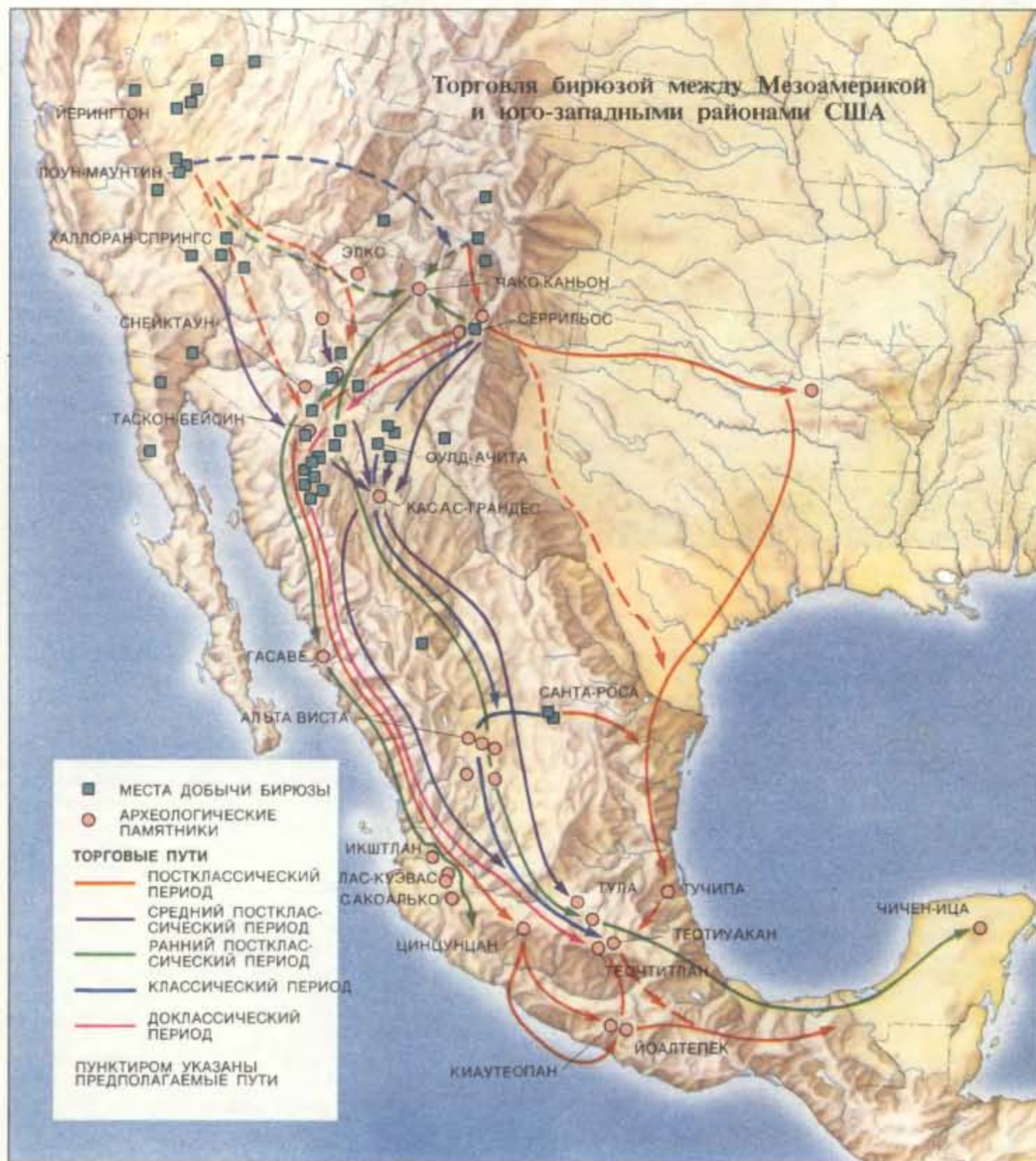
Центральной Мексики до ее северо-западной периферии было значительным, но часть пути товары могли, несомненно, следовать водой. Именно прибрежным путем на американский Юго-Запад и прилегающие Великие Равнины шел Коронадо, исследовавший их в 1540 г.

Второй, более прямой путь по суше был удобнее для Центральной Мексики. Он вел вдоль восточного края Западной Сьерра Мадре к северу-западу через малонаселенные рай-

оны, лишённые естественных барьеров. Неудобство этого пути помимо безводья и дальности состояло в том, что его необходимо было обустроить и поддерживать. Сильные независимые государства западной Мезоамерики также могли или блокировать доступ к нему в Альтос де Халиско и в низовьях долины Лерма, или поставить этот путь под свой контроль, или просто перекрывать проход в зону Центральной Мексики.

На юг от Кулуа Мехика вели два хорошо документированных торговых пути: в горные районы Гватемалы (нефрит и перья кешаля) и в колонию бродячих торговцев — «пучтеков» в Шокоуско (какао). Оба пути тянулись на огромном расстоянии через густонаселенные районы, часть из которых приходилось покорять.

В связи с ростом спроса на бирюзу стали использоваться и другие пути. Мы имеем исторические свиде-





ЧЕРЕП С БИРЮЗОВОЙ МАСКОЙ был еще одним подарком Монтесумы Кортесу. Она изображает бога Тескатлипоку. Глаза сделаны из железистого пирита и белой раковины, а в углубления носа вставлены кусочки розовой раковины.

иные количества бирюзы. Кроме того, бирюза продавалась на большом рынке Тлателолько в торговой части ацтекской столицы Теночтитлана. Торговля, вероятно, была свободна от государственного контроля. Следует помнить, что спрос на этот камень объяснялся религиозными императивами. Необходимо было производить мозаичные предметы ритуального назначения, чтобы использовать их в длинном ряду государственных церемоний.

**СОЦИАЛЬНАЯ** эволюция и торговые пути не единственные индикаторы для оценки спроса на бирюзу в доколумбовую эпоху. Шахты и использованная для добычи камня техника также показательны. Мы локализовали около 120 сохранившихся отдельных шахт в 28 районах добычи. В старых описаниях зафиксировано большее количество, возможно много сотен. Очевидно, они были разрушены современными выработками.

Наши обследования древних приисков были небезопасны. В Чальчиутесе, например, шахты внутри почти в том же состоянии, в котором их оставили горняки доколумбового времени. Не говоря о возможности обвала кровли, и древние шахтеры, и современные археологи работали в одинаково трудных условиях: сильная жара и слабая вентиляция, недостаточная для улучшения воздуха, наполненного дымом от осветительных факелов и пылью от раскопок. В других шахтах Чальчиутеса мы встретили тысячи крошечных насекомых, живущих в помете летучих мышей. Вдобавок к зловонию от помета самих мышей эти насекомые воспринимали нас как источник пищи. Они просто облепляли наши ноги, руки и лица, когда мы ползли по коридорам шахты.

Одна современная шахта, которую мы исследовали и которая была врыта в более древнюю, получила название «Металлическая авария». Верхняя часть осыпи обвалилась под одним из нас (Уэйганд), и он покатился вниз в облаке пыли, камней, мешков для образцов и фотографических принадлежностей. Многие из шахт, где добывается бирюза, расположены в очень изолированных

местах, что представляло собой дополнительную сложность. Мы не могли не восхищаться отвагой и выносливостью древних горняков, работавших в таких отдаленных и труднодоступных местах.

Самая добыча бирюзы должна была требовать больших затрат труда. По большей части она встречается в толще твердой скальной породы, и извлечение камня из камня требует много труда и времени. В классической работе 1915 г. «Бирюза» Дж. Э. Пог рассказывает о том, как на поверхности скалы разжигался огонь, чтобы ее раскалить. На эту поверхность затем плескали воду, и она растрескивалась, открывая жилу бирюзы. Такой способ добычи требовал, очевидно, доставки к шахте огромного количества воды и дров. Обычно шахтеры просто ритмично били каменным молотом по неподатливой поверхности скалы — убийственная работа в жарком климате. Инженерное устройство большинства шахт было крайне примитивным. Только в нескольких случаях зафиксированы действительно сложные сооружения вроде тех, которые имелись в шахтах Чальчиутеса.

Сначала разрабатывались месторождения неглубокого залегания. Для этого выкапывались ямы или карьеры. Только тогда, когда бирюза в этих неглубоких залежах исто-

счалась, начинали сооружать настоящие шахты. В большинстве своем они состояли из простого ствола с расширением на дне, как и те, которые мы в большом количестве нашли в комплексе Ачита в Нью-Мексико. Иногда, однако, эти шахты расширялись и переходили в огромные открытые ямы. Наиболее известная из таких ям находится в Маунт Чальчиутль, в районе месторождений Серрильос в Нью-Мексико, но есть и другие, такие, как шахта Тольтек в пустыне Мохаве.

Каменные молоты, найденные в древних выработках бирюзы, не отличаются заметной технической специализацией. Наиболее распространенным инструментом были сорокакилограммовые двусторонние кувалды. Упорство, с которым люди, работая этими тяжелыми молотами, добывали бирюзу, свидетельствует о том, что она ценилась необычайно высоко.

Можно предположить, что отношение многих коренных жителей Америки к драгоценному камню было под стать отношению шекспировского Шейлока из «Венетского купца». Когда ему сказали, что его беглая дочь отдала одно из его колес за обезьянку, Шейлока взорвало: «Это была моя бирюза — я получил ее от Лии, когда еще был холостым. Я бы не отдал ее за целую обезьянью рошу».

## Наука и общество

### Конец скучивания?

**НА** ПРОТЯЖЕНИИ последнего десятилетия астрономы обнаруживали все более крупномасштабные объединения галактик — от скоплений и сверхскоплений до огромных образований типа Великой стены, окруженных пустотами (войдами) еще больших размеров. Наиболее тревожным (а для кого-то, напротив, ободряющим в зависимости от теоретических взглядов) аспектом этой тенденции, было то, что она казалась бесконечной. Чем глубже был обзор, тем все более крупномасштабные структуры он выявлял. Так топографы, осуществляющие съемку новой территории на континенте, обнаруживают все более высокие горы и более глубокие ущелья по мере того, как увеличивается масштаб их работ.

Но, по-видимому, в глубоком обзоре галактик, выполненном четырьмя

астрономами из США, с тенденцией к скучиванию покончено, по крайней мере временно. «Наконец-то мы достигли предела, за которым картина становится однородной», — говорит О. Эмлер из Йельского университета. Эмлер с коллегами С. Шехтманом из Института Карнеги, Р. Кишнером из Гарвардского университета и П. Шехтером из Массачусетского технологического института работают на 2,5-метровом телескопе Обсерватории Лас-Кампанас в Чили.

В некотором отношении их обзор сходен с обзором, выполненным два года назад группой из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра, обнаружившей Великую стену — полосу галактик протяженностью несколько сотен миллионов световых лет (св. лет). Обе группы определяли расстояния до галактик по красным смещениям в их спектрах и выполняли обзоры в узких протяженных кону-

сах, а не в широких мелких областях. Но Гарвард-Смитсоновская группа измеряла красные смещения для каждой галактики в отдельности, а группа в Лас-Кампанасе может определять эту величину для многих галактик одновременно.

Такие измерения стали возможны благодаря тому, что телескоп в Лас-Кампанасе, имеющий очень широкое поле зрения, снабжен специальным волоконно-оптическим приемником, сконструированным Шехтманом. Телескоп направляется на участок неба, содержащий до 100 галактик. Каждое изображение галактики по одному из оптических волокон передается в спектрометр, где измеряется красное смещение. Глубина обзора составляет от 1 до 2 млрд. св. лет, т. е. около 1/10 радиуса наблюдаемой Вселенной. Это в 3—4 раза глубже обзора, проведенного Гарвард-Смитсоновской группой.

К настоящему времени группа в Лас-Кампанасе зарегистрировала положения более 6500 галактик в нескольких секторах неба. И хотя обнаружены скопления и войды, сравнимые по размерам с Великой стеной, более крупных образований и пустот не найдено. «Из предварительного анализа данных следует, что вряд ли мы найдем какие-то гиперструктуры», — говорит Кишнер.

Исследователи подчеркивают, что результаты их обзора пока предварительные. Они считают, что смогут сделать обоснованные выводы после того, как дополнят свой обзор еще по крайней мере 5000 галактиками и подвергнут данные строгому статистическому анализу, а не только визуальному наблюдению. В то же время Шехтер замечает, что «человеческий глаз очень хорошо различает объекты».

Однако в любом случае эти данные вызвали вздох облегчения у многих космологов. Сохранение тенденции к скучиванию не только ведет к дежавю понятию крупнейшего, но и создает ряд проблем теоретического характера. Самой большой загадкой был резкий контраст между наблюдаемой крупномасштабной структурой Вселенной и исключительной однородностью космического микроволнового фонового излучения — реликта ранних стадий эволюции Вселенной.

Теоретикам еще предстоит объяснить, как в некогда однородной и изотропной Вселенной возникли образования, подобные Великой стене. «Ученых уже немало трудностей с объяснением выявленных структур, поэтому можно надеяться, что хуже не будет», — замечает Шехтер.

Джон Хорган

# Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский

Вокруг имени этого генетика, родившегося в России, ведутся споры. Его главные научные достижения получены им в период работы в нацистской Германии, а затем он был осужден в СССР за измену Родине

ИАНА Б. ПОЛ, КОСТАС Б. КРИМБАС

В 1925 г. ОСКАР Фогт, директор Института исследования мозга общества кайзера Вильгельма в Берлине, предложил молодому и подающему надежды русскому исследователю Н. В. Тимофееву-Ресовскому организовать в институте отдел экспериментальной генетики. В то время у 25-летнего Тимофеева не было даже диплома о высшем образовании. Тем не менее за считанные годы он стал руководителем нового отдела и ведущим ученым в области популяционной и радиационной генетики.

В частности, Тимофеев способствовал развитию пользовавшейся влиянием теории возникновения мутаций, он дал первую оценку размера гена и установил, что большая доля генетического разнообразия диких популяций скрыта в форме рецессивных мутаций. Хотя в книгах по истории генетики имя Тимофеева почти не упоминается, он существенно повлиял на генетические исследования не только благодаря собственным работам, но и путем распространения на Западе русских идей о механизме эволюции.

Его достижения особенно замечательны, если принять во внимание тяжелые, парадоксальные политические обстоятельства его жизни. Тимофеев был русским патриотом, но провел свои наиболее продуктивные в научном плане годы в донацистской и нацистской Германии. Когда советские войска в конце второй мировой войны заняли Берлин, он был арестован. Благодаря его глубоким знаниям в области радиационной биологии ему было разрешено продолжать генетические исследования в одной военной лаборатории, хотя в то время такие исследования официально были запрещены в СССР. Тем не менее политические оппоненты преследовали его на протяжении всей оставшейся жизни, и он так и не был реабилитирован.

Биография Тимофеева ставит трудные вопросы: как мог ученый честно

работать в обстановке идеологической и вооруженной борьбы, можно ли было генетику в нацистской Германии не допускать морального компромисса, как отличить независимого исследователя от осторожного коллаборациониста? Мы взяли за исследование этих вопросов и за углубленное изучение удивительной политической и интеллектуальной жизни Тимофеева.

Политические потрясения вмешивались в научную работу Тимофеева с самого начала его карьеры. Октябрьская революция разразилась, когда он был студентом-биологом Московского университета. Тимофеев оставил занятия, чтобы сражаться вместе с анархистами, а позже в Красной Армии (формально он не завершил докторскую диссертацию до 1964 г.). В 1922 г. он вернулся в университет, где учился у С. С. Четверикова, основателя популяционной генетики в России. Четвериков пробудил у Тимофеева интерес к генетическим основам эволюции, который сохранился у него на всю жизнь. Тогда же Тимофеев начал работать с Н. К. Кольцовым, возглавлявшим исследовательский Институт экспериментальной биологии. Кольцов обучал молодого Тимофеева методам сравнительной анатомии, морфологии и систематики. Знания в этих областях оказались весьма полезными в дальнейшей научной работе Тимофеева.

Любопытное стечение обстоятельств побудило Тимофеева выехать из России и переселиться в Берлин в 1926 г. (1925 г. — Прим. перев.). После смерти Ленина в 1924 г. Советское правительство организовало микроскопическое исследование мозга своего покойного вождя, очевидно, чтобы открыть материальную основу его гениальности. Советские власти пригласили Фогта, знаменитого германского психиатра и нейрофизиолога, чтобы руководить этой работой.

Будучи в России, Фогт узнал, что

Тимофеев и его молодая жена Елена Александровна нашли мутацию у плодовой мушки *Drosophila funebris*, вызывающую сильно изменчивые деформации жилок на крыльях. В то время Фогт пытался определить причины необычайной изменчивости частоты и тяжести некоторых наследственных неврологических нарушений. Поэтому открытие явления, когда единичная мутация может вызывать множественные изменения морфологии крыла, привлекло внимание Фогта.

Фогт предложил Тимофееву организовать новую генетическую лабораторию в своем институте. Несмотря на сильную привязанность к Кольцову и своей родине, Тимофеев согласился и переехал в Берлин. К этому времени он опубликовал несколько статей, но по существу был неизвестен за пределами узкого круга русских биологов. За годы со времени появления в Берлине до начала войны Тимофеев выполнил почти все работы, на которых зиждется его научная репутация.

ПЕРВОНАЧАЛЬНО Тимофеева занимало понимание процесса эволюции. Переехав в Берлин, он привез в Германию и Западную Европу идеи Четверикова, который осуществил новаторский синтез менделевской генетики и классического дарвинизма. Четвериков пришел к своим взглядам независимо от британских генетиков сэра Р. Фишера и Дж. Холдейна и американца С. Райта, которые считаются на Западе основателями школы неодарвинизма. Американский эволюционист Э. Майр утверждает, что основная заслуга в разработке синте-

ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ был научно активным всю свою беспокойную жизнь. Здесь запечатлен момент, когда он читает лекцию на открытом воздухе на Можайском водохранилище в 60-е годы.



тической теории эволюции в Германии в 30-е годы принадлежит Тимофееву.

Исследовательская группа Тимофеева в институте, которым руководил Фогт, включала выдающихся русских, немецких, румынских и греческих генетиков, которые способствовали распространению его влияния. Он также принимал у себя известных ученых, в том числе генетика-популяциониста А. Бушати-Траверзо, который однажды привез своих учеников Л. Кавалли-Сфорца (теперь генетик в Станфордском университете) и Дж. Маньи (ныне работающего в Павийском университете в Италии). Бушати-Траверзо в свою очередь оказал влияние на А. Превости из Барселонского университета, а через него на значительную группу испанских генетиков-популяционистов.

Согласно неодарвинистским воззрениям, которые были лейтмотивом работ Тимофеева, естественный отбор может действовать только при наличии наследственной изменчивости, создаваемой мутациями. Отдельные особи популяции, будь то березы, воробьи или плодовые мушки, обычно проявляют замечательное морфологическое постоянство. Наследственная изменчивость скрыта, потому что каждый индивид имеет два набора генов: один, унаследованный от отца, другой — от матери. Большинство мутаций рецессивны и потому не проявляются у индивидов, которые обладают также нормальной формой данного гена (геном «дикого типа»). Четвериков понял, что благодаря этому скрытому запасу изменчивости отбору нет нужды ждать появления новых мутаций: они уже присутствуют в популяции в виде рецессивных генов.

Тимофеев и его жена изучили природную популяцию плодовой мушки *Drosophila melanogaster*, чтобы экспериментально доказать предположение своего учителя. Путем родственного скрещивания мушек, отловленных в природе, они получили особи, у которых оба набора генов содержали рецессивные мутантные задатки. Их работа, опубликованная в 1927 г., впервые содержала доказательство существования скрытой наследственной изменчивости.

Свойственный русской неодарвинистской школе акцент на отношении между генотипом (генетической конструкцией индивида) и фенотипом (его наблюдаемыми строением, физиологией и поведением) привел Тимофеева к другой важной области исследования. Будучи хорошими натуралистами, русские генетики знали, что объектом действия естественного от-



ТИМОФЕЕВ получил образование, которое позволило ему стать и экспериментатором и теоретиком в области генетики. Его учитель Четвериков (b) помог ему обнаружить связь между мутациями, генетическим многообразием и естественным отбором. 1924 г. — год смерти Ленина (c) — стал поворотным в жизни Тимофеева. Фогт, изображенный на фотографии с женой (d), приехал из Германии в

СССР, чтобы исследовать мозг Ленина. Встретившись с Тимофеевым, Фогт предложил ему работу в Институте исследования мозга в Берлине. В 1925 г. Тимофеев переезжает в Германию, где ему предстояло сделать самую значительную часть своей научной работы. Многие его исследования связаны с изучением природы генетической изменчивости. Он сотрудничал с Мёллером (e), который позже стал

бора является фенотип. Поэтому его отношение к генотипу имеет перво-степенное значение для понимания генетических изменений, происходящих в популяции. Тимофеев и его жена, а также русский по происхождению американский генетик Ф. Добжанский были среди первых, кто изучал такие явления, как плейотропия (проявление гена в более чем одном признаке), а также пенетрантность и экспрессивность (частота и степень, с которыми ответственность проявляется ген).

Эти исследования доказывали, что несколько генов могут влиять на один и тот же признак, такой, как плодовитость, и что совместное действие двух мутантных генов не может быть точно предсказано на основе их раздельного действия. Таким образом, генетики поняли, что наследственную изменчивость популяции следует рассматривать не как сумму взаимодействующих генетических единиц (модель, обозначаемая Майром как генетика «мешка с бобами»), а как интегрированное, связанное целое.

В начале XX в. многие генетики, следуя взглядам английского биолога У. Бейтсона, считали, что рецессивные мутации являются результатом необратимых генетических поврежде-

ний или утрат. Из этого взгляда следовало, что эволюция не может продолжаться, так как все мутации должны вести к уменьшению или утрате наличного генетического материала. Тимофеев показал, что мутантные линии могут претерпевать дополнительные мутации, фактически возвращающие их к доминантной форме дикого типа. Эти так называемые обратные мутации были бы невозможны, если бы появление мутантов вызывалось утратой генетического материала.

Одним из способов увеличения частоты мутаций является рентгеновское облучение организмов. Это явление было впервые документировано американским генетиком Г. Мёллером в 1927 г. Еще в студенческие годы в России Тимофеев был склонен к использованию экспериментальной техники, и потому он с готовностью включил исследование мутаций, вызванных рентгеновским облучением, в планы своей научной деятельности. Некоторые из его наиболее важных научных достижений связаны с попыткой понять, как рентгеновские лучи вызывают мутации.

**П**РИНЦИПАЛЬНЫМ открытием Тимофеева было его наблюдение

линейной зависимости между общей дозой радиации и числом мутаций. Оказалось, что режим облучения (было ли оно однократным, в виде нескольких фракций или непрерывным, но слабой мощности в течение длительного промежутка времени) существенной роли не играет. Мощности дозы не влияла на число мутаций. Тимофеев также показал отсутствие минимального порога дозы, ниже которого мутации не вызываются.

Эти свойства означали, что рентгеновские лучи таким же образом вызывают мутации, как бомбы поражают цели. Тимофеев совместно со своими немецкими сотрудниками К. Циммером и М. Дельбрюком построил развернутую теорию мишени (или теорию попадания), основанную на такой аналогии. Их классическая публикация (известная как «статья трех»), описывающая эту работу, вдохновила Э. Шредингера изложить в 1943 г. курс лекций, позже опубликованный в виде книги «Что такое жизнь?», которая привела многих физиков в молекулярную биологию.

В модели мишени рентгеновский фотон выбивает электроны из атомов. Эти несвязанные электроны ударяют в другие атомы, выбивая новые



Нобелевским лауреатом за открытие способности рентгеновского излучения вызывать мутации. Политическая ситуация заставляла Тимофеева принимать трудные решения в 30-е и 40-е годы. Нацистская Германия (f) щедро финансировала науку и поддерживала расистские теории и создание атомной бомбы. Сталин (g) тем временем проводил массовые репрессии, и классическая генетика в СССР

вызванные ультрафиолетовыми лучами, уже получили некоторые свидетельства, подтверждающие это предположение. Способность ультрафиолетовых лучей вызывать мутации зависит от их длины волны. Различные вещества имеют свой специфический спектр поглощения ультрафиолетовых лучей. Начиная с середины 30-х годов в Германии и с начала 40-х годов в США исследователи неоднократно устанавливали, что длины волн ультрафиолета, наиболее эффективные в вызывании мутаций, соответствуют спектру поглощения ДНК.

Биологи знали, что хромосомы состоят из ДНК и белков. Но никто, включая Тимофеева, не предполагал, что гены могут быть построены из ДНК. Напротив, белки считались наиболее подходящими кандидатами в генные молекулы. Этому заблуждению способствовали две причины. Во-первых, химики того времени считали, что ДНК имеет однообразную молекулярную структуру. Казалось невозможным, что такие молекулы могут образовать огромное разнообразие генетических единиц.

Во-вторых, в Германии уровень знаний о химии белков был гораздо выше, чем о химии нуклеиновых кислот. К 30-м годам многое о строении

электронны, и т. д. В конце концов свободные электроны встраиваются в электронные оболочки других атомов. Таким образом рентгеновские лучи создают положительно и отрицательно заряженные ионы. Один акт ионизации в гене вызывает одну мутацию.

Тимофеев и его сотрудники взяли

оценить размер отдельного гена путем вычисления числа ионизаций, производимых в определенном объеме ткани, и учета увеличенного числа мутаций определенного гена в данной ткани. Тимофеев и его сотрудники установили, что ген может быть представлен в виде сферы размером в поперечнике от 1 до 10 мкм.

Как ни груба кажется эта оценка теперь, в свое время она оказала мощное концептуальное воздействие. Группа Т. Моргана продемонстрировала в Колумбийском университете в 10-е годы, что гены расположены в фиксированных локусах хромосом. Тимофеев придал этому описанию более высокую точность: ген имеет размер большой органической молекулы.

Можно было ожидать, что группа Тимофеева идентифицирует наследственные молекулы как ДНК. Исследователи, изучавшие мутации,

была объектом нападок. В 1937 г. Тимофеев отказался вернуться на родину. На фотографии (a) изображен старший сын Тимофеевых-Ресовских Дмитрий (Фома). В 1943 г. он вступил в антифашистскую организацию, печатал листовки в доме родителей, арестован в 1944 г., погиб в Маутхаузене в 1945 г.

вызванные ультрафиолетовыми лучами, уже получили некоторые свидетельства, подтверждающие это предположение. Способность ультрафиолетовых лучей вызывать мутации зависит от их длины волны. Различные вещества имеют свой специфический спектр поглощения ультрафиолетовых лучей. Начиная с середины 30-х годов в Германии и с начала 40-х годов в США исследователи неоднократно устанавливали, что длины волн ультрафиолета, наиболее эффективные в вызывании мутаций, соответствуют спектру поглощения ДНК.

Биологи знали, что хромосомы состоят из ДНК и белков. Но никто, включая Тимофеева, не предполагал, что гены могут быть построены из ДНК. Напротив, белки считались наиболее подходящими кандидатами в генные молекулы. Этому заблуждению способствовали две причины. Во-первых, химики того времени считали, что ДНК имеет однообразную молекулярную структуру. Казалось невозможным, что такие молекулы могут образовать огромное разнообразие генетических единиц.

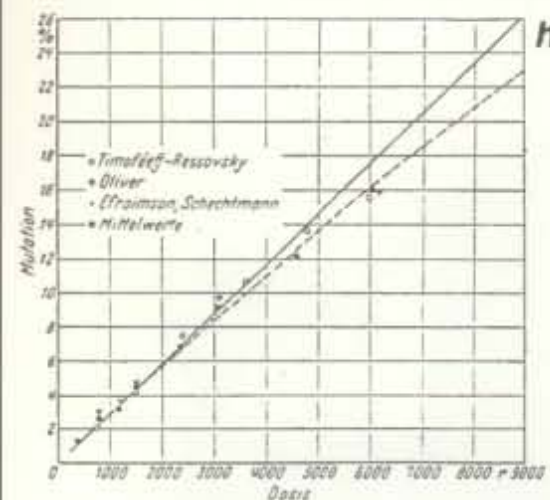
Во-вторых, в Германии уровень знаний о химии белков был гораздо выше, чем о химии нуклеиновых кислот. К 30-м годам многое о строении белков уже было известно. Генетики знали, что множество различных белков может быть построено путем комбинирования 20 видов аминокислот в разных линейных последовательностях. В 1932 г. химики-органики М. Бергман и Л. Зервас создали метод синтеза любых коротких последовательностей аминокислот.

Эти предрассудки и ложные концепции не позволили Тимофееву осознать значение спектра поглощения ультрафиолета в ДНК. До падения Берлина в 1945 г. его ученик А. Канелис изучал связь между дозой и числом мутаций, вызванных ультрафиолетовыми лучами, но при этом не исследовал эффект длины волны.

Однако стоит отметить, что Дж. Уотсон, открывший вместе с Ф. Криком двуспиральное строение ДНК, был учеником С. Лурна. Лурна в свою очередь тесно сотрудничал с Дельбрюком, соавтором Тимофеева по «статье трех». Таким образом, интеллектуальное наследие Тимофеева в конечном счете внесло свой вклад в величайшее биологическое открытие века.

Научная продуктивность Тимофеева в годы его жизни в Германии трудно согласуется с теми сложными решениями, которые ему приходилось





ИССЛЕДОВАНИЯ проводимые Тимофеевым и другими учеными, позволили установить линейную зависимость между дозой рентгеновского облучения и числом мутаций (h). В 1937 г. Тимофеев вместе с Циммером и Дельбрюком (i) построили теорию мишени (i), утверждавшую, что рент-

геновские лучи вызывают мутации как случайно брошенные бомбы поражают цели. Эта работа позволила Тимофееву оценить размер гена. Биологические исследования в СССР начиная с 30-х и до 60-х годов претерпевали разрушительное влияние бредовых идей Лысенко (слева на фото-

графии k, где он запечатлен с Хрущевым, и на фотографии e), не верившего в открытия Менделя в области генетики. После войны советские власти арестовали Тимофеева за пребывание в годы войны во вражеской Германии. Какую-то часть своего заключения Тимофеев провел с Солжени-

цыным. На фотографии m они запечатлены на балконе квартиры Тимофеевых в Обнинске спустя несколько лет после тюрьмы. В конце концов Тимофеева все же амнистировали, и до 1981 г. занимался научной работой. В 60-е годы он читал лекции в летней школе под Можайском (n).

принимать под давлением политической ситуации в Германии и Советском Союзе в 30-е и 40-е годы. Когда в 1933 г. нацисты пришли к власти, они увеличили финансирование генетических исследований, но одновременно требовали почтения к новому режиму. В тот же период советские власти несколько раз предлагали Тимофееву вернуться домой, а в 1937 г. они приказали ему сделать это. Тимофеев отказался.

Его решение частично было обусловлено ухудшающейся обстановкой в Советском Союзе. Под руководством крестьянина-агронома Т. Д. Лысенко изучение менделевской генетики было поставлено вне закона в угоду вере Лысенко в то, что эволюция первично связана с наследованием приобретенных признаков. Кольцова отстранили от должности директора института, а Четвериков был арестован и отправлен в ссылку. Массовый сталинский террор шел полным ходом. В середине 30-х годов два младших брата Тимофеева и многие родственники его жены были арестованы, а одного из его братьев казнили. Полагая, что Тимофеев подчинится приказу о возвращении, Кольцов, как сообщают, предостерегал его: «Из всех

способов самоубийства вы избрали самый мучительный и сложный, причем не только для себя, но и для своей семьи».

У Тимофеева был и иной выбор, включая возможность работать в США. Институт исследования мозга имел прочные связи с Фондом Рокфеллера. Получив информацию, что Тимофеев может думать об отъезде из нацистской Германии, Фонд содействовал обсуждению вопроса о том, чтобы предложить ему место в Институте Карнеги в Колд-Спринг-Харборе на Лонг-Айленде. К их удивлению, он отказался.

Тимофеев ссылаясь на свою ответственность перед научными и техническими сотрудниками, которые потеряют работу, если он уедет, на сомнения в согласии своей семьи на переезд и на недостаточное техническое обеспечение и невысокий социальный статус профессоров в Америке. «Я слышал, что Америка тоже становится шовинистической», — добавлял он. Он говорил французскому физика Ш. Пейру, что условия для научной работы в США плохие.

Как и многие другие ученые, Тимофеев использовал американское предложение, чтобы добиться улучшения

своего положения в Институте исследования мозга. Институт согласился на фактическую самостоятельность его отдела, за исключением общих вопросов материального обеспечения. Позже независимость Тимофеева еще возросла благодаря его сотрудничеству с учеными из общества Auer Society — гигантского химического концерна, непосредственно участвовавшего в военных разработках и, в частности, в производстве урана для германского атомного проекта. Когда в 1941 г. Германия начала войну против СССР, возможность возвращения домой исчезла.

В конце второй мировой войны персонал Института исследования мозга был эвакуирован в Геттинген. И снова Тимофеев мог бежать, но вместо этого он с горсткой своих сотрудников остался ожидать Красную Армию. Некоторые его друзья уверены, что тогда Тимофеев надеялся, что советские власти признают его как антифашиста. Более того, в Германии многие ученые, включая Тимофеева, рассуждали, что лучше сотрудничать с русскими, которым требуются ученые, чем с американцами, которым никто не нужен. Во всяком случае, он всеми силами сопротивлялся переезду

на Запад. По мнению Дельбрюка Тимофеев знал, что его арестуют, но предпочитал отбыть срок по приговору в СССР, чем стать беженцем. В ночь перед приходом Красной Армии Тимофеев сказал Пейру, что его решение остаться в Берлине может оказаться фатальным.

С приходом советских войск Тимофеев был арестован, но А. П. Завенягин, заместитель народного комиссара внутренних дел, скоро распорядился о его освобождении. Завенягин понимал, что исследования Тимофеева по радиобиологии и радиационной генетике могут быть важными для советского атомного проекта. Положение Тимофеева, однако, снова изменилось, когда из Москвы прибыла делегация Академии наук, которая распорядилась вновь арестовать его.

На этот раз Тимофеев попал в заключение. Одно время сидел в той же тюремной камере, что и Александр Солженицын, который описал в «Архипелаге Гулаг» научные семинары, проводимые в тюрьме Тимофеевым. Через несколько месяцев Тимофеева перевели в лагерь в северном Казахстане. В течение двух лет его друзья и семья не могли ничего узнать о том, где он и жив ли.

К счастью, у Завенягина все еще были свои планы. После продолжительных поисков он, наконец, нашел Тимофеева, который находился при смерти от голода и почти ослеп от недостатка витамина А (зрение у него никогда полностью не восстановилось). В 1947 г. Тимофеева перевели в секретный военный исследовательский центр под Свердловском в Уральских горах, где он организовал лабораторию радиационной биологии. Его жене и младшему сыну, а также некоторым прежним сотрудникам сообщили, что они могут воссоединиться с ним.

В течение следующего десятилетия Тимофеев развил новую область — радиационную биогеоэкологию, анализ распределения, накопления и миграции радиоактивных изотопов в экспериментальных и природных биологических системах. Благодаря секретности своей работы он был одним из немногих советских ученых, кому было разрешено продолжать генетические исследования еще во времена Лысенко.

В 1955 г., через два года после смерти Сталина, Тимофеева амнистировали. Он переехал в Свердловск, где организовал Лабораторию биофизики

Уральского филиала Академии наук; он основал также экспериментальную станцию и летнюю школу на находящемся неподалеку озере Миассово. Эта школа сыграла решающую роль в поддержании традиций классической генетики во время «правления» Лысенко. В 1964 г. Тимофеев переехал в Обнинск (в 90 км к юго-западу от Москвы), где организовал отдел генетики и радиобиологии в новом Институте медицинской радиологии.

Хотя Тимофеев получал награды от нескольких зарубежных научных обществ, ему никогда не разрешалось выезжать за границу. Ему также было запрещено публиковаться в популярных научных журналах. У себя в стране Тимофеев пользовался большим уважением, но его постоянные публичные выступления в пользу генетики возбуждали ярость приверженцев Лысенко. Даже в 1968 г., четыре года спустя после того, как Лысенко утратил свою власть в науке, его сторонники блокировали избрание Тимофеева в Академию наук СССР. Они обвинили его в коллаборационизме с нацистами и в проведении экспериментов на советских военнопленных.

Два года спустя недруги Тимофеева

вынудили его уйти на пенсию из Института медицинской радиологии. После этого он консультировал в Институте медико-биологических проблем и Институте биологии развития, где занимался космической медициной и продолжал генетические исследования вплоть до своей смерти в 1981 г.

**С** НАСТУПЛЕНИЕМ исторических политических изменений в Германии и Советском Союзе жизненная судьба Тимофеева представляется особенно впечатляющей. В действительности в последнее время имел место всплеск интереса к Тимофееву. Серия советских документальных фильмов о Тимофееве имела большой успех. В 1987 г. Даниил Гранин, писатель, посвятивший многие свои произведения науке и ученым, друг Тимофеева, опубликовал роман «Зубр», в котором представил образ Тимофеева как героической жертвы сталинизма и лысенковщины. Последовавшая после появления романа дискуссия приняла такой напряженный и ожесточенный характер, что немецкое издание «Зубра» не было распространено в бывшей ГДР.

Один из наиболее настоятельных вопросов о Тимофееве, особенно в Германии, — был ли он причастен к коллаборационизму с нацистами. Р. Л. Берг, генетик, русская по происхождению, знавшая Тимофеева в Советском Союзе, в своей статье, полной эмоций, утверждает, что он «стоит рядом с Галилеем и другими великими учеными, которых преследовали власти». Она относится к числу комментаторов в Германии, США и СССР, которые видят в Тимофееве явного антифашиста, занимавшегося во время войны чистой наукой.

В противоположность этому критик О. Толмейн считает, что Тимофеев был тесно связан как с исследованиями по расовой гигиене, так и с созданием атомного оружия. По мнению Толмейна, историческая правда была «принесена в жертву на алтарь антисталинизма»: всякий, кто противостоял Сталину, должен был стать героем, как бы незначительны были его деятельность и заслуги.

Б. Мюллер-Хилл, генетик из Кельнского университета, принял промежуточный тон в своем критическом анализе «Зубра». Он доказывает, что Тимофеев был сложной личностью: он помогал многим людям, которым угрожала опасность, но временами прикрывал экспериментальную науку одеяниями расовой гигиены и направлял свои исследования в области, поощряемые нацистским режимом. Обзор Мюллера-Хилла индуцировал горячий ответ двух советских

биологов, которые доказывали, что, поскольку Тимофеев не был злодеем, он должен был быть героем, так как в тоталитарном обществе не было других оценок.

Тимофеев относился к меньшинству биологов, которые не вступали в нацистскую партию или примыкающие к ней организации. Он отказался от германского гражданства, несмотря на давление со стороны своего немецкого начальства. По этому поводу он так сказал Пейру: «Сэр, я родился русским и не вижу возможности изменить этот факт». Наталья Кром, сотрудник Тимофеева по институту, сказала о нем, что он «больше, чем русский патриот, — он шовинист». Он открыто говорил о советской мощи в войне с Германией, за что получил замечание от генерального секретаря общества кайзера Вильгельма.

После 1943 г. у Тимофеева появились особые основания ненавидеть нацистов. В тот год его старший сын Дмитрий вступил в сопротивление и был арестован. Несмотря на деятельные попытки отца спасти его, Дмитрий погиб в концентрационном лагере Маутхаузен в 1944 г.

Особенно важен тот факт, что Тимофеев был в числе тех немногих немецких ученых, которые помогали защищать преследуемых, включая лиц еврейского происхождения, русских беженцев, военнопленных и *zwangsarbeiter* — иностранцев, вывезенных на работу на германские заводы. Институты кайзера Вильгельма в Берлине были отнесены к категории важных в военном отношении (*kriegswichtig*), что позволяло им обращаться за рабочей силой. Тимофеев смог приписать несколько пленных и перемещенных рабочих к своему генетическому отделу, мотивируя (и при этом сильно преувеличивая, конечно) необходимость использования их высокой квалификации и возможности их потенциального вклада в военную мощь Германии. Для некоторых работников пришлось, кроме того, подделывать удостоверения личности и другие документы.

Трудно сказать, почему Тимофеев решил продолжить свою научную работу в нацистской Германии. Сейчас по прошествии многих лет представляется очевидным, что ему следовало принять приглашение в Колд-Спрингс, Харбор или попытаться найти себе место где-нибудь в Европе. Однако в середине 30-х годов даже некоторые еврейские ученые не спешили покинуть Германию, например, генетик Р. Гольдшмидт уехал только после принудительной отставки с поста директора Института мозга Общества кайзера Вильгельма.

Решение Тимофеева остаться в Германии фактически говорило о его соглашении сотрудничать с нацистами. Как минимум это означало использование своего научного престижа в целях получения значительной поддержки, которую нацисты оказывали научным исследованиям, особенно в области экспериментального мутагенеза.

В целом политическое давление на ученых в нацистской Германии было удивительно слабым. Ученым не было необходимости становиться членами партии, чтобы получать финансирование на биологические исследования: У. Дайхман и Мюллер-Хилл показали, что членство в партии отнюдь не обязательно давало преимущества. Тимофеев приобрел для своей лаборатории исключительную независимость, а Институт исследования мозга находился в пригороде Берлина, где присутствие нацистов было менее обременительным.

При всем при том немецкие политики с неизбежностью вторгались во внутреннюю жизнь института. В мае 1933 г. действие нацистского закона о гражданской службе было распространено на Общество кайзера Вильгельма. Все евреи были немедленно уволены, кроме директоров институтов, которым разрешили продолжать работать до 1935 г. Фогт, директор института, в котором работал Тимофеев, был снят с должности в 1936 г. за свои антинацистские симпатии.

Сотрудничество с нацистами проявлялось также в различных компромиссах с режимом, на которые шел Тимофеев. Он участвовал в курсе лекций для врачей секретной службы, хотя понятно, что это были только специальные лекции по мутационным исследованиям. Официальную переписку он подписывал «Хайль Гитлер». Тимофеев иногда публиковался в нацистских медицинских журналах, таких, как "Ziel und Weg" (Цели и средства) и "Der Erbartz" (Врач-генетик), где он писал о необходимости выявления гетерозиготных носителей наследственных болезней, т. е. тех лиц, которые имеют одну дозу мутантных генов. Поскольку большинство вредных генов находятся в скрытом состоянии у внешне здоровых людей, пояснял он, то эффективные программы снижения частоты наследственных болезней требуют специальных методов выявления таких носителей.

Тимофеев никогда не уточнял, какие меры следует принять, если такие носители будут выявлены. И все же такие исследования, по-видимому, давали поддержку нацистским теориям расовой гигиены, которые преследовали идею о необходимости очище-

ния германского генетического запаса. Нацисты использовали эту доктрину как основание для истребления «нечистых» людей, в частности евреев. Исследования Тимофеева по радиационной биологии также рассматривались как имеющие отношение к пониманию возможного влияния атомного оружия на популяции человека.

Связи Тимофеева с обществом Auer Society и с исследователями из Института физики им. кайзера Вильгельма породили обвинения, что он был вовлечен в германский атомный проект. Группа Тимофеева в Институте исследования мозга действительно проводила исследования по радиологической защите и дозиметрии нейтронов, которые финансировались В. Герлахом, директором германской программы атомных исследований. Но этот атомный проект не был просто попыткой изготовить бомбу, скорее это была широкая программа, которая включала много гражданских приложений, например производство ядерной энергии. Тимофеев, по-видимому, никогда не был занят разработкой оружия, хотя он работал с людьми, которые занимались этим.

Тимофеев был тесно связан с рядом ученых, включая родившегося в России Н. Рилья (главного химика Auer Society) и П. Йордана, которые занимались исследованиями, имеющими

отношение к вооружению. Рилья настаивал, что их рабочие связи возникли на основе интереса многих физиков к биофизическим проблемам и что Тимофеев не имел «какого бы то ни было отношения» к разработке оружия.

**П**ОЖАЛУЙ, наиболее серьезное обвинение против Тимофеева возникло в связи с замечанием Мюллера-Хилла в его статье о романе «Зубр». Мюллер-Хилл отмечал, что некоторые из сотрудников Тимофеева вводили человеческим существам радиоактивный торий X (теперь известный как радий 222), чтобы определять, как долго он будет находиться в теле. Эти исследования проводились в институте у Тимофеева и с его ведома. Исследователи не назвали подопытных лиц и величину вводимой дозы.

Мнение о том, что дозу держали в секрете, получило распространение, хотя по крайней мере в двух статьях однозначно указано, что в экспериментах применялась доза около 30 микроюри тория X. Один советский автор недавно подсчитал, что такая доза тория X, введенного в организм, должна была быть смертельной. Он основывал это потрясающее обвинение на радиационных стандартах, опубликованных Р. Эвансом, ведущим авторитетом в лучевой терапии.

Однако Эванс исследовал влияние на организм облучения радием 226, который имеет период полураспада 1600 лет (в сравнении с 3,64 дня — периодом полураспада тория X). В связи с длительным периодом полураспада радий 226 испускает несравненно большее количество радиации, пока он находится в организме. В действительности Эванс сообщает, что доза 30 микроюри тория X не должна оказывать существенного влияния на здоровье.

Полемика в отношении оценки деятельности Тимофеева продолжается до сих пор. В 1988 г. Советское правительство отказало в заявлении о реабилитации Тимофеева на том основании, что Тимофеев проводил исследования, направленные на усиление военной мощи фашистов, и что он позорно «изменил родине путем перехода на сторону врага». Однако 16 октября 1991 г. генеральный прокурор СССР заявил, что исходное обвинение в измене, предъявленное в 1946 г., не имело законного основания.

Каковы бы ни были окончательные юридические и моральные оценки личности Тимофеева, его научные достижения неоспоримы. Он внес выдающийся вклад в понимание природы гена, наследственной изменчивости и биологического действия облучения. Значение этих работ не достаточно еще оценено на Западе.

## КОММЕНТАРИИ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ

**Д**умаю, что не ошибусь, утверждая, что русский перевод статьи Д. Пол и К. Кримбаса о Николае Владимировиче Тимофееве-Ресовском вызовет значительно более широкий резонанс среди отечественных читателей, чем публикация американского оригинала у читателей «Scientific American» в США. Основанием для такого прогноза является то оживленное обсуждение в нашей печати и других средствах массовой информации биографии Н.В. Тимофеева-Ресовского, начало которому было положено публикацией в 1986 г. в «Новом мире» повести Д.А. Гранина «Зубр», по сравнению с замалчиванием этой фигуры в западной исторической литературе, о чем пишут Д. Пол и К. Кримбас.

Можно не соглашаться с отдельными оценками и интерпретациями авторов комментируемой статьи, однако в двух отношениях она должна стать особенно интересной для отечественных читателей. Во-первых, авторы предлагают не эмоциональный публицистический очерк, а результаты объективного исследования по свидетельствам и архивным перво-

сточникам. И во-вторых, читатели имеют возможность из первых рук получить представление о суждениях независимых сторонних исследователей.

В дальнейшей ретроспективе трудно разграничить периоды и характер взаимоотношений Н.В. Тимофеева-Ресовского с властями Германии, где ему довелось жить и работать с 1925 по 1945 г. При осмыслении обсуждаемой статьи полезно по крайней мере иметь в виду, что до 21 июня 1941 г. Н.В. Тимофеев-Ресовский работал в стране, официально дружественной СССР, поскольку существовали соответствующие межправительственные договоры и соглашения, а с 22 июня 1941 г. — в стране, воюющей с СССР, т. е. там, откуда он не мог выехать. Эти обстоятельства уже в первые послевоенные годы серьезно подрывали позиции лиц, кто инкриминировал Тимофееву невозвращение. Сейчас же, похоже, умами людей понемногу начинают овладевать положения декларации прав человека о свободе покидать свою страну и возвращаться в нее по собственному усмотрению. Да и в те далекие времена, по утверждению генерального прокурора бывшего СССР Н.С. Трубина, законодательство СССР не рассматривало невозвра-

щение как правонарушение (см. «Известия», 1991, 17 октября).

Ценной находкой Пол и Кримбаса, несомненно, явился живой свидетель — эксперт по радионуклидам Р.Д. Эванс, к авторитету которого апеллировали иные обличители Тимофеева, обвиняя его в опасных экспериментах на людях по определению скорости кровотока с помощью радиоактивной метки — тория X (радий 222). В дополнение к объективным данным и расчетам, уже доступным в нашей печати и кино (фильмы Е.С. Сакания, снятые на Центрнаукафильме: «Рядом с Зубром», «Охота на Зубра», «Герон и предатели»), Р.Д. Эванс независимо подтвердил безопасность для здоровья испытуемых индикаторной дозы 0,03 мг — эквивалента радия в периоде полураспада менее четырех дней.

Авторы дают к статье список чрезвычайно интересной, но, к сожалению, очень труднодоступной у нас литературы. Желаящих пополнить сведения о личности, трудах и судьбе Н.В. Тимофеева-Ресовского могу отослать к моим публикациям: Очерк о научных работах Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского. В кн.: «Онтогенез, эволюция, биосфера». М., Наука, 1989, с. 5-15; Ни-

колай Владимирович Тимофеев-Ресовский: ученый и учитель. «Научн. докл. высш. школы. Биологич. науки», 1990, № 4 (316), с. 140-152; Нет пророка в своем отечестве. «Природа», 1990 № 9, с. 71-77.

*В. И. Иванов, доктор биологических наук, профессор, чл.-корр. Российской АМН*

Полная коллизия судьбы Н. В. Тимофеева-Ресовского (далее Н. В.) дает повод для разговора о нравственности и этике в науке, об ответственности ученого не только перед своими современниками, но и перед потомками, которым завещаются его труды. Статья американских авторов, безусловно, дополняет наши представления о жизни и деятельности этого ученого, пользующегося мировой известностью, и еще раз заставляет нас выразить свое отношение к личности Н. В. и дать оценку его гражданской позиции. Это нужно не уже ушедшему из жизни ученому, а нам, его потомкам, чтобы научиться жить и поступать по совести.

Нашим читателям многие факты из жизни и научной деятельности Н. В. Тимофеева-Ресовского хорошо известны и по повести Д. Гранина «Зубр», и по множеству статей в научной и популярной литературе, в средствах массовой информации, и из передач по радио и телевидению. На этом фоне новая публикация не может претендовать на полноту исторического анализа творчества Н. В. Хотя в ней и утверждается, что «главные научные достижения [Н.В.] получены в период его работы в нацистской Германии», объективную оценку личности Н. В. как ученого и как гражданина можно дать только с учетом фактов его жизни в послевоенный период, многие из которых хорошо известны автору этих строк, знакомому с Н. В. с его первого приезда в Москву осенью 1955 г., когда он на домашнем кружке А.А. Ляпунова впервые за 30 лет выступил с научным докладом в Москве, и остававшемуся близким ему до кончины весной 1981 г.

Почти сразу по окончании войны, в августе 1945 г., Н. В. попадает во внутреннюю тюрьму Лубянки. Здесь в общей камере он организует научный семинар, в котором докладывает о биофизическом анализе мутационного процесса. Среди слушателей этого семинара был и А.И. Солженицын. Здесь же безвестный поппик, сгинувший в мясорубке ГУЛАГа, выступает с лекцией-проповедью «О непостыдной смерти», произведенной на Н. В. огромное впечатление и вспоминаемой им до конца жизни. А за Лубянской последовал Карагандинский лагерь, где ученый едва не умер от пеллагры. Затем — восьмилетний период работы в секретном «ящике». С 1955 по 1962 г. Н. В. был сотрудником Института биологии Уральского филиала АН СССР, где он создал отдел биофизики и экспериментальную станцию в Ильменском заповеднике. Здесь в 1956 г. на оз. Мнассово он организовал знаменитую, постоянно действующую летнюю школу, через кото-

рую прошли сотни молодых биологов, получивших возможность овладеть азиметрическим образованием, недоступным им ни в сталинский период, ни в годы хрущевской оттепели, когда еще культивировались лженаучные взгляды лысенковцев. А еще до этого — знаменитый семинар у П.Л. Капицы и лекции в ЛГУ, куда Н. В. был приглашен проф. М.Е. Лобашевым с согласия ректора, математика А.Д. Александрова. Ученики Н. В. защищали кандидатские и докторские диссертации, а его идеи, которыми он охотно делился со всеми, стали не только завоевывать нашу научную среду, но и нередко в слегка трансформированном виде заимствовались его хулителями и гонителями; некоторые из них на этом плагиате достигали высших академических званий. Популярность Н. В. росла, и это вызывало раздражение у лысенковцев; вновь последовали доносы как на Н. В., так и на организаторов научных семинаров — Капицу и Ляпунова.

Уместно сказать, что у Н. В. в эти годы не было светских дипломов ни кандидата, ни доктора наук, и ему в виде особой любезности положили оклад младшего научного сотрудника без степени. Ученые советы Ботанического института и Института цитологии, обеспокоенные этой ситуацией, 20 декабря 1957 г. провели совместное заседание, на котором в отсутствие Н. В. единогласно проголосовали за присуждение ему степени доктора honoris causa. Однако решения этих ученых советов не были утверждены ни в ВАКе, ни в Академии наук и диплом Тимофееву-Ресовскому выдан не был.

Помощь пришла с неожиданной стороны. Об ученом услышал член Политбюро ЦК КПСС, в прошлом секретарь Свердловского обкома А. Кириленко. Он поддержал инициативу ряда физиков и биологов о защите Н. В. диссертации по совокупности работ. В ВАКе это встретило поддержку со стороны бывшего лысенковца, к тому времени разошедшего со своим патроном, агронома В. Н. Столетова, и занимавшего кафедру генетики в МГУ, где также периодически выступал Н. В. Разрешение на защиту было получено, и в 1961 г. Тимофееву-Ресовскому присудили степень доктора наук. Однако в течение нескольких лет ВАК не утверждал это решение. Вновь доносы сторонников лжеучения Лысенко и просто «политически бдительных» людей...

Для лысенковцев, а в ту пору и для большинства наших ученых непростая и непонятная биография Тимофеева-Ресовского была поистине подарком судьбы. Одна из характерных черт лысенковщины как общественного явления сталинской эпохи была заимствование из арсенала большевизма политическая компрометация своих научных оппонентов. А Н. В. тем временем пребывал в «ящике» на Урале и продолжал исследование по радиационной генетике и создавал радиационную биогеоценологию.

В 1962 г. Н. В. решает покинуть Урал. В Москву ему путь заказан: серия и номер его паспорта позволяли ему жить лишь за 101 км от столицы. Он переезжает в Обнинск Калужской области, ку-

да его не побоялся пригласить акад. АМН СССР Г.А. Зедгенидзе на должность руководителя крупным отделом во вновь созданном Институте медицинской радиологии. В этот период судьба, казалось бы, повернулась лицом к опальному ученому. Происходит «малая октябрьская революция», Хрущев снят, лысенковщина осуждается и подвергается резкой критике в массовой печати. В первую же неделю после переворота законопослушный ВАК утверждает докторскую степень 64-летнему Тимофееву-Ресовскому.

Наступает один из плодотворных периодов в жизни ученого. Он много ездит по стране, совместно с учениками пишет и публикует монографии, организует летнюю школу под Можайском, читает лекции в Москве, Ленинграде, Ереване. В 1967 г. Н. В. присуждают Международную кимберовскую премию по генетике. Конечно, о поездке в США для вручения премии не могло быть и речи, но от церемонии в Москве он не отказывается.

Несмотря на все это, Н. В. продолжает считаться политически неблагонадежным, находится под неустанным контролем идеологических органов. Его научный авторитет и личностное влияние пугают и местную власть, и чиновников из аппарата ЦК КПСС. А потерпевшие поражение лысенковцы продолжают «сигнализировать», и «дятлы», в том числе и из окружения Н. В., не перестают «стучать». Фотография Тимофеева-Ресовского с Солженицыным используется как документальное свидетельство его неблагонадежности, и летом 1970 г. его отправляют на пенсию. Попытки многих видных научных деятелей устроить великого ученого хотя бы на должность консультанта в АН СССР оказываются безуспешными. В сентябре 1970 г. ЦК КПСС запрещает Московскому обществу испытателей природы (МОИП) провести заседание, посвященное 70-летию Тимофеева-Ресовского, с его докладом. Чествование ученого, организованное его друзьями, все же состоялось. В «Бюллетене МОИП» публикуется большая статья Н.Н. Воронцова и А.В. Яблокова к 70-летию Тимофеева-Ресовского, где был приведен полный перечень его научных публикаций. Этот список позволял увидеть, чем же на самом деле занимался в германский период своей деятельности Тимофеев-Ресовский. Вслед за этой статьей последовала инструкция ЦК КПСС: для публикации биографий ныне здравствующих ученых необходимо разрешение «директивных органов».

В этот трудный, если не сказать трагический, для Н. В. момент глава советской космической медицины, академик, генерал-лейтенант медицинской службы О.Г. Газенко приглашает его консультантом в Институт медико-биологических проблем. В этой должности, несмотря на постоянный пресс на Газенко со стороны «кадровиков» и тех, кто стоял за их спиной, ученый оставался до дня своей кончины в 1981 г. Такова жизненная канва ученого той поры, когда судьба каждого вершилась в кабинетах власти имущих.

Н.В. Тимофеев-Ресовский оставил после себя большую школу. Оторванный

от университетов, он имел ограниченные возможности для отбора учеников. Но интеллектуальный потенциал, широта интересов, оригинальность мышления, сочетание традиций российской и западной науки, безудержная смелость привлекали к нему столь многих, что трудно даже оценить, насколько ему обязана современная и отечественная, и мировая на-

ука. Он был полпредом русской науки и культуры на Западе и послом западной науки в нашей стране.

Его имя, увы, пополнило список великих отечественных ученых (среди которых были и Д.И. Менделеев, и В.А. Ковалевский, и М.И. Сеченов), не избранных в Академию наук. И не только этот список. Его имя по-прежнему значится в

списках «врагов народа», ожидающих справедливой переоценки их «деяний» и восстановления истины, которая, как известно, дороже всего.

*Н.Н. Воронцов, доктор биологических наук, профессор*

## Наука и общество

### Страсти вокруг бронезилетов

ИЗОБРЕТЕННЫЙ фирмой Du Pont материал кевлар практически занимал монопольное положение на рынке пуленепробиваемых жилетов в течение прошедших 20 лет. Представители фирмы утверждают, что изготовленные из этого арамидного волокна бронезилеты спасли жизни более 1300 сотрудников полиции, в основном от огнестрельного оружия. Но в 1987 г. появился новый стандарт на бронезилеты, который дает преимущество конкурентам, и фирма Du Pont начала борьбу за сохранение своего лидирующего положения.

Неприятности для фирмы начались с того момента, когда Национальный институт юстиции США (НИЮ) ужесточил требование стандарта на бронезилеты для защиты тела человека. В стандарт было включено условие об испытании бронезилетов на непробиваемость пулями калибра 9 мм, выстреленными под углом 30°. Этот тест выдержало менее половины подвергшихся испытанию бронезилетов из кевлара. В то же время, как заявили официальные представители НИЮ, 97% бронезилетов, изготовленных фирмой Allied-Signals из высокоплотного полиэтиленового композитного материала «спектрашилд», отлично выдержало это испытание.

Встревоженные руководители Du Pont вскоре уговорили группу промышленников, входящих в Ассоциацию по персональным защитным бронесредствам, создать альтернативный стандарт с выгодными для кевлара условиями испытаний. Неудивительно, что фирма Allied-Signals продолжала поддерживать более жесткий стандарт НИЮ. Полицейские управления оказались под давлением противоположных сторон, но Международная ассоциация руководителей полицейских служб и Обще-

ство полицейских приняло сторону фирмы Allied-Signals и высказались в пользу стандарта НИЮ.

Однако поток взаимных обвинений между конкурирующими фирмами продолжается. Du Pont указывает, что бронезилеты, прошедшие испытания по условиям НИЮ, неудобны для использования. Фирма распространила видеосюжет, в котором показан манекен в горящем бронезилете из спектрашилда. В ответ фирма Allied-Signals утверждает, что ее изделие, имеющее температуру воспламенения 354°C, способно выдерживать нагрев и пламя такой силы, которые смертельны для человека. В прошлом году Allied-Signals возбудила судебное дело против Du Pont, обвинив ее в ложной рекламе и незаконной монополизации рынка бронезилетов.

В итоге группа заинтересованных конгрессменов обратилась в Бюро технической экспертизы (БТЭ) с просьбой выступить в роли непредвзятого третейского судьи и разобраться в сложных технических проблемах проведения испытаний бронезилетов. В своем заключении БТЭ указало, что кевлар подвержен «сминаемости и вздутию» после многократных выстрелов по изготовленному из него бронезилету с глиняной «подкладкой»; при этом эффективность бронезащиты снижается. В промышленном стандарте, поддерживаемом фирмой Du Pont, это обстоятельство учитывается, и поэтому стандарт разрешает поправлять жилет и придавать ему исходную форму после каждого выстрела. Фирма Allied-Signals считает, что такое допущение в правилах тестирования не согласуется с обстоятельствами в реальной жизни. Представители Du Pont заявляют, что этот недостаток можно устранить, если вместо глиняной использовать «подкладку» из более эластичного материала, однако до сих пор ни одна из этих альтернатив не признана

удовлетворительной.

Фирма Du Pont также возражает против испытания бронезилетов на устойчивость к влаге, которое является необязательным в промышленном стандарте; влажный кевлар теряет до 40% своих защитных свойств. Фирма Allied-Signals поддерживает предусмотренное в стандарте НИЮ испытание на влажность, поскольку влага не влияет на защитные свойства спектрашилда.

М. Каллахем из БТЭ говорит, что проводимые им исследования не ставят своей целью выяснить, какие испытания следует использовать, а какие — нет, хотя он может предложить некоторые улучшения предусматриваемых существующими стандартами процедур испытаний. Однако помощники конгрессмена Э. Фейгана из шт. Огайо утверждают, что отчет по результатам этих исследований будет эффективным средством для поддержания предложенного Фейганом законопроекта, согласно которому существующий стандарт НИЮ, или даже с более жесткими требованиями, должен стать обязательным для производителей бронезилетов. Если так, то господству фирмы Du Pont на рынке средств индивидуальной защиты, размер которого в прошлом году только в гражданском секторе составил по некоторым оценкам 35 млн. долл., может прийти конец.

С другой стороны, не исключено, что между фирмами может быть достигнуто перемирие. Эксперты утверждают, что весьма вероятно резкое увеличение выпуска бронезилетов, в качестве материала которых совместно используется и кевлар, и спектрашилд. Ранее фирма Du Pont отказалась от проведения работ по объединению этих двух материалов, хотя каждый из них мог бы быть хорошим дополнением другому.

*Тим Бердсли*

## СОВЕРШЕНСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ

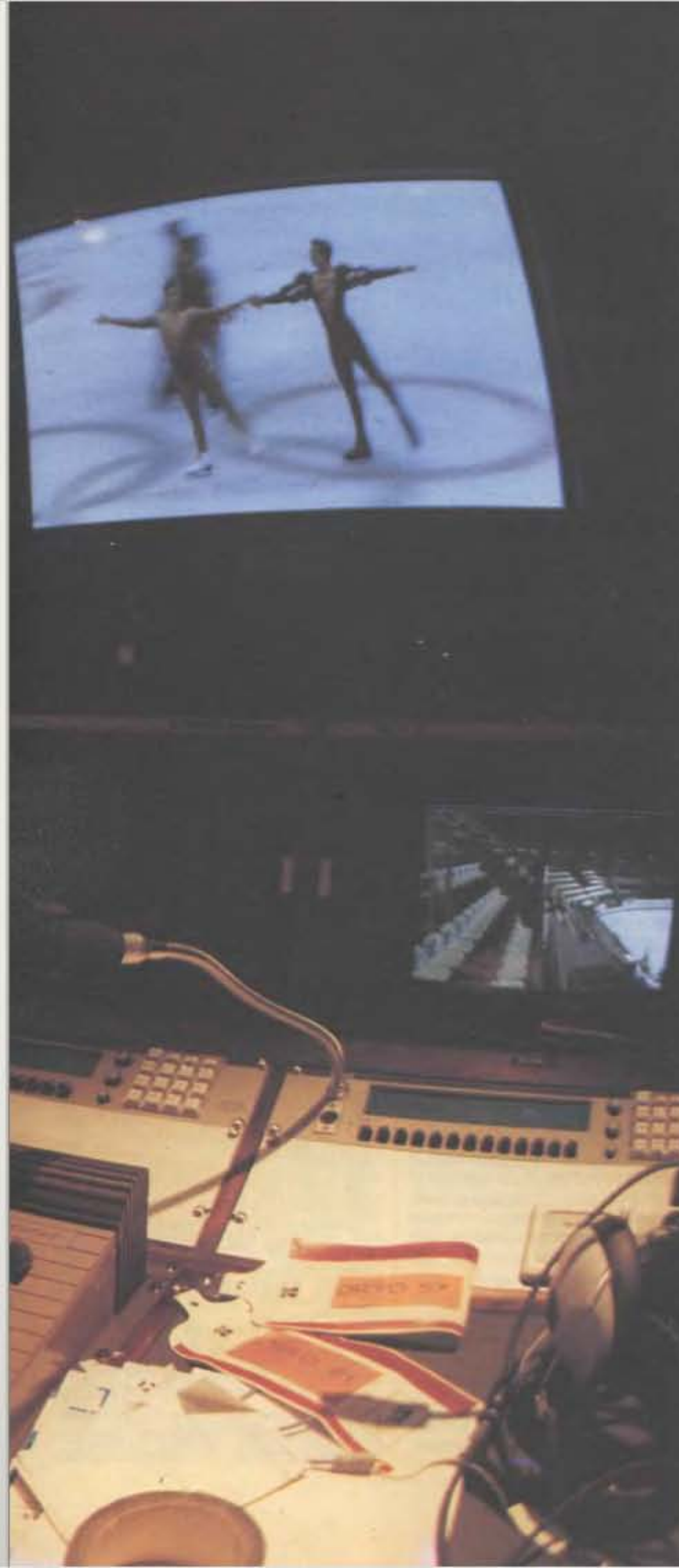
**Европа делает ставку на телевидение высокой четкости. Появится ли в 1992 г. объединенная технологическая держава?**

Элизабет Коркоран

**В** НАЧАЛЕ ноября прошлого года французский город Альбервиль еще только ждал появления олимпийского огня и первого снега. Спустя несколько месяцев виды зимнего пейзажа заполнили экраны телевизоров во всем мире, когда 8 февраля 1992 г. телезрители включили свои приемники, чтобы увидеть открытие очередных зимних Олимпийских игр. А пока не наступил этот миг, и фигуристы «оттачивали» сложнейшие прыжки и пируэты на новых катках, группа европейских видеоинженеров настраивала телевизионные камеры и передвижные телестанции, готовясь к съемке.

Группа технических специалистов состояла из 350 человек, которые должны были по 12 часов в день вести передачи с Олимпийских игр, используя новую систему телевидения высокой четкости (ТВЧ) Европейского сообщества. По замыслу организаторов множество людей должны были собраться на специально оборудованных смотровых площадках, чтобы следить за соревнованиями по большим экранам с четкостью изображения, приближающейся к четкости кинофильма, снятого на 35-миллиметровую пленку. Затем эта

*РЕЖИССЕРЫ И ИНЖЕНЕРЫ ВИДЕОМОНТАЖА занимаются созданием программ телевидения высокой четкости при подготовке к зимним Олимпийским играм 1992 г., проводившимся в феврале в Альбервиле (Франция).*



аппаратура отправится в Барселону на летние Олимпийские игры, а также в Севилью на выставку «Экспо-92».

То, что эти передачи будут вестись с Олимпийских игр 1992 г., включает в себе двойной смысл. Это завершающий год осуществления более чем тридцатилетних усилий, направленных на создание единой экономики Европы — самого большого в мире рынка, насчитывающего около 340 млн. потребителей. И к тому же торжественные события, такие, как Олимпийские игры, давно отмечены как вехи в истории развития телевидения. Впервые черно-бе-

лое телевидение было продемонстрировано на Олимпиаде в Берлине в 1936 г. Олимпийские игры в Гренобле 1968 г. европейские телезрители смогли увидеть в цветном изображении.

Для планирующих организаций Европейского сообщества внедрение ТВЧ является важнейшим испытанием возможностей экономически объединенной Европы стимулировать рост сильных, высокотехнологичных компаний, способных конкурировать с лучшими фирмами тихоокеанского региона и Северной Америки, а также способствовать экономическому возрождению стран бывшего вос-

точного блока. Начиная с 1986 г. европейцы потратили примерно один миллиард долларов на создание своей системы ТВЧ в рамках промышленно-исследовательской программы Eureka, финансируемой национальными правительствами и Европейским сообществом. «При всех своих культурных различиях Европа создает инфраструктуру, которая является действительно европейской», — заявил Петер Груненбом, старший директор-распорядитель фирмы Philips Consumer Electronics.

Однако окончательный успех европейских усилий по созданию такой инфраструктуры зависит от ответов на следующие вопросы: смогут ли менеджеры и инженеры французских, английских, нидерландских, немецких, итальянских и других фирм сотрудничать, чтобы вывести технологию из стадии лабораторных исследований и превратить ее в потребительские товары? Стимулирует ли разработка системы ТВЧ нововведения в ведущих отраслях промышленности — от производства полупроводниковых приборов до выпуска автомобилей? Оградят ли надежно от иностранных конкурентов вещательные и другие стандарты, принятые Европейским сообществом, или они будут благоприятствовать Японии и другим странам? И наконец, будут ли потребители покупать новую технику?

Ответы на эти вопросы отзовутся и в Вашингтоне, и в Токио. Японские производители терпеливо ждут возможности сыграть свою роль на европейском рынке. Американские предприниматели, обеспокоенные своим провалом в области производства бытовой электроники, следят за тем, сможет ли промышленная политика, которая определяет государственный и частный секторы, привести от поражения к выигрышу.

Шесть лет назад европейские планирующие организации не предполагали начинать гонку за ТВЧ. Они также не представляли себе, как при создании новой системы телевидения будут сотрудничать крупные национальные фирмы. Япония же, и в частности Японская государственная вещательная компания NHK, была «инкубатором» теорий, касающихся нового поколения телевизионных систем.

С начала 70-х годов исследователи из NHK проводили эксперименты по совершенствованию системы телевидения. В результате ряда психооптических тестов они пришли к выводу, что увеличение отношения ширины экрана к его высоте, или расширение

формата кадра по сравнению с обычным прямоугольным телевизионным экраном (т. е. приближение его к формату кадра в кино), а также удвоение разрешающей способности по вертикали и горизонтали повышает у телезрителя ощущение реальности изображения. После десяти лет работы японские фирмы приступили к созданию студийного оборудования для получения изображения повышенного качества. Американские кинорежиссеры пришли в восторг от новой аппаратуры. Они не только могли использовать ее для создания высококачественных изображений — эти фильмы можно легко перевести в любой из форматов, используемых в вещательном телевидении во всем мире.

С энтузиазмом поддержанные вещательными компаниями США, японские инженеры предложили свою разработку в качестве международного стандарта. Скрытый смысл этого предложения состоял в получении нового рынка для камер ТВЧ, видеоманитонов и другой аппаратуры; на подходе были и новые телевизионные приемники.

Промышленники уже начали рисовать заманчивые перспективы в отношении передовых технологий: к 2000 г. мировая промышленность будет производить аппаратуру ТВЧ на сумму 100 млрд. долл. в год. Иные доказывали, что создание ТВЧ ускорит развитие множества других технологий, таких, как микроэлектроника, и послужит основой для производства изделий смешанного вычислительно-развлекательного характера. Для производителей телевизионного оборудования создание системы ТВЧ выглядело как дорога в рай.

Европейцы от всего этого были в ужасе. Европейские гиганты, производящие бытовую электронику, особенно Philips и Thomson, а также немецкая фирма по выпуску полупроводниковой техники Siemens, слишком полагались на продажу своей электронной аппаратуры, чтобы позволить японским производителям наводнить внутренние рынки именно тогда, когда рушились экономические стены между европейскими странами. «Мы полагали, что не попадем в ловушку того, кто будет диктовать нам, что мы должны производить и что передавать по линиям связи», — говорит Питер Бегельс, директор фирмы Philips, возглавляющий в настоящее время работы в области ТВЧ по программе Eureka.

В 1986 г. европейцы блокировали принятие предложенного междуна-



УДВОЕНИЕ ЧИСЛА СТРОК традиционного телевизионного изображения (слева) — с 625 до 1250 — основное условие получения изображений высокой четкости (справа).

### Стандарты радиосигнала вещательного телевидения

#### MAC

Мультиплексная передача аналоговых компонентов. Разработан в 80-х годах компаниями, входящими в Европейское сообщество. Включает стандарт телевидения повышенного качества (D2-MAC) и стандарт телевидения высокой четкости (HD-MAC). В системе HD-MAC, которая будет использоваться при вещании с Олимпийских игр, изображение развертывается на 1250 строк и 50 полей в секунду.

#### MUSE

Многоканальное кодирование с субдискретизацией. Работа над MUSE началась в Японии в 70-х годах. Также включает стандарт повышенного качества и стандарт системы MUSE высокой четкости, в которой используется разложение изображения на 1125 строк и 60 полей в секунду. Начиная с 25 ноября 1991 г. Япония начала вести регулярные передачи по системе MUSE по восемь часов в день.

#### NTSC

Национальный комитет по телевизионным системам. Разработанный в США и принятый в других странах, включая Японию и Канаду, NTSC предусматривает разложение на 525 строк и 60 полей в секунду. Стандарт первоначально был разработан для передачи черно-белых изображений; сигнал цветности был добавлен позже. Регулярные вещательные передачи начались в 1941 г. в США, цветные передачи — в 1954 г.

#### PAL

Чередование фазы цветовой поднесущей. Этот стандарт был разработан в Европе и получил широкое признание как альтернатива цветному сигналу NTSC. В PAL используется разложение изображения на 625 строк и 50 полей в секунду. Регулярные передачи начались в 1967 г. Передачи улучшенного варианта этого стандарта, получившего название PAL-plus, с увеличенным форматом воспроизводимого изображения, должны начаться в 1995 г.

#### SECAM

Цветная система с запоминанием. Франция разработала SECAM в 60-х годах как еще одну альтернативу системе NTSC. Стандарт принят также в России и многих восточноевропейских странах. Как и PAL, SECAM обеспечивает 625 строк и 50 полей в секунду. Регулярное вещание началось в 1967 г.

родного стандарта и приняли решение сопротивляться натиску японских фирм. Цель была ясна: защитить европейские рынки от новых японских технологий, пока отечественные производители не будут готовы выпускать конкурентоспособную продукцию. Для выполнения этой задачи европейские предприниматели обратились к тому же средству, которое пыталась применить Япония: техническим стандартам. «Мы должны просить правительства действовать так же, как японцы, и создавать обстановку, которая позволила бы нам внедрить новую систему телевидения в Европе», — говорит Бегельс.

Фирмы Philips и Thomson при поддержке французского и немецкого правительств предложили план вытеснения с их внутренних рынков японских производителей. Под эгидой Eureka указанные фирмы собрали около 30 исследовательских групп и компаний, которые должны были участвовать в разработке европейских стандартов на генерирование, передачу и прием сигналов ТВЧ. На базе этих стандартов фирмы-изготовители должны были в будущем выпускать соответствующую продукцию.

Европейская комиссия, которая определяет политику Европейского сообщества, без колебаний вступила в конкурентную борьбу. В конце 1985 г. комиссия приняла поправку к своему уставу, прямо нацеленную на поддержку промышленности.

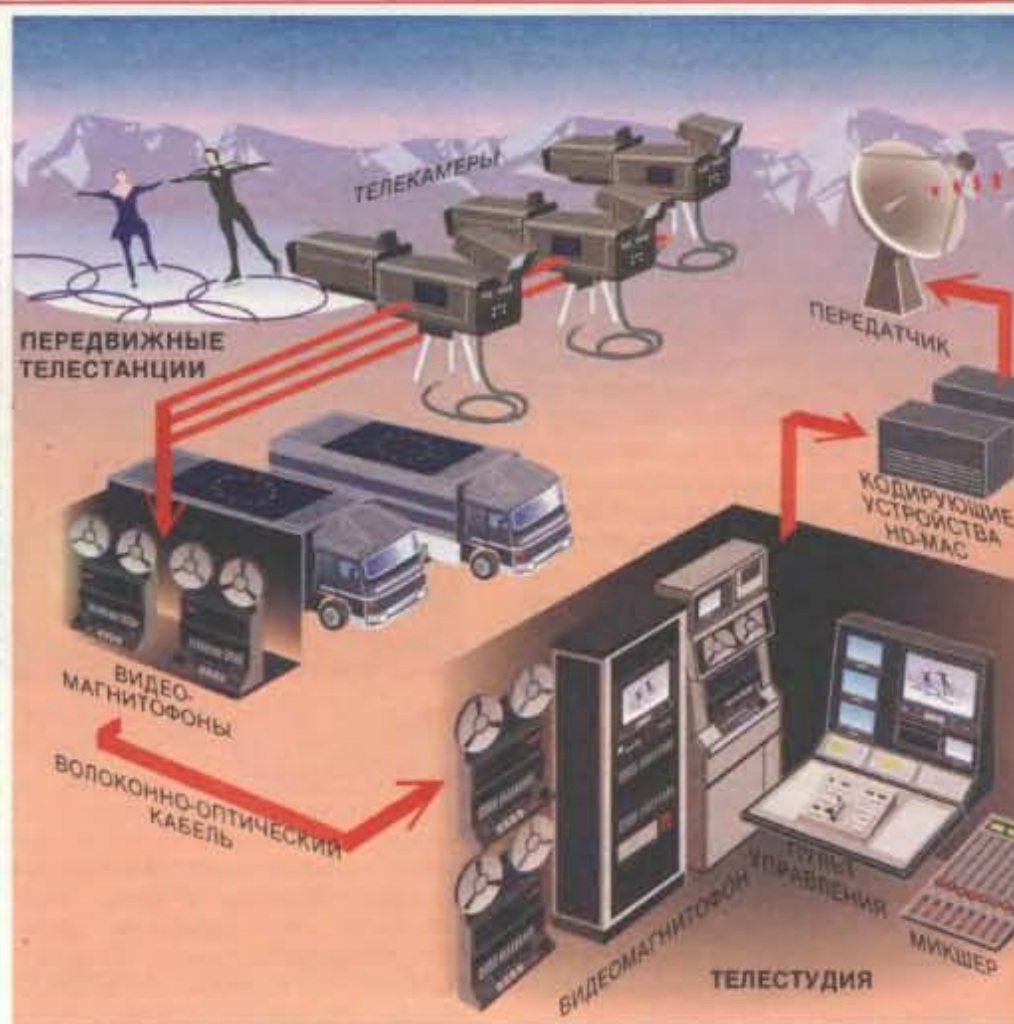
«Взгляните, взгляните на пункт VI», — говорит Филиппо Мария Пандолфи, представитель комиссии, ответственный за научные исследования, просматривая свой экземпляр Закона о Единой Европе. Он указывает на вступительное заявление: «Целью Сообщества должно быть укрепление научной и технологической базы европейской промышленности и ее поддержка, повышение ее конкурентоспособности на международном уровне».

«Это наша Библия», — подчеркивает Пандолфи, политический деятель с большим стажем, занявший свой пост в Брюсселе три года назад после того, как он оставил должности министра сельского хозяйства и министра финансов в итальянском правительстве. Пандолфи заявляет, что для поддержки европейской промышленности комиссия должна взять в руки создание крупномасштабных проектов, направленных на развитие технологий, являющихся ключевыми для обеспечения конкурентоспособности европейской промышленности.

Теперь, когда Европа начинает демонстрировать результаты своих работ в области ТВЧ, начатых в 1986 г., становится ясной цена этих усилий. Япония продолжает сохранять лидерство в гонке за ТВЧ. Японские видеоинженеры также передавали с Олимпийских игр на свою страну изображения с высокой четкостью. Однако вещательные компании этой страны должны были «втиснуть» их в регулярные про-

## ТВЧ на Олимпиаде

Европейская система телевизионного вещания высокой четкости с Олимпийских игр опиралась на комплекс технических средств: запись, монтаж, передачу и воспроизведение изображений. Телестанции на колесах, перевозившие телекамеры и видеомэгафоны, фиксировали события, происходившие на спортивных полях. Сигналы изображений передавались по волоконно-оптическим кабелям в центральные студии видеомонтажа. Здесь технический персонал комбинировал отснятый материал о различных событиях, добавлял интервью и другие эпизоды и монтировал программы. Затем сигналы изображения подвергались сжатию в кодирующих устройствах и передавались через спутники на множество смотровых площадок. В таких залах или «театрах» желающие могли наблюдать за спортивными событиями по большим экранам. Телевизионные передачи финансировались частными компаниями, правительствами европейских стран и Европейским сообществом по программе «Vision 1250». Для показа зимней Олимпиады было построено 50 смотровых площадок, а во время летних Олимпийских игр их будет 100.



граммы ТВЧ, передаваемые по восемь часов в день. Начало таким передачам было положено в конце ноября 1991 г. (Европа планирует начать коммерческое вещание программ ТВЧ в 1994 г.).

Слабая промышленность бытовой электроники в США и правительство, избегающее играть в азартные игры, где можно и выиграть, и проиграть, действовали так, что в результате американские производители отстали на вираже гонки за ТВЧ. Сегодня при поддержке Федеральной комиссии связи (ФКС) исследователи США приняли стратегию продвижения вперед «скачками». Планируемый ими «скачок» в следующее поколение телевизионной техники, а именно к цифровым системам, вызывает в Европе сильные волнения.

### Как сузить полосу частот

Европейцы — не новички в цифровых методах. Шесть лет назад, когда японцы раскрыли свои карты, инженеры лаборатории систем индикации фирмы Thomson в Ренне находились на переднем крае в области стандартизации цифровых методов, используемых в аппаратно-студийных блоках.

«Когда мы начали разрабатывать систему ТВЧ в Европе, у нас было много дискуссий, в частности, в этой лаборатории», — вспоминает Робер Бойе, руководитель группы инженеров. И главный вопрос — нужно ли продолжать исследования цифровых способов обработки сигналов или идти более эволюционным путем.

К концу 70-х годов в производстве телевизионных программ использовались как аналоговые, так и цифровые сигналы. Сигналы изображения на выходе телекамеры являются аналоговыми по своей природе. Но в подавляющем большинстве студий такие сигналы сразу же преобразуются в цифровую форму, поскольку это намного облегчает видеомонтаж и обработку таких сигналов. Если изображения на выходе студийного комплекса отвечают требованиям видеорежиссера, цифровые сигналы преобразуются обратно в аналоговую форму и передаются в соответствии с принятым стандартом вещательного телевидения.

Тем не менее, как и большинство других групп, исследователи из Ренна поддержали усилия Eureka по созданию технологии, альтернативной

японской системе ТВЧ. Как утверждает Бойе, в то время еще не были ясны преимущества цифровой системы ТВЧ. Имелись опасения по поводу того, что без использования специальных электронных устройств для модуляции и сжатия данных цифровые сигналы потребуют полосы частот, намного большей той, что занимают аналоговые сигналы.

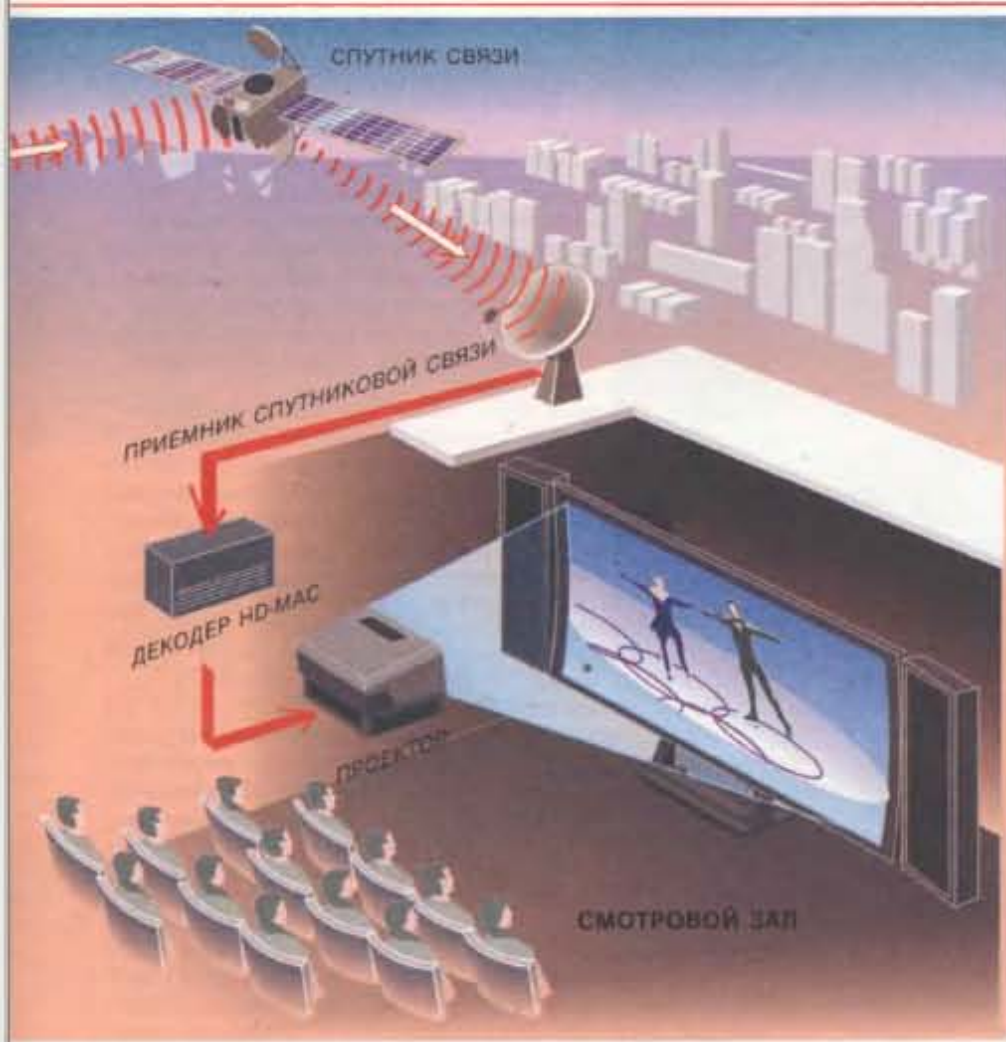
Найти место в спектре радиочастот для передачи большего числа сигналов всегда составляло проблему. Большинство европейских телевизионных вещательных компаний сжимают спектр сигналов изображения так, что он умещается в полосе частот в 8 МГц; вещательные компании США и Японии обходятся шестимеггерцовой полосой. «Мы не знали, каким образом передавать сигнал, занимающий более широкую полосу частот, поэтому фирма Phillips мало внимания уделяла перспективной системе телевидения», — говорит Марсел Аннегарн, который курирует отдел видеосвязи фирмы Phillips.

Предложения Японии по системе ТВЧ, получившей название MUSE, также подняли проблему о необходимой полосе частот. Для передачи сигналов изображения в японской

системе потребовалась полоса в пять раз шире, чем занимаемая обычным телевизионным сигналом. Но передавая изображения со спутников прямо на антенны, установленные на крышах домов телезрителей, японцы могли использовать 12-мегагерцовые каналы, что не требовало применения особенно сложных методов сжатия спектра сигналов.

Однако это стоило японским исследователям отказа от всякой надежды, что их сигналы, несущие большой объем информации, можно будет воспроизвести на экранах стандартных телевизоров. Прежде всего они отказались от какого-либо сходства с существующими форматами передачи. Для воссоздания изображений из информации, содержащейся в сжатых сигналах, приемник должен иметь сложные устройства обработки сигнала и интегральные схемы запоминающих устройств.

Для того чтобы защититься от японских предложений, Европа нуждалась в готовом альтернативном варианте, как можно более отличающемся от системы MUSE. Такой вариант предложили исследователи независимой английской вещательной компании IBA. Они разработали



французских и нидерландских лабораторий оказались лучше знакомлены с работами инженеров в США, чем с работами друг друга. Взаимодействие осложнили языковые барьеры, традиционные культурные различия и недоверие. И несмотря на то что европейские лаборатории пользовались репутацией организаций, расширяющих границы научно-исследовательской деятельности, их работа на рынке аппаратуры продвигалась довольно медленно.

### Проблемы совместимости

Создать систему телевизионной передачи гораздо проще, чем осуществить переход от глубоко укоренившейся старой технологии к новой. Существующие европейские системы телевизионного вещания передают 625-строчные изображения, используя один из двух стандартов: PAL или SECAM. Изображения воспроизводятся с частотой 50 полей в секунду. (Фактически имеет место чередование строк в кадре, т.е. перемежающиеся строки появляются с частотой, равной 1/50 секунды; развертка полного кадра изображения занимает 1/25 секунды.)

Вещательные компании США и Японии используют формат передачи NTSC, который был принят в 1941 г. Согласно этому стандарту, 525-строчные изображения воспроизводятся с частотой 60 полей в секунду. Спустя примерно десять лет американские инженеры приступили к разработке цветного телевидения, получив указание от ФКС, чтобы новый сигнал был совместим со старым сигналом черно-белого телевидения. Разработчики сумели искусно «вставить» сигнал цветности в сигнал яркости так, что новый сигнал можно было принимать и на старые черно-белые телевизоры, и на новые цветные. Но за это пришлось заплатить качеством цветных изображений, которые часто искажаются вследствие того, что цветовой и яркостный сигналы невозможно полностью отделить друг от друга.

Как и в японской системе MUSE, в MAC использовалась передача сжатого по спектру аналогового сигнала, цифрового сигнала звукового сопровождения и дополнительного цифрового сигнала, содержащего информацию, необходимую для восстановления изображения в приемнике. Сигнал MAC также должен был передаваться по спутниковым каналам связи. (Кабельные линии обеспечивают полосу частот, достаточную для передачи сигналов ТВЧ, но такие линии не имели широкого применения в Европе.) Европейские планирующие организации настаивали на том, чтобы система MAC была совместима с принятыми в Европе телевизионными стандартами. В результате цифровыми системами перестали заниматься.

Однако выработка европейского консенсуса, необходимого на каждой стадии разработки, оказалась далеко не легким делом. Исследователи

Качество вещательных передач цветного телевидения в Европе выше, чем в США. Это в значительной степени обусловлено регуляторами, позволяющими использовать более широкую полосу частот. Хотя в системах PAL и SECAM также передаются полные цветные телевизионные сигналы, большая полоса частот означает, что инженеры имеют возможность более точно разделить сигналы цветности и яркости. (Однако меньшая частота кадров создает слабое мерцание на экране телевизора.)

## Могут ли США осуществить быстрый переход к цифровому телевидению?

В то время как Европа осуществляла свою программу телевидения высокой четкости (ТВЧ) в 80-х годах, а японские фирмы создавали образцы новой телевизионной техники, Соединенные Штаты колебались, какое решение принять. Компании, потерпевшие поражение в конкуренции с японскими фирмами, не желали вновь переходить к производству бытовой электронной аппаратуры. Правительство отказалось участвовать в поддержке технологии, рентабельность которой представлялась сомнительной.

Возможно, такое решение было благоразумным. Сегодня США быстро продвигаются в разработке системы ТВЧ, пытаются опередить Европу и Японию, где создание такой системы уже нашло одобрение. Федеральная комиссия связи (ФКС) обещала выбрать новый стандарт на телевизионное вещание к середине 1993 г. В четырех из шести проектов, которые рассматривает комиссия, предлагается для передачи изображений вместо традиционных аналоговых сигналов использовать цифровые.

ФКС начала привлекать внимание разработчиков к идее цифрового телевидения, когда она отказалась от нормативов для следующего поколения телевизионной техники в США. Комиссия решила, что в будущем телевизионное вещание должно обеспечивать значительно более высокое качество изображений, чем это позволяет делать стандарт NTSC. При этом новый телевизионный стандарт должен позволить уместить цифровой сигнал в той же самой полосе частот в 6 МГц и не создавать помех существующим вещательным передачам.

Такие требования оставили инженерам небольшой выбор вариантов. Например, в диапазоне, отведенном для телевизионного вещания, имеются так называемые «запрещенные» каналы, которые были составлены свободными во избежание появления помех между сигналами разных передач. Исследователи рассчитывают, что при передаче цифровых сигналов они смогут задействовать эти каналы.

Передача сигналов в цифровой форме обещала также и другие выгоды. Переданные таким способом изображения выглядят одинаково четкими для всех телезрителей, которые могут их принимать. Аналоговые сигналы, напротив, сильно ослабляются на краю зоны обслуживания; в результате телезрители, находящиеся в этой области, принимают заметно более размытые изображения. (С другой стороны, добавьте шум высокого уровня к цифровому сигналу, и телезрители вообще ничего не увидят.) Цифровые системы должны также обеспечить способ внесения изменений в программы. Вещательные компании получают возможность транслировать диалоговые программы, а телезрители в этом случае могут управлять изображениями.

Энтузиазм по поводу цифровых систем достиг наивысшей точки 18 месяцев тому назад, когда инженеры из отдела кодирования видеосигналов фирмы General Instruments в Сан-Диего сообщили, что им удалось сжать цифровые сигналы так, что их можно передать в шестимеггерцовых каналах. Вскоре после этого три другие исследовательские группы заявили, что им также удалось решить эту задачу.

«Каждое предложенное решение основано на компромиссах между такими факторами, как расстояние, на которое будут передаваться сигналы, коды ошибок, сопровождающих сигналы, и энергия, необходимая для передачи сигналов на данное расстояние», — говорит Уильям Хассинджер, помощ-

ник заведующего бюро ФКС. В течение следующего года предложения по цифровым системам (вместе с двумя заявками на аналоговые передачи) пройдут строжайшую проверку в Испытательном центре перспективных систем телевидения — финансируемой промышленностью лаборатории в Александрии (шт. Виргиния). После тщательного анализа данных этих испытаний ФКС выберет систему, которая обеспечит наилучшее качество изображений.

Однако это решение будет просто еще одним эпизодом в хронике создания ТВЧ в Америке. Следующим этапом будет разработка аппаратуры на основе принятых стандартов. В конце декабря только General Instruments показала образец оборудования для кодирования и декодирования цифровых сигналов. Это оборудование состоит из двух блоков размером с холодильник; это далеко не две микросхемы, которые в конечном итоге должны появиться на полках магазинов. Эксперты утверждают, что потребители вряд ли увидят новое телевизионное оборудование раньше 1996 г. Какую точно прибыль получат фирмы-изготовители, будет зависеть от их способности сделать аппаратуру.

Под вопросом даже будущее наземного телевизионного вещания. «Мы будем свидетелями огромных перемен в технологии в 90-х годах», — предсказывает Хассинджер. Он говорит о том, что все телекоммуникации, включая телевидение, радио и телефонную связь с подвижными объектами, будут организованы по цифровым каналам. И не традиционные вещательные организации, а владельцы кабельного телевидения, спутников непосредственного вещания и местные телефонные компании уже изучают вопрос, каким образом они смогут участвовать в этом новом «цифровом» веке. «Это приведет к определенным трудностям», — обещает Хассинджер. — Каждый будет заниматься всем».

### Телевизионные форматы

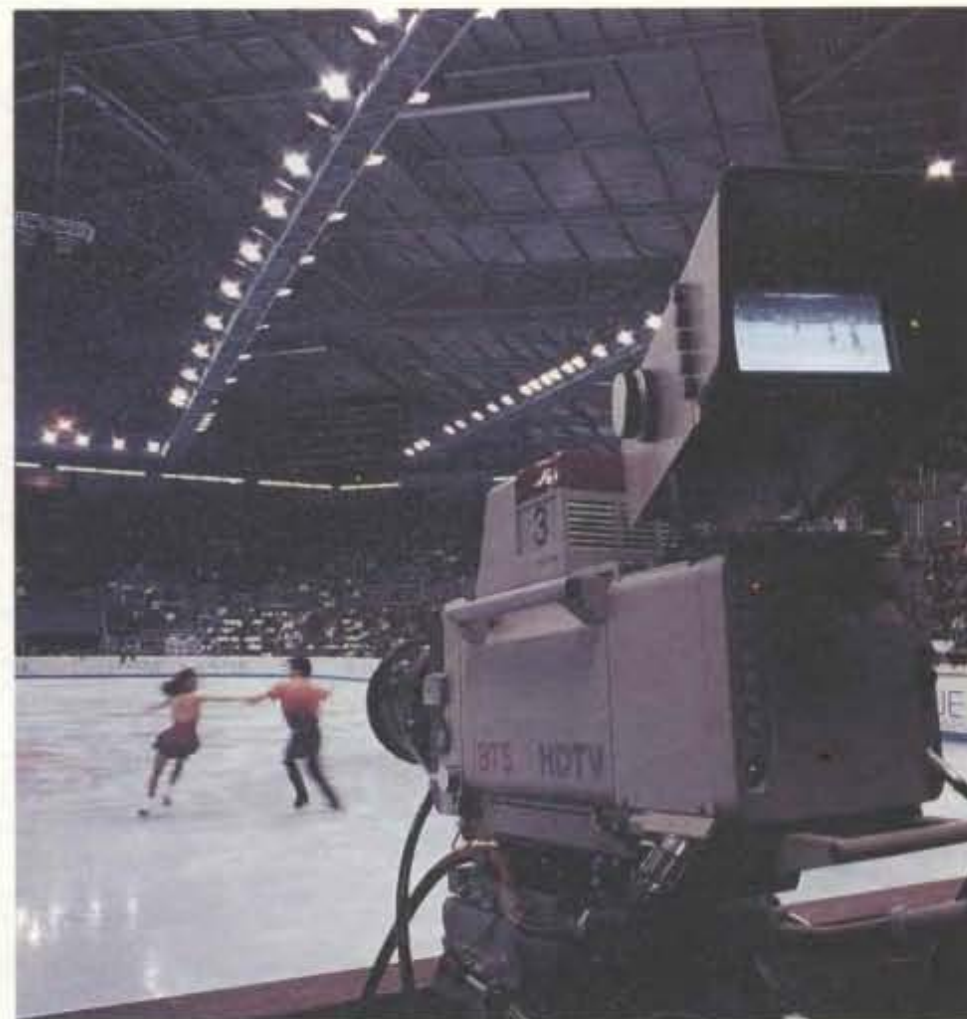
ГРУППА	ТИП	СТРОК В ИЗОБРАЖЕНИИ	КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРИОД
Sarnoff/Philips/Thomson/NBC	Аналоговый	525	Окончен
NHK	Аналоговый	1125	Окончен
General Instrument/M.I.T.	Цифровой	1050	Дек 91 — Янв 92
Zenith Electronics/AT&T	Цифровой	785,5	Фев 92 — Март 92
Sarnoff/Philips/Thomson/NBC	Цифровой	1050	Апр 92 — Май 92
M.I.T./General Instrument	Цифровой	785,5	Июнь 92 — Июль 92

Для того чтобы сохранить совместимость с существующими системами телевизионного вещания, специалисты, работающие под эгидой Eureka, вынуждены были использовать сигнал, являющийся преимущественно аналоговым. Но вместо того чтобы объединять сигналы цветности и яркости в полный телевизионный сигнал, они планировали передавать их в виде отдельных компонентов. Таким образом, система MAC обещала справиться со многими искажениями, присущими общепринятым вещательным передачам. Сигнал звукового сопровождения и дополнительные данные, несущие информацию о необходимой обработке сигнала в приемнике, должны были передаваться в цифровой форме вместе с основным сигналом MAC.

Согласно программе Eureka система MAC разрабатывалась так, чтобы соответствовать европейским стандартам. Ввиду того, что в японской системе ТВЧ использовалась передача сигнала изображения на 1125 строк с частотой поля 60 Гц, в системе MAC предусматривалось разложение изображения на 1250 строк с принятой в Европе частотой поля 50 Гц. Однако, несмотря на указанные различия, MAC и MUSE были «родными сестрами»: в обеих системах применялись аналоговые методы, с помощью которых производилось увеличение четкости по вертикали и горизонтали вдвое по сравнению с предшествующими системами. В обеих системах использовался увеличенный формат кадра.

Для передачи всей дополнительной информации, даже при использовании 12-мегагерцовых спутниковых каналов, инженерам пришлось разработать специальные методы модуляции и сжатия сигналов. При модуляции аналоговые сигналы разрезаются на «ломтики», подобно тому, как яйцо режется на части яйцезерезкой. Такие «ломтики» изображения передавать намного удобнее. Чем тоньше удаётся «нарезать» сигналы с помощью модуляции, тем более четким будет изображение на экране телевизора.

Непосредственно перед передачей сигнал должен быть сжат, т.е. из него буквально устраняются такие детали изображения, отсутствие которых зрители могут не заметить. Разработчики используют несколько хитроумных приемов сжатия сигнала для того, чтобы он умещался в заданной полосе частот и при этом изображение на экране приемника не выглядело искаженным. Статичные детали изображения, например за-



БОЛЕЕ 40 КАМЕР ТВЧ, разработанных в рамках программы Eureka, использовались для записи событий зимней Олимпиады 1992 г.

мысловатый узор обоев, могут передаваться редко, если в приемнике эта информация запоминается устройством памяти и извлекается оттуда, когда это нужно. Изображения же, которые быстро меняются, скажем изображение женщины, размахивающей шарфом, должны обновляться намного более часто, но с передачей меньшего числа деталей, поскольку человеческий глаз не способен следить за быстро изменяющимися картинками. А для того чтобы передать изображения медленно движущихся объектов с большим числом мелких элементов, инженеры часто дополняют обычные сигналы «векторами движения», которые дают телевизионному приемнику дополнительную информацию.

### Путаница со стандартами

На достижение соглашения различных европейских государств по разработке единого стандарта системы MAC ушло много времени. В 80-х годах предлагалось около десяти различных вариантов. Все они были от-

клонены. В конце концов специалисты Eureka остановились на двухэтапной стратегии. На первом этапе в производство должен был быть запущен предшественник ТВЧ, названный D2-MAC, что позволило бы обеспечить качество изображений несколько выше качества обычного телевидения. D2-MAC предусматривал разложение изображения на 625 строк, передачу четырех цифровых звуковых каналов и формат кадра 16 × 9. Через несколько лет после внедрения варианта D2-MAC планировалось приступить к непосредственному созданию системы ТВЧ, названной HD-MAC. Телезрители, которые приобрели бы приемники системы D2-MAC, смогли бы принимать передачи ТВЧ, хотя и с четкостью системы D2-MAC, или им пришлось бы дополнительно покупать декодеры HD-MAC.

Фирмы-изготовители доказывали, что такая стратегия позволяет им наилучшим образом перейти к перспективной телевизионной технологии. Однако для потребителей и некоторых вещательных компаний стратегия создания системы

## Построить бизнес, «атом за атомом»

Небольшая компания на южной окраине Парижа под названием Picosiga производит материалы, которые, вероятно, составляют основу почти трети телевизионных приемников спутниковой связи в Европе и Японии. Но чтобы попасть в европейские телевизоры, эти материалы должны пройти через Японию.

Почти шесть лет назад Лин Нуйен, тогда руководитель исследовательской группы научной лаборатории фирмы Thomson CSF в Орсе, совершил невероятный для французского исследователя поступок: оставил работу в лаборатории и открыл собственную компанию в нескольких милях от Орсе, в городке Ле-Ули. «Я был очень наивен, — говорит он, улыбаясь. — Но если вы благоразумны, то не рискуете ни при каких обстоятельствах».

В отличие от США, где создание новых компаний почти такое же обычное дело, как и бейсбол, в Европе при организации фирмы существует ряд начальных условий. До 80-х годов многие государственные законы были суровы по отношению к небольшим компаниям. В первый период пребывания социалиста Франсуа Миттерана в должности президента Франции эти законы стали меняться в сторону большего благоприятствования деятельности высокотехнологических предприятий.

В то время Нуйен вместе с группой исследователей фирмы Thomson занимался созданием необычных полупроводниковых структур. В частности, его интересовал метод обработки тонких слоев атомов, разработанный в AT & T Bell Laboratories и получивший название «молекулярно-пучковая эпитаксия» (МПЭ). Основной частью установок МПЭ является сверхвысоковакуумная камера; исследователи помещают в эту камеру подложку и напыляют атомы различных веществ на ее поверхность. Таким способом они могут искусственно выращивать материалы, состоящие из слоев различных веществ толщиной не более нескольких атомов.

Посредством тщательной обработки кристаллической структуры материалов группе Нуйена удалось создать первую коллекцию транзисторов с высокой подвижностью электронов. Победа была одержана, вспоминает Нуйен, когда его шефу позвонил из Америки руководитель исследовательских работ компании Bell Laboratories и спросил с тревогой: «Ваши парни действительно это сделали?»

Уверенный в том, что он овладел новой технологией, Нуйен решил перейти в частный сектор. «Я родился во Вьетнаме, — говорит он. — Многие из моих братьев и сестер в 1975 г. уехали из страны и занялись бизнесом в других местах». Лин был моложе и поэтому окончил школу во Франции. По его словам, он унаследовал более энергичный склад ума и любил поддерживать всякие начинания.

Первым его шагом была просьба исполнительному директору фирмы Thomson «благословить» новое предприятие, которое занималось бы производством подложек из арсенида галлия для транзисторов с высокой подвижностью электронов и лазеров. «Французский путь отличается от американского, — говорит Нуйен. — Во Франции вы просто не можете скрыться: слишком мала промышленность, страна». К тому же, ни один человек никогда раньше не уходил из Thomson CSF, чтобы начать новое дело «с нуля».

Спустя 18 месяцев Нуйен и его коллега Жан-Франсуа Роше (также работавший раньше в Thomson) раздобыли достаточно денег для того, чтобы купить установку МПЭ и нанять несколько специалистов. Своего первого заказчика они нашли в Японии. В то время японские производители были заняты разработкой системы ТВЧ, которая должна была базироваться на спутниках непосредственного вещания. Нуйен понимал, что высокую чувствительность транзисторов на арсениде галлия можно будет использовать для создания высокочувствительных (и компактных) СВЧ-антенн. «Японцы задали мне очень много вопросов», — вспоминает он. Но в конце концов Нуйену удалось их убедить.

Сегодня четыре установки МПЭ Нуйена и группа из 39 человек работает в три смены, чтобы выпускать в год примерно 10 тыс. специально легированных или насыщенных, полупроводниковых пластин из арсенида галлия. Качество этих материалов высокое: в среднем меньше 10 дефектов на квадратный сантиметр. Каждый год предприятие немного ужесточает стандарты на продукцию, уравнивая количество де-

фектов с количеством бракованных пластин. «Выход продукции 75% — это высокий уровень с точки зрения наших доходов», — говорит Нуйен. — Мы предпочли бы 95%, но тогда наши стандарты были бы менее жесткими».

Он сообщает, что привлекательные европейские заказчики по-прежнему несговорчивы. Известные европейские производители традиционно испытывают неприязнь к новым компаниям из-за опасения, что они могут неожиданно прогореть. К тому же число европейских изготовителей микроразнообразия, решившихся работать со специальными материалами, такими, как арсенид галлия, пока ограничено. Нуйен беспокоит движение к дальнейшему объединению микроразнообразия промышленности. «Японские компании, словно тигры, пытаются сожрать друг друга, — говорит он. — Наша полупроводниковая промышленность погибнет от ее всегда оборонительной позиции».

Однако большая часть производимых в Picosiga материалов возвращается в Европу в виде сделанных японцами транзисторов, которые европейские производители используют в своих спутниковых параболических антеннах. «Мы отправляем материалы в Японию, они собирают транзисторы и приемники и продают их европейским компаниям, таким как Marconi и Nokia», — говорит Нуйен. И он зорко следит за ситуацией на рынке, где имеется спрос на более легкие, более компактные электронные устройства. Он указывает, что потенциально выгодное применение такие устройства могут найти в переносных телефонных аппаратах.

В надежде расширить свое дело Нуйен начал исследовать вопрос о вложении средств в новое предприятие. На этот раз он надеется открыть второй завод в США или Японии. Он давно проявлял интерес к США. Шесть лет назад, когда он основал Picosiga, Нуйен нашел в Америке «дополнительные деньги, но тяжелую обстановку». «Они сказали мне, что я потерплю неудачу, поскольку не понимаю американских законов и юристов», — вспоминает Нуйен. На этот раз он намерен нацелить свое внимание на потребителя.



**ФРАНЦУЗСКИЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ Лин Нуйен изготавливает полупроводниковые пластины из арсенида галлия, которые используются в параболических спутниковых антеннах.**

D2-MAC выглядела непонятно сложной и подозрительно похожей на заговор с целью заставить их начать расплачиваться за разработку ТВЧ. Вещательные компании беспокоило то, что им придется покупать студийное оборудование и кодирующие устройства нескольких поколений. Потребителей интересовало, сколько же блоков декодирующих устройств нужно будет устанавливать в их квартирах.

Такие возражения вызвали необходимость объяснения некоторых недостатков точно сформулированных преимуществ хорошо спланированной стратегии Eureka. Когда усовершенствования в спутниковом телевидении опередили разработку систем D2-MAC, небольшая группа предпринимателей, возглавляемая магнатом средств массовой информации Рупертом Мэрдоком, начала перелачу потребителям стандартных сигналов PAL со спутников, не дожидаясь внедрения системы MAC. К прошлому году владельцы этих спутниковых вещательных компаний имели более трех миллионов абонентов, и они не собираются прекращать своей деятельности. В то же время наземные вещательные компании, в частности в Германии, забеспокоились о том, что спутниковые вещательные службы перетянут на свою сторону телезрителей этих компаний. Наземные телекомпании в срочном порядке стали искать способ повышения качества передач.

Как профессиональный игрок в рулетку, чтобы поднять шансы, пытаются делать дополнительные ставки, так и производители аппаратуры пошли на удовлетворение запросов вещательных компаний, найдя способ улучшить качество обычных передач, предложив новую систему PAL-plus. Как и в случае с D2-MAC, для тех телезрителей, которые купят новые приемники PAL-plus, предлагалось обеспечить более четкое изображение формата 16 x 9.

Поскольку изображения, передаваемые методом PAL-plus, выглядели четкими, многие в Европе начали задаваться вопросом, не пропадет ли у потребителей интерес к системе MAC. Груненбом из фирмы Philips убежден, что предоставить выбор стандартов телевидения «силам свободного рынка» — это «просто вздор». Однако производители оборудования не решились устанавливать большие сборочные линии для D2-MAC, опасаясь, что потребители не будут покупать их продукцию. Компании, занятые производством аппаратуры, пытались ускорить решение вопроса, обратившись к Евро-

пейской комиссии с просьбой принять директивы или правила, требующие, чтобы передачи вещательных спутниковых служб соответствовали стандартам MAC.

Больше года Пандолфи, представитель Европейской комиссии, ответственный за научные исследования, пытался устранить это препятствие. Пандолфи не испытывал никаких сомнений относительно необходимости поддержки высокотехнологических компаний, хотя иногда у него были затруднения в попытках заручиться поддержкой других членов Европейской комиссии, многие из которых заняты реформами в области финансов и сельского хозяйства.

Решение Пандолфи заключалось в том, чтобы составить директиву о передачах по спутниковым каналам, которая вступила бы в силу с 1 января 1992 г. Он надеялся, что это даст производителям телевизионной техники достаточную гарантию относительно будущего системы MAC, чтобы они могли выпускать больше оборудования, а вещательные компании поощрит на использование этой техники. В декабре его усилия были близки к успеху. Совет министров согласился с тем, что для передач телевидения с форматом кадра 16 x 9 следует использовать систему D2-MAC; существующие вещательные компании, использующие PAL или SECAM, должны до 1995 г. одновременно перейти на D2-MAC, и любая вещательная передача «не шифрового» ТВЧ должна применять систему HD-MAC. Европейское сообщество может также принять участие в субсидировании вещательных передач по системе D2-MAC, хотя Германия протестовала против этого.

По мнению Пандолфи, в будущем комиссия должна действовать более твердо для того, чтобы ускорить разработку соответствующего оборудования. В число изделий, которые он выделил как важные элементы системы ТВЧ, входят телевизионные экраны и полупроводниковые интегральные схемы.

Однако, как и производители аппаратуры, европейские фирмы-изготовители полупроводниковых интегральных схем, по их словам, ждали не столько определения технической политики, сколько политической жесткости, указывающей на то, что их капиталовложения в разработку таких схем не будут потрачены впустую. С 1985 г. полупроводниковая промышленность финансировала свои собственные объединенные исследовательские

проекты, сначала «Megaproject», а теперь проект JESSI. В результате, как говорит Хорст Фишер, старший технический директор группы по разработке полупроводниковых приборов фирмы Siemens в Мюнхене, уже созданы запоминающие устройства для хранения сигналов и цифровые процессоры, необходимые для создания телевизионных декодеров.

«Для нас критической ситуацией является неопределенность с выбором стандартов, — говорит Фишер. — Разработка таких комплектов интегральных схем оценивается в несколько десятков миллионов немецких марок, составляющих издержки на конструкторские работы, и в сотни человеко-лет». До тех пор пока он не убедится, что производители преуспеют в своих планах относительно системы MAC, он не горит с созданием алгоритмов обработки сигналов MAC на кремниевых процессорах.

Фишер особенно осторожен из-за ненадежного положения европейской микроразнообразной промышленности. Хотя компания Siemens была в прошлом году рентабельной, отделение полупроводников работало в убыток. Другие фирмы находятся еще в худшем положении. На территории фирмы Philips в городе Неймеген было установлено новое производственное оборудование, рассчитанное на поточный выпуск современных статических запоминающих устройств с произвольной выборкой (СЗУПВ). Затем фирма все-таки приняла решение не собирать СЗУПВ. Представитель Philips объяснил: «Фирма считает проект «Megaproject» успешным, поскольку мы выполнили задачу стать обладателями технологии. Единственное, что мы не сделали, — это не начали массового производства».

Фирма Siemens также не избежала неприятности. За прошедшие пять лет ее инженеры уделили много времени разработке микросхем для цифрового телевидения (но не ТВЧ). «Эта система имела множество превосходных характеристик, — говорит Фишер, — включая отсутствие мерцаний изображения на экране благодаря выбору частоты полей 100 Гц». «Но потребители не будут ее покупать. Потребитель не хочет платить 1000 немецких марок за этот ящик», — добавляет он, грустно улыбаясь.

Фишер опасается, что MAC может постигнуть такая же участь. Он обращает внимание на то, что даже «идеальное техническое решение» бывает трудно провести в жизнь в борьбе с конкурирующим подходом,



который обеспечивает лучшую реализацию продукции на рынке. Если первое поколение систем MAC встретит прохладный прием у потребителей, компании, производящие интегральные схемы, столкнутся с громадными расходами на внедрение своей продукции и слабым проникновением на рынок. Это не оставит им другого выбора, кроме как прибегнуть к дорогостоящим изменениям конструкции компонентов в надежде найти точку опоры в овладении более дешевой и сильной технологией.

Такой путь означает почти очевидные финансовые потери. «И в этой ситуации неважно, насколько хороши ваши сотрудники; ваша технология ничего не стоит, раз вы не можете получить прибыль на инвестированный капитал», — заключает Фишер. Фирма Siemens также выжидает благоприятного момента.

Для потребителя же наиболее привлекательным в ТВЧ может быть, пожалуй, плоский экран шириной более метра, что совершенно не учитывается производителями.

#### Плоские экраны

Создание таких экранов означает отказ от классических электронно-лучевых трубок в пользу нового метода. Имеется множество впечатляющих решений. Однако многие эксперты, специалисты по дисплеям, полагают, что наиболее близкой к реализации технологией больших экранов будет создание проекторов на жидких кристаллах. Жидкие кристаллы — это удивительные гибриды, которые, не являясь полностью ни жидкостью, ни кристаллами, изменяют свою способность пропускать свет под действием электрического поля. Помещая такие материалы между стеклянными пластинками исследователи могут получить дисплеи с высокой разрешающей способностью, аналогичные тем, которые применяются в портативных компьютерах. В дисплеях с активной матрицей используются стекла, на поверхность которых литографическим способом нанесены схемы.

Однако производство жидкокристаллических дисплеев с активной матрицей показало, что это весьма трудное (и дорогостоящее) дело, даже для японских полупроводниковых гигантов. (По имеющимся данным, Япония вложила 2 млрд. долл. в разработку технологии жидкокристаллических дисплеев и до сих пор переживает трудности с получением прибыли.) Даже проекционные дисплеи, в которых используются на-

много меньше жидкокристаллические элементы, оказываются очень сложными в производстве. По этой причине европейские и американские компании опасаются начинать широкое производство плоских видеоскренов.

Однако в деле создания жидкокристаллической техники у Европы есть одно преимущество. На протяжении 160 лет штаб-квартира и главная исследовательская лаборатория компании E. Merck располагались в маленьком городе Дармштадте, к югу от Франкфурта. Эта лаборатория гордится самой крупной в мире коллекцией жидкокристаллических соединений — более 5 тыс. различных составов. Компьютеризованная база данных этих соединений наряду с экспериментальными результатами на тысячах жидкокристаллических материалов могла бы уже в настоящее время позволить разработать на компьютерах исходные проекты.

И хотя руководители компании Merck доверительно сообщают, что они с готовностью помогут усилиям Европы в создании плоских видеоскренов, лучшие заказчики компании находятся на Дальнем Востоке. За исключением создания материалов, ни в чем другом компания Merck не собирается конкурировать со своими заказчиками по производству дисплеев. «Для нашего коммерческого успеха не так важно, выдвинет ли Европа проект создания больших видеоскренов или нет, — говорит Георг Вебер, возглавляющий отдел физических исследований жидких кристаллов компании Merck. — В любом случае мы вовлечены в это дело, и у нас большие связи с Японией».

Лучшей возможностью, которую Вебер видит в Европе, — это принятие другого крупного проекта, финансируемого национальными правительствами, Европейской комиссией и корпорациями. «Вопрос заключается в том, рассматривается ли эта продукция в качестве стратегически важной», — говорит он.

В конце 1991 г. фирма Phillips заявила о том, что она намеревается построить в Эйндховене предприятие по производству жидкокристаллических дисплеев с активной матрицей. Европейская комиссия, как представляется, благоприятно отнеслась к этому проекту. С учетом интересов американских компаний и отсутствием возможностей финансировать строительство крупномасштабного завода по производству дисплеев, некоторые обозреватели предполагают, что подобный проект

может быть осуществлен в рамках совместной европейско-американской инициативы. Такой проект должен быть результатом политического решения, как, например, консорциум Airbus, — говорит Вебер. — Это хороший план, но он будет стоить больших денег налогоплательщикам».

#### Дилеммы, связанные с цифровыми системами передачи

Возможно, европейских промышленников больше всего беспокоит такой поворот событий, при котором их работа будет отодвинута на второй план той самой технологией, которая оказалась жертвой стратегии создания системы MAC, а именно — цифровым телевидением. Цифровое телевидение означает, что между записью камерой «живого» изображения и его воспроизведением на экране телевизора видео- и звуковая информация переводится в цифровую форму. Цифровое телевидение только тогда является системой высокой четкости, если оно обеспечивает увеличение вдвое (по сравнению с обычными изображениями) четкости по вертикали и горизонтали.

Поскольку европейская промышленность потратила много времени на поддержку создания системы MAC, пока еще немногие хотят публично от нее отказаться. Однако малозаметная перемена в высказываниях относительно MAC способствует переориентации на исследования в области цифровых систем, которые позволяют преодолеть исторически сложившееся различие в частоте кадров и обещают более тесное взаимодействие видеосистем с другими технологиями, такими, как телекоммуникации и обработка данных с использованием гибридных информационных средств.

В конце ноября прошлого года в Женеве состоялось совещание по вопросам стандартов. По выражению Кеннета Дейвиса, который руководит разработкой стандартов и технологическим развитием в Канадской вещательной корпорации CBC в Монреале, энтузиазм по поводу цифровых систем достиг своего пика. Дейвис считает, что происходит подмена: вместо обсуждения «цифровой системы ТВЧ», исследователи просто говорят о «цифровом телевидении».

Международное техническое сообщество уже готовится к «цифровому» будущему. На Всемирной административной конференции по радио, которая состоялась в феврале

этого года в Испании, специалисты поставили вопрос о необходимости резервной полосы частот для цифрового телевидения. Британская вещательная корпорация BBC уже добавила «цифровой звук» ко многим своим телевизионным программам.

Тем временем европейские исследовательские группы, которые способствовали разработке системы MAC, спокойно вернулись к работе над цифровыми системами. «Мы поддерживаем работу над MAC в рамках Eureka, — говорит Маурицио Ардито, старший сотрудник центральной исследовательской лаборатории при итальянской телерадиовещательной компании RAI. — Но с технической точки зрения мы совершенно уверены, что будущее за цифровым телевидением».

Последние несколько лет инженеры RAI в Турине (Италия) проводят испытания систем передачи цифровой информации. Два года назад они показали, что могут передавать четкие изображения цифровыми методами. В настоящее время исследователи из RAI и BBC способствуют принятию нового объединенного европейского проекта для того чтобы ускорить работу по цифровой передаче. «Поскольку стандарт MAC принят, мы считаем, что следует обсудить создание цифровой системы телевидения», — говорит Ардито. Исследователи из BBC надеются, что первое поколение европейских систем цифрового телевидения появится к 1997 г.

Шведская компания Sveriges Television в Стокгольме более нетерпелива, в частности, относительно наземной службы цифровых систем передачи. «Мы не думаем, что ТВЧ будет успешным при приемниках, которые сегодня стоят достаточно дорого», — заявляет Свен-Олоф Экхольм, вице-президент по конструкторским и технологическим вопросам. (Кроме того, шведские вещательные корпорации больше полагаются на кабельные и наземные сети, чем на спутниковые каналы связи.) «Как нам представляется, у нас есть время создать систему, более соответствующую следующему десятилетию», — добавляет Экхольм. К следующему году его исследователи надеются продемонстрировать алгоритмы передачи цифровых сигналов с помощью наземных систем связи.

Шведские исследователи, поскольку они не входят в Европейское сообщество, признают, что они находятся на периферии основных исследовательских усилий Европы и были в стороне от политических баталий

по поводу системы ТВЧ. «История с MAC была четвертым крестовым походом, — замечает Экхольм. — Только на этот раз не против мусульман, а против японцев».

Несмотря на растущий интерес к цифровому телевидению, Жак Сабатье, вице-президент фирмы Thomson, ответственный за экономическое развитие в области бытовой электроники, отвергает вызов со стороны цифровых систем. «Это становится простой проблемой, если вы заинтересованы в экономике, — утверждает он. — На научной основе вы можете годами обсуждать различные стандарты. Между первым функциональным макетом в лаборатории и первым днем, когда вы можете изготовить и внедрить аппаратуру, всегда лежит длинный путь».

Так или иначе, но в Европе появляется на свет телевидение высокой четкости. После шести лет работы Thomson и другие компании готовы, наконец, предложить передовую телевизионную аппаратуру (правда, пока еще не ТВЧ). Например, потребители могут купить примерно за 7 тыс. долл. «систему космического телевидения» фирмы Thomson, позволяющую воспроизводить сигналы систем D2-MAC и PAL, а также HD-MAC (но с качеством D2-MAC), по которой будут передаваться Олимпийские игры, с использованием кинескопов с экраном 93 см. Phillips и другие фирмы начали выпускать оборудование для стандарта D2-MAC

в прошлом году. И хотя как Thomson, так и Phillips делают опытные образцы аппаратуры стандарта HD-MAC для смотровых площадок наблюдения за Олимпийскими играми, потребители не увидят ее в магазинах еще год или два.

Даже если эта продукция так и останется на полках, Eureka все же выиграла время для разработки альтернатив японским системам ТВЧ. Под ее эгидой собрались специалисты и организаторы со всей Европы для создания беспрецедентного совместного исследовательского предприятия.

Однако все эти усилия стоили больших денег. Если система MAC и давала надежду европейским фирмам-изготовителям на небольшое преимущество в разработке аппаратуры для своих национальных потребителей, она вытеснила эти фирмы с рынков за пределами Европы. И поскольку MAC, как и MUSE, является аналоговой системой передачи, она не открывает новых технологических направлений. В противоположность этому цифровые системы обещают тесное взаимодействие различных технологий.

Высокотехнологичные вещательные возможности Европы могут обеспечить передачу самых четких изображений с Олимпийских игр 1992 г. И все же европейским компаниям придется доказать, что шестилетние работы подготовили их к тому, чтобы сделать прыжок в самую остроконкурентную область высоких технологий.

## Наука и общество

### На экране — взрывное устройство

ПРОВОДЯ рабочий день за наблюдением рентгеновских изображений тюбиков с кремом для бритья и фенов для сушки волос, сотрудник службы безопасности аэропорта может заснуть. Федеральное управление гражданской авиации (FAA) уже более десяти лет пытается повысить безопасность полетов за счет автоматизации досмотра багажа и поиска более эффективных средств обнаружения взрывных устройств, чем обычные рентгеновские сканеры.

Давление на FAA со стороны конгресса и общественности резко возросло после того, как самолет авиакомпании Pan Am, следовавший рейсом 103, был взорван в воздухе над Локкерби (Шотландия) 21 декабря 1988 г. Страх и гнев, охватившие людей, вызвали в правительственных

кругах, как говорится в отчетах на высшем уровне, стремление предотвратить подобные катастрофы путем разработки надежных методов обнаружения пластиковой взрывчатки.

В сентябре 1989 г. FAA утверждало, что системы просмотра багажа с использованием термонейтронного анализа (TNA) оказались единственными, успешно прошедшими испытания. (TNA-система «бомбардирует» багаж нейтронами, и насыщенная азотом пластиковая взрывчатка начинает испускать гамма-излучение характерной энергии.) FAA решило закупить к концу десятилетия не менее 860 TNA-систем стоимостью 1 млн. долл. каждая.

Сейчас финансовая поддержка этой технологии кажется FAA преждевременной, и оно «идет на попятную». Системы начинают давать сбои, когда нужно обнаружить малое количество пластиковой взрывчатки, равное



**БОМБЫ В ЧЕМОДАНЕ**, обнаруженные с использованием обычного двумерного рентгеновского сканирования (слева в центре), двумерной (справа в центре) и трехмерной (внизу) компьютерной томографии. Фото фирмы Imatron.

тому, какое, как предполагается, имелось на борту рейса 103 авиакомпании Pan Am. Машина, откалиброванная на небольшие количества материала, производила чрезмерное число ложных тревог. Ассоциация воздушного транспорта, представляющая гражданские авиатранспортные компании, провела исследование, показавшее, что до 30% пассажиров и более не смогут совершить полет по международной трассе из-за задержек, вызванных использованием TNA-систем.

В 1990 г. в ситуацию вновь вмешался конгресс, приняв Закон о повышении безопасности воздушного транспорта, который фактически наложил запрет на требование FAA к американским компаниям приобретать TNA-системы, тем не менее оставив проблему нерешенной. Закон предписывал FAA разработать программу

проверки различных систем с привлечением для консультации сторонних экспертов, прежде чем давать свое одобрение системе TNA или какой-либо другой системе, что, по видимому, было реакцией на критику по поводу того, что управление не удалось выполнить адекватную проверку TNA-систем. Однако закон дал FAA чрезвычайное право на внедрение TNA или другой системы в течение 18 месяцев после его принятия.

Расширение списка возможных поставщиков положило начало «технологической гонке» среди большого количества фирм, специализирующихся на производстве изображающих устройств или приборов, обнаруживающих пары, — потенциальных кандидатов на завоевание рынка объемом в 1 млрд. долл. Служба научных исследований FAA в области безопасности воздушного транспорта с увеличившимся в 3 раза бюджетом и в 4 раза штатом по сравнению с тем, что она имела до катастрофы в Локерби, подписала более 25 контрактов на разработку систем электромагнитного типа и основанных на принципе обнаружения паров.

Компания Scan-Tech Security, например, совместно с Университетом Раттерса заключила недавно контракт на разработку опытного образца системы, построенной на принципе рассеяния когерентных рентгеновских лучей (подобно рентгеновской кристаллографии), которая идентифицирует спектры, образующиеся, когда материал подвергают рентгеновскому облучению. Нейронная сеть — программное обеспечение, используемое для классификации образов, — сравнивает затем эти спектральные характеристики с уже известными характеристиками твердых взрывчатых веществ, хранящихся в базе данных.

Другой контракт ушел на фирму Imatron Systems в Бурке (шт. Виргиния), разрабатывающей высокоскоростной сканер, основанный на принципе компьютерной томографии (КТ). Как и приборы, используемые в медицинских целях, КТ-сканер может давать изображения поперечного сечения предмета на любой глубине, позволяя, например, заглянуть внутрь радиоприемника в упаковке или книги. Компьютер сравнивает плотность и другие параметры материала с данными о более 100 взрывчатых веществах различного типа. FAA тем временем продолжает финансировать разработку TNA-систем и уже дало указание, чтобы их размещали в аэропортах.

Путем поиска и изучения большого количества идей, чем оно может применить на деле, FAA пытается избежать возможной критики в свой

адрес. Нетерпеливым агентам по продаже новых приборов из конкурирующих между собой фирм был дан шанс изучить друг друга в ноябре прошлого года на первом симпозиуме по обнаружению взрывных устройств, организованном FAA в отелях «Сандз» и «Казино» в Атлантик-Сити неподалеку от технического центра FAA.

Даже обладая большим количеством систем просмотра, обнаружить бомбу в чемодане — проблема непростая, и ни одна технология, по всей видимости, для этого не подходит полностью. Ли Гродзинз, профессор физики в Массачусетском технологическом институте, который является экспертом по обнаружению взрывных устройств, говорит, что главным результатом TNA-исследований было понимание, сколь сложная картина и комбинация материалов могут оказаться внутри закрытого чемодана. «За 6 секунд вы должны сделать то, что трудно выполнить за 2 часа в лабораторных условиях», — восклицает Гродзинз.

Какая бы технология ни была выбрана в конечном итоге, она наверняка будет использоваться совместно с такой психосоциальной оценкой пассажиров и процедурой идентификации багажа, какие в настоящее время практикуются израильской авиакомпанией El Al Airlines. Эксперт-психолог может заинтересоваться пожилой парой, которая приобрела билеты 2 месяца назад, или пассажиром, имеющим билет в один конец, купленный за наличные за 4 часа до вылета. Багаж последнего пройдет полную проверку.

Даже самая высокотехнологичная система, наверное, должна подвергнуться изменениям почти сразу же, как только будет установлена. Нейронная сеть, возможно, будет «умной», но и ей вряд ли удастся «раскусить» Абу Нидала.

### На любой вкус

**НАЦИОНАЛЬНОЕ** управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) всегда стремится выжать максимум выгоды из ситуации, когда какая-нибудь из ее выдумок находит применение и на грешной Земле. Сейчас его распирает от гордости по поводу «биореактора с вращающейся стенкой». Это приспособление позволяет выращивать человеческие клетки в культуре так, чтобы их свойства были такими же, как в нормальной ткани. Возможно, это приближает день, когда в культуре можно будет выращивать ткани или даже целые органы для пересадки.

Мысль, легшая в основу биореактора, относится к категории чисто случайных находок, ставших других исследователей перед вопросом: «Почему же я об этом не подумал?» Т. Трини и Д. Уолф из Джонсоновского центра космических исследований в Хьюстоне искали способ защиты уязвимых клеточных культур от сил сдвига, возникающих в жидкой культуральной среде при запусках и приземлениях шаттла (космического корабля многоразового использования). Одновременно требовалось обеспечить живым клеткам достаточное количество питательных веществ и кислорода.

Их решение заключалось в том, что к обычному биореактору типа «вращающаяся бутылка» добавляется внутренний цилиндр. Клетки взвешены в жидкой культуральной среде между стенками внешнего и внутреннего соосных цилиндров. При этом слой жидкости между стенками вращается как твердое тело и на клетки не действуют силы сдвига, возникающие в движущейся жидкости. Клетки как бы непрерывно падают, но никуда не попадают из-за вращения. Внутренняя стенка пористая, так что в обоих направлениях через нее идет диффузия питательных веществ и газов. Поставить где надо затворы, двигатели с регулируемой скоростью, люки для отбора проб — и все готово. В прошлом году Трини, Уолф и их коллега Р. Шварц получили патент на это изобретение.

К собственному удивлению, исследователи обнаружили, что на Земле клетки, выращенные в «слабосдвигающей» среде, дальше продвигаются по пути дифференцировки, чем в обычных культурах. Они образуют трехмерные структуры толщиной несколько миллиметров, «карикатурно» похожие на нормальные ткани. По мнению Г. Сполдинга, руководящего программой по космической биотехнологии в Джонсоновском центре, «слабосдвигающие» условия нового биореактора позволяют клеткам различных типов расти в тесном контакте друг с другом, что способствует их химическому взаимодействию. Возможно, этим объясняется большая дифференцированность клеток по сравнению с другими культурами.

Этому аппарату быстро нашлось применение. М. Инграм из Хантингтонского института медицинских исследований в Пасадене (шт. Калифорния) использует его для выращивания глиом — смертельных раковых опухолей мозга, чтобы «тренировать» лимфоциты пациента атаковать эти новообразования вне организма, а затем имплантировать «на-



**ВРАЩАЮЩИЙСЯ РЕАКТОР** ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КЛЕТОК, разработанный в НАСА, позволяет клеткам дифференцироваться больше, чем в обычных культурах. (Фотография: NASA Johnson Space Center.)

тренированные» клетки в мозг.

Микробиолог М. Моейр из Медицинского центра Техасского университета в Сан-Антонио выращивает клетки легких и печени, производящие ферменты и другие молекулярные маркеры, обычно имеющиеся только в интактных тканях. По ее словам, в биореакторе клетки тонкой кишки собираются вместе, формируя структуру, напоминающую либеркиновы крипты — трубчатые железы слизистой оболочки кишечника, которые в обычных культурах дегенерируют. В этих опытах отмечались также молекулярные признаки образования кровеносных сосудов.

Ф. Джонсон из Медицинского центра Техасского университета в Хьюстоне, культивируя клетки выстилки толстой кишки, получил данные, свидетельствующие о том, что новая культуральная система поддерживает рост такого важного патогена, как вирус Норуок, не размножающийся в стандартных культурах. Л. Фрид из Гарвардского университета с помощью биореактора выращивает фрагменты хряща, которые образуются более крупными, чем в других системах. Дж. Милберн Джессап из Дьяконисской больницы Новой Англии в Бостоне получает культуры раковых клеток толстой кишки, очень похожие на настоящие опухоли и несущие поверхностные антигены, которые, как считается, важны для образования метастазов.

Интересно, как действует биореактор в той среде, для которой он предназначен, т. е. в условиях пониженной гравитации на околоземной орбите, где силы, действующие на клетки в культуральной среде, должны быть еще слабее, чем на Земле. В конце прошлого года биореактор, содержащий пластиковые гранулы, летал на шаттле, и, по предварительным данным Сполдинга, компьютерная модель движения жидкости в нем подтвердилась.

В будущем, как с нетерпением ожидает Джессап, биореакторы на космической станции станут использоваться для выращивания «запасных» человеческих органов для пересадок. Почему в невесомости это должно быть легче? Ведь человек обычно развивается при нормальном тяготении. По словам Джессапа, в эмбрионе в ходе его роста образуются как бы собственные «строительные леса», а имитируя развитие органов в биореакторе, приходится обойтись без них. «Думаю, через 20 лет это будет экономически рентабельно», — прогнозирует он.

Все же для НАСА такая задача слишком далека. Сполдинг предпочитает делать упор на преимущества научных исследований в космосе, полагая, что пониженная гравитация поможет понять тонкие процессы вроде роста нервных клеток.

## Число касания



ЯН СТЮАРТ

**МАРВИН** Могул посмотрел из окна на красные пески Марса. Как у президента Марсианского телевидения, у него было самое большое, самое дорогое окно во всем городе. Оно было сверхизолировано от холодных марсианских ночей. Могул был так раздосадован, что готов был запустить свой стул в стекло. Его конкуренты из Космической службы новостей (КосСН) только что объявили сенсационную новость об открытии древнейших марсианских артефактов — искусственных объектов. Но эта неприятность была лишь вершиной углекислого айсберга.

Все казалось так просто, когда в жесткой борьбе с конкурентами Могул заполучил право транслировать телепередачи на новые марсианские колонии. Если бы только не это проклятое условие эффективности! Юристы тогда заверяли его, что оно было совершенно безобидным: марсианская телевизионная компания должна была построить систему телетрансляции, превосходящую по эффективности предложения конкурентов. Но

вот теперь Верховный суд постановил, что если кто-нибудь разработает более эффективный проект, то Марсианское телевидение лишится своих прав. А если это произойдет, то компания столкнется с серьезными финансовыми проблемами и тогда... Об этом было просто страшно подумать.

Он нажал на кнопку пульта внутренней связи: «Крессида, попроси Фогсберри и Косгроува сейчас же ко мне». Затем он перевел взгляд на большой марсианский глобус на его рабочем столе. Поверхность глобуса была покрыта липкими пластмассовыми дисками, которые Могул то и дело перемещал с места на место. В сердцах он запустил диском в дверь кабинета и случайно попал в Фергуса Фогсберри, как раз в этот момент вошедшего в комнату.

— Наверное, вы очень расстроены по поводу сообщения КосСН об артефактах? — сказал Фогсберри, оправившись от испуга.

Могул раздраженно пробормотал что-то невнятное. Фогсберри понял

ситуацию и предпочел помалкивать. Затем, увидев глобус, он удивленно поднял брови и сел в кресло.

— Новое расположение, Марвин? Я думал, что с этим все было решено еще несколько месяцев назад. Восемь передающих станций, по одной в каждой вершине воображаемого куба.

— Это действительно было решено несколько месяцев назад, Фергус, но теперь из-за постановления Верховного суда все наши планы уже ничего не стоят. Мы не можем предложить лучшего способа передачи информации с большей зоной охвата, чем тот, который предложила компания Phobos Booster Satellites в качестве альтернативы нашей системе; нам необходимо найти наилучшее решение.

— Ну так давайте найдем его. Придется пойти на дополнительные затраты, но...

— Я не против того, чтобы потратить еще немного денег, Фергус. Я просто не знаю, какой метод охвата большей зоны является наилучшим!

В этот момент, тяжело дыша, в комнату ворвался Базил Косгроув. Он выбрал, очевидно, неудачный, хотя и короткий путь через тонкую марсианскую атмосферу, не прихватив автономного взвешенного дыхательного аппарата.

— Эй! Вы видели это сообщение КосСН об артефактах... Фогсберри красноречивым жестом заставил его замолчать. Пронигнорировав восклицание Косгроува, Могул терпеливо стал снова объяснять проблему передающих станций, но Косгроув вскоре перебил его.

— Извините, шеф, но нам сначала нужно уточнить понятия. Например, что имеет в виду Верховный суд под словами «наилучший способ передачи»?

— По словам Порпустуона из компании Porpustone, Green and Porpustone, постановление по существу означает, что мы должны предоставить телевизионные услуги на максимальной площади поверхности Марса.

— Тогда давайте доведем зону трансляции до полного насыщения, — сказал Фогсберри. — Установим столько передатчиков, чтобы покрытие достигло 100%.

Могул ударил себя по лбу.

— блестящая идея! Почему я не подумал об этом? Крессида, соедини меня со строительным управлением...

— Простите, шеф, — пробормотал Косгроув. — Это не годится.

— Почему нет?

— Если зоны действия двух передатчиков перекрываются, возникает интерференция. Изображение становится размытым, контур иногда начинает двоиться, а иногда и вся картинка.

— Это серьезная техническая проблема?

— Боюсь, что да, — сказал Косгроув, — если мы не хотим терять своих прав. Если мы начнем передавать некачественное изображение, наши противники сотрут нас в порошок.

— Отставить, Крессида, — рявкнул Могул в микрофон внутренней связи.

— А нельзя ли втиснуть дополнительные трансляции в промежуточные зоны, между теми, что уже охвачены передачей? — спросил Фогсберри.

— Это зависит от того, какой площадью мы располагаем, — ответил Косгроув. — Каждая зона имеет угловой диаметр 60 градусов, и...

— Погоди-ка, что такое угловой диаметр? — прервал его Могул.

— Марс — это сфера, — сказал Косгроув. — Передатчики покрывают зону, которую мы называем «круговой», но на самом деле это сферический сегмент с круговой границей, то есть круг, изогнутый так, чтобы наложиться на участок сферы. Угловой диаметр — это угол между двумя точками на противоположных сторонах круговой границы, измеряемый из центра сферы.

— И этот угол составляет 60 градусов, — добавил Могул.

— Правильно, продолжил Косгроув. — Согласно нашему первоначальному предложению, передатчики устанавливались в вершинах воображаемого куба. Я подсчитал, что угло-

вое расстояние между соседними передатчиками равно... — и он постучал по клавишам портативного компьютера. — Гмм. Немного больше 70 градусов. Хорошо. Значит, они не перекрывают друг друга; на самом деле существует даже зазор в 10 градусов между ними. Так, а что нам собственно было нужно?

— Можем ли мы установить в промежутках дополнительные передатчики? — повторил Фогсберри.

— Давайте посмотрим. Наибольшие промежутки должны быть в центральных зонах граней куба. Угловое расстояние между противоположными вершинами куба составляет... около 109 градусов. Каждый передатчик охватывает угловой диаметр в 60 градусов или же угловой радиус в 30 градусов. Таким образом, зазор между ними равен  $109 - 30 - 30 = 49$  градусов. После этих слов Косгроув выжидательно посмотрел на Фогсберри.

— Это то, куда мы хотим втиснуть зону передатчика в 60 градусов?

— Да, мой друг Фогги.

— Но у нас не хватает места.

— Вот именно.

На несколько мгновений в комнате наступила тишина.

— Но, может быть, нам удастся сжать зону охвата? — заметил Косгроув.

— Шеф, попросите Крессида связаться с инженерным отделом и спросить, в каких пределах можно изменить зону охвата передатчиков.

Минутой позже Крессида вошла в кабинет.

— Босс, я узнала относительно диапазона возможных изменений зоны охвата.

— Прекрасно! Ну и каков же он?

— Никакой.

— Никакой? Что ты имеешь в виду?

— Изготовители передатчиков теперь применяют новую систему, — сказала она извиняющимся тоном. — Теперь на ящиках просто написано: «Телевизионный передатчик. Не имеет узлов, регулируемых пользователем». Мы не можем изменить настройку. Либо 60 градусов, либо ничего.

— Вот вам, шеф, и результат прогресса современной электроники, — фыркнул Косгроув.

— Подождите-ка минутку, — сказал Могул. — Если мы не можем вставить ни одного дополнительного передатчика, то, может быть, нам удалось найти наилучшее расположение?

— К сожалению, Марвин, не все так просто. То, что вы не можете добавить ни одного передатчика к уже

## Числа касания

РАЗ- МЕРНОСТЬ	НИЖНИЙ ПРЕДЕЛ	ВЕРХНИЙ ПРЕДЕЛ
1	2	2
2	6	6
3	12	12
4	24	25
5	40	46
6	72	82
7	126	140
8	240	240
9	306	380
10	500	595
11	582	915
12	840	1,416
13	1,130	2,233
14	1,582	3,492
15	2,564	5,431
16	4,320	8,313
17	5,346	12,215
18	7,398	17,877
19	10,668	25,901
20	17,400	37,974
21	27,720	56,852
22	49,896	86,537
23	93,150	128,096
24	196,560	196,560

расположенным, вовсе не означает, что не существует какой-нибудь совершенно иной схемы расположения, которая в целом может оказаться более эффективной.

Могул снова занялся глобусом, отклеивая и приклеивая к нему липкие диски.

— Может быть, поместить тот диск сюда... — посоветовал ему Фогсберри.

— Их надо все оторвать и начать все сначала, — сказал Могул. — Притиснуть их вплотную друг к другу и оставить свободное место для остальных.

— Кажется, неплохо придумано. И сколько у вас получилось, шеф?

Могул насчитал 11 дисков.

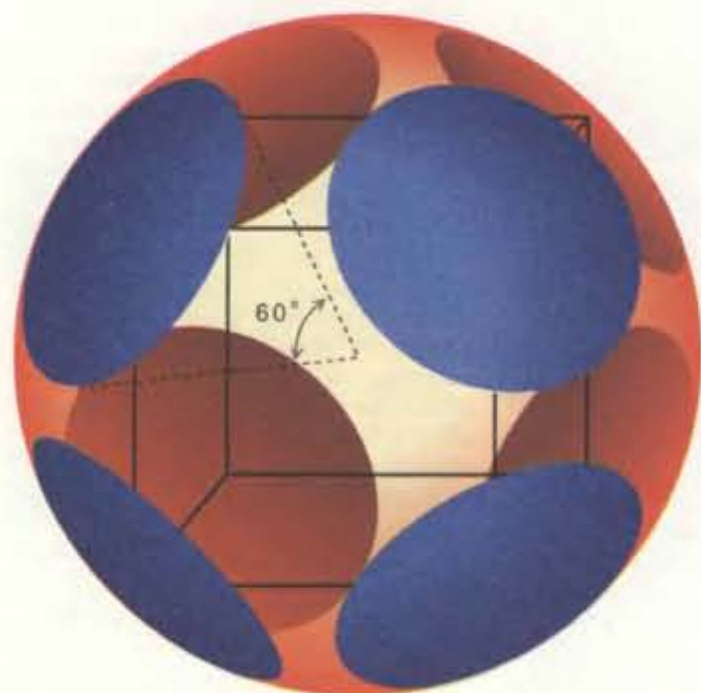
— Хорошо, что мы догадались это сделать, — сказал Могул. — Вообразите себе, что бы случилось, если бы мы по-прежнему придерживались своего варианта с кубическим расположением и какой-нибудь выскочка из Космической службы новостей пришел бы в Верховный суд вот с этим самым расположением, которое мы сейчас нашли.

— КосСН непременно это сделает, шеф.

— Вот именно.

— А что если мы примем за основу ваше новое расположение с 11 передатчиками, а КосСН найдет способ втиснуть еще и двенадцатый? Тогда нам конец.

— Максимум должен быть равен 11, — сказал Могул. — Я не вижу, ка-



СКОЛЬКО ДИСКОВ с угловым диаметром 60 градусов можно разместить на сфере? Расположение из 8 дисков,



когда каждый находится в вершине куба, показано слева, а из 12, когда каждый в вершине икосаэдра, — справа.





ПОЕЗД НА МАГНИТНОЙ ПОДУШКЕ на испытательной установке в Японии. Фото Т. Мацумото/Syigma.

отечественную технологию. Эта мера должна довести программу под названием «Национальная инициатива по развитию железнодорожного транспорта на магнитной подушке» от скромного ежегодного субсидирования в 20 млн. долл. под эгидой Федерального управления железных дорог (FRA) и инженерных войск армии США до национальной попытки возродить технологию железнодорожного транспорта на магнитной подушке.

Высокоскоростной поезд на сверхпроводящих магнитах впервые был предложен американскими инженерами около 25 лет назад, однако с середины 70-х годов в этой области не велось активных разработок. В настоящее время несомненными лидерами в отношении железнодорожного транспорта на магнитной подушке являются Япония и Германия. В обеих странах построены работающие экспериментальные модели после инвестиций на разработку каждой из них в размере более 1 млрд. долл. с привлечением государственного капитала. Тем не менее Мойнихен и другие считают, что состояние этой технологии пока настолько далеко от совершенства, что США еще могут назвать упущенное.

Однако до того, как США это сделают, придется, вероятно, поставить ряд вопросов относительно безопасности, экономичности и экологичности поездов на «магнитной подушке». Будущие хозяева таких поездов, мчащихся по приподнятым над землей направляющим со скоростью до

500 км/ч и более, хотели бы знать, как будут влиять электромагнитные поля, создаваемые новыми транспортными средствами, на пассажиров и на чувствительные электронные системы автомобилей, движущихся по близлежащим дорогам. Обеспокоенность безопасностью этих поездов усилилась в октябре 1991 г. после того, как в Японии экспериментальный поезд на магнитной подушке загорелся и разрушился на 4-мильной испытательной направляющей.

Среди тех, кто пристально следил за прохождением упомянутого законопроекта через конгресс, была группа машиностроительных фирм, и среди них работающие по оборонным контрактам, такие, как Grumman, которые могли бы иметь прибыль и от программ, связанных с общественным транспортом. Кроме того, среди заинтересованных оказались авторы оригинальных американских проектов поездов на магнитной подушке, идеи которых долгое время оставались невостребованными. Эти конструкции, а также новые разработки будут рассматриваться в качестве альтернативы немецким и японским проектам, причем в них, возможно, будет использована усовершенствованная сверхпроводниковая технология, включающая более дешевые и эффективные криогенные системы охлаждения магнитов.

Хотя проект Мойнихена предусматривает использование поездов на магнитных подушках, спроектированных и построенных в Америке, предполагается, что в первом в мире

поезде такого типа, который, по-видимому, начнет эксплуатироваться во Флориде в 1995 г., будет применена немецкая технология, не использующая сверхпроводимость. Рабочая группа по программе «Транспорт на магнитной подушке», объединяющая японских, немецких и американских инвесторов, начала собирать финансовый пакет объемом более 500 млн. долл. для приобретения технологии на немецкий скоростной поезд на магнитной подушке. Это транспортное средство будет развозить пассажиров на расстояние в 14 миль — от аэропорта в Орландо до наиболее широко посещаемых мест — всего лишь за шесть с небольшим минут. В одном из последних законодательных актов был заложен «подарок» в 98 млн. долл. от сенатора Боба Грэхема от штата Флорида, предусматривающий приобретение земли и сооружение приподнятого над землей пути по плану вышеуказанного проекта.

Гигантский по своей стоимости законопроект по наземному транспортному сообщению оказался менее щедрым в отношении других технологичных высокоскоростного железнодорожного транспорта. Из окончательного варианта законопроекта выпал пункт, разрешающий правительствам штатов использовать для реализации проектов междугородних железнодорожных перевозок некоторую часть своих многомиллиардных денежных средств, предназначенных для развития и поддержания в должном состоянии автомагистралей.

Не все согласны с этим решением,

которое частично явилось результатом юридического спора между комиссией в палате представителей. Росс Кейпон, исполнительный директор Национальной Ассоциации железнодорожных пассажиров — вашингтонской лоббистской организации, представляющей общественные интересы, — заявил, что акцент в законопроекте, сделанный на поощрение развития железнодорожного транспорта на магнитной подушке, игнорирует более практичные решения, а именно французскую технологию высокоскоростных поездов TGV и модернизацию уже существующих маршрутов Amtrak. Поезда TGV и другие, приводящиеся в движение электричеством, достигают скоростей, близких к 300 км/ч по обычным высокоскоростным стальным рельсам. Обтекаемая, испытанная в аэродинамической трубе конструкция, компьютеризированные средства управления и герметизированные вагоны придают им заметное сходство с воздушными лайнерами. Поезд японской модели Shinkansen совершил первый рейс в середине 60-х годов, и с тех пор уже сотни миллионов человек побывали в роли его пассажиров.

Французские, немецкие и шведские компании активно предлагают свое оборудование разработчикам новых технологий железнодорожного транспорта. Наиболее же интересный план был предложен консорциумом, возглавляемым Morrison Knudsen — фирмой из штата Айдахо, занимающейся строительством и инженерными разработками. План предусматривал соединение между собой пяти техасских городов железнодорожной трассой по технологии TGV. Консорциуму еще предстоит набрать почти 7 млрд. долл. из частных источников, прежде чем всадники «Дикого Запада» смогут пронестись по прерии со скоростью, близкой к 350 км в час. Хотя Morrison Knudsen и уверял правительство Техаса в том, что для финансирования проекта ему не потребуются деньги штата, сотрудники фирмы в настоящее время рассчитывают на договоры, не подлежащие обложению федеральными налогами и составляющие приблизительно 2,5 млрд. долл. в рамках общей суммы финансового пакета.

Техасский проект, встретивший жесткое противодействие со стороны «Юго-западных авиалиний» — региональной авиакомпании, — мог бы «оправдать» некоторую часть из суммы в 1 млрд. долл., предусмотренной в федеральных гарантиях под займ на реализацию проектов высокоскоростного железнодорожного сообщения

без использования поездов на магнитной подушке. Такие гарантии были предусмотрены законопроектом. Однако ассигнование денег на покрытие гарантий под займ может вызвать большие дебаты в конгрессе.

В общем объеме стоимости законопроекта по наземному транспортному сообщению, рассчитанному на 6 лет, были предусмотрены и другие «лакомые куски» для высокоскоростных железнодорожных перевозок, а именно демонстрационная программа в 50 млн. долл. и программа научных исследований и разработок в 25 млн. долл., причем эти деньги могут быть использованы как для поездов на магнитной подушке, так и скоростных рельсовых поездов. Законопроект также дает возможность разработчикам высокоскоростных железных дорог бесплатно использовать землю, примыкающую к автомагистралям, соединяющим разные штаты. И в этих случаях федеральные деньги, предназначенные для ремонта таких магистралей, могут идти на их переделку, вызванную реализацией проектов высокоскоростных железных дорог.

Если скоростные поезда получат широкое распространение в США, федеральное правительство должно быть готово снова и снова «запускать руку» в общественную казну. Несмотря на то что на разработку опытного образца поезда на магнитной подушке были обеспечены денежные взносы, основная часть затрат, предназначенных для этого проекта, уйдет на сооружение направляющих. Как по-

казывают некоторые исследования, эти расходы могут колебаться от 8 млн. до более 60 млн. долл. на один километр направляющих. Согласно сообщениям Бюро оценки технологий и Национального совета по научным исследованиям, маловероятно, чтобы подобное предприятие могло быть самофинансируемым.

Пока еще не ясна готовность правительства взять на себя обязательства в отношении высокоскоростных железных дорог. Судя по прежним действиям администрации Буша, ее нельзя рассматривать как большого сторонника железнодорожных пассажирских перевозок. На протяжении двух своих первых бюджетных лет администрация предлагала не финансировать программу Amtrak.

Один из руководителей FRA Гилберт Кармайкл утверждает, что исполнительная власть уже начала постепенно склоняться к мысли о необходимости модернизации пассажирских железных дорог. «За последние два года произошел поворот на 180° в этом плане», — сказал Кармайкл, указывая на недавнее согласие FRA частично финансировать Amtrak в этом году и обеспечить поддержку проектов создания высокоскоростных железных дорог. Трудные решения, которые предстоит принять FRA и конгрессу, дадут ответ на вопрос, останутся или нет поезда в высокоскоростных поездах лишь впечатлениями американских туристов, которыми они будут делиться с родственниками, возвратившись из туристических экскурсий по Европе и Японии.

#### Потенциальные маршруты высокоскоростных поездов



ИСТОЧНИК: Ассоциация высокоскоростных поездов

## Здоровье прекрасного пола; наследие

Левенгука



ФИЛЛИП MORRISON

*Пенни Кейн. ЗДОРОВЬЕ ЖЕНЩИН ОТ УТРОБЫ ДО КОНЧИНЫ*  
Women's Health from Womb to Tomb,  
by Penny Kane. St. Martin's Press, 1991  
(\$ 35).

СЧИТАТЬ, казалось бы, просто — цифры знают все — но когда считать приходится «по-настоящему», задача намного усложняется. Пенни Кейн, австралийский автор и редактор более десяти демографических исследований, дает читателю пример того, как нужно считать «по-настоящему». Страницы этой хорошо документированной, насыщенной информацией и вместе с тем небольшой книги, заполнены графиками, таблицами и статистическими данными, предоставленными главным образом Демографическим управлением Великобритании. Непосвященному все эти таблицы и графики покажутся слишком сухими, но тот, для которого эти цифры представляют интерес, найдет их весьма красноречивыми.

Женщины мира живут в среднем дольше мужчин и эта разница в продолжительности жизни продолжает увеличиваться, причем это относится как к самым бедным, так и к большинству самых богатых стран. График смертности среди мужчин имеет два пика: первый приходится на подростковый и юношеский возраст, а второй, более пологий, — на период жизни от 45 до 75 лет.

Если брать конкретные регионы, то лишь в Юго-Восточной Азии картина противоположная. Особенно высока там смертность среди женщин среднего возраста. В этих бедных и перенаселенных странах даже свидетельство о смерти не является обязательным документом, не говоря уже о том, что причины самой смерти регистрируются редко. И все же, результаты местных исследований определенно указывают на то, что высокая смертность среди женщин среднего возраста в наибольшей степени связана с беременностью и родами в отсутствие должной медицин-

ской помощи. В таких условиях роковую роль играет биология, как это было повсеместно до появления акушерства.

Что касается средней продолжительности жизни, то самым большим изменением в современную эпоху стало то, что кривая, отражающая соотношение между смертностью и возрастом, изменила свою форму с U на J — результат значительного уменьшения смертности в первые пять лет жизни (в древние времена этот показатель был очень высоким). В развивающихся странах сейчас также наблюдается переход на столь же низкий уровень детской смертности.

Следует отметить, что индусы, мусульмане и китайцы по-прежнему предпочитают отдавать мальчикам, хотя такое предпочтение вряд ли где-либо полностью отсутствует. Такое «пренебрежительное отношение к девочкам» в младенческом возрасте выражается, например, в том, что их могут рано отнимать от груди или родители стремятся иметь второго ребенка после рождения дочери. О девочках-младенцах меньше заботятся, их меньше любят и меньше кормят, они больше подвержены риску заболеваний и их реже показывают врачу. И как бы ни подсчитывали, сколько их умирает, а сколько выживает, горькое чувство трагедии остается; здесь уже виновата не природа, а само общество.

Кейн не просто приводит статистику смертности среди женщин, но и анализирует влияющие на нее факторы. В последних главах книги приводятся обширные данные, соотносящиеся с различными периодами жизни женщин. Эти данные представлены больницами, лечащими врачами, а также самими пациентками. Одной из главных целей автора было выяснить, почему средняя продолжительность жизни женщин в промышленно-развитых странах сохраняется на более высоком уровне.

Что касается мужчин, то в молодом возрасте они гораздо больше подвержены риску самоубийства или

несчастливого случая, а в пожилом — сердечным заболеваниям. Но вряд ли можно найти полное объяснение большей продолжительности жизни женщин. Может быть, она обусловлена разницей в биологическом старении или многими различиями в поведении представителей того и другого пола?

В развитых странах в жизни женщин произошли большие изменения. Продолжительность их жизни увеличилась на несколько десятилетий; большее их число обзаводится семьей. Если прежде они имели в среднем пять детей, то сейчас обычно — менее трех; их шансы пережить своих мужей приближаются к 90%. Когда мужчина становится одиноким, то он подвержен гораздо большему риску, чем одинокая женщина. Хотя женщины чаще болеют различными нетяжелыми заболеваниями, особенно в возрасте от 45 до 64 лет, они намного легче справляются со своими болезнями, чем мужчины.

Исследования показывают, что женщины указанной возрастной группы в меньшей степени подвержены ипохондрии и психическим заболеваниям. Их основные проблемы чаще всего связаны с наступлением нового жизненного цикла, гормональными изменениями и одинокой старостью. В настоящее время соотношение между числом пожилых женщин и мужчин, которые умирают в лечебных учреждениях, составляет 2:1.

Женщины должны не просто долго жить, но и наслаждаться своей более продолжительной жизнью. Медицина должна помочь им в преодолении многих недугов. Данные, по которым можно было бы судить о соотношении числа больных и здоровых женщин, пока недостаточно полные. Необходимость дополнительных исследований в этом направлении очевидна.

Почему так изменилась кривая смертности в промышленно-развитых странах? Гигиена, жилищное обеспечение, питание, одежда, транспорт, условия и продолжительность работы — все это сыграло свою роль. Особенно большой результат принес контроль микробных инфекций. Однако в развивающихся странах ключевым фактором в преобразовании U в J является, судя по всему, образование женщин. «Там, где девочки имеют большую возможность... получить образование... наблюдается более низкий уровень детской смертности». Несомненно, образование не должно ограничиваться познаниями в физиологии в первые три-четыре года обучения в сельской начальной школе. Вероятно, необходимо воспитывать

прежде всего новое отношение к себе, способствующее появлению здоровой семьи и повышению чувства ответственности за здоровье и воспитание ребенка. И по сей день во всем мире актуальной остается задача: забота, которой женщина окружает своих детей, должна быть в той же мере проявлена и в отношении здоровья самих женщин.

*Брайен Дж. Форд. НАСЛЕДИЕ ЛЕВЕНГУКА*

The Leeuwenhoek Legacy, by Brian J. Ford. Biopress Limited and Farrand Press, 1991. (\$ 47.50).

В 1668 г. вышло в свет второе издание прекрасно иллюстрированной книги Роберта Хука "Micrographia", которая вскоре стала невероятно популярной среди образованной английской публики. В тот год Лондон посетил богатый купец из Делфта, торговавший галантереей и мануфактурой. Возможно, у него сохранилось в памяти впечатление от этой замечательной книги, или, быть может, он даже взял один экземпляр с собой.

Этим купцом был талантливый Антони ван Левенгук. В 1673 г. он отослал через переводчика, поскольку не знал ни английского, ни латыни, свое первое письмо в Лондонское королевское общество. За свою долгую жизнь он отправил туда около 200 писем, в которых описывал свои наблюдения микромира, в несколько раз меньшего, чем когда-либо наблюдал Роберт Хук.

Этот удивительный микромир, «населенный» микроорганизмами, Левенгук наблюдал в течение более 50 лет с помощью 400 или 500 однолинзовых микроскопов, которые он сам придумал и изготовил. Левенгук не умел рисовать и прибегал к помощи художников — он детально описывал им свои наблюдения и те делали для него иллюстрации. В 1860 г. Левенгук стал членом Лондонского королевского общества, несмотря на то, что еще совсем недавно Голландия и Англия воевали друг с другом.

Десять лет прошло с тех пор, как в одной из комнат Королевского общества было обнаружено последнее физическое наследие Левенгука — аннотированные микроскопические образцы в бумажных пакетиках, прикрепленных к его письмам. В течение трех столетий эти образцы оставались незамеченными учеными. Они были обнаружены автором настоящей книги — специалистом в области микроскопии, достаточно независимым и свободным от предрассудков, чтобы считаться достойным наслед-

ником Левенгука. Форд впервые поведал широкому читателю о неожиданной находке в своей книге, посвященной истории однолинзовой микрохирургии и опубликованной 8 лет назад.

В своей новой работе он больше внимания уделяет самому Левенгуку и его работам. Книга начинается с критического анализа наших знаний о жизни этого человека. В ней мы встретим детальное описание того, что находилось в бумажных пакетиках, прикрепленных к письмам, а также содержание самих писем в факсимиле и в переводе. Форд дает читателю возможность рассмотреть старые образцы тремя способами: с помощью одной из линз Левенгука, через современный оптический микроскоп, а затем через растровый электронный микроскоп.

В книге тщательно описаны все 9 уцелевших инструментов, приписываемых Левенгуку, приводятся их рисунки, а также объясняется как пользоваться и даже изготовить такие крошечные линзы с большим увеличением. Здесь автору помогли его друзья — любители и профессионалы как из Великобритании, так и из Голландии и Бельгии, которые воссозда-

ли технику Левенгука. На суперобложке издания написано: «Терпеливый и умелый читатель, пользуясь этой книгой, может сам изготовить микроскоп Левенгука».

Старые микроскопы из Делфта представляют собой крошечные линзы, вставленные в бронзовые или серебряные держатели. Фокусировка достигалась с помощью простого винтового механизма. Линзы были изготовлены из отшлифованных стеклянных бусин, чья увеличительная способность определялась их формой, размером и чистотой обработки поверхности. Одна из линз, которые Форд использовал в качестве примера, дает 260-кратное увеличение. Она обладает удивительно высокой разрешающей способностью, превосходящей 1,5 мкм. Важно было ограничить конус света, входящего в линзу сзади, поскольку при широком конусе освещения нарушается контрастность — Левенгуку это было хорошо известно.

Прочитав эту книгу, убеждаешься, что Брайен Форд, заглянув еще раз в прошлое с помощью простых линз, нашел убедительные подтверждения своему замечательному анализу.

## Наука и общество

## Придание «антисмысла»

ПЕРВЫЕ медицинские препараты, изготовленные биотехнологической промышленностью, представляли собой копии природных биологически активных белков, которые можно было использовать для компенсации недостаточности или стимулирования биологических процессов. Следующее поколение лекарств обещает быть еще более действенным. При помощи разрабатываемых сейчас «антисмысловых» веществ, возможно, удастся блокировать экспрессию определенных генов. Поскольку многие заболевания обусловлены именно неправильной генной экспрессией (рак, врожденные и некоторые инфекционные болезни), рынок таких препаратов оценивается в десятки миллиардов долларов.

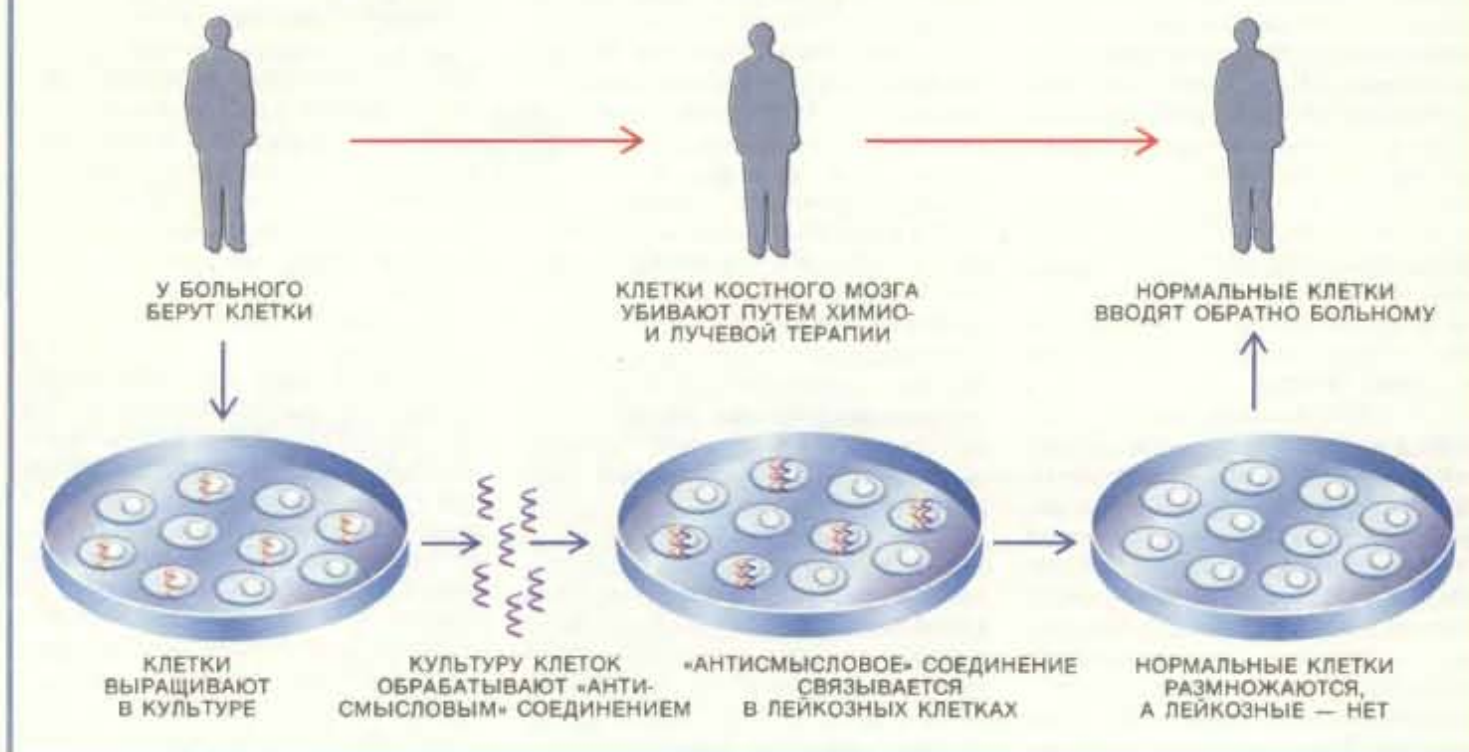
Вероятно, первые испытания «антисмысловых» лекарств не за горами. Управление по контролю пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) недавно дало предварительное разрешение на первые клинические испытания такого препарата производства фирмы Genta в Сан-Диего для лечения хронического миелогенного лейкоза

(ХМЛ); они начнутся в 1992 г. Это лекарство подавляет размножение клеток с так называемой «филадельфийской транслокацией» — хромосомной мутацией, вызывающей ХМЛ. Вскоре после этого планируется развернуть испытания и других препаратов.

Антисмысловые соединения — это короткие одноцепочечные молекулы ДНК, которые могут связываться с клеточными нуклеиновыми кислотами за счет того же механизма попарного взаимодействия комплементарных азотистых оснований (по типу застезжки-«молнии»), что и две цепи природной ДНК. Мишенью антисмысловых молекул обычно является матричная РНК (мРНК), переносящая информацию от генов к аппарату синтеза белков. Последовательность оснований, комплементарная мРНК, будет связываться с ней, тем самым препятствуя образованию определенного белка.

Хотя в качестве антисмыслового агента можно использовать природную ДНК, коммерческий интерес привлекают ее синтетические аналоги, в которых сахарофосфатный «скелет» молекулы замещен структурой, более устойчивой к действию агрессивных ферментов, которые мо-

### Лечение лейкоза «антисмысловыми» препаратами



гли бы разрушить лекарство. При изучении таких структур наиболее перспективными оказались два их типа — метилфосфонатный, впервые предложенный О. Цо из Университета Джона Гопкинса, и фосфортиоатный, разработанный в основном Дж. Коузом из Джорджтаунского университета. Достоинства каждой из этих структур горячо обсуждаются специалистами.

Метилфосфонатный препарат против ХМЛ, производимый фирмой Genta, уже испытывается на клетках людей, страдающих этим заболеванием. В течение 1992 г. ожидается получение окончательного разрешения на введение таких обработанных клеток пациентам. Цо, которому принадлежит патент на метилфосфонатные аналоги ДНК, будучи директором Genta, предоставит фирме лицензию на технологию их изготовления. На первых порах препарат будет использоваться в сочетании с ауто-трансплантатами костного мозга. Костномозговые клетки, взятые у специально отобранных больных ХМЛ, пройдут обработку антисмысловым агентом, чтобы исключить лейкозные клетки. Тем временем больного подвергнут химио- и лучевой терапии, чтобы уничтожить в организме все злокачественные клетки (при этом костный мозг выхолит из строя). Затем ему пересадят его собственные здоровые клетки, размноженные в культуре.

Новые методы позволяют следить за числом здоровых и лейкозных клеток в культуре во время обработки. «Это дело сейчас в стадии доводки», — говорит А. Дейссрот из Онкологического центра Д. Андерсона в Хьюстоне, где впервые будет проводиться такое лечение. Если испытания завершатся успешно, Genta обратится в FDA за разрешением на непосредственное введение препарата людям.

Цо активно рекламирует метилфосфонатные структуры. «Они самые лучшие!» — заявляет он, указывая на результаты недавних экспериментов Э. Чанг и других исследователей в Медицинском университете мундирных служб, продемонстрировавшие, что в культуре ткани антисмысловые метилфосфонаты могут специфически блокировать мутантную, т. е. опасную, форму важного человеческого онкогена. Genta надеется получить лекарства на основе этого эффекта.

Однако мнение Цо о превосходстве метилфосфонатов над фосфортиоатами резко оспаривается С. Круком, являющимся председателем компании Isis Pharmaceuticals в Карлсбаде (шт. Калифорния), разрабатывающей сейчас несколько антисмысловых соединений. По его словам, эта фирма рассчитывала к концу 1991 г. запросить у FDA разрешение на проведение испытаний фосфортиоатов для борьбы с вирусом папилломы челове-

ка, вызывающим бородавки на половых органах. Он сообщил также, что Isis Pharmaceuticals применяла фосфортиоаты для герпесного заболевания глаз в опытах на мышах, хотя в этих опытах не было контроля со случайными последовательностями оснований.

В этом споре на сторону Крука встал главный редактор журнала «Antisense Research and Development» А. Криг из Айовского университета. Он провел систематическое сравнение антисмысловых соединений и отметил, что оба их типа по непонятной причине не дают эффекта в некоторых испытаниях. Однако, по его мнению, большинство исследователей считают, что разработанные Цо метилфосфонаты «гораздо хуже», отчасти из-за необходимости использовать в 100 раз большие их концентрации, чем в случае фосфортиоатов, для получения равнозначного результата.

Прежде чем антисмысловые соединения станут эффективными лекарствами, придется преодолеть серьезные трудности. Криг указывает на сложность поиска устойчивых веществ, достаточно растворимых, чтобы проникать в клетки, и не вызывающих иммунных реакций. По его мнению, иммунный ответ на нуклеиновую кислоту чреват смертельно опасным заболеванием — системной красной волчанкой. Вызывает беспокойство также стоимость этих лекарств. Он полагает, что их системному использова-

нию может предшествовать местное. Многие из антисмысловых препаратов, запланированных к производству в Genta, рассчитаны именно на такое применение. «Выбирать наилучшую технологию прямо сейчас нет смысла», — говорит президент корпорации Synthecell в Роквилле (шт. Мэриленд) Д. Хокинз. — Может, например, оказаться, что метилфосфонаты лучше как местные средства, а фосфортиоаты — как системные».

Многие фирмы, включая Isis Pharmaceuticals, сейчас работают над совершенно новыми классами антисмысловых соединений, в которых модифицирован не только «скелет», но и углеводные компоненты ДНК. Фирма Amgen в Таузенд-Окс (шт. Калифорния) недавно организовала «антисмысловое» отделение и подала заявку на патентование нескольких аналогов ДНК. Другие компании, в частности Triplex Pharmaceuticals в Те-Вудленде (шт. Техас), разрабатывают антисмысловые агенты, связывающиеся с двухцепочечной ДНК. Получить их сложнее, но действие таких веществ может оказаться более специфичным.

Споры вокруг химических вопросов, похоже, не замедлят развития событий. «Первое поколение антисмысловых соединений сейчас на пути в клинику, однако следующее поколение препаратов еще привлекательнее», — говорит Крук, как всегда с оптимизмом смотрящий в будущее. — Прогресс превзошел все ожидания».

Тим Бердсли

### Глубокие разногласия

НА ДНЕ океана, в нескольких тысячах метров под волнующейся поверхностью раскинулись обширные равнины. Называемые абиссальными, эти равнины занимают 80% площади подводного мира. Местами их сотрясают глубоководные штормы, другие места пребывают в относительном покое. И хотя на таких глубинах и при таких давлениях жизнь кажется явлением маловероятным, погруженные во мрак абиссальные равнины служат домом для многих редких и необычных живых существ, представляющих все биологические типы.

Абиссали могут стать и «хранилищами» отходов человеческой цивилизации. Ряд специалистов из Океанографического института в Вудс-Холе (WHOI) предложили провести всесторонние исследования с целью изучения последствий, в том числе биологического характера, захоронения

больших количеств таких веществ, как переработанные сточные воды, или отстой, в глубоких слоях океана. Эти ученые исходят из того, что места на суше уже не хватает, а загрязнение подземных вод несет угрозу здоровью людей. В этих условиях абиссальные равнины, по их мнению, могут стать безопасными хранилищами отстоя.

По крайней мере, считают океанографы, для того чтобы определить приемлемость выдвигаемого предложения, необходимо провести специальное научное исследование. «Возможно, мы обнаружим, что эта идея ужасна», — говорит Джон Фаррингтон, заместитель директора по вопросам образования WHOI, но добавляет: — Мне не нравится, когда исключают какие-то варианты решений, не получив всех аргументов в ходе обстоятельных исследований. Следует провести эксперимент для оценки влияния сброса отходов на дно».

Другие ученые выступают против этой идеи. «По-моему мнению, это никуда не годное и возмутительное предложение», — с жаром восклицает Джордж Вудвелл, директор Вудс-Холского исследовательского центра. — Нам не нужны дальнейшие исследования по вопросу, как истощить океанские системы».

Предложение, выдвинутое на конференции в WHOI в январе 1991 г., станет предметом слушаний в конгрессе США в этом году. Оно появилось в тот самый момент, когда в США сброс сточных вод в море прекращается. В соответствии с Законом о захоронении отходов в океане от 1988 г. к концу 1991 г. были прекращены все сбросы городских сточных вод на побережье. Исключение составляет Нью-Йорк, который, несмотря на высокие штрафы, будет продолжать сливать отходы в море вплоть до июня этого года.

«Прибрежные районы сами отучаются от того, чтобы сбрасывать отходы в океан», — говорит Сара Кларк, исследователь из Фонда защиты окружающей среды. — Природоохранительные организации работают над проблемой, как сделать отстой ценным сырьем. Решить эту проблему будет труднее, если появятся новые возможности для захоронения отстоя».

По словам Кларк, значительная часть отстоя найдет применение для так называемого «выгодного вторичного использования» в качестве удобрений или искусственной почвы. Действительно, по данным Агентства по охране окружающей среды (EPA), такому повторному использованию в США подвергается почти по-



В ГЛУБИНАХ океана, на самом дне, обитают живые организмы, такие как хрупкие морские звезды. Фото: Фредерик Грассл.

ловина отстоя. Ожидается, что в скором времени агентство введет дополнительные ограничения на допустимые количества вредных веществ в отстое, что заставит американцев стремиться к более чистым видам отходов.

Отстой, по данным EPA, — это лишь незначительная часть всех отходов, сбрасываемых в океан. Захоронение промышленных отходов прекратилось в 1988 г., однако 90% сбросов в океан составляет пустая порода: ежегодно в 110 местах на побережье в океан сбрасывается от 50 до 65 млн. кубометров такого мокрого материала. Ожидалось, что EPA утвердит новые правила контроля за пустой породой (часто содержащей тяжелые металлы) в 1991 г. Теперь появление новых нормативов ожидают в конце 1992 г. Муссируя вопрос об отстоях, говорит Кларк, некоторые исследователи из WHOI «привлекают внимание к таким видам сбросов, которые на самом деле требуют наименьшего внимания».

Кроме того, по мнению Кларк и других, захоронение может привести к вредным последствиям. При этом они указывают на недавнее обследование одной океанской свалки, принимающей отстой из штатов Нью-Джерси и Нью-Йорк. Начиная с 1986 г. более 38 млн. тонн отстоя было захоронено в «точке 106», названной так, поскольку она расположена в 106 милях к юго-востоку от Нью-Йорка. Ученые обнаружили, что сообщество придонных организмов в этом месте изменилось: появились крупные организмы, питающиеся падалью, возросло количество существ, которые, как правило, не живут в этом районе. В пище-

вой цепи были обнаружены загрязняющие вещества.

Сторонники проведения эксперимента по исследованию влияния захоронения отстоя на дне считают, однако, что выбор глубоководных районов может решить серьезную проблему и что биологические эффекты будут иметь ограниченный характер и не станут угрозой здоровью человека. «Если отстой чистый, вы можете разместить его где угодно, проблема, однако, в том, что наши отстой не являются чистыми, — говорит Джудит Макдауэлл Капуццо, биолог из WHOI. — Важное свойство абиссальных равнин — это то, что захороненные в их пределах вещества не возвращаются на сушу, где проживают люди».

В своем настоящем виде предложение предусматривает размещение 1 млн. тонн отстоя в год в течение 10 лет на абиссальной равнине Хаттерас в Атлантическом океане. Недавние исследования позволили выявить процессы переноса веществ в глубоководные зоны океана и из них, однако, как полагают исследователи, эти процессы не приведут к тому, что бактерии или токсины, содержащиеся в фекалиях, вернутся на сушу. Например, изучение циркуляции радионуклидов, поступающих из перерабатывающего завода в Селлафилде в Великобритании, показало, что эти радиоактивные вещества движутся от берега через Ирландское море в Арктический бассейн, а затем на юг в глубинные течения у Северной Америки и не возвращаются к берегу.

Вместе с тем многое еще остается неизвестным. Сезонный подъем глубинных вод, при котором на поверхность попадают икринки некоторых глубоководных организмов, показывает, что вещества могут подниматься к поверхности. Кроме того, как считает Мартин Энджел, биолог из Института океанографических наук в Великобритании, присутствовавший на конференции в Вудс-Холе, «мы очень мало знаем об обмене между прибрежными и глубинными водами». У специалистов по охране окружающей среды имеются, по мнению Энджела, серьезные аргументы. «Вы плохо знаете мелководье, — говорят они, — так зачем же портить и прибрежные, и глубинные воды?» Тем не менее, считает Энджел, отвести часть океанского дна под свалки, — «это не страшнее, чем спилить деревья на заднем дворе дома. Мы считаем, что загрязнение будет сильно локализовано».

Другие исследователи убеждены, что на самом деле загрязняющие вещества уже достигли абиссали и что

их воздействие остается неопределенным. «В глубоких слоях океана наблюдается увеличение количества загрязняющих веществ и мы должны следить за этим процессом», — отмечает Фредерик Грасел, директор Института морских и прибрежных наук при Университете Ратгерса. В некоторых глубоководных организмах найдены химические вещества промышленной природы, такие, как полихлордифенилы.

С точки зрения большинства океанографов, все возникающие в ходе обсуждения вопросы ставят интереснейшие проблемы и побуждают к исследованиям; такую же роль играет и возможность отыскать решение проблемы захоронения отходов. Майкл Ботнер, сотрудник Геологической службы США в Вудс-Холе, отмечает: «Проблема отходов должна быть адресована всей стране в самом общем виде. Нам просто начинает не хватать места».

До сих пор не проводилось никаких исследований по захоронению отходов на абиссальных равнинах. Однако, по мнению Вудвелла, исследование не должно концентрироваться на проблеме отстоя. От считает, что появление нынешнего проекта объясняется желанием ряда ученых восполнить нехватку средств на исследование глубокого океана, а также мотивами «исторического» характера. (Одним из защитников идеи является Чарлз Холлистер, старший научный сотрудник WHOI, который выступал за размещение в глубинах океана радиоактивных отходов.) Макдауэлл Капуццо отвергает эти предположения. «Мои личные интересы тут не причем», — говорит он.

Слушания в конгрессе покажут, допускает ли закон исключение для предлагаемого эксперимента. По свидетельству одного сотрудника из персонала Комитета по торговому мореходству и рыболовству, значительное давление оказывает лобби, представляющее интересы компании Amenco, и ее юрист Барт Фишер из Вашингтонской фирмы Patton, Boggs and Blow. Фишер представляет интересы изобретателя Александра Копсона, который сконструировал 1000-тонные колоколы, позволяющие отправить отстой на дно без утечки. В противоположность этому, отмечает вышеупомянутое лицо, лобби, которое бы представляло ученых из WHOI, отсутствует. Фишер говорит, что, если законодатели дадут в конце концов свое разрешение, Amenco приступит к проведению глубоководных исследований на основе частного финансирования.

Каков бы ни был результат слуша-

ний, большинство ученых поддерживают идею эксперимента, поддерживают, несмотря на неопределенности, а точнее, по причине этих неопределенностей. «Вы хотите закрыть проблему, основываясь на эмоциях или на балансе научных и общественных потребностей?» — вопрошает Макдауэлл Капуццо.

Маргарита Холлоуэй

### Томас Айснер: человек, который любит насекомых

БОЛЕЕ часа Томас Айснер изготовлял ящичек для занятий, которые он называет химической разведкой. «Природа, — утверждает он, — это огромный неисследованный источник потенциально полезных химических веществ, которые могут служить, например, лекарствами от рака, диабета или от обычной простуды. Извлекая эти соединения из растений, насекомых и других живых организмов, можно с лихвой компенсировать расходы на охрану природы». Айснер, профессор биологии Корнеллского университета, является первопроходцем в области, называемой химической экологией.

Сухошапый Айснер, который в свои 62 года шеголяет длинными, по моде 1960-х годов, бакенбардами, в последнее время многократно излагал свое мнение политикам, промышленникам, а также журналистам и уже устал от этого, что слегка дает о себе знать. Он так и сыплет словами, и, когда замолкает, чтобы потереть глаза, я напоминаю об обещании показать жуков-бомбардиров, названных так за способность как бы обстреливать нападающих выбрасываемой под большим давлением жидкостью.

«И верно!» — восклицает Айснер. Он выскакивает из своего кабинета и буквально через минуту возвращается с пластиковым коробком. Осторожно поставив этот «домик» на стол, профессор всматривается в его обитателей — несколько десятков неприметных буроватых жучков — с невольным восхищением: «Красавцы, не правда ли?»

Да, скажем прямо: Томас Айснер любит жуков. Он превратил детское увлечение в жизненное призвание и сделал неплохую карьеру, став одним из ведущих специалистов по насекомым, особенно в том, что касается роли различных химических веществ в стратегиях выживания этих животных. Объясняя, в чем тут дело, он приводит на редкость убедительные примеры: у некоторых бабочек горькая пища делает самца отвратитель-

ным для пауков, но привлекательным для самок своего вида, а также самок светляков, которые хитро заманивают, а затем пожирают самцов другого вида, содержащих много яда, отпугивающего хищников. Выдающийся энтомолог и социобиолог Э. Уилсон из Гарвардского университета, бывший однокашник Айснера, называет его «Сера\* в эволюционной биологии».

Айснера интересуют не только насекомые. Он активист охраны природы, а кроме того, выступал за права ученых в тоталитарных государствах и за контроль рождаемости во всем мире. Страстный музыкант, Айснер играет на пианино и в Корнеллском университете руководит любительским оркестром, девиз которого, как говорит он, перефразируя замечание Марка Твена о Вагнере: «Мы не так плохи, как наши звуки». Однако, если бы на бампере его автомобиля была наклеена надпись, она почти наверняка гласила бы: «Предпочитаю наблюдать жуков».

Похоже, действительность всегда нарушала его безмятежные занятия жуками. Айснер родился в 1929 г. в Берлине; отец его был иудеем, а мать — христианкой. Когда в 1933 г. пришли к власти нацисты, семья бежала в Испанию, где вскоре разразилась гражданская война. Одно из самых ранних воспоминаний Айснера — как он сидит в песочнице в Барселоне, лова и рассматривая своих любимцев, а в это время на улице взрывается и врывается в соседний дом машина, начиненная динамитом. Айснер вспоминает, что был не испуган, а раздосадован тем, что игра с насекомыми прервалась.

В 1937 г. семья Айснеров покинула Европу и отправилась морем в Южную Америку, где в конце концов осела в Монтевидео (Уругвай) — настоящим раем для юного любителя насекомых. Он превратил свою комнату в зверинец из тропических бабочек, жуков, пауков и муравьев. «Никто, кроме меня, не отваживался туда заходить, — хвастается он. — Я не нуждался в приятелях для игр». И, подумав мгновенье, добавляет: «Наверное, я был очень странным ребенком».

Помимо всего прочего Айснер от рождения обладает необычайной чувствительностью и страстью к запахам. «По сути я — это нос, к которому приделан человек», — замечает он, связывая эту свою черту с тем, что отец, будучи профессиональным хи-

\* Имеется в виду французский художник-пуантилист Жорж Сера (1859—1891). — Прим. ред.



Нос с прицепленным к нему человеком — так характеризует себя Айснер, выдающийся специалист по расшифровке химических сигналов насекомых. (Фотография Роберта Прочноу.)

миком, изготовлял на дому парфюмерию. Айснер-сын при встрече с незнакомым человеком иногда старался как-нибудь понюхать его; он заметил также, что многие насекомые испускают резкий запах.

В 1947 г. Айснеры переехали в Нью-Йорк, и вскоре после этого юноша попробовал поступить в ряд престижных колледжей, но безуспешно. (Теперь ему доставляет удовольствие показывать посетителям висевшее на стене кабинета письмо с отказом из Корнеллского университета.) Наконец Айснер стал говорить по-английски лучше (его первыми языками были немецкий и испанский) и, «отбыв срок» в двухгодичном колледже, перевелся в Гарвард, где в 1955 г. получил докторскую степень по биологии.

В 1950-е годы, как подчеркивает Айснер, биологи только начинали догадываться, какую роль в поведении насекомых играют такие химические факторы, как вкус и запах. Собственный интерес Айснера к этой проблеме вспыхнул частично из-за статьи о том, как медоносные пчелы замысловатыми танцами рассказывают друг другу об особенностях своего улья о местона-

хождении источников нектара. Вспомнив своеобразные запахи уругвайских насекомых, Айснер был поражен мыслью о том, как много может существовать различных химических сигналов по сравнению со слуховыми или зрительными.

Став в 1957 г. профессором Корнеллского университета, Айснер занялся этим вопросом всерьез. Поскольку в химии он был не силен, к исследованиям пришлось привлечь специалиста по органической химии, работавшего в том же учреждении — Джералда Мейнуолла, который остался ближайшим сотрудником Айснера и впоследствии. (Мейнуолл тоже иногда играет на флейте в «не таком плохом, как его звуки», оркестре.) «Всеми своими достижениями более чем за 30 последних лет я по крайней мере на 50% обязан ему», — говорит Айснер.

Открытия этого дуэта обычно вырастали из какого-нибудь простого наблюдения Айснера, заставлявшего его, подобно любопытному ребенку спрашивать: «Почему?» Как-то он заметил, что паук выпутывает ярко окрашенного самца бабочки из тенет вместо того, чтобы поедать его. По-



чему? Оказывается, бабочки этого вида на стадии гусеницы питаются растениями, содержащими невкусные для пауков алкалоиды.

Как установили Айснер и Мейнуолд, эти алкалоиды служат также своего рода духами, помогающими самцу привлечь партнершу. «Чтобы она согласилась с ним спариться, он должен убедительно продемонстрировать, как много токсина запасено им для избранницы, — поясняет Айснер. — Если недостаточно, она пошлет его к черту». Почему? Потому что токсин из семени самца переходит в откладываемые самкой яйца и защищает их от хищников.

Секрет «роковой фосфорической женщины» раскрылся, когда Айснер заметил, как одна из его ручных птиц — пестрый американский дрозд — с удовольствием ест светляков одних видов и решительно отказывается от других. Изучая этот вопрос, он и Мейнуолд установили, что «забракованные» светляки содержат ядовитый стероид, отсутствующий у съедобных.

Затем исследователи обнаружили, как самки одного неядовитого вида часто привлекают и поедают самцов вида, богатого ядовитым стероидом, имитируя брачную демонстрацию самок того вида. Таким способом самозванки защищают и себя самих, и свои яйца. «Все ради заботы о потомстве», — говорит Айснер.

В картотеке ученого есть еще один интересный случай обмана с целью убийства. Речь идет о пушистых тлях. Эти насекомые, восковой покров которых напоминает овечью шерсть, выделяют нектар, обожаемый муравьями. Муравьи не убивают тлей, а сгоняют в стада, «доят» и защищают от хищников.

Наблюдая одно такое стадо, Айснер заметил в нем несколько необычно быстро спящих особей. При ближайшем рассмотрении оказалось, что это не тли, а личинки златоглазки — смертельно опасного для них хищника. Они, как выяснилось, покрыли себя пушистым воском, снятым с тлей. В результате, замаскировавшись как с виду, так и по запаху от «сторожевых собак» — муравьев, эти «волки в овечьей шкуре» могли всю пожирать тлей.

Конечно, нельзя не упомянуть и о таком чуде инженерной мысли Природы, как жуки-бомбардиры. Впервые Айснер открыл их для себя в аспирантуре, когда, подлаившись порыву, взял в рот одного из них. Он утверждает, что лишь следовал примеру своего великого предшественника: «Бомбардир там был или нет, но Дарвин описывает, как взял жука в рот, по-

*По словам Айснера, усилия по охране природы ни к чему не приведут, если общество не осознает, что главная угроза — это перенаселенность.*

скольку ему понадобились обе руки, чтобы поймать еще пару жуков». Дарвин, как и Айснер, почувствовал во рту жжение и раздражение. «Он был настолько поражен, что выронил двух остальных жуков, — замечает Айснер. — За двумя зайцами погоняться...».

Впоследствии он вместе с сотрудниками, в частности с Дейниэлом Эйншанли из Корнеллского университета, обнаружил, что у жуков-бомбардиров разбрызгиваемый токсин синтезируется из двух веществ в реакционной камере брюшка. Интенсивное выделение тепла в ходе этой реакции приводит к вскипанию реакционной смеси. Других биологических процессов с таким повышением температуры неизвестно.

Обратившись за помощью к покойному Харолду Элджертоу из Массачусетского технологического института, который был виртуозом скоростной фотосъемки, ученые установили, что жук выбрасывает находящуюся под давлением обжигающую жидкость прерывистой струей через два управляемых «сопла» в задней стенке реакционной камеры. («Делать маленькое открытие, касающееся насекомых, а в конечном счете узнаешь что-то новое о людях», — говорит Айснер.) Вся эта конструкция напоминает немецкий реактивный снаряд «Фау-1». «Креационисты взяли его как пример структуры, которая не могла возникнуть без Творца», — усмехается Айснер.

Айснер всегда и везде пользуется любой возможностью делать открытия — в лесах около своего дома в Итаке (шт. Нью-Йорк), на Арчболдской биологической станции в Лейк-Плэсид (шт. Флорида), где он проводит многие исследования, и т. д. «Завершая где-нибудь очередную работу, — говорит он, — я стараюсь продлить пребывание там на пару дней и в это время ничего не делаю, а только смотрю вокруг. Вот тогда-то я и чувствую себя вновь так, будто мне восемь-девять лет». Он извлек выгоду даже из своего страха перед путешествиями самолетом: «Я еду себе на машине, могу останавливаться через каждые 50 или 100 миль и рассматривать интересных насекомых на обочине дороги».

Однако по мере углубления любви

Айснера к природе в нем рос и страх за ее будущее. Охраной окружающей среды он занимался на протяжении всей своей карьеры; например, в конце 1960-х годов при участии Уилсона добился охраны одного из островов архипелага Флорида-Кис, в начале 1970-х годов помог провести закон о создании в Техасе заповедника «Биг-Тикет».

Однако Айснер все более ощущал, что не может просто ратовать за охрану среды ради нее самой. В 1989 г. он стал выступать с предложениями о том, чтобы государства получали какую-либо выгоду от дикой природы на своей территории за счет продажи промышленникам «лицензий» на проведение в ней «химической разведки». «Иногда я чувствую себя неловко в роли рыночного экономиста, — признается Айснер. — Однако создание заповедных территорий отражается на жизни их населения».

Айснер не понаслышке знает о коммерческом потенциале природных соединений. Ведь именно он вместе с Мейнуолдом обнаружил многоножку, накапливающую алкалоид, который является мощным репеллентом для насекомых; светляка, содержащего в большом количестве вещество, напоминающее сердечный стимулятор из наперстянки; жука, имеющего соединение, сходное с одним хорошо известным успокаивающим средством. Кроме того, в последние годы существенно усовершенствовались методы обнаружения и синтеза полезных соединений.

Пользуясь такими аргументами, Айснер недавно помог убедить гигантскую фармацевтическую компанию Merck вложить 1 млн «баксов» в один из заповедных дождевых лесов Коста-Рики в обмен на доступ к заключенным в нем химическим веществам. Он надеется, что другие фирмы последуют этому примеру.

Однако, как подчеркивает Айснер, вне зависимости от того, насколько успешны эти природоохранные программы, они потерпят крах, если люди не научатся обуздывать рост народонаселения. «Если бы мне назвали способ конструктивного подхода к перенаселенности, я бросил бы все и посвятил себя его воплощению в жизнь», — горячо говорит он.

Ну, может, и не все. В последние месяцы пропаганда «химической разведки» отнимает у Айснера необычно много времени, однако в ближайший уик-энд он рассчитывает выкроить время для наблюдения за жуками. «У меня есть лаборатория сразу же за порогом дома, — говорит он. — В воскресенье проведу там целый день. Я готов к открытиям». *Джон Хорган*

Эссе

## Почему только модель расширяющейся Вселенной?



ДЖЕФФРИ БЕРБИДЖ

НИ ОДНА космологическая теория за всю историю западной цивилизации, вероятно, не пользовалась такой популярностью, как теория расширяющейся Вселенной (часто называемая моделью Большого взрыва). Однако в основе этой теории лежат многие непроверенные и в некоторых случаях неподдающиеся проверке предположения. Широкое распространение этой космологической модели отражает веру в нее как в объективную истину.

Однако и в настоящее время темп ее распространения ошеломляет. Международные конференции по космологии (посвященные, естественно, стандартной космологической модели) проходят в среднем раз в месяц. Пространственные сообщения опубликованные в "New York Times", лондонском журнале "Economist" и "Wall Street Journal" — все они включали интервью только с последователями теории расширяющейся Вселенной. В популярных книгах, например в книге С. Вайнберга «Первые три минуты» ("The First Three Minutes"), вообще не упоминаются другие космологические модели.

Как правило, новые научные идеи выдвигаются молодыми учеными, взгляды которых часто не совпадают с общепринятыми. Но современное молодое поколение космологов еще более нетерпимо к тем, кто сомневается в стандартной космологической модели, чем их старшие коллеги. Хуже всего то, что в учебниках астрономии космология описывается сейчас как нечто завершенное. Авторы учебников, утверждают, что правильная теория уже найдена.

Такое слепое следование догме не случайно. Научный прогресс зависит от возможностей финансирования, наличия оборудования и журналов, в которых публикуются результаты исследований. Путь к этим источникам лежит через всестороннее обсуждение научных результатов среди специалистов.

Те, кому неоднократно пришлось с этим столкнуться, знают, что обсуждение на таком уровне равносильно

цензуре. Чрезвычайно трудно получить финансовую поддержку или время для наблюдений на телескопе, не имея положительного отзыва на свою работу. Несколько лет назад Х. Арпу было отказано в наблюдениях на Обсерваториях Маунт-Вилсон и Маунт-Паломар, поскольку целью его исследований были поиски свидетельств против стандартной космологической модели. Статьи, в которых отрицаются общепринятые взгляды, не печатаются годами или задерживаются рецензентами. Такое же отношение характерно и для академии. Держу пари, что ни один начинающий исследователь не осмелится запятнать научную карьеру эссе, подобными этому.

Это особенно тревожно, потому что есть немало причин считать стандартную космологическую модель далеко не безупречной. Один из таких признаков связан с временной шкалой. Согласно наиболее популярной версии теории расширяющейся Вселенной, ее возраст составляет от 7 до 13 млрд. лет. Такой диапазон связан с неопределенностью скорости расширения Вселенной, называемой постоянной Хаббла.

Из сравнения данных наблюдений и расчетов, выполненных в рамках теории звездной эволюции, следует, что возраст самых старых известных звезд составляет от 13 до 15 млрд. лет с неопределенностью  $\pm 20\%$ . Время существования химических элементов в Солнечной системе по измерениям времени жизни тяжелых радиоактивных изотопов составляет около 15 млрд. лет (также с некоторой неопределенностью). Если принять максимальное значение постоянной Хаббла и, следовательно, минимальный возраст Вселенной, то простейшая космологическая модель терпит фиаско, потому что Вселенная не может быть моложе составляющих ее объектов. Если же выбрать низкое значение постоянной Хаббла, то появляется много новых проблем.

Вместо того чтобы рассматри-

вать альтернативные модели, космологи принимают такую скорость расширения, которая согласовывалась бы с возрастом самых старых звезд, или выбирают другой путь — модификацию модели расширяющейся Вселенной путем введения произвольного параметра, называемого космологической постоянной. В этой версии эволюция Вселенной из сингулярного состояния включает период медленного расширения, вновь сменяющийся быстрым расширением.

Предсказанное теорией расширяющейся Вселенной всепроникающее микроволновое фоновое излучение рассматривается как одно из сильнейших свидетельств в ее пользу. Однако современные измерения показали, что фоновое излучение распределено чрезвычайно равномерно. В то же время в распределении галактик выявляется скупивание во всех масштабах.

Согласно стандартной космологической модели, в ранней Вселенной вещество и излучение были сильно взаимосвязаны, но позднее произошло их разделение. В таком случае микроволновое фоновое излучение должно сохранять следы скупивания вещества, приведшего к образованию галактик. Но в распределении фонового излучения не наблюдается неоднородностей по крайней мере с точностью 1:100 000, близкой к тому уровню, при котором следует отказаться от теории расширяющейся Вселенной или же принимать ее в значительно модифицированном виде.

Образование галактик и более крупных структур не находит объяснения в рамках модели Большого взрыва. Галактики в расширяющейся Вселенной не могут образоваться в результате гравитационного коллапса, если только не принять за аксиому, что в ранней Вселенной присутствовали большие флуктуации плотности. Используя результаты физики элементарных частиц, космологи теперь предполагают, что эти флуктуации возникли на ранних стадиях расширения или были вызваны такими экзотическими образованиями, как космические струны. Ни одна из этих идей не может быть проверена непосредственно.

В теории раздувающейся Вселенной, фаворите последнего десятилетия, утверждается, что однородность фонового излучения и количество вещества во Вселенной можно объяснить периодом чрезвычайно быстрого расширения (раздувания, или инфляции) в ранней Вселенной. Но идея инфляции также не поддается непосредственной проверке.

Эта форма инфляции произвольна, и когда она утратит свою популярность (а из истории науки следует, что это неминуемо), наши потомки будут

удивляться, почему она была так популярна. Идея инфляции естественно вписывается в модель стационарной Вселенной. На мой взгляд, версия, недавно описанная Х. Арпом, Ф. Хойлом, Дж. Нарликар, Н. Викрамансингхом и мною, имеет заметные преимущества. Согласно этой модели, происходит «непрерывное творение» в виде серии малых расширений из сингулярного состояния; при этом микроволновое излучение генерируется галактиками и никогда не было связано с ними. Это одна из альтернативных моделей, способных объяс-

нить все имеющиеся данные наблюдений; возможны и другие модели.

Почему же теория расширяющейся Вселенной так глубоко проникла в современные представления? Все меняется со временем, кроме законов физики. Отсюда следуют два непреложных факта — акт «творения» и соответствующие законы физики, описывающие этот процесс. В конечном итоге теория расширяющейся Вселенной отражает поиски «творения и начала». Но место этим поискам — в метафизике, а не в науке.

## Библиография

### БЕЖЕНЦЫ ИЗ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ И УСПЕХИ В УЧЕБЕ

CHALLENGE TO AMERICAN SCHOOLS: THE CASE FOR STANDARDS AND VALUES. Edited by John H. Bunzel. Oxford University Press, 1985.

CULTURAL VARIATIONS IN FAMILY BELIEFS ABOUT CHILDREN'S PERFORMANCE IN MATHEMATICS: COMPARISONS AMONG PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, CHINESE-AMERICAN, AND CAUCASIAN-AMERICAN FAMILIES. R. D. Hess et al. in *Journal of Educational Psychology*, Vol. 79, No. 2, pages 179—188; June 1987.

THE BOAT PEOPLE AND ACHIEVEMENT IN AMERICA: A STUDY OF FAMILY LIFE, HARD WORK, AND CULTURAL VALUES. Nathan Caplan et al. University of Michigan Press, 1989.

REFUGEES AS IMMIGRANTS: CAMBODIANS, LAOTIANS, AND VIETNAMESE IN AMERICA. Edited by David W. Haines. Rowman & Littlefield Publishers, 1989.

### ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ В РАЙОНЕ МАРИАНСКИХ ОСТРОВОВ

SEAMOUNTS, ISLANDS, AND ATOLIS. Edited by Barbara H. Keating et al. Geophysical Monograph Series, No. 43, American Geophysical Union, 1987.

PLUMBING THE PACIFIC SINKS. Leg 125 Shipboard Scientific Party in *Nature*, Vol. 339, No. 6224, pages 427—428; June 8, 1989.

ODP LEG 125 DRILLS FOREARC CRUST, MANTLE. Leg 125 Scientific Drilling Party in *Geotimes*, Vol. 34, No. 7, pages 18—20; July 1989.

PROCEEDINGS OF THE OCEAN

DRILLING PROGRAM, INITIAL REPORTS, Vol. 125. Edited by Patricia Fryer et al. Texas A&M University, Ocean Drilling Program, 1990.

### ИНВАЗИЯ И МЕТАСТАЗИРОВАНИЕ РАКОВЫХ КЛЕТОК

CANCER METASTASIS AND ANGIOGENESIS: AN IMBALANCE OF POSITIVE AND NEGATIVE REGULATION. Lance A. Liotta, Patricia S. Steeg and William G. Stetler-Stevenson in *Cell*, Vol. 64, No. 2, pages 327—336; January 25, 1991.

EXPRESSION OF THE ANTIMETASTATIC GENE NM23 IN HUMAN BREAST CANCER: AN ASSOCIATION WITH GOOD PROGNOSIS. Colm Hennessy, James A. Henry, Felicity E. B. May, Bruce R. Westley, Brian Angus and Thomas W. J. Lennard in *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 83, No. 4, pages 281—285; February 20, 1991.

REDUCED TUMOR INCIDENCE, METASTATIC POTENTIAL, AND CYTOKINE RESPONSIVENESS OF nm23-TRANSFECTED MELANOMA CELLS. Alvaro Leone, Ursula Flatow, C. Richter King, Mary Ann Sandeen, Inger M. K. Margulies, Lance A. Liotta and Patricia S. Steeg in *Cell*, Vol. 65, No. 1, pages 25—35; April 5, 1991.

### МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ОСТРОВНОЙ ЕВРОПЫ

EUROTAMANDUA JORESI: EIN MYRMECOPHAGIDE AUS DEM EOZÄN DER "GRUBE MESSEL" BEI DARMSTADT (MAMMALIA,

XENARTHRA). *Gerhard Storch in Senckenbergiana Lethaea*, Vol. 61, Nos. 3—6, pages 247—289; 1981.

MAMMALIAN PALEOFAUNAS OF THE WORLD. Donald E. Savage and Donald E. Russell. Addison-Wesley Publishing, 1983.

DER EOZÄNE MESSELSEE: EOCENE LAKE MESSEL. Edited by J. L. Franzen and W. Michaelis. *Courier Forschungs-institut Senckenberg*, 1988.

MESSEL: INSIGHT INTO THE HISTORY OF LIFE AND OF THE EARTH. Edited by Stephan Schaal and Willi Ziegler. Oxford University Press (in press).

### ЛАЗЕРНЫЙ ЗАХВАТ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

LASER SPECTROSCOPY OF TRAPPED ATOMIC IONS. Wayne M. Itano, J. C. Bergquist and D. J. Wineland in *Science*, Vol. 237, pages 612—617; August 7, 1987.

COOLING, STOPPING, AND TRAPPING ATOMS. William D. Phillips, Phillip L. Gould and Paul D. Lett in *Science*, Vol. 239, pages 877—883; February 19, 1988.

NEW MECHANISMS FOR LASER COOLING. C. N. Cohen-Tannoudji and W. D. Phillips in *Physics Today*, Vol. 43, No. 10, pages 33—40; October 1990.

LASER MANIPULATION OF ATOMS AND PARTICLES. Steven Chu in *Science*, Vol. 253, pages 861—866; August 23, 1991.

### БИРЮЗА В ДОКОЛУМБОВОЙ АМЕРИКЕ

TURQUOISE MOSAICS FROM MEXICO. Elizabeth Carmichael. Trustees of the British Museum, 1970.

TURQUOISE SOURCES AND SOURCE ANALYSIS: MESOAMERICA AND THE SOUTHWESTERN U.S.A. P. C. Weigand, G. Harbottle and E. V. Sayre in *Exchange Systems in Prehistory*. Edited by T. K. Earle and J. E. Ericson. Academic Press, 1977.

CHEMICAL CHARACTERIZATION IN ARCHAEOLOGY. Garman Harbottle in *Contexts for Prehistory Exchange*. Edited by Jonathan E. Ericson and Timothy K. Earle. Academic Press, 1982.

MINING AND MINING TECHNIQUES IN ANCIENT MESOAMERICA. Edited by Phil C. Weigand and Gretchen Gwynne in *Anthropology*, Vol. 6, Nos. 1—2; May-December 1982.

### НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ

SERGIEI CHETVERIKOV, THE KOL'TSOV INSTITUTE, AND THE EVOLUTIONARY

## Вниманию читателей!

### НАПОМИНАЕМ АДРЕСА МАГАЗИНОВ — ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА «МИР»

480064 Алма-Ата,  
просп. Абая, 35,  
магазин «Прогресс»

370105 Баку,  
ул. Кецховели,  
556/557, квартал № 17, магазин № 28

232000 Вильнюс,  
просп. Ленина, 29,  
магазин «Техника»

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»

125315 Москва,  
Ленинградский просп., 78,  
магазин № 19 «Мир»

630091 Новосибирск,  
Красный просп., 60,  
магазин № 7  
«Техническая книга»



SYNTHESIS. Mark B. Adams in *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology*. Edited by Ernst Mayr and William B. Provine. Harvard University Press, 1980.

TIMOFEEFF-RESSOVSKY, NIKOLAI VLADIMIROVICH. Bentley Glass in *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. 18, Supplement II. Edited by Frederic L. Holmes. Charles Scribner's Sons, 1990.

IN DEFENSE OF TIMOFEEFF-RESSOVSKY. Raissa L. Berg in *Quarterly-Review of Biology*, Vol. 65, No. 4, pages 457—479; December 1990.

BIOLOGICAL RESEARCH OF UNIVERSITIES AND KAISER WILHELM INSTITUTES IN NAZI GERMANY. Ute Deichmann and Benno Müller-Hill in *Science, Technology, and National Socialism*. Edited by Monika Renneberg and Mark Walker. Cambridge University Press (in press).

SCIENTIFIC RESEARCH IN NATIONAL SOCIALIST GERMANY. Kristie Macrakis. Oxford University Press (in press).

### СОВЕРШЕНСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ

DIGITAL TELEVISION. Edited by C. P. Sandbank. John Wiley & Sons, 1990.

FUNDAMENTALS OF ELECTRONIC IMAGING SYSTEMS: SOME ASPECTS OF IMAGE PROCESSING. William F. Schreiber. Springer-Verlag, 1991.

PROCEEDINGS OF THE FOURTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON HDTV AND BEYOND, 4—6 September 1991, Turin, Italy. Supported by Istituto Internazionale delle Comunicazioni, Genova, Italy.

HIGH DEFINITION TELEVISION: PROGRESS AND PROSPECTS: A MATURING TECHNOLOGY IN SEARCH OF A MARKET. Economist Intelligence Unit, Special Report No. 2189, October 1991.

### ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

THE PROBLEM OF THE THIRTEEN SPHERES. John Leech in *Mathematical Gazette*, Vol. 40, No. 331, pages 22—23; February 1956.

SPHERE PACKINGS, LATTICES AND GROUPS. John Horton Conway and Neil J. A. Sloane. Springer-Verlag, 1988.

SPHERE PACKINGS AND SPHERICAL GEOMETRY — KEPLER'S CONJECTURE AND BEYOND, preprint. Wu-Yi Hsiang, Center for Pure and Applied Mathematics, University of California, Berkeley, July 1991.

## В МИРЕ НАУКИ

Учредитель:  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»  
Издание  
зарегистрировано  
в Госкомпечати СССР,  
рег. № 1342

Подписано в печать 27.05.92.  
По оригинал-макету. Формат 60 × 90%.

Гарнитуры таймс, гелнос.

Офсетная печать.

Объем 6,00 бум. л.

Бумага офсетная № 1.

Усл.-печ. л. 12,00.

Уч.-изд. л. 15,40.

Усл. кр.-отт. 49,50.

Изд. № 25/9057. Заказ-№ 178.

Тираж 9465 экз., С4

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, Ильинская, 7

