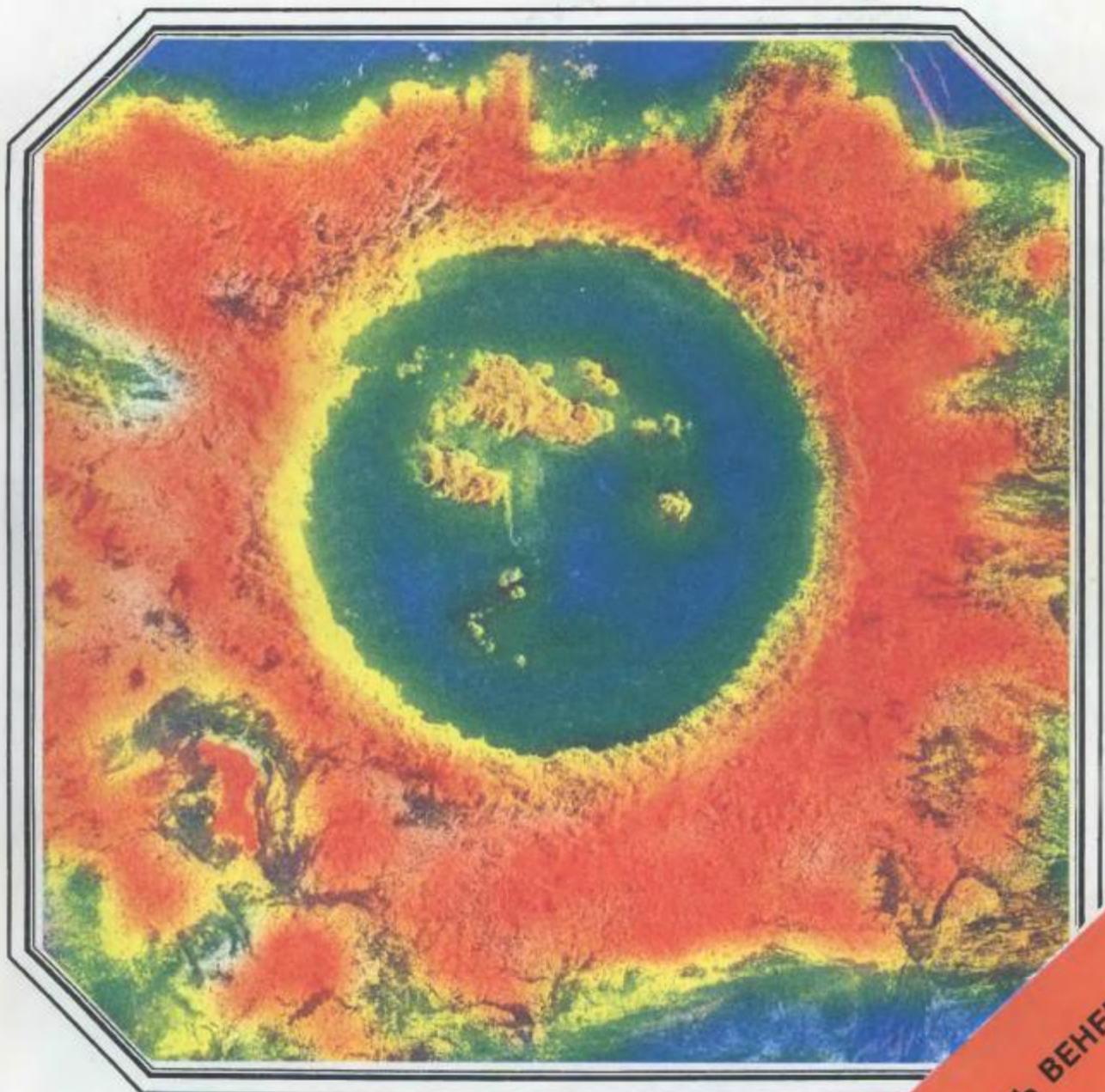


В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC
AMERICAN

Издание на русском языке



Февраль **2** 1991

ПОВЕРХНОСТЬ ВЕНЕРЫ

Вниманию читателей!

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: ТАНТАЛ И НИОБИЙ

Перевод с английского
Под ред. П. Меллера, П. Черни, Ф. Сопе



Коллективная монография, написанная ведущими геологами ФРГ, США, Франции, Канады, Австралии и Дании, посвящена проблемам минералогии, geoхимии, месторождениям редкоземельных элементов, тантала и ниobia, а также методам их поисков и обогащения руд. Книга насыщена новейшей информацией по этим вопросам, в большинстве своем не известной советскому читателю.

Это особенно относится к всесторонней характеристике ряда зарубежных месторождений редкоземельных элементов, ниobia и тантала. Приводимые описания месторождений достаточно полно иллюстрированы изотопными данными, а также характеристиками распределения редкоземельных элементов, что имеет большое значение для генетических выводов и сравнения с данными, имеющимися по месторождениям Советского Союза.

Для геологов-рудников, минералогов, geoхимиков, геологов-поисковиков и обогатителей.

1992 г. 32 л. Цена 6 р. 50 к.

Эту книгу вы сможете заказать в магазинах научно-технической литературы после поступления тематического плана издательства на 1992 г. в апреле—мае 1991 г.



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»

№ 2 · ФЕВРАЛЬ 1991

В номере:

СТАТЬИ



(*Scientific American*, December 1990, Vol. 263, No. 6)

6 Случайная ядерная война

Брюс Г. Блейер, Генри У. Кендалл

Риск случайного ядерного удара можно существенно уменьшить, если сверхдержавы усовершенствуют систему хранения, доступа и приведения в боевую готовность имеющихся у них ядерных арсеналов

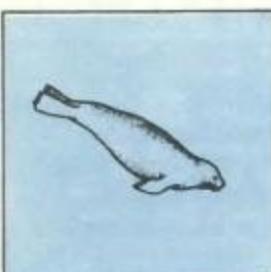


14 НАУКА В КАРТИНКАХ

Поверхность Венеры

P. Стивен Саундерс

На очень четких изображениях этой родной сестры Земли обнаруживается смесь уже хорошо известных и загадочных форм рельефа



20 Как охотится камчатская ларга

В. М. Белькович, М. Н. Щекотов

На суше поведение тюленей изучено довольно подробно, но при исследованиях под водой возникают особые трудности. Новые приемы наблюдения позволили заглянуть в мир подводных взаимоотношений этих животных



30 Образование молекул

Ахмед Х. Зеваль

За время, меньшее 10^{-12} с, атомы могут столкнуться, вступить во взаимодействие и образовать новые молекулы. Используя лазеры и молекулярные пучки, ученые изучают динамику превращений молекул одного вещества в другое



38 Наследство гештальт-психологии

Ирвин Рок, Стивен Палмер

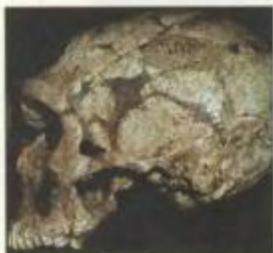
Со времени своего возникновения в начале нашего столетия гештальт-психология внесла большой вклад в изучение восприятия, научения и проблем социальной психологии. Эти достижения остаются значимыми и по сей день



46 Замороженный, но живой

Кеннет Б. Стори, Джанет М. Стори

Некоторые животные переживают зимнее время в замороженном состоянии, а весной оттаивают. Эта их природная способность дает ключ к проблеме сохранения человеческих тканей при отрицательных температурах



54 Возникновение современных людей

Кристофер Б. Стингер

Теория, согласно которой все человечество произошло от недавнего африканского предка, была выдвинута генетиками, изучающими нынешние популяции людей. Ископаемые находки служат независимым подтверждением этой концепции



РУБРИКИ

4 Об авторах

5 50 и 100 лет назад

12, 37, 52, 73,

78, 81 Наука и общество

74 Занимательная математика

80 Книги

94 Эссе

96 Библиография

Со времени своего возникновения в начале нашего столетия гештальт-психология внесла большой вклад в изучение восприятия, научения и проблем социальной психологии. Эти достижения остаются значимыми и по сей день

Ирвин Рок, Стивен Палмер

Некоторые животные переживают зимнее время в замороженном состоянии, а весной оттаивают. Эта их природная способность дает ключ к проблеме сохранения человеческих тканей при отрицательных температурах

Кеннет Б. Стори, Джанет М. Стори

Теория, согласно которой все человечество произошло от недавнего африканского предка, была выдвинута генетиками, изучающими нынешние популяции людей. Ископаемые находки служат независимым подтверждением этой концепции

Кристофер Б. Стингер

Не за горами новые, более совершенные методы лечения аутоиммунных заболеваний, но среди специалистов не утихают споры о механизмах функционирования иммунной системы

62 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ИММУНОЛОГИИ

Против самого себя

Джон Ренни

SCIENTIFIC AMERICAN

Jonathan Piel
EDITOR

John J. Moeling, Jr.
PUBLISHER

BOARD OF EDITORS

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

Samuel L. Howard

ART DIRECTOR

Richard Sasso

VICE-PRESIDENT

PRODUCTION AND DISTRIBUTION

SCIENTIFIC AMERICAN, INC.

Claus-Gerhard Firchow

PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Georg-Dieter von Holtzbrinck

CHAIRMAN OF THE BOARD

Gerard Piel

CHAIRMAN EMERITUS

© 1990 by Scientific American, Inc.
Товарный знак *Scientific American*,
его текст и шрифтовое оформление
являются исключительной собственностью
Scientific American, Inc.
и использованы здесь в соответствии
с лицензионным договором

В МИРЕ НАУКИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
С.П. Капица

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Л. В. Шепелева

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

ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР
О. В. Мошкова

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
С. К. Аносов

ЗАВЕДУЮЩАЯ РЕДАКЦИЕЙ
Л. И. Желоховцева

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ФОТОНАБОРА
В. С. Галкин

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
А. В. Лыткина

КОРРЕКТОР
Р. Л. Вибке

ОФОРМЛЕНИЕ ОБЛОЖКИ РУССКОГО ИЗДАНИЯ
М. Г. Жуков

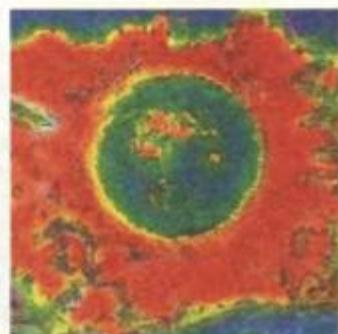
ШРИФТОВЫЕ РАБОТЫ

В. В. Ефимов

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

© перевод на русский язык
и оформление, «Мир», 1991

На обложке



ПОВЕРХНОСТЬ ВЕНЕРЫ

На обложке представлено радиолокационное изображение ударного кратера диаметром 50 км на Венере. Это — одно из наиболее четких изображений, переданных космическим аппаратом «Магеллан» (см. статью: Р. Стивена Саундерса «Поверхность Венеры» на с. 14). Условные цвета отражают рельеф поверхности: голубой соответствует наиболее гладкой, слабо отражающей поверхности, красный — шероховатой, сильно отражающей поверхности. Кратер резко очерчен и сохранился в первозданном виде, свидетельствуя о том, что эрозия на поверхности Венеры слаба, несмотря на плотную атмосферу.

Иллюстрации

ОБЛОЖКА: ФОТО — the National Aeronautics and Space Administration/Jet Propulsion Laboratory

СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК
8-11	Joe Lertola		Technology (вверху), Hank Iken (внизу)		Photo Research- ers, Inc. (вверху), Joe Lertola (внизу)
14-15	National Aero- nautics and Space Administra- tion/Jet Propulsion Laboratory	30-35	Hank Iken	65	Paul Drake
16	Paul Coch nau er	39	Bev Doolittle, © 1979 The Greenwich Work- shop, Inc.	66-67	Joe Lertola
16-17	Peter G. Ford, Massachusetts Institute of Technology (a), NASA/Jet Propulsion Laboratory	40	Frederic Lewis, Archive Films	68	Edward Bell, <i>New Haven Register</i> (вставка)
18-19	NASA/Jet Propulsion Laboratory	41-44	Johnny Johnson	69-70	Joe Lertola
21	Предоставлена М. Н. Ше- котовым	46-50	Patricia J. Wynne	71	Gilbert Fa- ure/SPL, Photo Researchers, Inc. (слева), Moredun Animal Health Ltd./SPL, Photo Researchers, Inc. (справа)
22-29	С. К. Аносов	51	Kenneth B. Storey and Janet M. Storey	74	Patricia J. Wynne
30-31	Eadweard Muybridge, Philadelphia Museum of Art (вверху), Hank Iken (внизу)	55	Léopold Marboeuf, New York Public Library Picture Collection	75-77	Edward Bell
32	California Institute of	56-59	Ian Worpole, Ch- ristopher B. Stri- nger/Musée de l'Homme, Institut de Paleontologie Humaine, Paris (вставка)		
		60	Ian Worpole		
		62	Tomo Narashima		
		64	CNRI/Science Photo Library,		

Об авторах

Bruce G. Blair, Henry W. Kendall "Accidental Nuclear War" (БРЮС Г. БЛЕЙЕР, ГЕНРИ У. КЕНДАЛ «Случайная ядерная война») — соответственно старший научный сотрудник по вопросам внешней политики в Брукингском институте в Вашингтоне и профессор физики Массачусетского технологического института. Блейер исследует проблемы, связанные с ядерными вооружениями, их потенциального использования, размещения, нацеливания, распоряжения, контроля и обеспечения гарантий. Степень доктора наук в области исследования операций получил в Йельском университете, военную службу проходил в Стратегическом авиационном командовании ВВС США в качестве офицера в подразделении запуска ракет типа «Минитмен». Кендалл — один из основателей и нынешний председатель Союза обеспокоенных ученых. Его основная научная деятельность связана с изучением электромагнитных и слабых взаимодействий элементарных частиц. Это четвертая статья Кендалла в журнале "Scientific American".

R. Stephen Saunders "The Surface of Venus" (Р. СТИВЕН САУНДЕРС «Поверхность Венеры») — один из разработчиков проекта НАСА «Магеллан» из Лаборатории реактивного движения в Пасадене (шт. Калифорния). В подготовке этой статьи к печати принимал участие К. Паузелл, сотрудник редакции "Scientific American".

БЕЛЬКОВИЧ ВСЕВОЛОД МИХАЙЛОВИЧ, ЩЕКОТОВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ «Как охотится камчатская ларга» — работают в Институте океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, где Белькович возглавляет лабораторию морской биоакустики, а Щекотов является научным сотрудником этой лаборатории. Оба они окончили кафедру зоологии позвоночных биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (в 1957 и 1981 гг. соответственно). Белькович в 1962 г. в Зоологическом институте АН СССР (Ленинград) получил степень кандидата биологических наук за исследование приспособительных особенностей строения кожного покрова водных млекопитающих. В 1963—1973 гг. занимался экспериментальными исследованиями поведения, слуха, зрения и кожной чувстви-

тельности дельфинов. С 1974 г. областью основных интересов является комплексное изучение поведения и акустической сигнализации китообразных и ластоногих. В 1979 г. в Институте океанологии им. П. П. Ширшова ему была присвоена степень доктора биологических наук за работу «Сенсорные основы ориентации дельфинов». Щекотов с 1981 г. участвует в этолого-акустических исследованиях китообразных и ластоногих в природе. В 1989 г. в Институте эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР (Москва) получил степень кандидата биологических наук за исследование акустической сигнализации у белухи и трех видов настоящих тюленей.

Ahmed H. Zewail "The Birth of Molecules" (АХМЕД Х. ЗЕВАЛЬ «Образование молекул») — профессор химической физики в Калифорнийском технологическом институте, сотрудник этого института с 1976 г. Зеваль заложил основы сверхбыстрой лазерной фемтохимии для исследования динамики реагирующих молекул в реальном времени. Степень бакалавра получил в Александрийском университете в Египте и степень доктора философии — в Пенсильванском университете. Он был удостоен Международной премии короля Фейсала 1989 г. и премии Гаррисона-Хоу, является членом Общества Гугенгейма и Национальной академии наук США. Эта статья посвящена памяти его близкого друга Д. Бернштейна, который внес большой вклад в исследования с молекулярными пучками.

Irvin Rock, Stephen Palmer "The Legacy of Gestalt Psychology" (ИРВИН РОК, СТИВЕН ПАЛМЕР «Наследство гештальт-психологии») ведут совместную работу по изучению процессов зрительного восприятия в Калифорнийском университете в Беркли. Несмотря на определенное различие в образовании, оба заинтересовались некоторыми феноменами, обнаруженными гештальт-психологами. Рок получил образование в Новой школе социальных исследований под руководством учеников отцов-основателей гештальт-психологии: Соломона Аша, Ганса Уоллаха, Мэри Хенле и Мартина Шерера. Там в 1952 г. он получил степень доктора философии. Палмер обучался в Калифорнийском университете в Сан-Диего, где под руководством Дональда Норма-

на и Дэвида Румерхарта разрабатывались более современные подходы к процессам переработки информации. В своей докторской диссертации, защищенной в 1975 г., он попытался проанализировать понятия гештальт-теории с точки зрения информационного подхода к восприятию и переработке сигналов. В настоящее время Рок и Палмер участвуют в нескольких исследовательских программах, направленных на пересмотр и на расширение положений гештальт-теории, касающихся группирования перцептивного материала и способов структурирования запоминаемого материала.

Kenneth B. Storey, Janet M. Storey "Frozen and Alive" (КЕННЕТ Б. СТОРИ, ДЖАНЕТ М. СТОРИ «Замороженный, но живой») — супруги, вместе изучают механизмы биохимической адаптации животных. К. Стори получил степень бакалавра в Университете в Калгари, степень доктора философии — в Университете пров. Британская Колумбия. Недавно стал членом Королевского общества Канады. В настоящее время он профессор биохимии в Университете Карлтона в Оттаве. Дж. Стори была присвоена степень бакалавра в Университете пров. Манитоба, степень магистра — в Университете пров. Британская Колумбия. Сейчас она научный сотрудник в Университете Карлтона.

Christopher B. Stringer "The Emergence of Modern Humans" (КРИСТОФЕР Б. СТРИНГЕР «Возникновение современных людей») — возглавляет группу по изучению происхождения человека в Музее естественной истории в Лондоне, где он работает начиная с 1973 г. Закончил Университетский Колледж в Лондоне по специальности «антропология» и получил докторскую степень за диссертацию по плейстоценовым гоминидам в Бристольском университете. Хотя его научные интересы сфокусированы на проблеме эволюционных взаимоотношений между неандертальцами и людьми современного типа, он опубликовал ряд работ об ископаемых находках *Homo habilis* и *H. erectus*. Участвовал в археологических раскопках на территории Англии, Уэльса, Гибралтара и Турции.

J. Christopher Westland "Essay" (ДЖ. КРИСТОФЕР УЭСТЛЕНД «Эссе») — доцент в области информационных систем на факультете делового управления Южнокалифорнийского университета.



ДЕКАБРЬ 1940 г. «Новейшим достижением техники в противовоздушной обороне является детектор, преобразующий инфракрасное излучение двигателей самолетов в видимое изображение, репродуцируемое на экране, находящемся на земле. С помощью приборов по управлению зенитным огнем уточняются высота, скорость и траектория полета самолета противника, и в соответствии с этими данными по нему открывается огонь».

«В истории человечества имеются свидетельства того, как в странах всего за несколько лет широко распространялся алкоголизм. Каждый раз причиной были снижение или полная отмена налогов на напитки с высоким содержанием алкоголя. Подобное произошло в Англии в период правления королевы Анны. В это время Англия (в союзе с Голландией) находилась в состоянии войны с Францией. По этой причине французские вина следались непопулярными, тогда как употребление «голландского напитка» — джина стало считаться проявлением патриотизма. И в результате — широкое распространение пьянства».

«Строительство новой фабрики доведет общий выпуск нейлоновой тка-

ни до 16 млн фунтов, заявила компания Du Pont, и эта цифра в 5 раз превосходит прогнозы 1938 г., когда начала работать первая нейлоновая фабрика. Производство нейлона разрастается как снежный ком, чему способствует и спрос на эту ткань на мировом рынке. США потребляют около 78% шелка, производимого в Японии. Если исходить из цифры 50 млн фунтов — столько шелка было куплено жителями США за прошлый год, — получается, что в 1942 г. с помощью нейлона будет удовлетворена 1/3 потребности страны в шелке».

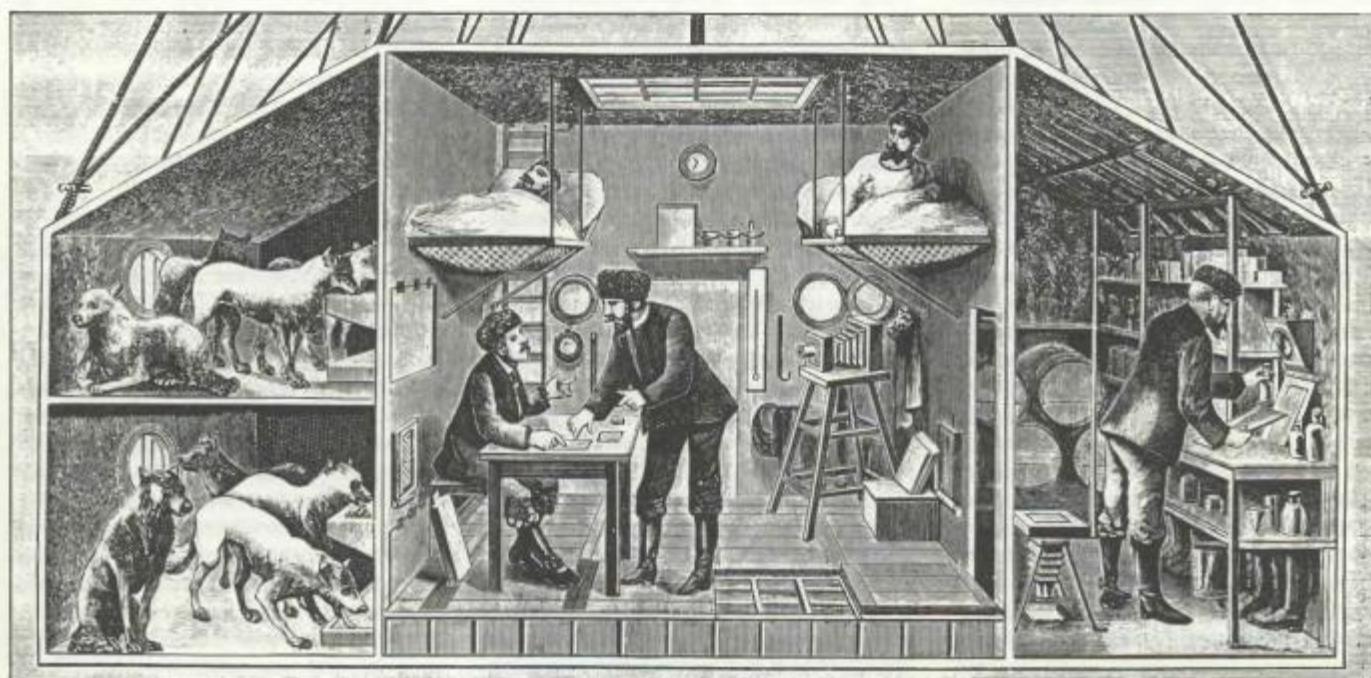
SCIENTIFIC AMERICAN

ДЕКАБРЬ 1890 г. «Любой врач скажет, что излишнее количество физической нагрузки, в особенности некоторые виды упражнений, может принести вред вместо пользы. Он скажет также, что существует лишь весьма отдаленная связь между развитой мускулатурой и наивысшей формой физического состояния — жизненной силой. Культуризм скорее развивает красоту, нежели укрепляет здоровье. Однако, поскольку красота заслуживает тех усилий, которые на нее затрачиваются, следует обращать внимание на те виды физических упражнений, которые способствуют развитию гармоничных пропорций тела и грации движений. Бег, к примеру, су-

щественно улучшает фигуру и делает движения более грациозными: мускулатура развивается наиболее рациональным образом, плечи распрямляются, осанка и походка улучшаются, а ступни ног приобретают правильную форму».

«Многие ученые считают шаровую молнию всего лишь оптической иллюзией, возникающей в результате мгновенного искрового разряда. Ведь если на мгновение взглянуть на яркое дневное солнце, а затем отвернуться, как утверждают они, то перед глазами медленно поплынет огненный шар. Это объяснение звучало бы убедительно, если бы загадочные шары не имели обыкновения завершать свои таинственные визиты оглушительным взрывом. Остается лишь уповать на то, что кто-либо из людей, владеющих искусством фотографии, попытается запечатлеть шаровую молнию во время ее «путешествия» на фоне окружающего ландшафта».

«Парижские воздухоплаватель и астроном г-да Безансон и Эрмит надеются достичь Северного полюса на воздушном шаре, который в наполненном состоянии имеет объем 16 250 куб. ярдов, а в диаметре 32 ½ ярда. Его гондола с каркасом из стальной арматуры представляет собой почти абсолютно жесткую конструкцию шириной 10 и длиной 16 футов. Кроме двух путешественников в ней разместятся 8 эскимосских лаек, нарты, непотопляемое каноэ, провиант и запас воды, не замерзающей благодаря специальной обработке».



Вид гондолы изнутри

Случайная ядерная война

Риск случайного ядерного удара можно существенно уменьшить, если сверхдержавы усовершенствуют систему хранения, доступа и приведения в боевую готовность имеющихся у них ядерных арсеналов

БРЮС Г. БЛЕЙЕР, ГЕНРИ У. КЕНДАЛЛ

ЕСЛИ в последующие десять—двадцать лет разразится ядерная война, то она скорее всего возникнет случайно. Все менее вероятной становится угроза хладнокровного, тщательно продуманного первого удара, однако за спокойной конструктивной дипломатией двух самых мощных ядерных соперников кроется опасная возможность непреднамеренного применения ядерного оружия. Случайное, несанкционированное или неумышленное использование этого оружия становится наиболее вероятной причиной возникновения ядерной войны.

Потенциальная угроза случайного запуска ракет исходит как от двух сверхдержав, так и от давних членов ядерного клуба — Франции, Великобритании и Китая. В связи с выходом на арену новых ядерных держав, таких, как Индия, Пакистан и Израиль, — а некоторые из них имеют на вооружении баллистические ракеты — вопрос о ядерных гарантках приобретает первостепенное значение в решении всей совокупности проблем обеспечения международной безопасности.

Стабильность политической обстановки в странах, недавно ставших обладателями ядерных вооружений, весьма сомнительна, и поэтому вряд ли можно полагаться на предпринимаемые ими меры, призванные гарантировать безопасность их оружия. Тем не менее вероятность ядерного нападения одного из этих государств на сверхдержаву или какую-либо союзную им страну и ответного массированный ядерного удара крайне мала. Пока самую большую (хотя и находящуюся под контролем) опасность возникновения непреднамеренной войны несут в себе ядерные арсеналы СССР и США, и потому наибольшая надежда на снижение такой опасности связана с изменениями именно в этих арсеналах.

Возможность возникновения случайной ядерной войны могла бы быть значительно уменьшена, если бы все ядерное оружие было снабжено надежными кодовыми замками и если

бы были разработаны и внедрены системы обезвреживания ядерного оружия даже после его запуска. К тому же США и Советскому Союзу следует меньше полагаться на опасную политику запуска по предупреждению и им необходимо снизить пусковую готовность своих ядерных сил.

Социальные и политические потрясения в Советском Союзе усиливают страх возникновения случайной ядерной войны. В результате гражданских беспорядков возрастает возможность захвата ядерного оружия мятежными этническими группировками или организациями боевиков. Имеются и другие, более скрытые силы, действующие в советском обществе, которые могут нарушить систему ядерного командования в Советском Союзе. Хотя США не испытывают подобного гражданского неспокойствия, сама система ядерного командования страны несет в себе опасность того, что ядерное оружие может быть применено вопреки намерениям официальных властей.

Организация ракетных сил и в США, и в Советском Союзе допускает одинаковую возможность несанкционированного запуска одной или сразу нескольких ракет. Потеря контроля в высших или низших эшелонах командования (возможно, в результате насилиственного слома советских политических структур) может вызвать нападение, которое повлечет за собой большие разрушения и, возможно, приведет к крупномасштабному обмену ядерными ударами.

Если несанкционированное ядерное нападение будет инициировано со стороны Советского Союза, то минимальное количество запущенных ракет может составить от 6 до 10 единиц (батальон) или даже 18—30 (полк). Каждая такая ракета оснащена примерно 10 боеголовками; в результате только один залп может вызвать до 300 ядерных взрывов. Если нападающей стороной будет США, то минимальное количество запущенных ракет может составить 10 или 50; их ядерный потенциал будет исчис-

ляться примерно 500 боеголовками, каждая из которых в 25 раз мощнее бомбы, сброшенной на Хиросиму. Даже если за этим не последует никакого ответного удара, разрушения и людские потери будут несравнимы ни с какими прежними преступлениями против человечества.

И СОВЕТСКОЕ, и американское командование стоит перед неизбежной дилеммой: с одной стороны, каждое из них должно осуществлять и так называемый негативный контроль над ядерным оружием с целью предотвращения его нежелательного применения, и позитивный контроль с тем, чтобы ядерное оружие использовалось только тогда, когда на это дана соответствующая санкция. В то же время меры по уменьшению вероятности непреднамеренного запуска могут увеличить вероятность невыполнения правильной команды на запуск. Поэтому до сих пор военные власти отказывались от более надежных гарантий на том основании, что это приведет к ослаблению ядерного устрашения. Пока к недостаткам негативного контроля относятся терпимо и, хотя некоторые шаги с целью постепенного исправления положения уже предприняты, компромисс, удовлетворяющий всех, еще предстоит найти.

Но не следует впадать в панику. В мирное время главная задача командования ядерными силами как в США, так и в СССР заключается в надежном предотвращении незаконного или случайного запуска даже одной единицы ядерного оружия. Представители командования ядерными арсеналами хорошо понимают, что они вряд ли перенесут те политические последствия, которые являются результатом крупнейшего просчета в исполнении этой задачи. Обе стороны разработали совершенные принципы создания оружия и оперативные процедуры, обеспечивающие эффективность негативного контроля над десятками тысяч боеголовок, рассредоточенных на обширном пространстве, и пока эти

принципы безупречны.

В то же время, неоправдана и полная уверенность в безотказной работе всех служб и систем, задействованных в управлении ядерным оружием. Даже самые тщательные исследования возможных причин возникновения катастроф не могут предотвратить непредвиденные случаи; примером может служить взрыв космического корабля многоразового использования «Челленджер» или авария на АЭС в Три-Майл-Айленде. Более того, недостатки действующих сегодня гарантий вероятнее всего проявятся в момент критической ситуации при обстоятельствах, в которых ни одна из сверхдержав не имеет достаточного опыта в сохранении негативного контроля.

В момент кризиса приоритеты в системах ядерного командования перемещаются в сторону позитивного контроля за счет отказа от соблюдений гарантий. Когда в 1968 г. Советский Союз ввел свои войска в Чехословакию, он объявил практически максимальную боеготовность по крайней мере одной ракетной армии. Ядерные боеголовки были изъяты из хранилищ и установлены на ракетах, развернутых на стартовых позициях. Эти действия существенно подрывали надежную гарантию предотвращения непреднамеренного запуска.

Во время арабо-израильской войны 1973 г. США предпринимали похожие действия. В состояние боевой готовности были приведены стратегические бомбардировщики, подводные лодки с баллистическими ракетами и почти все наземные баллистические ракеты. Из сейфов, снабженных двумя замками, командиры расчетов извлекли конверты со стартовыми ключами и президентскими кодами для запуска ракет: тем самым вероятность несанкционированного ввода в действие ядерных сил была увеличена.

Для обеспечения того же уровня боевой готовности сегодня требуется выполнение дополнительных процедур; они в частности включают задействование специальных звеньев радиосвязи, позволяющих воздушным командным постам осуществлять запуск всех (т. е. 1000 единиц) американских межконтинентальных баллистических ракет (МБР) наземного базирования с помощью дистанционного управления. Эти меры снижают вероятность того, что наземные расчеты отменят незаконную команду на запуск.

ПОЛИТИЧЕСКИЙ лидер не сможет полностью управлять ситуацией, которая сложится во время такой тревоги. Перед лицом ядерного

нападения и возможности поражения ядерных сил и самой командной системы возрастает давление в сторону делегирования полномочий по объявлению тревоги и вводу в действие ядерного оружия сверху вниз по цепочке командования.

Однако степени делегирования позитивного контроля в США и Советском Союзе в случае кризиса далеко не одинаковы. Система командования в США децентрализована и разрешает отдельным стартовым командам предпринимать практически все шаги за исключением самого запуска. Военное командование может направлять бомбардировщики на исходные позиции вблизи границ СССР. Оно также может вводить в действие воздушные командные посты, откуда поступают приказы в случае уничтожения наземных командных центров.

Приказы, касающиеся диспозиции ядерных сил, проходят по сугубо военным каналам и почти не контролируются гражданскими ведомствами. Кроме того, исторические документы почти не оставляют сомнения в том, что в прошлом президенты США делегировали военным полномочия по выполнению планов ведения ядерной войны в случае нарушения связи и подтверждения сообщений о ядерном ударе. Существуют неоспоримые свидетельства того, что такой порядок сохраняется и сейчас. На многих военных объектах имеются все коды, необходимые для санкционированного запуска ядерных ракет. Та часть американского ядерного арсенала, которая блокируется механическими замками, может быть подготовлена к использованию любым звеном в военной цепи командования.

В Советском Союзе, наоборот, ни один военный командир не имеет достаточных полномочий для объявления тревоги или для маневрирования ядерными силами, не говоря уже о возможности отдавать приказы о нападении. Изменение степени боеготовности может быть произведено только с однозначно понимаемого указания со стороны высшего политического руководства. Кроме того, приказы, касающиеся ядерного оружия, судя по всему, проходят параллельно по нескольким самостоятельным контрольным каналам, чтобы гарантировалось неукоснительное следование политическим планам. Части КГБ — советской тайной полиции — держат под своим контролем тактическое ядерное оружие и, как представляется, выдают коды для доступа к тактическому и большинству стратегических вооружений, благодаря чему обеспечивается централизованный политический контроль. Од-

нако возможности несанкционированного запуска возрастут как только выдача кодов станет частью подготовки к войне.

Еще одно слабое место в системе предотвращения непреднамеренной войны кроется в стратегии запуска по предупреждению, которая обязывает командующих нанести ответный удар после подтверждения факта нападения, но до взрыва запущенных боеголовок. Как США, так и Советский Союз в значительной степени полагаются на такую стратегию. Она требует безошибочной работы спутников, наземных датчиков и людей, задействованных в системе наблюдения.

Запуск по предупреждению обрекает власти на то, чтобы за короткое время и без ясного представления о предполагаемом нападении они приняли решение: нанести ли ответный удар и если да, то по каким целям. Они должны контратаковать, не имея определенных сведений о количестве боеголовок, не зная, куда они наведены, не ведая о возможных разрушениях и потерях, не зная целей нападения и, возможно, находясь в неведении, что это за нападение — преднамеренное, случайное или несанкционированное. Даже если в этих вопросах была бы ясность, командование не смогло бы быстро в них разобраться и адекватно отреагировать в течение времени, отпущеного на запуск по предупреждению.

У руководителя Объединенного командования противовоздушной обороны северо-американского континента (НОРАД), например, будет всего три минуты с момента нападения до момента, когда он должен будет сделать вывод о том, находится ли континент в опасности. Ясно, что это и последующие решения, принятые во время 10-минутного полета баллистических ракет с подводных лодок и за 30 минут полета МБР, несут в себе большой риск преждевременного запуска оружия, который может быть основан на ложной тревоге, просчете или замешательстве.

В США так называемый ракетный инцидент — фиксирование потенциального нападения — обычно случается несколько раз в сутки. При возникновении каждого такого инцидента, руководитель НОРАД обязан связаться с представителями стратегического авиационного командования (САК) BBC и Пентагоном и дать оценку опасности, угрожающей Северной Америке. Кроме того, надо правильно оценивать тысячи аномальных сигналов, ежегодно получаемых с помощью сенсоров. В период между 1979 и 1984 гг. (единственный

период, по которому существует открытая информация) каждый год НОРД анализировал примерно 2600 непонятных сигналов предупреждения. Каждый двадцатый нуждался в дальнейшем анализе, т. к. казалось, что он представляет угрозу.

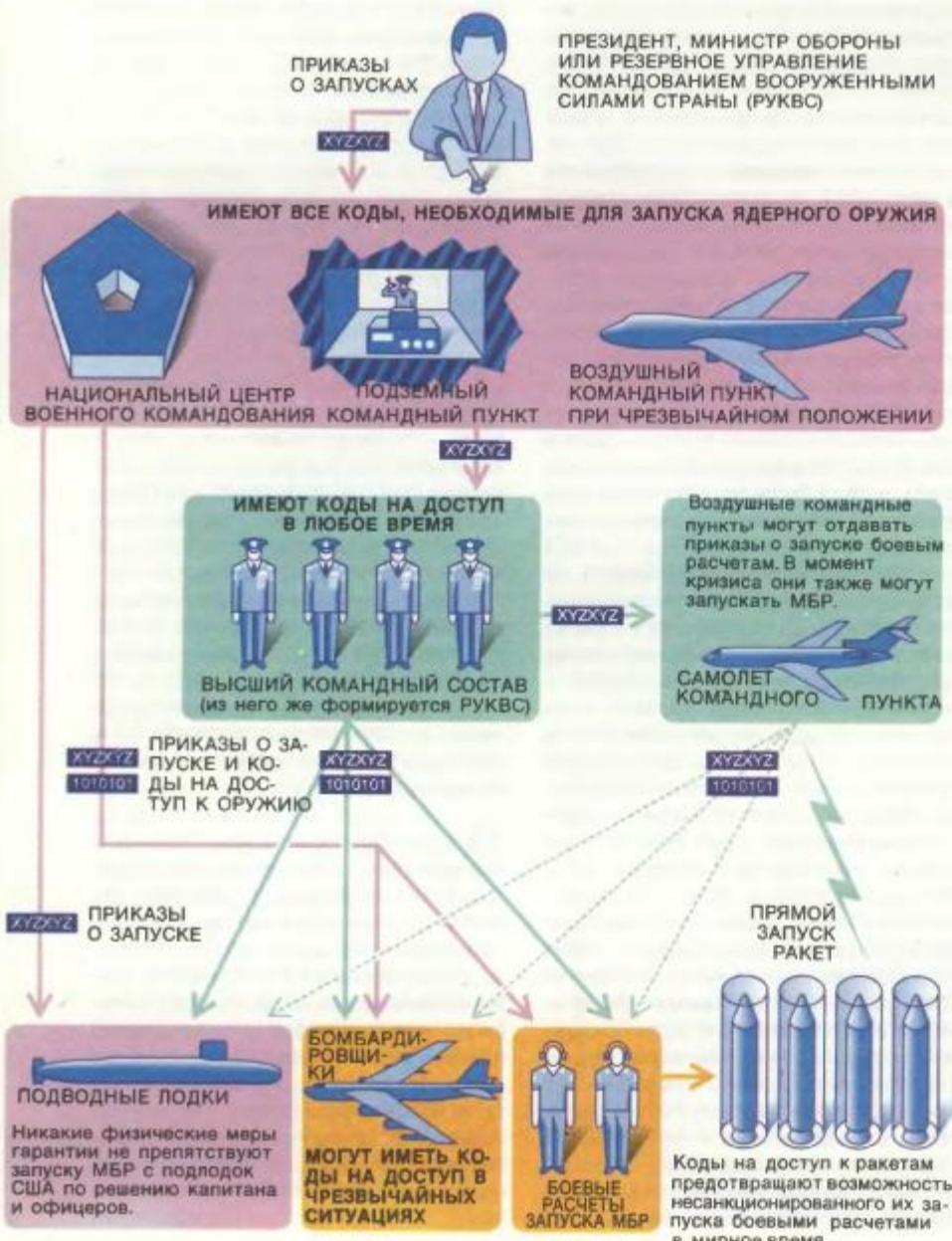
Большинство ложных тревог, будь то неправильная информация, сбои в микропроцессорных схемах вычислительных машин или другие неисправности, быстро распознаются, но, как правило, дважды в год поступают сигналы тревоги, которые могут служить поводом для объявления ядерной боеготовности. Последний такой случай, который получил публичную огласку, произошел в 1980 г., когда неисправный блок ЭВМ дал ложный

сигнал о массированном нападении со стороны СССР.

В последовавшей неразберихе была объявлена ядерная тревога, а руководитель не смог вовремя дать правильную оценку. (На следующий день он был уволен.) Ядерная готовность была продолжительной и достигла более высокого уровня, чем требовала ситуация. Весьма вероятно, что в разгаре такого ложного кризиса между сверхдержавами подобная ошибка может привести к действиям, адвокатным реальному нападению.

В СССР аналогичный порядок анализа сигналов о нападении и система прохождения приказов об ответных действиях также не дают полной гарантии выявления ложности тревог.

КОМАНДОВАНИЕ ЯДЕРНЫМ ОРУЖИЕМ В США



Отставной советский генерал недавно рассказывал, как он был свидетелем сигнала предупреждения, поступившего от систем наблюдения космического базирования, сообщивших о запуске ракет «Минитмен» в сторону СССР. «Опытный оператор», как рассказывал генерал, определил, что предположительное свечение ракеты было всего лишь «бликами от солнечных лучей».

До сих пор специалистам удавалось вовремя распознавать неполадки в аппаратуре, служившие причиной ложных сигналов предупреждения, и случайное возникновение войны предотвращалось. Корректирующие механизмы периодически проходили проверку; но ведь это было в мирное время, когда уровни готовности и тревоги низки.

И все же в каждом из этих случаев игнорировались определенные гарантии против непреднамеренного запуска. Так, в США боевые расчеты ракет «Минитмен» доставали из сейфов коды, санкционирующие запуск. Экипажи бомбардировщиков и самолеты воздушного командования поднимались в воздух без ведома политических властей. Это грозило опасностью ответных действий со стороны Советского Союза, что в свою очередь могло лишь усилить у американцев ощущение непосредственной угрозы. Вопрос о том, приведут ли подобные взаимодействия, вызванные ложной тревогой, к ядерному нападению, остается открытым.

ВВЕДЕНИЕ ряда технических и процедурных изменений позволит снизить опасность случайного возникновения войны. Первым из них следует назвать использование только специальных линий связи, по которым могут передаваться команды, разрешающие применение ядерного оружия (PALS). Эти электромеханические замки предотвращают детонацию боеголовок в тех случаях, когда в них не введен код, практически не поддающийся расшифровке. Высшее руководство выдает коды командирам расчетов только тогда, когда запуск санкционирован с соблюдением всех правил. Система PALS предотвращает несанкционированный запуск, который может быть осуществлен боевым расчетом, силами противника или террористами, захватившими боеголовку. Аналогичные устройства, которые называют системами кодированного включения, можно применить для блокировки дверей бомбовых люков или пусковых цепей стартовых установок.

Впервые такие устройства были установлены в начале 60-х годов на

американских тактических боеголовках, находящихся в союзнических войсках за пределами США; сегодня все американские наземные ядерные тактические силы оснащены защитными устройствами системы PALS. Ядерные боеголовки, находящиеся в ведении стратегического авиационного командования, к концу 70-х годов были полностью оборудованы либо системой PALS, либо системой кодированного включения. Мы думаем, что советские наземные ракеты и бомбардировщики тоже оснащены подобными устройствами.

Что же касается ядерных сил морского базирования, то они в большинстве случаев не защищены системой PALS ни в США, ни в СССР. Особую важность с точки зрения опасности случайного запуска имеют крылатые ракеты морского базирования. Это оружие имеет большую дальность, а надводные и ударные подводные корабли, на которых оно установлено, будут вовлечены в боевые действия на ранней стадии конфликта. Некоторые французские и британские боеголовки также не имеют средств защиты, предотвращающих случайность их запуска.

Понижение уровня готовности боевого применения ядерного оружия — еще один способ уменьшить риск случайного возникновения войны. По нашим оценкам, количество постоянно поддерживаемых в состоянии боевой готовности советских МБР составляет 50—80%. В мирное время лишь 15% баллистических ракет на подводных лодках (БРПЛ) в СССР развернуто в акваториях, и ни один из стратегических бомбардировщиков не несет боевого дежурства и не имеет на борту ядерного оружия.

В то же время, США поддерживают 90% своих МБР в состоянии готовности к боевому применению, которое можно осуществить в течение трех минут. В любое время половина подводного флота, несущего баллистические ракеты, находится в море и половина этих кораблей может открыть огонь, поскольку имеют 15-минутную готовность. Боевое дежурство на аэродромах несет четверть стратегических сил бомбардировочной авиации, которые находятся в 5-минутной готовности.

В современный период отношений между СССР и США поддержание высокого уровня готовности к запуску кажется анахронизмом и представляет угрозу, без которой можно было бы обойтись. Радикальным образом необходимо снизить процентное соотношение в арсеналах, уменьшив количество оружия, готового к боевому применению. Без ущерба для ядерно-

го сдерживания можно провести тройное сокращение на односторонней основе; более серьезных ограничений можно было бы достичь на поэтапной основе в результате договора, который поддавался бы проверке.

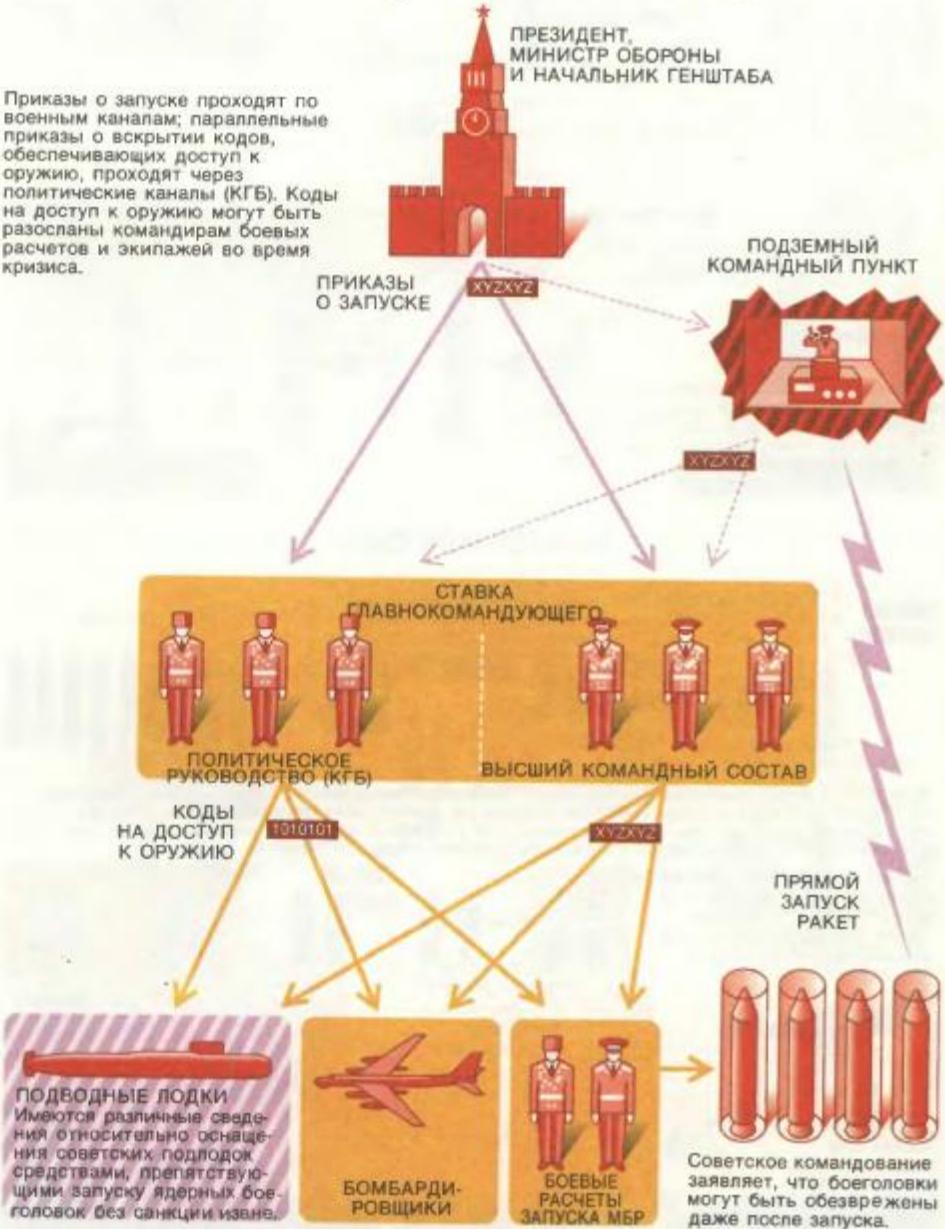
Кроме того, боеголовки, закрепленные за подразделениями, которые более не находятся на боевом дежурстве и в состоянии готовности, должны контролироваться гражданскими организациями, как это было в 50-х годах, когда Комиссия по атомной энергии держала под контролем ядерное вооружение, как того требовало мирное время. Необходимо укрепить роль гражданских властей в управлении арсеналом боезарядов. Это необходимо для поддержания

щательного политического контроля во время кризиса над подразделениями, которые имеют доступ к ядерному оружию. Хотя некоторые аналитики выдвигают доводы, что риск ошибочной оценки ситуации в условиях кризиса тем ниже, чем выше уровень поддержания ежеминутной готовности, такая позиция противоречит современным тенденциям в отношении между двумя сверхдержавами.

Более низкие уровни готовности позволили бы отсоединить боеголовки или другие необходимые компоненты от их носителей, что предотвратит детонацию ядерного заряда в случае ошибочного запуска. А такая опасность реальна. Недавно Советский Союз открыл данные о том, что

КОМАНДОВАНИЕ ЯДЕРНЫМ ОРУЖИЕМ В СССР

Приказы о запуске проходят по военным каналам; параллельные приказы о вскрытии кодов, обеспечивающих доступ к оружию, проходят через политические каналы (КГБ). Коды на доступ к оружию могут быть разосланы командирам боевых расчетов и экипажей во время кризиса.



во время регулярной процедуры технического обслуживания была случайно запущена баллистическая ракета с ядерным зарядом. К счастью, она упала недалеко от места пуска.

Большинство ракет, включая почти все стоящие на боевом дежурстве стратегические ракеты, принадлежащие основным ядерным державам, теперь несут ядерные боеголовки. Стратегия запуска по предупреждению и современные уровни боеготов-

ности исключают любое другое решение. Поддающийся проверке договор, который позволил бы перейти на отдельное хранение боеголовок и ракет (что широко практиковалось в 60-х годах в Советском Союзе) уменьшил бы возможность непреднамеренного запуска. Более того, перевод ядерных вооружений на такой вариант существенно упростил бы контроль над вооружениями.

Установка недостающих частей во

время кризиса может быть истолкована как подготовка к нападению, и таким образом возможность возникновения непреднамеренной войны увеличивается. В конечном итоге, меньшее количество ракет, готовых к немедленному удару, снижает вероятность ошибочного запуска, и полученное в результате этого ослабление напряженности перевешивает возможную опасность неверной оценки критической ситуации. Более того, эту опасность можно ослабить путем соглашений, определяющих условия доукомплектации оружия и процедур приведения ядерного оружия в боеготовность, которые поддавались бы жесткому контролю со стороны гражданских властей.

Человеческий фактор играет ключевую роль при возникновении риска ошибочного запуска, каким бы ни был уровень готовности. Все звенья цепи управления ядерным арсеналом — от тех, кто принимает самые ответственные решения, до офицеров, командующих запуском — подвержены человеческим слабостям и настроениям. Монотонные и изолированные условия работы усугубляют эти недостатки. (Дежурство на подводной лодке, которое обычно длится два месяца с пребыванием под водой, в этом отношении еще сложнее, так как требует адаптации к искусственному 18-часовому дню.) В этих условиях строгое соблюдение дисциплины, исключающее употребление алкоголя и наркотиков и вызывающее психологическую или эмоциональную напряженность, иногда оказывается очень сложным.

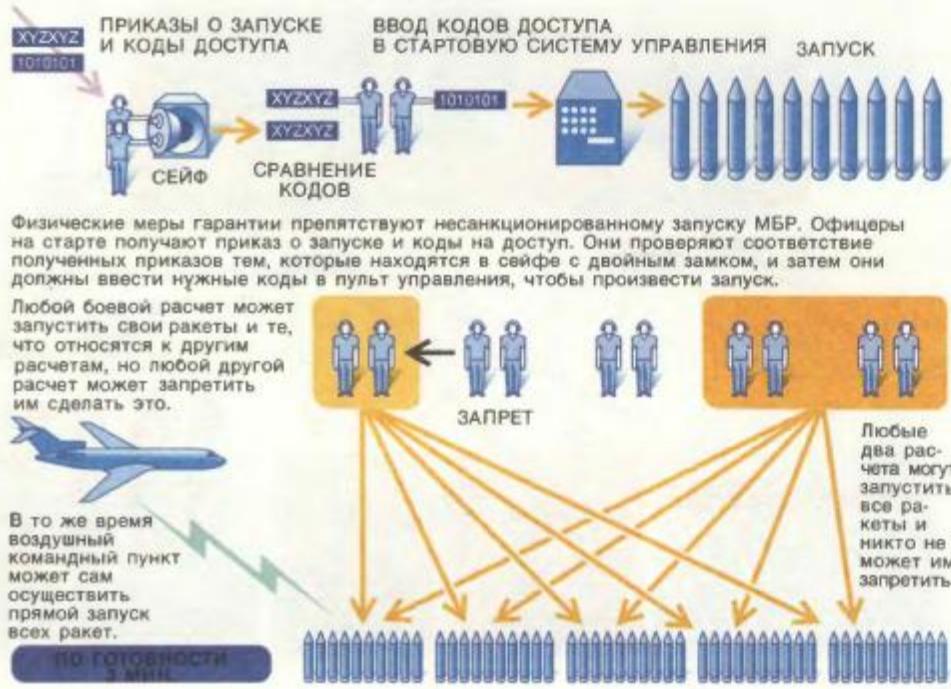
В 1989 г., например, из 75 тыс. американских военнослужащих, которые имели допуск к ядерному оружию и связанными с ним компонентами, 2400 были отстранены от несения службы. Семьсот тридцать злоупотребляли алкоголем и принимали наркотики, а у остальных отмечалась психологическая или эмоциональная неуравновешенность, выражавшаяся в нарушении субординации или совершении преступных действий. Специалист из Станфордского университета Г. Адамс рекомендовал пристальнее наблюдать за солдатами, которые имеют доступ к ядерному оружию, предотвращать их попытки злоупотребления наркотиками и алкоголем; психологи, которые проверяют этих солдат, должны сознавать особый характер их служебных обязанностей. К тому же многое можно сделать, чтобы облегчить рабочие условия, вызывающие стресс. (Все эти проблемы и поиск способов их решения в неменьшей степени касаются и советской ядерной машины.)

В то же время политические лидеры

ЗАПУСК С ПОДВОДНЫХ ЛОДОК США



ЗАПУСК МБР США



в такой же мере подвержены стрессу. Они могут оказаться в стрессовом состоянии под влиянием алкоголя или психотропных лекарств независимо от того, употребляют ли они их по своей воле или по предписанию врачей. Такие состояния испытывали Уинстон Черчилль и Энтони Иден. Во время Уотергейтского скандала в 1973 г. Ричард М. Никсон будучи в состоянии сильного нервного расстройства не смог участвовать в важных обсуждениях, и это привело к тому, что США привели в состояние боеготовности свои ядерные силы; позже высокопоставленные представители администрации принимали меры предосторожности против возможности нерационального поведения Никсона как главнокомандующего. Даже такой безжалостный лидер как Сталин испытывал серьезные стрессы в критических ситуациях. Неспособность справиться с собой может привести к изменению поведения, частичной утрате способности выносить правильные суждения или даже нерациональным действиям. Некоторые психологи предлагали установить наблюдение за состоянием и поведением государственных лидеров.

Если все эти меры не смогут предотвратить непреднамеренный запуск опасного оружия, можно предпринять шаги, чтобы ослабить его последствия. Один из таких очевидных шагов — уменьшение числа боеголовок на каждой ракете; другой — разработка методов уничтожения ракет после запуска. Есть еще одна возможность — разработать систему передачи сигнала предупреждения, способную обнаруживать ошибочные запуски и извещать об этом обе стороны. В этих целях эффективным оказалось бы использование различных комбинаций акустических и оптических сенсоров для обнаружения МБР, а баллистические ракеты на подводных лодках и крылатые ракеты можно было бы оборудовать небольшими передатчиками, которые посыпали бы сигналы спутнику-ретранслятору. Не лишне предусмотреть и возможность вывода из строя подобной системы обнаружения в случае реального кризиса.

Риск ошибочной оценки ситуации, связанный со случаем запуском, установкой боеголовок на ракеты и другими опасными действиями, снизится благодаря совершенствованию работы линий прямой связи (впервые введенной в 1963 г.). В настоящее время связь между СССР и США осуществляется через американский и советский спутники, которые в основном эксплуатируются в гражданских целях; в качестве альтернативы используются также кабельные и радио-

каналы. Тем не менее даже такое резервирование не может гарантировать надежную связь, которая так необходима в условиях крайнего осложнения обстановки. В случае ядерного нападения уязвимы все части этой системы связи. Более того, уже было несколько случаев, когда кабельные линии случайно перерезались. Надежную связь могут обеспечить спутники, не испытывающие воздействия радиации и способные работать на

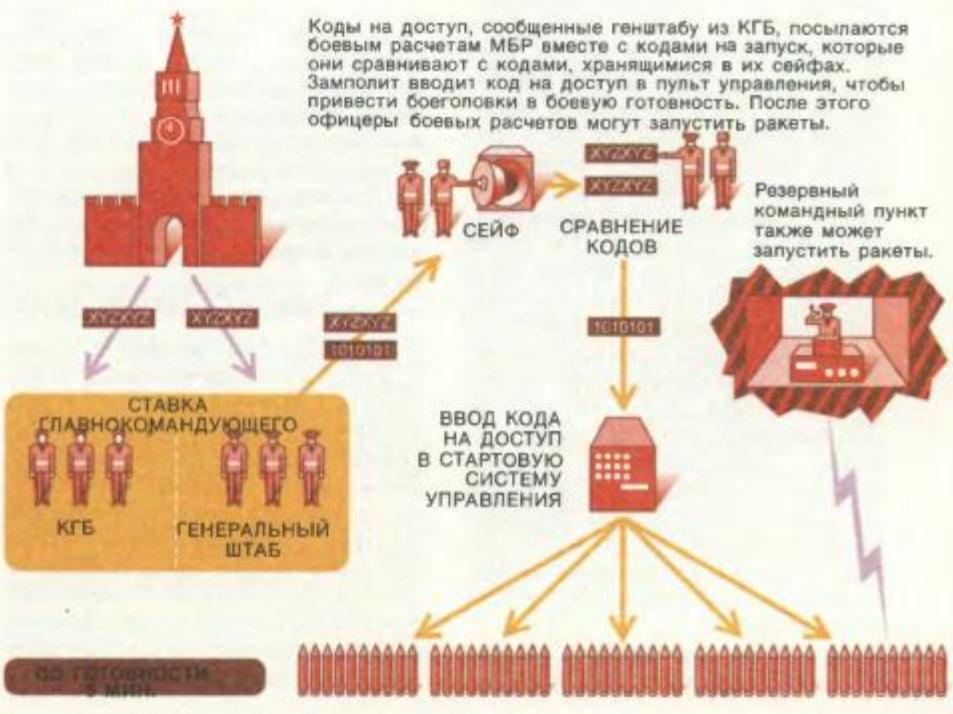
очень высокой частоте, а также предназначенные для предотвращения нарушения связи из-за возникновения электростатического поля, вызванного ядерным взрывом; продолжать разговор по «прямой линии» в этом случае можно будет через мобильные терминалы, сопровождающие передислоцированные командные центры.

Самым действенным, однако, следует считать применение механизмов обезвреживания ракеты после ее за-

ЗАПУСК С ПОДВОДНЫХ ЛОДОК СССР



ЗАПУСК МБР СССР



пуска. Дорогостоящие попытки создать систему защиты от баллистических ракет завели в тупик. При сохранении действия Договора по ПРО количество ракет-перехватчиков, базирующихся в Гранд-Форксе (шт. Северная Дакота), будет ограничено ста единицами. Такая система (стоимостью около 10 млрд долл.) сможет уничтожить примерно 50 ядерных боеголовок на последнем участке их траектории и окажется незэффективной против крылатых ракет или баллистических ракет, запускаемых с подводных лодок. Система, имеющая большие возможностей, но запрещенная Договором, обойдется еще дороже. Более того, на сегодняшний день не существует реальной перспективы практического осуществления такого проекта.

Сторона, виновная в случайном запуске, может сама уничтожить ракету или разрешить уничтожение боеголовок в полете (система командного уничтожения) стране, на которую эта ракета нацелена; это единственный практически надежный метод остановки ракеты после случайного запуска. В 1971 г. СССР и США подписали малоизвестный договор, который определяет, что должна делать каждая сторона в случае ошибочного запуска. Договор содержит требование: ...сторона, которой принадлежит это ядерное оружие, немедленно предпримет все меры по обезвреживанию или уничтожению такого оружия до того, как оно причинит какой-либо ущерб.

Типичная американская система предотвращения последствий несанкционированных запусков может быть основана на применении шифрованного кода, который автоматически включается только при запуске. После того как придет подтверждение, что запуск несанкционирован, специальная система командования и контроля, расположенная в национальном военном командном центре, с помощью специальных спутников передает код на боеголовки. Он также будет послан по линии прямой связи стороне, на которую эта ракета нацелена, вместе с данными о траектории боеголовок, чтобы были приняты меры по их уничтожению на последнем участке полета. Если же систему уничтожения нужно будет вывести из строя непосредственно перед санкционированным запуском, чтобы противник не смог сорвать преднамеренное нападение, то это могут сделать специальные командные подразделения, не задействованные в процессе запуска.

Устройства уничтожения должны быть смонтированы в самих боеголов-

ки, с тем чтобы было как можно больше времени для принятия решения. Уничтожать боеголовки лучше всего в середине траектории полета, чтобы ущерб был наименьшим.

Уничтожение или обезвреживание должно поддаваться двусторонней проверке; это обстоятельство имеет особую важность в случае возникновения критической ситуации. МБР могли бы испускать кодированный радиосигнал или выбрасывать «мягкую», регистрируемую радаром. Другой вариант — подрывать боеголовки при пониженной их мощности, что обеспечивается путем изъятия части трития перед детонацией. Крылатая ракета, после того как обезврежена ее боевая часть, может набрать большую высоту, передать кодированный сигнал и затем направиться в сторону океана или Северного полюса, где она разобьется или будет уничтожена подрывным зарядом.

Хотя применение такой системы увеличит вес боеголовки и усложнит ее конструкцию — все это более чем уравновешивается снижением потенциальной опасности ошибочного запуска. Тем не менее ни Министерство обороны США, ни военные специалисты не проявили интереса к возможному применению системы уничтожения по команде. Такую позицию трудно понять, если учесть, что в СССР, как заявил заместитель министра

иностранных дел В. Карпов, все МБР оснащены системами уничтожения по команде.

РИСК случайных ядерных взрывов, равно как и риск возникновения ядерной войны, каким бы малым он ни казался, должен быть уменьшен. СССР и США следуют быстро продвигаться к приемлемым компромиссам. В этой области существует много возможностей для независимых действий каждой страны, большинство мер по повышению гарантий предотвращения случайных запусков могут быть предприняты в одностороннем порядке. Советский Союз, например, в последнее время перемещает ядерное оружие из зон национальных конфликтов в хранилище, находящиеся на территории Российской Федерации. Планируется ликвидировать стратегические ракетные силы в Казахстане, единственной республике, которая имеет МБР на своей территории. Полезными следует считать и шаги в направлении обмена мнениями между правительствами США и СССР по вопросу снижения риска непреднамеренных запусков. Рамки таких дискуссий необходимо расширить и привлечь к ним другие ядерные державы. Никогда прежде не было столь благоприятных условий для плодотворного обсуждения данной проблемы на международном уровне.

Наука и общество

Экономические спады не проходят бесследно

«...эти спады деловой активности, происходящие каждые десять лет, зависят от метеорологических изменений, которые в свою очередь, по всей вероятности, зависят от процессов, происходящих в космосе, о чем свидетельствует повторяемость возникновения солнечных пятен, полярных сияний и магнитных возмущений.»

Уильям С. Джевонс, 1879 г.

ЭКОНОМИСТЫ больше не прибегают к помощи телескопа, чтобы увидеть, действительно ли страна движется к экономическому спаду. Однако американские обозреватели, вероятно, все в большей степени будут вынуждены следить за развитием событий за границей для того, чтобы составить полное представление о сдвигах, происходящих в экономике. Хотя каждая страна по-прежнему несет ответственность за взлеты и падения своей экономики, на реальный

ход событий могут серьезно повлиять тенденции в развитии деловой активности за границей.

На протяжении десятилетий экономисты занимались построением сложных моделей в надежде понять внутренние механизмы, управляющие циклами деловой активности (термин для обозначения периодов подъема и спада в экономике). Были исследованы связи между валовым национальным продуктом (ВНП), занятостью, денежной массой и множеством других переменных величин.

В течение длительного послевоенного периода, когда в экономике доминирующие позиции занимали Соединенные Штаты, влияние других индустриальных стран на течение циклов деловой активности в США носило лишь эпизодический характер. Проведение открытой согласованной политики, подобной мерам по регулированию процентных ставок, привело к большей синхронизации экономики США с экономическими циклами в других странах. Глобальные экономические потрясения (прежде всего,

резкий скачок цен на нефть в 70-х гг.) повлияли на экономику многих стран.

Традиционно американская экономика играла роль опережающего индикатора или сигнального устройства раннего предупреждения об экономических «волнах», отмечает Джейфри Х. Мур, возглавляющий центр по изучению мировых экономических циклов в школе бизнеса Колумбийского университета. За началом спада в США через несколько месяцев, как правило, следовал спад в Европе и Азии. Мур и его коллеги, например, считают, что замедление экономического роста американской экономики началось в феврале 1989 г., а в девяти других индустриальных странах первые подобные признаки появились летом 1990 г. (Мур добавляет, что наиболее существенным исключением оказалось Западная Германия.)

За последнее десятилетие между экономиками и финансовыми рынками США с одной стороны и Японии, Западной Германией и других основных торговых партнеров с другой сложились значительно более тесные связи, что привело к ослаблению американского лидерства. В 1988 г. в США импорт, например, составил около 9% ВНП по сравнению с менее чем 4% в 1970 г. (Экспорт в 1988 г. составил 6,6% ВНП.)

Кроме того, иностранные капиталовложения в США, которые в прошлом году превысили 72 млрд долл., составляют более одной шестой части всех капиталовложений в стране. До 1979 г. избыточные американские сбережения использовались для финансирования капиталовложений за границей. Теперь же деньги из других стран стали играть чрезвычайно важную роль в обеспечении экономического роста американской экономики. В докладе президента о состоянии экономики в 1990 г. подчеркивается, что «создание препятствий на пути свободного потока прямых иностранных капиталовложений в Соединенные Штаты нанесло бы ущерб американской экономике».

В результате трудности, возникающие в других странах (независимо от порождающих их причин), могут отрицательно отразиться на и без того неустойчивом положении американской экономики. Застой в США означает снижение курса доллара по отношению к другим валютам, в результате чего товары из Кливленда подешевеют в Кале. Однако, если экономики других стран будут переживать застой, американским производителям удастся найти немного покупателей своей продукции.

Если о торговой конъюнктуре можно сказать, что она довольно туман-



Источник: Джейфри Х. Мур, Центр международных исследований циклов деловой активности

на, то положение на финансовых рынках еще хуже. После резкого спада на фондовой бирже в Токио, в результате которого стоимость ценных бумаг на ней за десять месяцев 1990 г. снизилась почти на 40%, поток японских капиталовложений в США уменьшился.

За последние шесть месяцев 1989 г. японские фирмы приобрели американские ценные бумаги на 17,5 млрд долл. Но потом эти же фирмы превратились в продавцов таких бумаг и в первой половине 1990 г. сбыли их на сумму около 8,9 млрд долл.

Установление более тесных связей с экономиками других стран также означает, что США лишились части рычагов управления своей экономикой, утверждает Пол Р. Крагман, экономист из Массачусетского технологического института. Традиционно федеральный резервный банк обладал огромными возможностями для того, чтобы подстегнуть или приостановить экономический спад путем изменения величины процентных ставок. Например, Федеральный резервный банк мог бы остановить спад за счет снижения процентных ставок (и тем самым стимулировать спрос). Теперь же однако такой шаг привел бы к дальнейшему ослаблению аномичного доллара, удорожанию импорта, что вызвало бы увеличение инфляции и, возможно, ускорило утечку иностранного капитала. «В действительности Федеральный резервный банк лишился части пространства для маневра, а также определенных возможностей проводить независимый курс», — считает Крагман.

Экономический спад в США в свою очередь мог бы также отрицательно повлиять на экономическое положение ряда государств, особенно развивающихся стран. «Со снижением покупательной способности США в при-

обретении товаров как длительного, так и кратковременного пользования (таких, как сырье из Латинской Америки и Азии) также подрывается жизнеспособность наших торговых партнеров», — считает Филип Брэйверман, главный экономист DKB Securities, нью-йоркского отделения Dai Ichi Kangyo Bank.

Другие страны могут ощутить эти последствия в меньшей степени. В связи со спадом спрос американцев на такие японские товары, как плейеры для компакт-дисков и телевизионная техника, несомненно, снизится. Но учитывая то, что три года назад японское правительство начало проводить курс на поощрение потребления, японские фирмы обнаружили, что ненасыщенные покупатели есть и в их собственной стране, считает Брэйверман.

Но независимо от существования сложной связи с экономиками других стран основная ответственность за неустойчивость американской экономики лежит именно на самих Соединенных Штатах. Экономист из Массачусетского технологического института Рудигер Дорнбуш считает: «У нас слишком высокие процентные ставки, слишком большой бюджетный дефицит, слишком ленивая промышленность, слишком медленно ведутся научные исследования, снижается уровень образованности, в среде наших политических деятелей господствует посредственность — все это способствует снижению темпов роста экономики. Единственной расущей областью деловой активности оказалось предоставление финансовых услуг, и это принесло нам неприятности. 90-е уйдут у нас на то, чтобы платить по этим векселям».

Элизабет Коркоран и Пол Уоллич

Поверхность Венеры

На очень четких изображениях этой родной сестры Земли обнаруживается смесь уже хорошо известных и загадочных форм рельефа

Р. СТИВЕН САУНДЕРС

ВЕНЕРА — родная сестра Земли по размерам, массе и расстоянию от Солнца. Но природа ее поверхности долгое время оставалась тайной. Серебряные облака, благодаря которым она ослепительно сверкает на земном небе, совершенно скрывают от нас ее поверхность.

Однако радиоволны сантиметрового диапазона легко проникают сквозь облачный покров, что позволило с помощью земных радиотелескопов, а также американских и советских космических аппаратов воссоздать приближенную картину ландшафта Венеры. И когда 15 сентября автоматическая межпланетная станция «Магеллан» Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) приступила к съемке ее поверхности, наконец-то удалось выявить истинную природу этой планеты. Венера — это динамичный мир, сформированный теми же процессами, что и Земля, но приведшими к иным впечатляющим результатам.

Установленный на борту «Магеллана» радиолокатор апертурного синтеза способен обнаруживать детали поверхности поперечником всего 120 м, т. е. в 10 раз меньше обнаруженных ранее. На приведенных здесь изображениях области пересеченной поверхности выглядят яркими, а гладкие — темными, так как различные породы по разному отражают радиолокационный сигнал.

Существовавшие ранее проблемы связи с «Магелланом» (одна из которых — потеря связи на целых 17,5 ч) удалось преодолеть. Примерно 98% сигналов теперь поступает без помех. Приведенные здесь наиболее эффективные изображения — это лишь капля в море собранной «Магелланом» информации. Планируется, что «Магеллан» осуществит съемку всей поверхности Венеры.

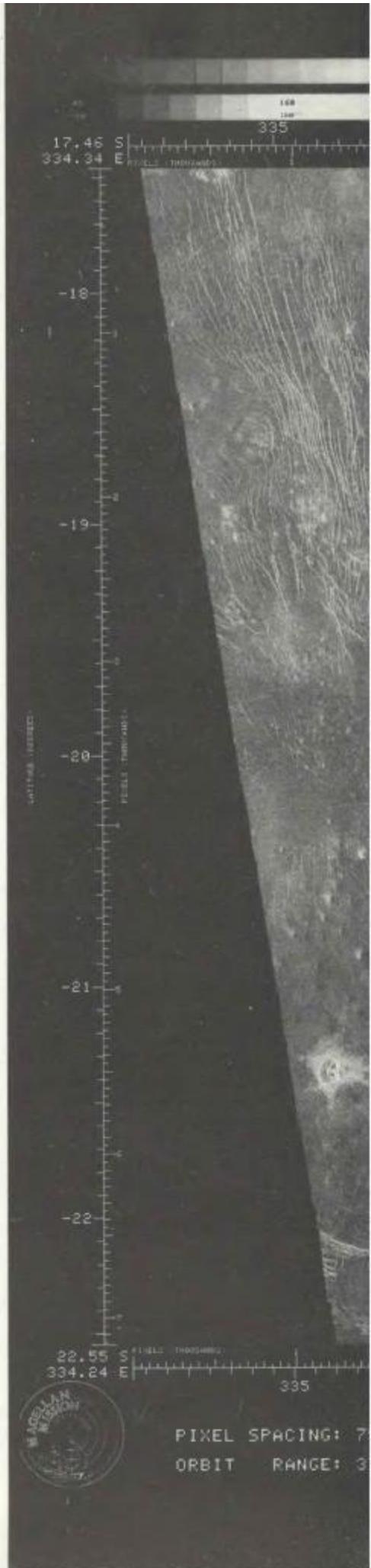
Полученные за первые три дня изображения, охватывающие лишь

1,5% поверхности, обрабатываются. Огромное количество обнаруженных деталей уже поколебало идею о том, что Венера — близкая родственница Земли. Возраст поверхности Венеры, по-видимому, составляет от 100 млн. до 1 млрд. лет — очень древний по земным меркам. Но в 4,5-миллиардной истории Солнечной системы внешние слои планеты подверглись сильным изменениям и эрозии сравнительно недавно.

Террасные вулканические кальдеры, протяженные лавовые потоки, складчатые горные системы и запутанная сеть разломов свидетельствуют о тектонической активности Венеры. Однако существование движущихся тектонических плит остается недоказанным. Многие ударные кратеры, по-видимому, залиты лавой, возможно истекшей из горячих слоев,

РАЗНООБРАЗИЕ ТОПОГРАФИИ
Венера хорошо видна на этом мозаичном радиолокационном изображении. Область имеет ширину 475 км, длину 545 км и расположена между равнинами Навка и Лавиния.

Вдоль западного края в центре видно скопление вулканических куполов диаметром от 1,5 до 7,5 км. Купола и излившиеся лавовые потоки расположены в месте схождения ярких линейных образований, являющихся, по-видимому, разломами и трещинами. В некоторых местах купола накладываются на эти разломы и трещины. Разломы и трещины простираются к югу, пока не исчезают в темных областях (гладких равнинах) и не пересекаются перпендикулярными им разломами. Такая конфигурация указывает на то, что тектоническая и вулканическая активности проявлялись многократно. Очень темные окружные образования вблизи восточного края в центре — это, по-видимому, осадочные породы, связанные с падением метеорита.



F-MIDRP.205337

336 337 338 339 340
PIXEL THRESHOLD 17.46 S
348.44 E

-18
-19
-20
-21
-22

PIXEL THRESHOLD
UNIT: DEGREES

22.55 S
348.54 E

336 337 338 339 340
PIXEL THRESHOLD

PROJECTION LONGITUDE: 337.39 DEGREES EAST

0 25 50 75 100
KILOMETERS
SINUSOIDAL PROJECTION



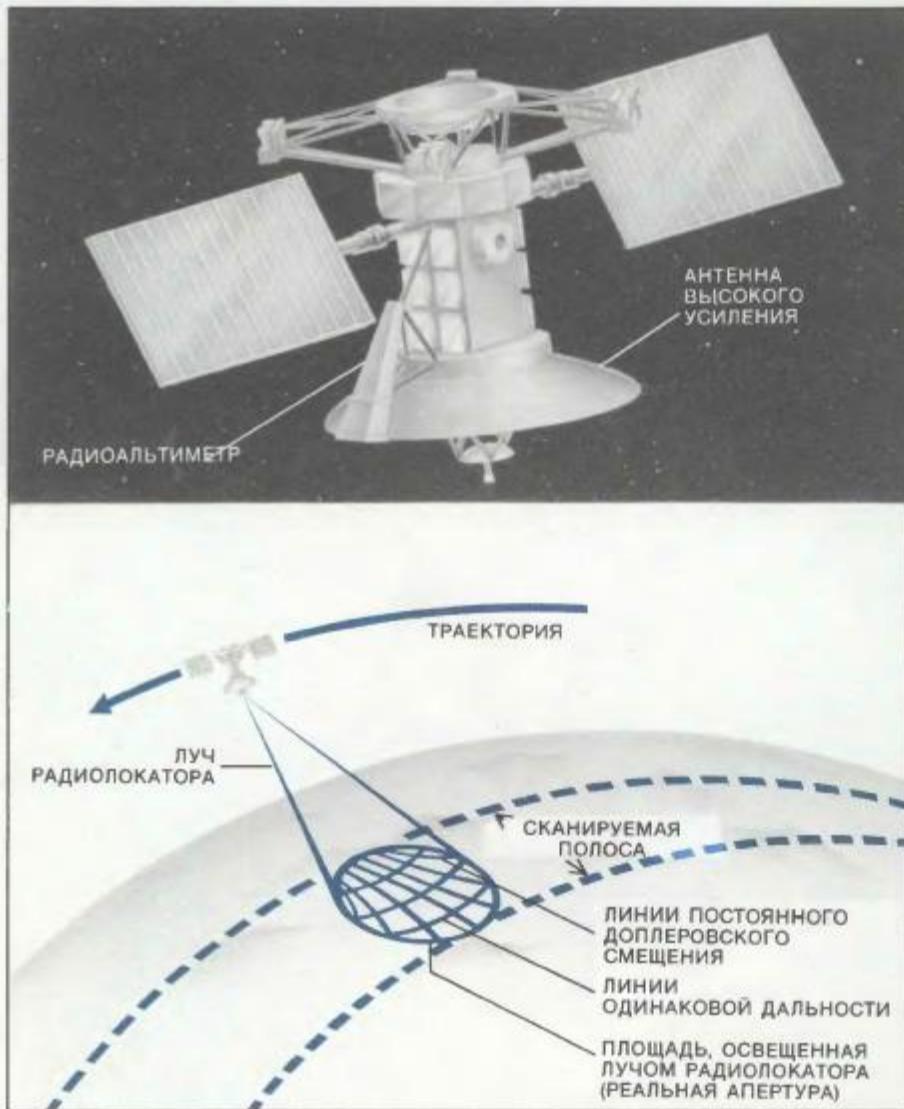
JPL

расположенных под тонкой корой. Несмотря на очень низкую скорость ветра у поверхности, имеются признаки ветровой эрозии и переноса вещества ветром.

Кроме этих известных образований имеются некоторые особенности, заставляющие планетологов задуматься. Неожиданно большое число асимметричных ударных кратеров указывает на то, что в плотной атмосфере Венеры создаются такие условия, что большие метеориты достигают ее поверхности и выброшенное при ударе вещество разбрасывается определенным образом. Подвергшиеся эрозии структуры похожи на русла рек, по которым никогда не текла вода, так как жидкая вода не может существовать на поверхности Венеры при температуре 450 °С. Возможно, эта эрозия вызвана потоками чрезвычайно

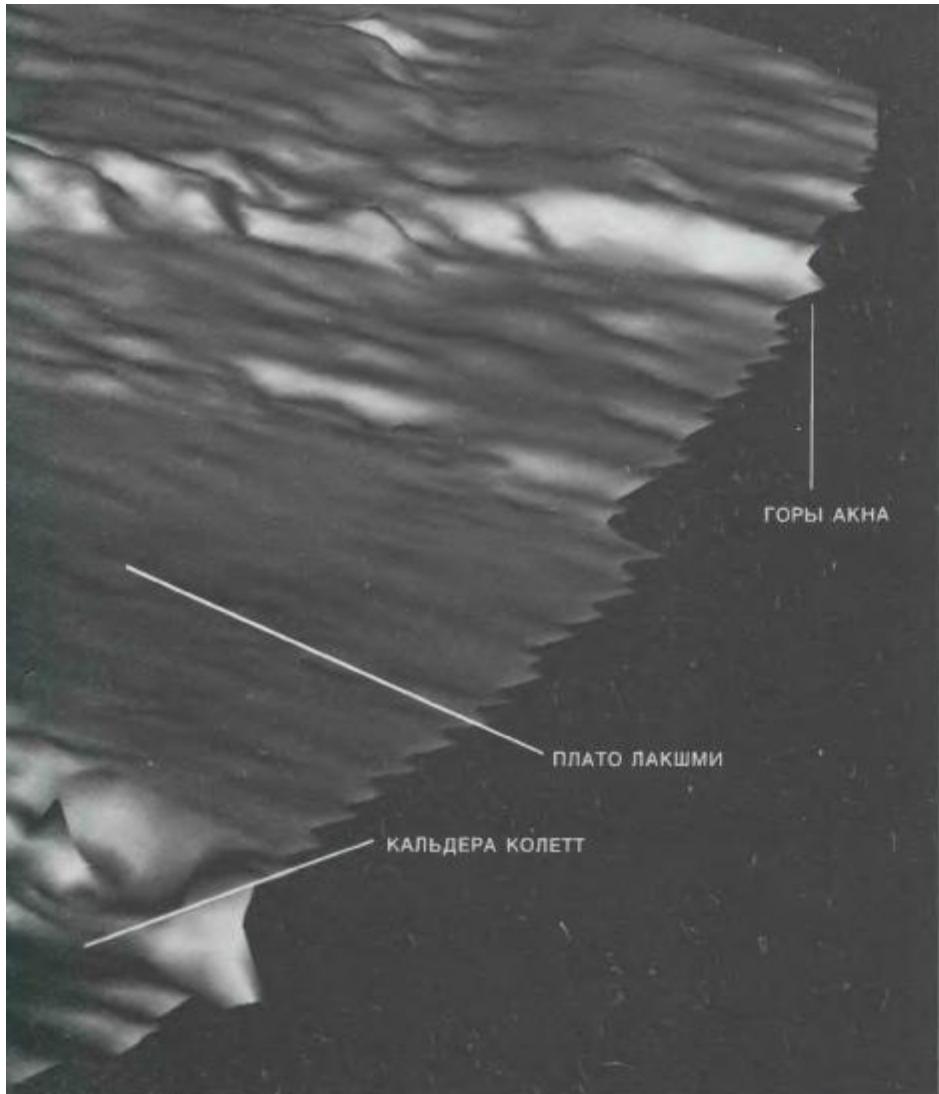
жидкой лавы или горячим газом и пылью, выброшенными при ударе метеоритов.

До сих пор «Магеллан» проводил только съемки низменных равнин. В декабре 1990 г. в соответствии с программой начнется съемка экваториальных возвышенностей, так что можно ожидать новых открытий. По мере того как исследованная полоса будет расширяться, ученым, возможно, удастся лучше изучить систему рифтов и разломов. В течение следующих пяти лет «Магеллан» должен провести съемку планеты восемь раз, что позволит повысить разрешение и заполнить «белые пятна». Это позволит также поискать признаки кратковременных изменений поверхности, которые свидетельствовали бы о том, что геологическая активность Венеры высока и в настоящее время.



АНТЕННА с высоким коэффициентом усиления на «Магеллане» во время каждого витка полета сканирует полосу поверхности Венеры и передает данные на Землю. Из отдельных полос строится мозаичное изображение. Радиоальтиметр измеряет время, необходимое радиопульсу, чтобы, отразившись от поверхности, вернуться на автоматическую станцию. Из этих данных можно получить топографию поверхности.





a
НА АЛЬТИМЕТРИЧЕСКОМ изображении обнаруживается резкий подъем горного хребта Акна, образованного сжатием коры. Гладкое плато Лакшми, вероятно, покрыто лавой, излившейся из вулканической кальдеры Колетт. После истечения лавы Колетт обрушилась, и теперь она лежит на 3 км ниже окружающей поверхности — гораздо глубже большинства кальдер на Земле.

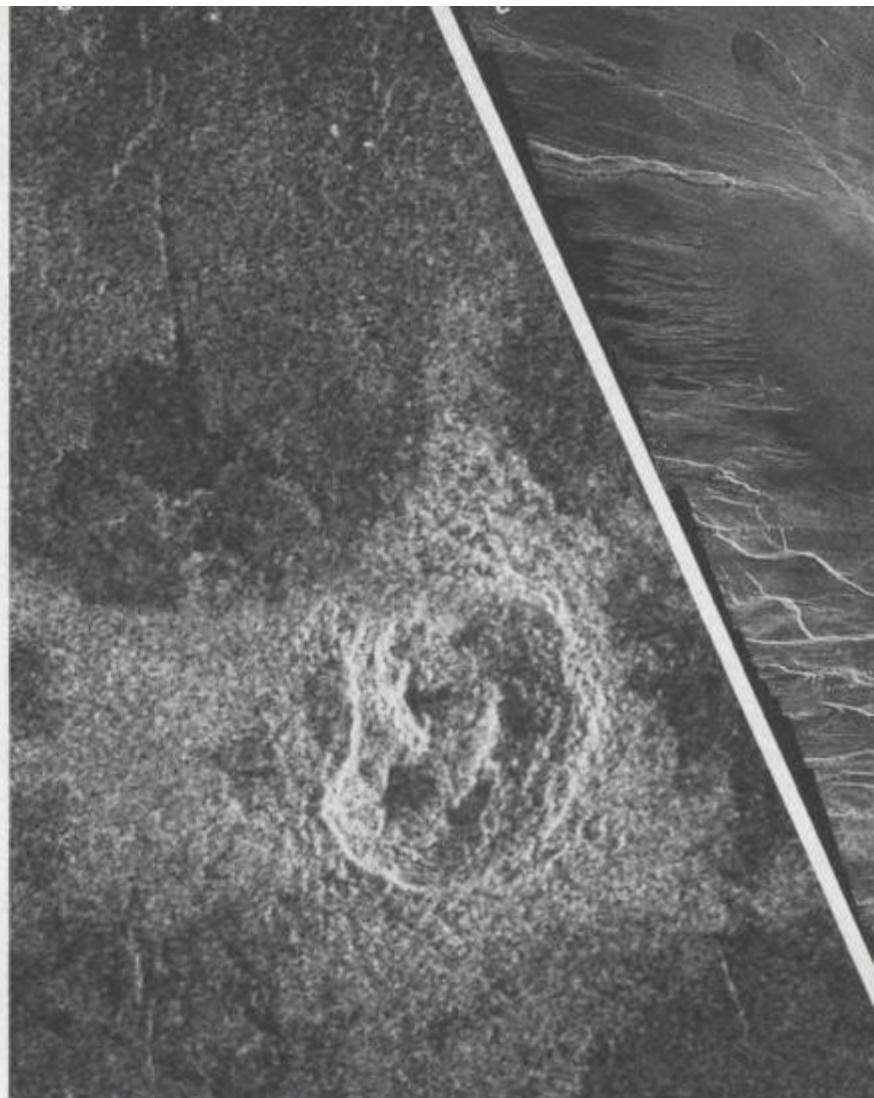
b
МОЗАИЧНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ показывает три ударных кратера диаметром от 37 до 50 км, лежащие в области покрытых трещинами равнин. Ударные кратеры на Венере встречаются так же часто, как и на Земле. Но на Земле из-за процессов выветривания и особенно под воздействием воды кратеры быстро разрушаются и становятся труднообнаружимыми. На безводной Венере кратеры прекрасно сохранились.

c
ТРЕХМЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ изображения кратера Голубкиной диаметром 34 км. Террасная внутренняя стена и центральный пик придают ему большое сходство с ударными кратерами на Земле, Луне и Марсе. Плоское гладкое днище кратера может быть заполнено лавой.



a

КРАТЕР В ФОРМЕ ПОЧКИ, по-видимому, единственный в Солнечной системе. Вероятно, метеорит разрушился в плотной атмосфере Венеры, вызвав несколько мощных выбросов, которые и образовали такую несимметричную картину. Размеры кратера в поперечнике 9 и 12 км; кратеры диаметром меньше 6 км на Венере не встречаются, по-видимому, потому, что небольшие метеориты разрушаются в атмосфере.



b

ГЕОЛОГИЧЕСКИ МОЛОДАЯ низменная равнина, испещренная сложной системой каньонов, образовавшихся из-за расширения коры. Впоследствии некоторые каньоны были залиты потоками лавы. Ширина каньонов от 5 до 10 км, длина — от 50 до 100 км, высота краевой породы около 100 м. Вид с севера под углом около 10°.

c

РАЗЛОМЫ И ВПАДИНЫ (нижняя часть изображения), возникшие при образовании разломов, простираются вдоль равнины Лавиния. Ширина образований — от 70 м до 7 км. На их северном конце часто имеется продолговатое углубление, образно названное «гамбоидом» за сходство с героем мультильмов Гамби. Гамбоиды могли образоваться, когда подповерхностная магма, натолкнувшись на скальную породу, отступила, вызвав обрушение коры.

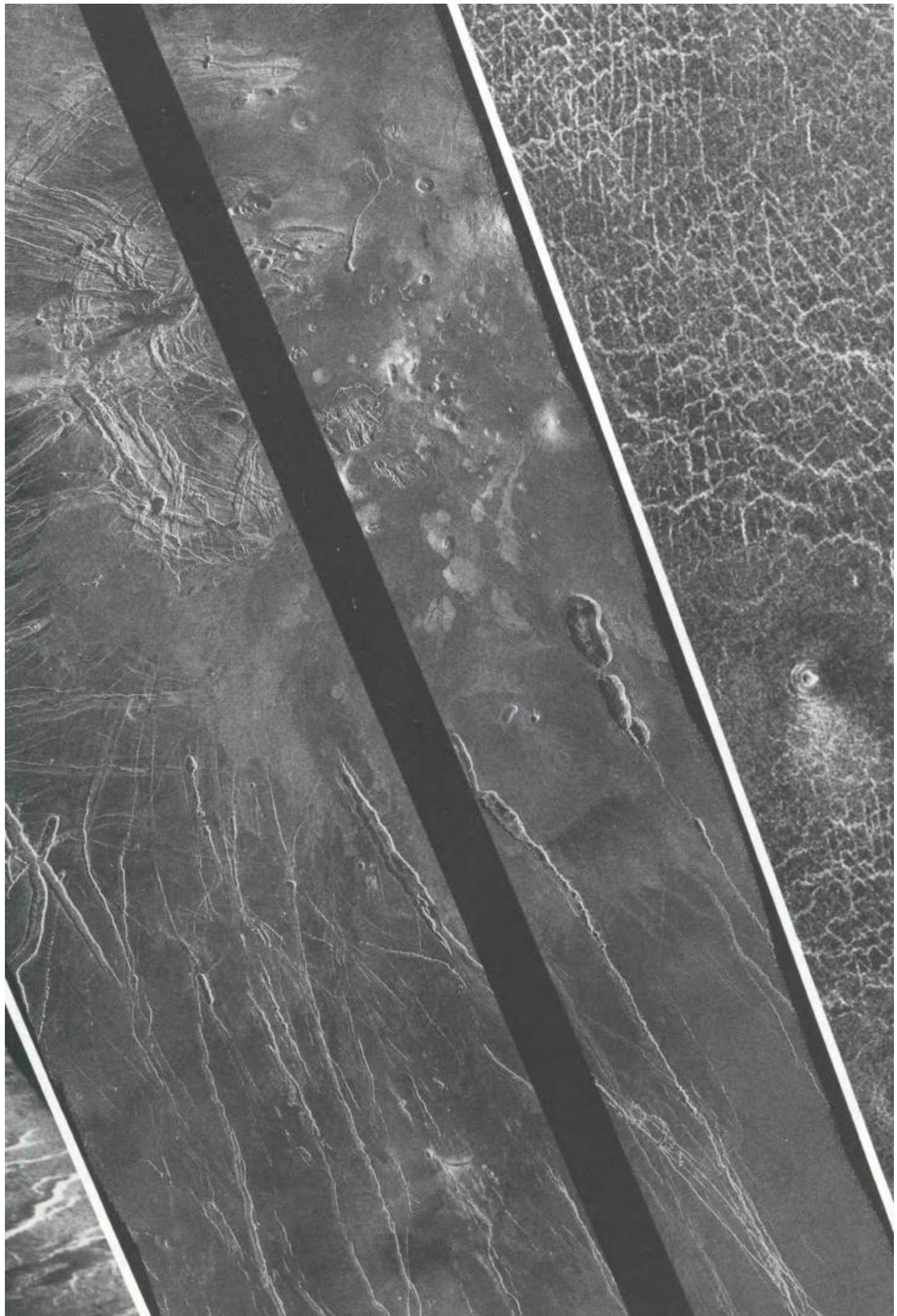
Большое образование округлой формы — это корона, место крупномасштабного истечения горячей магмы из недр Венеры. Короны сходны с вулканическими горячими точками на Земле, такими, как на Гавайских островах. Площадь изображения охватывает поверхность шириной 165 км и длиной 575 км. Из-за неисправности прибора съемки в черной полосе будут проведены повторно.

b



d

ВЗРЫВНЫМ ВУЛКАНИЗМОМ можно объяснить происхождение яркой области, простирающейся примерно на 10 км от вулканического кратера диаметром 1 км в центре изображения. Из формы яркой области можно предположить, что ветры перенесли вещества к югу или же постепенно его рассеяли, за исключением подветренной стороны вулкана.



Как охотится камчатская ларга

На суше поведение тюленей изучено довольно подробно, но при исследованиях под водой возникают особые трудности. Новые приемы наблюдения позволили заглянуть в мир подводных взаимоотношений этих животных

В. М. БЕЛЬКОВИЧ, М. Н. ЩЕКОТОВ

БУДУЧИ прекрасно приспособленными к водной среде, тюлени определенную часть своей жизни проводят на суше или на льдах. Пребывание вне воды носит сезонный характер и связано с размножением, линькой и отдыхом. Некоторые виды при размножении образуют громадные лежбища, как, например, известные своими «гаремами» северные морские котики. У котиков и других полигамных видов семейства ушастых тюленей (*Otaridae*) поведение на берегу в период спаривания и рождения детенышей характеризуется выраженной территориальностью и высокой агрессивностью. У большинства представителей семейства настоящих тюленей (*Phocidae*) береговые залишки относительно малочисленны и взаимоотношения там куда менее драматичны; лишь время от времени возникают короткие стычки при попытках животных поудобнее устроиться или при выходе на берег новых особей.

По мере накопления сведений о поведении тюленей на берегу все больший интерес у исследователей вызывают их отношения под водой, где реализуются жизненно важные формы поведения. Однако получить визуальную информацию о взаимодействиях тюленей в воде, которая в местах их обитания прозрачна в лучшем случае на считанные метры, очень трудно. Использование подводной теле- и киноаппаратуры в таких условиях малоэффективно; кроме того, если животных потревожить, их поведение может существенно и непредсказуемо измениться.

ПОЭТому в изучении подводного поведения тюленей необходимы новые подходы. В нашей статье речь пойдет о камчатской ларге *Phoca largha*, относящейся к семейству на-

стоящих тюленей. Этот вид, весьма многочисленный, оказывает большое влияние на популяции важных промысловых рыб из семейства лососевых. Летом и осенью ларги нагуливают жир на нерестовых косяках лосося, возвращающегося по зову инстинкта в родные реки. Скапливаясь в море перед устьями рек, они преграждают лосося путь, но в основном их добычей становятся ослабленные или больные особи. Отдельных тюленей, а нередко несколько десятков особей можно увидеть в реках и выше по течению — на расстоянии около километра (иногда и дальше) от моря. Пока неясно, по какому признаку из сотен особей, скапливающихся в море у речного устья, отбираются несколько десятков «смельчаков», заходящих вслед за лососем в реку, берега которой посещаются людьми; среди этих животных встречаются и крупные материевые звери, и явные малолетки. В реке между тюленями устанавливаются определенные отношения.

Сохраняются ли у ларги под водой агрессивные взаимодействия или животные помогают друг другу во время охоты? Как распределяется охотничья акватория между особями, занимающими разные ступени социальной иерархии? Какое значение имеют подводные звуки тюленей? Исследования, проведенные авторами статьи летом — осенью в 1981, 1982 и 1986 гг. на юго-западном побережье Камчатского полуострова, позволили получить ответы на эти и многие другие вопросы. Мы выбрали петляющую среди невысоких гор реку Озерную с каменистым ложем и вначале вовсе не думали, что наш выбор будет иметь решающее значение для дальнейших работ. Ранее, изучая подводные звуки ларги с помощью гидроакустической аппаратуры на реках Камчатки, мы убедились, что с берега можно увидеть лишь очень немного — помимо всего прочего потому, что вода в этих реках обычно очень мутная из-за огромного количества взвешенных

частиц. Река Озерная отличалась относительной прозрачностью воды, что и побудило нас начать исследования там.

Место наблюдения на реке Озерной было выбрано на стенке бетонного пирса, возле которой река, перед тем как устремиться по относительно узкому — около 60 м шириной — руслу в море, образует выраженное предустьевое расширение (см. рисунок на с. 22). Скорость течения наибольшая вблизи пологой песчаной косы напротив пирса, остальная же часть предустьевого расширения реки мелководная, с малой скоростью течения.

С помощью портативной гидроакустической системы, состоявшей из гидрофона, усилителя и магнитофона, мы вели периодическую регистрацию звуков, издаваемых ларгами в различное время суток. Полученные данные красноречиво свидетельствовали, что под водой шла бурная жизнь.

Но исследование звуковых сигналов, анализ их частотно-временных характеристик и классификация сами по себе могли лишь в малой степени приблизить нас к пониманию того, что буквально в нескольких шагах происходило под водой. Первоначальные наблюдения, даже в относительно прозрачной воде реки Озерной, принесли немного информации. И мы решили использовать для наблюдений береговую «вышку» высотой около 15 м. Это позволило следить за поведением ларг под водой на глубине до 2—3 м, т. е. практически на большей части изучаемой акватории. На эффективность наблюдений с «вышки» сильно влияли погодные условия; видимость в воде была наилучшей в ясную солнечную погоду без ветра. В целом погода благоприятствовала наблюдениям и нам удалось получить довольно полную картину подводных взаимоотношений тюленей.

Выяснилось, что целый ряд факторов определяет, сколько тюленей зай-

дет в реку, каково будет их поведение и станут ли они издавать звуки под водой. К наиболее важным из этих факторов можно отнести интенсивность хода лосося во время прилива и отлива, присутствие и действия человека, а также скорость течения реки. Осенью, в конце сентября — в октябре, в реку Озерную поднимаются главным образом два вида лососевых рыб — голец (*Salvelinus malma*) и кижуч (*Oncorhynchus kisutch*); они, как и остальные лососевые, идут в реку на нерест в основной массе лишь во время прилива. Очень мало рыбы заходит в реку во время высокой малой воды (неполного отлива), а при низкой малой воде (полном отливе) ход рыбы полностью прекращается. Соответственно этому максимальное число ларг находится в реке в течение 2—3 ч до и после наивысшей точки прилива, хотя почти все животные

могут оставаться в реке, если только их что-либо не спугнет, и при высокой малой воде. Во время полного отлива отсутствие рыбы и увеличение скорости течения воды в реке заставляют большую часть тюленей уходить в море.

Обычно в прилив в реке Озерная находилось около 20 особей, причем все они располагались не далее 100—150 м от устья. Для дыхания и отдыха на поверхности воды звери предпочитали определенное место («пятачок») — видимо потому, что оно равно удалено от берегов и скорость течения там не большая.

Поисковое выжидавшее поведение крупных ларг наблюдалось в течение всего времени, когда лососи — даже хотя бы отдельные особи — поднимались вверх по реке. Это поведение выглядело следующим образом. После отдыха на «пятачке» животное уходи-

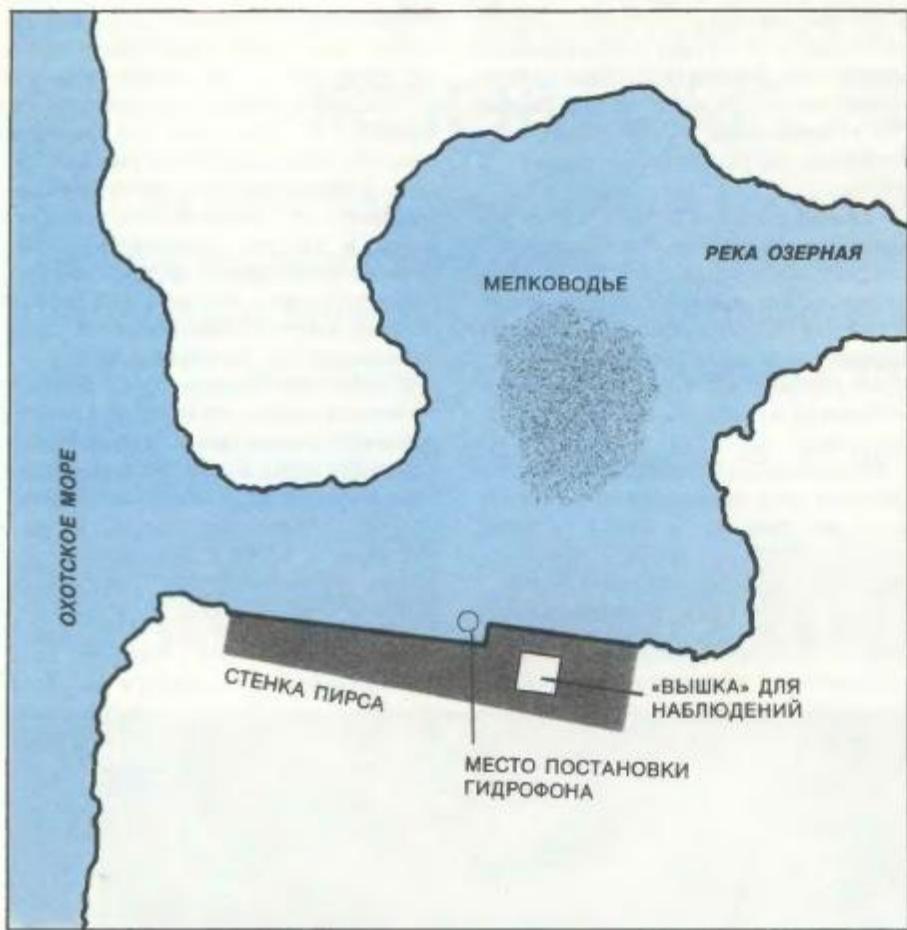
ло под воду на глубину 1,5—2 м и начинало медленное движение — «патрулирование» — по направлению к стенке пирса, иногда по сложной петлеобразной траектории (см. рисунок на с. 23). Тело зверя при этом находилось в специфическом наклонном положении, при котором его передняя часть и голова располагались несколько ниже задней части тела. Тюлень подходил к стенке пирса и либо не спеша патрулировал вдоль нее, либо останавливался, устраивая засаду.

В засаде положение тела животного относительно устья определяется, вероятно, скоростью и направлением движения воды в реке. Во время прилива морская вода поступает в реку, что резко уменьшает скорость течения реки, а часто и поворачивает ее вспять. Ларги стараются держаться головой к устью реки, но из-за течения оказываются под некоторым



ЛАРГА (*Phoca largha*) — обычный для Камчатского полуострова вид — относится к семейству настоящих тюленей. Для всех представителей этого семейства характерно от-

сутствие ушной раковины, однако ларга прекрасно разливает звуки под водой и на воздухе.



ЛАРГИ ЗАХОДЯТ В РЕКИ Камчатского полуострова вслед за идущими на нерест лососями, что происходит ежегодно летом и осенью. Относительная прозрачность воды в реке Озерной, расположенной на юго-западном побережье Камчатки, и использование для визуальных наблюдений «вышки» позволили авторам статьи увидеть живую картину подводных взаимодействий тюленей. Дополнительную информацию о поведении животных получали с помощью гидроакустической аппаратуры.

углом. Усиливающееся действие течения реки в отлив приводит к тому, что животные в засаде ориентированы головой в сторону, противоположную устью. При этом обычно сохраняется специфическая наклонная поза, при которой голова и передняя часть тела расположены несколько ниже, чем задняя.

Данные о длительности патрулирования и нахождения в засаде (т. е. о времени пребывания под водой), а также о продолжительности дыхания на поверхности воды были получены в результате наблюдений за крупной особью, имевшей естественный маркер — необычно светлый окрас шерсти. У этого животного время пребывания под водой (дыхательная пауза) менялось в пределах 1—7 мин, а продолжительность дыхания на поверхности воды составляла полминуты или немного более. Судя по наблюдениям за другими особями, длительность дыхания варьирует в широких пределах — от 12 с до 1 мин; обычно ларги совершают вдох—выдох в среднем раз в 2 с.

Обнаружив рыбку, ларга начинает стремительное преследование. Движение тюленя во время броска разнообразно и может происходить в положении животного на спине и на боку.

НА АКВАТОРИИ реки Озерной находились ларги, различающиеся по возрасту и размерам и имеющие вследствие этого разный социальный статус, т. е. занимающие разное положение в социальной иерархии. Для тюленей, так же как для многих других животных, характерно проявление доминирования более сильных и приспособленных особей над другими при социальных взаимодействиях, возникающих из-за ограниченности какого-либо ресурса, что вызывает конкуренцию. (Классическим примером жесткой иерархической организации служит так называемый порядок клевания у кур. Более лабильные структуры свойственны крысам и приматам.)

Участки реки Озерной оказались весьма неравнозначными для тюленей охоты, и именно это обусловило

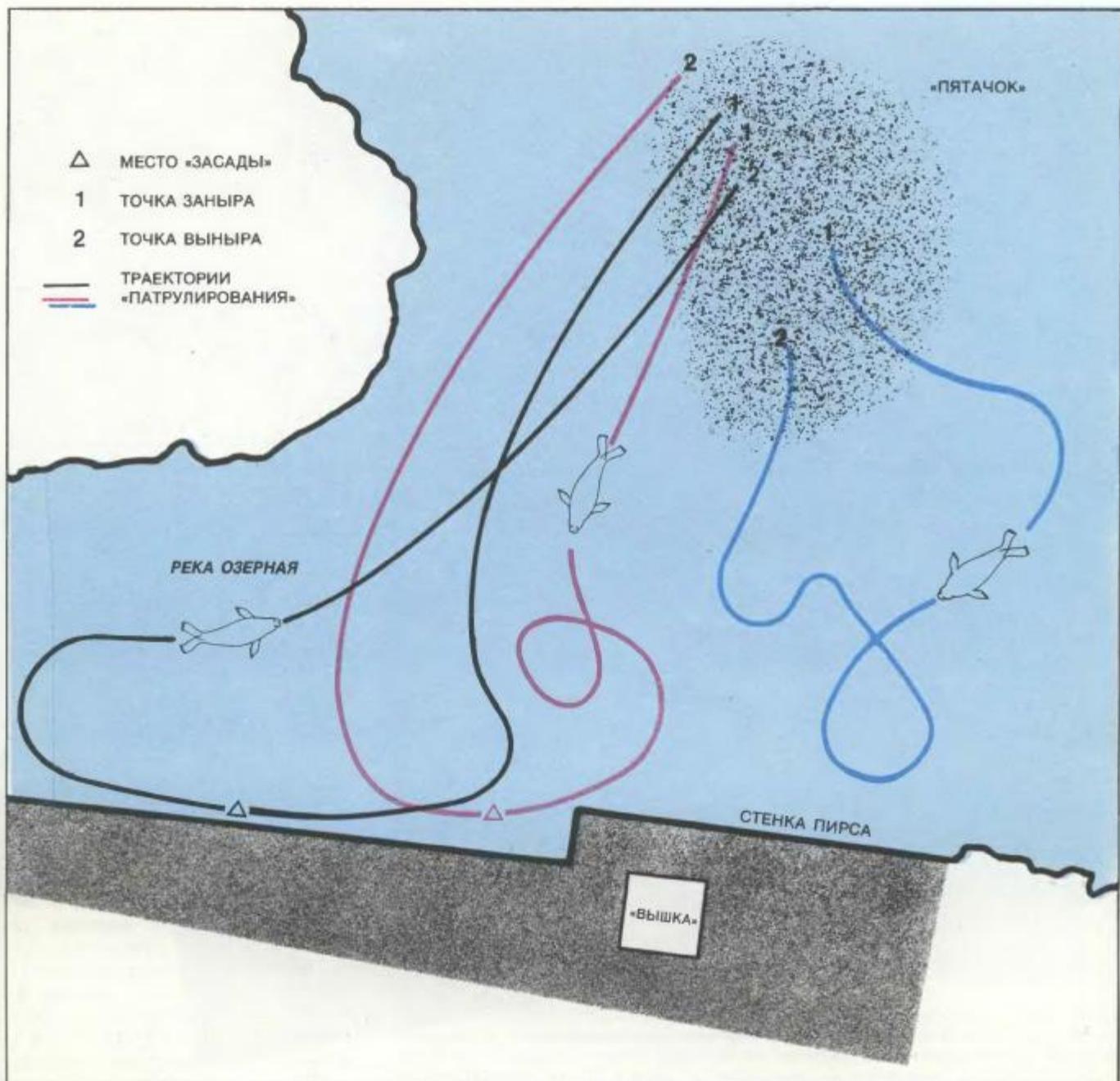
неравномерное распределение на акватории матерых и молодых особей.

Тюлени эффективно использовали находившуюся в реке стенку пирса (см. рисунок на с. 24) в качестве препятствия, к которому удобно прижимать преследуемую рыбку. Здесь наблюдалось наибольшее число бросков, в том числе с успешным окончанием свыше 85%. На этом самом удобном для охоты участке акватурии держались преимущественно крупные, занимающие высокое иерархическое положение особи. Мелкие ларги тут делали броски лишь изредка, тогда как в малоперспективных участках на мелководье, наоборот, редко охотились крупные звери. Крупная особь, патрулирующая участок у стенки пирса, отгоняла других, оказавшихся поблизости, используя для этого удары передними ластами и акустические сигналы, но чаще всего было достаточно лишь резкого броска в сторону вторгающегося на участок животного.

Когда какая-то из ларг бросается за рыбой, находящейся поблизости 2—3 другие особи тут же присоединяются к погоне. По нашим данным, в броске за добычей в 60—80% случаев участвуют 2—4 животных одновременно. (Просто с берега, без «вышки», практически незаметно, что в таком групповом броске принимают участие несколько тюленей — у наблюдателя создается впечатление, что рыбку преследует лишь одно животное.)

Существует, по-видимому, определенное расстояние (около 10—15 м), начиная с которого «соседи» подключаются к преследованию жертвы. Звери, находящиеся дальше этого расстояния, реагируют на охоту соседней ларги лишь поворотом головы в сторону броска, оставаясь на своем месте. Животные, которые во время начала погони были на поверхности, значительно позже присоединяются к охоте, чем те, которые оказались в этот момент под водой. Случалось, что рыба и преследующие ее тюлени буквально налетали на отдыхающую на поверхности воды ларгу, чем приводили ее в панику.

При такой «коллективной» охоте вероятность успеха очень высока (неудача наблюдалась лишь в 5—10% случаев), по-видимому, благодаря резкому ограничению возможностей маневра для жертвы. Аналогичное поведение, как было установлено одним из авторов этой статьи, а именно В. М. Бельковичем, с коллегами из Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, характерно для дельфинов: все многообразие их движений при охоте подчинено главной задаче — ограничить подвижность жертвы.

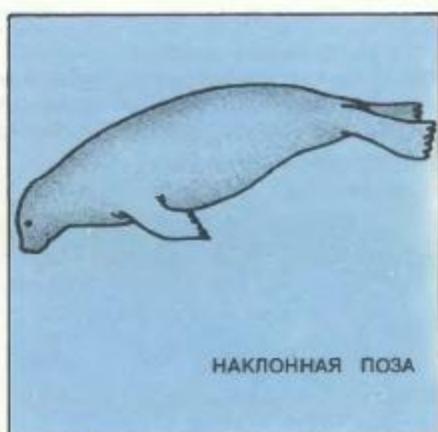


ПАТРУЛИРОВАНИЕ акватории реки — поисковое выжидавшее поведение крупных ларг — можно было наблюдать лишь с «вышки». Подыщав на «пятачке», служившем обычным местом отдыха, ларга уходила под воду на глубину около 1,5–2 м и начинала медленно двигаться к стенке пирса, часто по сложной петлеобразной траектории. При этом тело животного принимало специфическую наклонную позу (справа), при которой передняя часть тела и голова располагались ниже задней части тела. Ларга приближалась к стенке пирса и либо патрулировала вдоль нее, либо останавливалась в засаде. В последнем случае сохранялась та же наклонная поза.

Во время групповых бросков обычны наблюдения агрессивно-конкурентные отношения между тюленями. Нередко в финале охоты возникают схватки — энергичные удары соперников передними ластами, назальные контакты (тычки носами) и укусы, в результате которых рыба достается обычно более крупному и сильному животному даже в том случае, если первоначально была схвачена

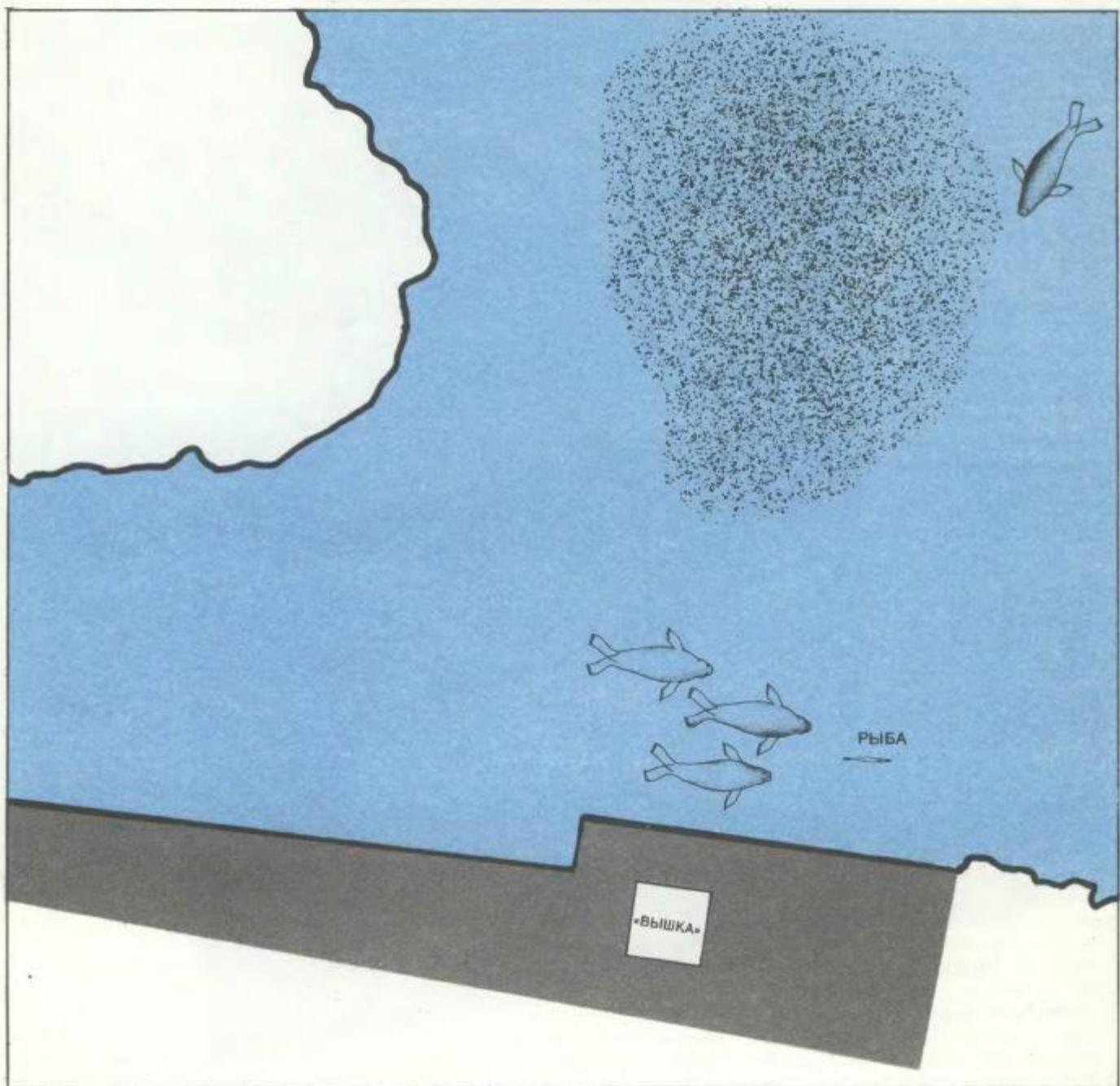
другой особью. Особенно длительные и ожесточенные схватки, сопровождающиеся преследованием, происходят при столкновениях примерно равных по силе и социальному статусу соперников, которые при этом могут издавать специфические акустические сигналы.

Свои участки речной акватории, менее удобные для охоты, были и у небольших особей низкого ранга. Моло-



НАКЛОННАЯ ПОЗА

дые ларги обычно держались на мелководье либо около берега, противоположного пирсу. Вероятно, из-за неудобности охотничих участков, а также отсутствия достаточного опыта



ГРУППОВЫЕ БРОСКИ ЛАРГИ при обычных наблюдениях с берега заметить довольно трудно, поскольку поверхность воды не возмущается, даже если животные пронсятся на глубине всего 30—40 см. В лучшем случае можно увидеть центрального зверя, обычно настигающего рыбу.

Групповые броски, которые строятся на агрессивно-конкурентных отношениях, существенно повышают вероятность поимки рыбы — вероятно, потому, что жертва оказывается ограниченной в своих маневрах и, ускользнув от одного преследователя, попадает в пасть другому.

та одиночные молодые животные значительно реже добиваются успеха в преследовании рыбы: они упускают жертву в среднем почти в 2 раза чаще, чем крупные взрослые ларги. Возможно, в связи с этим молодые особи во время охоты пользуются специфическими тактическими приемами. Такие животные упорядоченно располагаются на мелководье примерно на равном расстоянии (5—10 м) друг от друга, образуя своего рода ловчую «сеть». Численность такой «сети» в

зависимости от внешних факторов менялась от нескольких особей до трех десятков; соответственно варьировали контролируемая акватория и, очевидно, эффективность лова. При большой численности животные располагались почти в шахматном порядке в два, а иногда и в несколько рядов. Попадающую в «сеть» рыбу начинали преследовать сразу 3—4 соседние ларги, что резко ограничивало возможности маневра для жертвы.

Как говорилось, при групповых

бросках неудача бывает редко. Таким образом, «сеть» — своеобразная форма коллективного поведения — увеличивает вероятность поимки рыбы для молодых зверей. Мы предполагаем, что среди примерно равных по своим физическим возможностям молодых ларг сытос животное будет иметь несколько меньший уровень мотивации, вследствие чего во время следующего группового броска добыча достается какой-нибудь другой особи. Интересно отметить, что крупные звери, на-

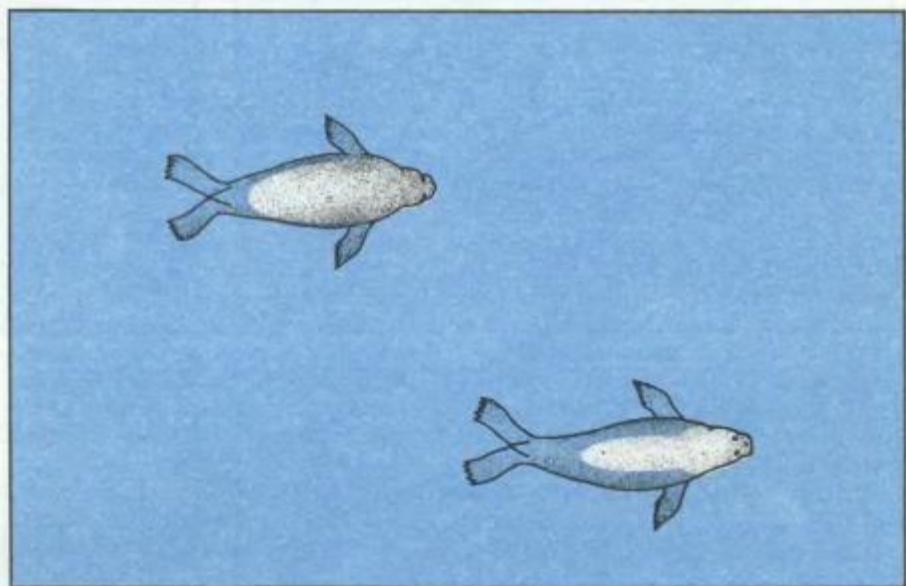
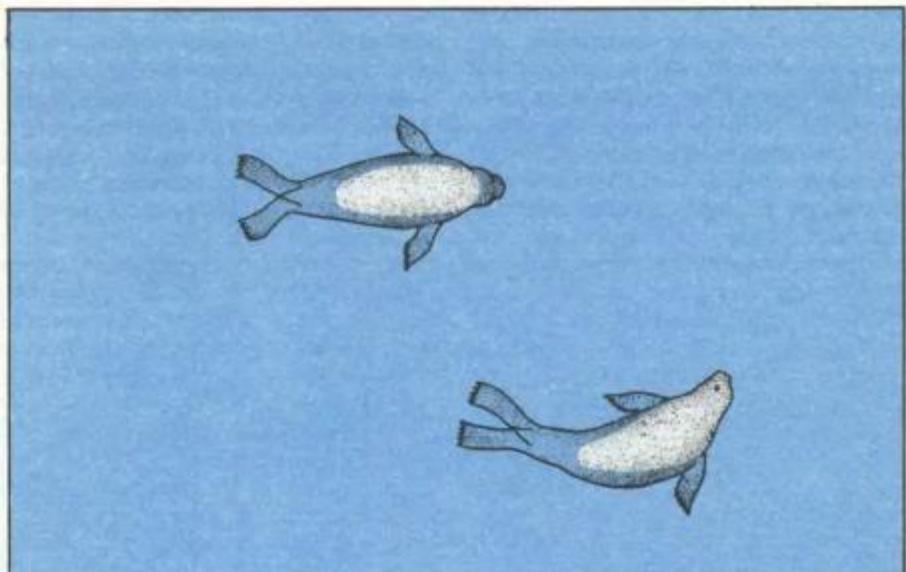
ходящиеся у стенки пирса или в других удобных для охоты участках акватории, могут выполнять при этом роль пассивных или активных загонщиков рыбы в «сеть», образованную молодыми животными. Подобные «сети» (возможно, образованные особями разного возраста) Белькович наблюдал также вдоль побережья залива Камбальный и у мыса Лопатка.

Существенно влияет на тактические приемы охоты число животных в группе. Описанная выше система контроля и слежения ларг друг за другом под водой и вытекающая из нее возможность групповых бросков могут приводить, особенно в небольших группах, к такой форме поисково-охотниччьего поведения, при которой большинство животных стремятся появляться на поверхности вместе и находиться под водой большую часть времени тоже совместно. Это было нами показано путем регистрации времени появления животных на поверхности и ухода под воду.

Поймав рыбку, ларга заглатывает ее целиком, если та подходящего размера, а чересчур крупную рыбку съедает по частям. Поедание рыбы может происходить как на поверхности, так и под водой. В последнем случае животное совершает резкие заглатывающие движения передней частью тела, начиная с головы жертвы; при каждом таком движении рыба все глубже уходит в пасть тюленя. Процесс заглатывания под водой продолжается не более 10—15 с, несмотря на то, что во всех наблюдавшихся случаях жертвой был крупный (весом 2,5—4 кг) кижуч.

Поедание рыбы на поверхности происходит по-разному в зависимости от того, насколько зверь голоден и каков его социальный статус. Молодая ларга заглатывает рыбку торопливо, как будто опасаясь нападения, не более полминуты. Крупный зверь высокого ранга ест добычу несколько демонстративно, особенно если уже не очень голоден; процесс заглатывания растягивается до 2—5 мин. Иногда он может даже бросить рыбку, чтобы отогнать конкурента, а потом вновь подхватить брошенную добычу либо преследовать другую особь, не выпуская жертву из пасти. В редких случаях во время схватки два тюленя, вцепившись в одну рыбку, разрывают ее, и каждый заглатывает свою часть.

Преследование и поедание рыбы могут происходить на суше, если рыба от погони выбрасывается на берег. Тюлень преследует жертву на берегу и заглатывает ее, начиная с головы, при помощи резких движений, сходных с теми, которые делаются под водой.



ДЕМОНСТРАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ пары ларг на поверхности воды сопровождается специфическими звуками. Животные располагаются на расстоянии 1,5—2 м друг от друга. Одно из них изгибает тело полукольцом, задирает голову немного назад и вверх и периодически погружает в воду то правую, то левую часть головы. При таком поведении наблюдаются сигналы двух типов — «блеяние» и короткий глухой «лай».

С ПОМОЩЬЮ нашей гидроакустической системы удалось установить, что под водой тюлени издают множество различных звуков. Наиболее «разговорчивыми» животные были во время прилива, особенно по ночам. На основании анализа обширного массива записанных сигналов мы выделили больше десятка основных классов акустических сигналов, которыми тюлени пользуются при общении под водой; эти звуки похожи на щелчки, скрип, рев, блеяние, чавканье или лай (см. рисунки на с. 28—29).

На раннем этапе исследований о функциональном назначении тех или иных сигналов ларги можно было лишь догадываться. Еще менее по-

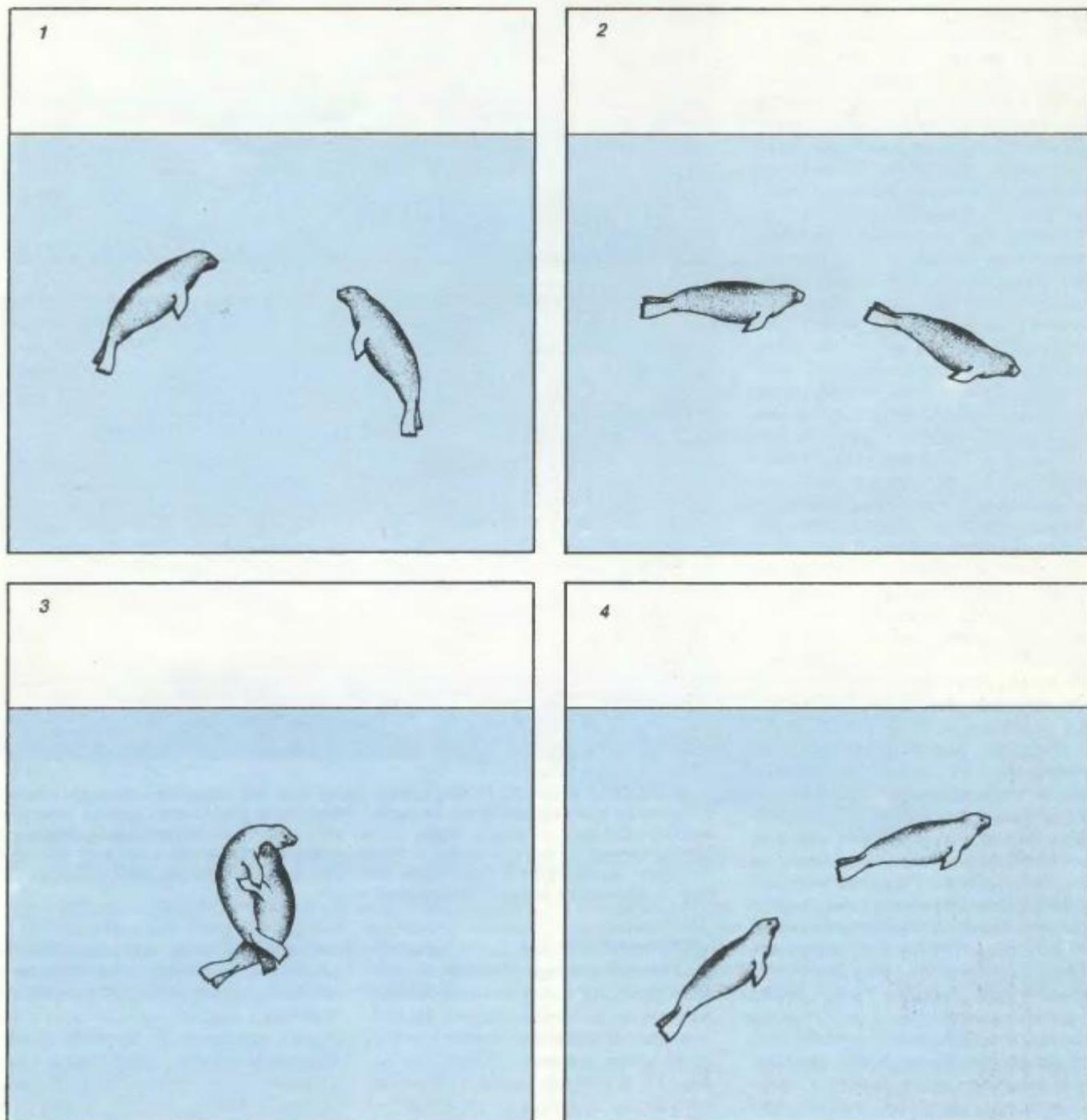
нятными казались сигналы, которые могли бы использоваться в эхолокационных целях; о существовании эхолокации у ластоногих, гипотезу о которой выдвинул Т. Поултер из Исследовательского института при Станфордском университете в Мемориале в 1963 г., спорят до сих пор. Однако ответить на этот вопрос однозначно, изучая тюленей в естественной среде обитания, нелегко. Наши наблюдения показали, что в светлое время суток камчатская ларга не пользуется акустическими сигналами для локации рыбы, преследуемой во время броска. Аналогичные данные мы получили в 1983 г. при изучении ларги в Амурском лимане. По-

видимому, для преследования и поимки добычи тюленям достаточно зрения, шумопеленгации и использования вибрисс (вибратактильного сенсора).

Однако, анализируя свои данные по звуковой сигнализации ларги в реке Озерная в различных ситуациях, мы

столкнулись с фактами, которые, на наш взгляд, указывают на важную самостоятельную функцию одиночных и двойных импульсов классов № 1 и 2, по-видимому связанную с эхолокацией. Во всех ситуациях эти сигналы численно значительно преобладают над сигналами других классов. Они

шире (на 30—50%) используются ночью, чем днем. При сильном зашумлении акватории сигналы классов № 1 и 2 издаются преимущественно в особом режиме: на фоне длительно работающего двигателя судна регистрируются последовательности этих сигналов с необычно высокой часто-



НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОДВОДНОГО ПОВЕДЕНИЯ ларги тесно связаны с определенными звуковыми сигналами. Угрожая на расстоянии (1), два тюленя находятся в 3—5 м друг против друга неподвижно либо медленно перемещаясь. Ситуация сохраняется 2—5 с, характерным для нее сигналом является «чавканье». Преследование (2) одного зверя другим происходит под водой на большой скорости обычно не более 5 с; в это время звуки представляют собой длинные серии «щелчков». Схватка (3) двух ларг сопровождается ударами передними ластами, на-

зальными контактами и укусами; время столкновения не превышает 4—5 с. При схватке в борьбе за рыбу издается «уа». Во время охраны участка патрулирования звуки напоминают сочетания гласных «уа», «ую». При бегстве (4) одного из соперников после столкновения второй либо остается на месте, либо медленно движется вслед за первым; сигналы, которые второе животное издает, по-видимому, вдогонку побежденному, похожи на двойные щелчки и скрип.

той следования. Когда один из тюленей поедает рыбу (что длится в среднем 1—3 мин), в 60—70% случаев резко увеличивается число одиночных и двойных импульсов, которые, судя по их интенсивности, производятся животными, находящимися в разных участках акватории. Во время отлива, когда количество издаваемых тюленями звуков вообще уменьшается, сигналы классов № 1 и 2 издаются гораздо чаще, чем прочие сигналы. В тревожных для тюленей ситуациях, обусловленных присутствием человека, частота встречаемости этих сигналов тоже снижается менее, чем остальных.

В пользу гипотезы о том, что сигналы первых двух классов являются эхолокационными, свидетельствуют и данные, полученные Д. Ренуф из Ньюфаундлендского мемориального института при исследованиях близкайшего родственника ларги — обыкновенного тюленя *Phoca vitulina* (см. статью: Д. Ренуф. Сенсорные способности обыкновенного тюленя, «В мире науки», 1989, № 6). Это животное тоже издает одиночные и двойные импульсы, частотно-временные характеристики которых сходны с аналогичными сигналами ларги. Ренуф с коллегами удалось показать, что *Phoca vitulina* может использовать такие сигналы для обнаружения и распознавания объектов под водой и в полной темноте.

На первый взгляд удивляет, что число и интенсивность импульсов, издаваемых обыкновенным тюленем в процессе распознавания объектов, малы. Однако, по нашему мнению, это противоречие объяснимо. Вполне вероятно, что для решения задачи только распознавания неподвижного предмета по его акустическим свойствам — а именно это являлось сутью экспериментов в бассейне, проведенных Ренуф и ее коллегами, — тюленю достаточно издать всего несколько импульсов. В природных же условиях животные сталкиваются с широким набором гораздо более сложных задач обнаружения, распознавания и слежения объектов, к тому же постоянно перемещающихся.

В такой обстановке может оказаться необходимым издавать десятки быстро следующих друг за другом одиночных и двойных импульсов, что мы и регистрировали неоднократно. Малая интенсивность сигналов у обыкновенного тюленя в бассейне может объясняться его адаптацией к высокой степени отражения звуков от стенок бассейна. А в море и реке импульсные сигналы ларг обычно бывают гораздо большей интенсивности, напоминая мощные удары.

Дальнейшие исследования показали, что использование сигналов тех или иных классов зависит от времени суток, приливно-отливных явлений, а также от присутствия и действий человека, если они беспокоят животных. По ночам в прилив и отлив наиболее употребительными оказались сигналы классов № 3—12; их доля почти в 3 раза выше ночью, чем в светлое время суток. Поскольку сигналы по крайней мере некоторых из этих классов являются коммуникативно-эмоциональными, то вероятно, что в темноте тюлени чувствуют себя в большей безопасности, а это способствует всякого рода социальным контактам.

Во время отлива и днем и ночью уровень акустической активности резко падает, причем доля коммуникативно-эмоциональных сигналов по сравнению с эхолокационными уменьшается почти вдвое. В первую очередь это обусловлено отсутствием хода рыбы в отлив. По всей видимости, большое число социальных взаимодействий ларги, сопровождаемых коммуникативно-эмоциональными сигналами, связано с поисково-охотничьей деятельностью; прекращение этой деятельности приводит к наблюдаемому результату. Серии импульсов различной продолжительности, скрипты, звуки, похожие на лай, отмечались во время агрессивных столкновений при ухаживании у ларги и близкородственного ей обыкновенного тюленя в неволе; это наблюдали Р. Шустерман с коллегами из Калифорнийского университета и Д. Вартцок из Университета Пардю.

Действия человека, беспокоящие животных (ходьба людей по берегу, близкое движение судна), вызывают уменьшение числа социальных контактов, вследствие чего на какое-то время сильно (в 5—70 раз) уменьшается количество сигналов, издаваемых ларгами; преимущественно это затрагивает коммуникативно-эмоциональные сигналы (классы № 3—12). Однако уже через 5—10 мин после прохождения судна уровень звуковой активности тюленей вновь достигает высоких значений, что свидетельствует об адаптации животных к воздействию данного фактора.

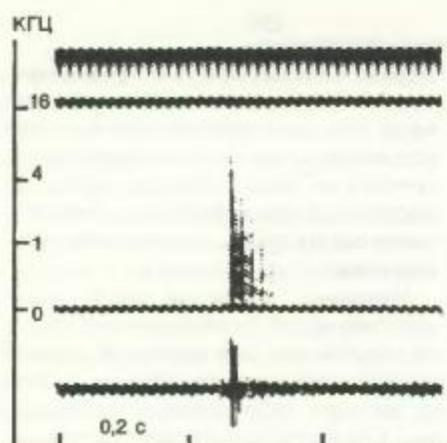
При анализе первых же записей подводной акустической активности ларги выяснилось, что звуковые сигналы издаются в виде неких последовательностей. Как показали прямые наблюдения с «вышки» при одновременном прослушивании акватории с помощью гидрофона, взаимодействия пар животных сопровождаются последовательностями сигналов, причем каждой последовательности

звуков, включающей 2—3 различных коммуникативно-эмоциональных сигнала, соответствовала определенная последовательность поведенческих элементов. Таким образом, многие из подводных сигналов ларги оказались тесно связанными с тем или иным поведением.

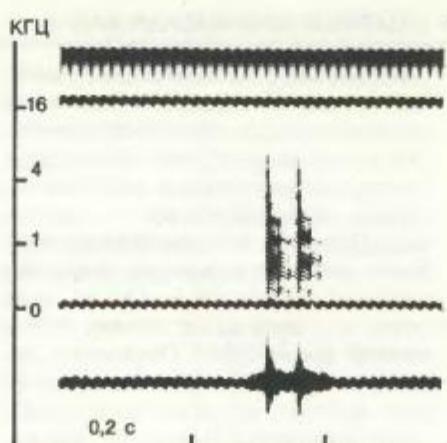
Например, когда две ларги, находясь под водой, угрожают друг другу на расстоянии, они держатся «лицом к лицу», сохраняя дистанцию 3—5 м, не двигаясь либо медленно перемещаясь. Ситуация не изменяется в течение 2—5 с, при этом 1—2 раза издается сигнал класса № 5, похожий на чавканье. При преследовании одного зверя другим, что происходит обычно под водой на большой скорости и редко более 5 с, характерны длинные серии импульсов, которые издаются до 4 раз за ситуацию. Вступив в схватку, ларги бьют передними ластами и кусаются; такое столкновение длится не более 4—5 с. При борьбе за рыбу животные 1—3 раза издают своеобразный рев (сигналы класса № 11). А во время схватки, связанной с охраной охотничьего участка патрулирования, они производят звуки, напоминающие сочетание гласных вроде «уа», «ую» (сигналы класса № 6); обычно таких звуков 2—4. При бегстве одного из соперников после столкновения второй либо остается на месте, либо медленно движется вслед за противником. Сигналы, которые издает, по-видимому, победитель вдогонку, представляют собой «скрипты» (класс № 7) и иногда двойные импульсы (класс № 2).

При демонстрационном поведении на поверхности воды две ларги располагаются на расстоянии 1,5—2 м друг от друга. Один зверь изгибает тело полукольцом по отношению ко второму, задирает голову немного назад и вверх и периодически погружает в воду то правую, то левую часть головы; продолжительность такой демонстрации — до полминуты. При этом тюлень издает до 4—6 сигналов наподобие блеяния и отрывистого лая (классы № 9 и 12), нередко впереди плавающим партнером заныряивает, другой тоже погружается под воду, причем иногда плывет по спирали, выпуская воздушные пузыри.

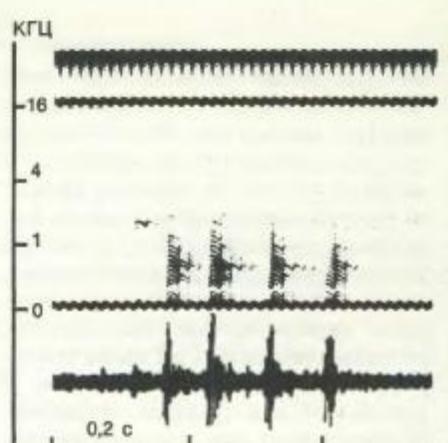
По нашим данным можно выделить три типа последовательностей сигнальных звуков: состоящие только из эхолокационных сигналов, состоящие только из коммуникативно-эмоциональных сигналов и смешанные, включающие и те и другие сигналы. Последовательности, содержащие одни эхолокационные сигналы, могут служить тюленям для ориента-



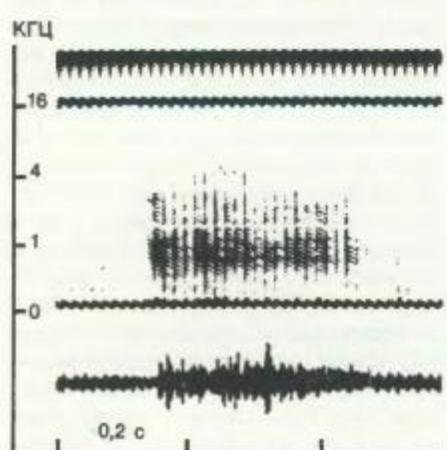
1



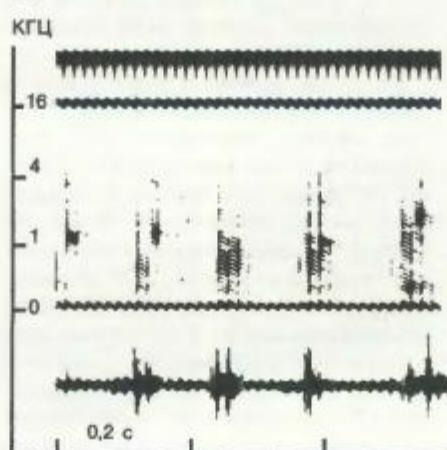
2



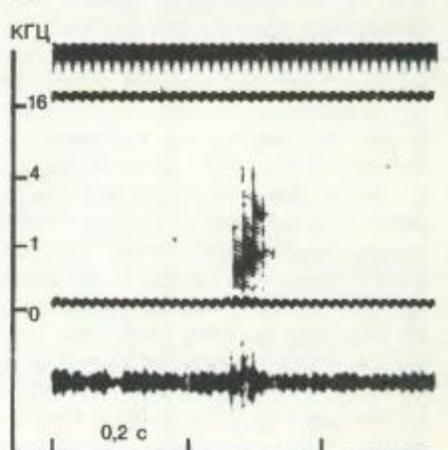
3



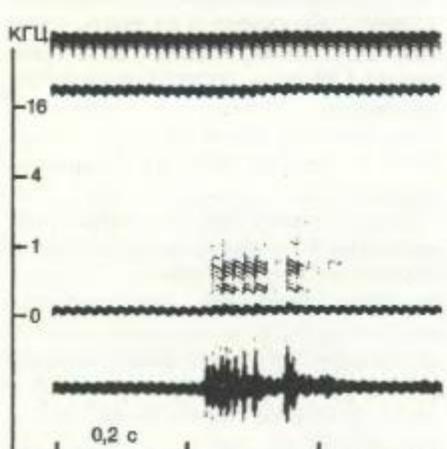
4



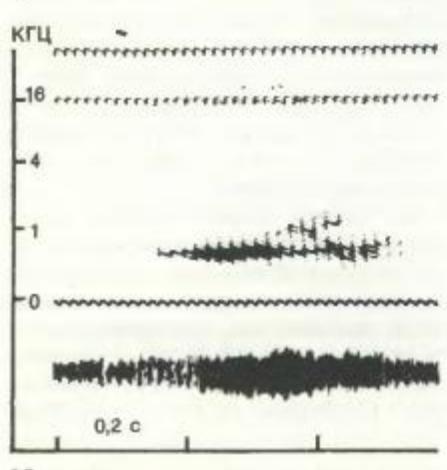
5



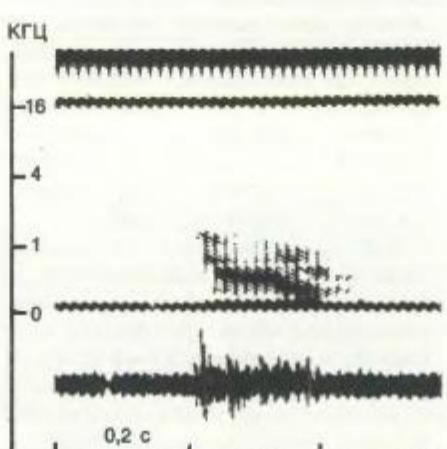
6



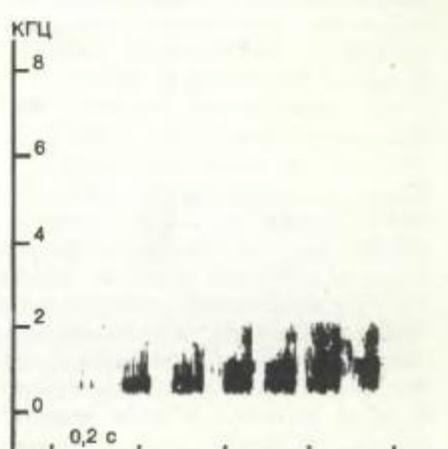
7



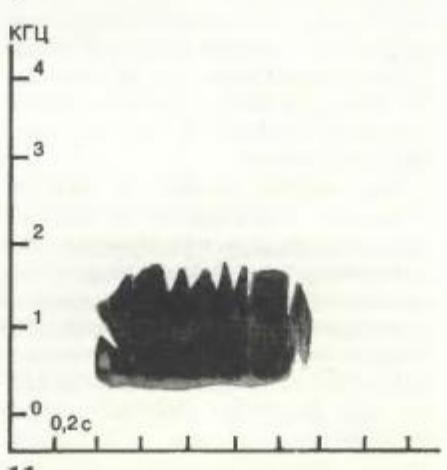
10



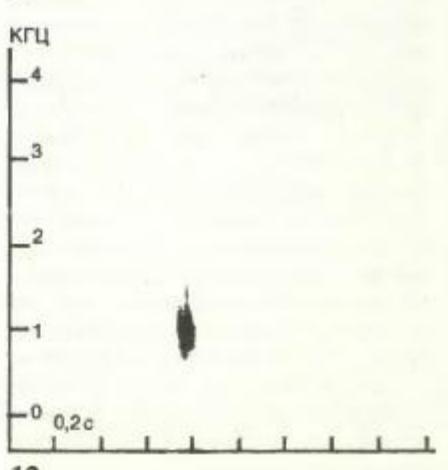
8



9



11



12

НОМЕР КЛАССА	ДОЛЯ СИГНАЛОВ ДАННОГО КЛАССА ОТ ОБЩЕГО ЧИСЛА СИГНАЛОВ	АУДИТОРНЫЙ ОБРАЗ (КАК СИГНАЛ ВОСПРИНИМАЕТСЯ ЧЕЛОВЕКОМ НА СЛУХ)	ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СИГНАЛОВ, с	ДОМИНАНТНАЯ ЧАСТОТА, кГц
1	24,0%	ОДНОЧНЫЙ ИМПУЛЬС	0,005—0,06	0,2—2,0
2	42,9%	ДВОЙНОЙ ИМПУЛЬС	0,03—0,09	0,2—1,5
3	2,9%	КОРОТКАЯ СЕРИЯ ИМПУЛЬСОВ	0,06—0,62	0,2—1,2
4	4,0%	ДЛИННАЯ СЕРИЯ ИМПУЛЬСОВ	0,70—1,50	0,2—1,0
5	6,5%	ЧАВКАНЬЕ	0,17—1,10	0,4—5,6
6	11,1%	«УА», «УО»	0,03—0,12	0,2—3,1
7	3,5%	СКРИП	0,10—0,17	0,2—2,6
8	1,0%	«У», «УК»	0,03—0,22	0,2—1,0
9	1,2%	БЛЕЯНИЕ	0,60—0,63	0,2—1,3
10	1,0%	РЕВ	0,42—3,01	0,2—1,4
11	0,7%	«УАА»	0,87—1,05	0,4—1,2
12	0,6%	«УФХ» (ЛАЙ)	0,07—0,09	0,4—1,0
13	0,6%	ОСТАЛЬНЫЕ	—	—

АНАЛИЗ МАССИВА ДАННЫХ о подводных звуках ларги (свыше 27 тыс. сигналов) позволил классифицировать их на 13 основных классов. Сигналы ларги, спектрограммы которых показаны на с. 28, воспринимаются человеком на слух как отдельные щелчки, пары или серии щелчков, скрип, рев, звуки, напоминающие блеяние, чавканье и лай.

ции и навигации, для обнаружения других животных и рыбы на определенном этапе поиска, например во время патрулирования или в засаде. Предварительная фаза обнаружения партнера с помощью эхолокационных сигналов может отсутствовать, и тогда при сближении и взаимодействии животные издают только коммуникативно-эмоциональные сигналы; в этом случае формируется более редкий второй тип последовательностей. Что касается смешанных последовательностей, то, как можно предположить, входящие в их состав эхолокационные сигналы используются для определения положения тела партнера, а при сближении и непосредственном взаимодействии животных играют роль различные коммуникативно-эмоциональные сигналы.

Итак, в результате прямых наблюдений с «вышки» при одновременном прослушивании акватории удалось

составить таблицу «значений» некоторых подводных звуковых сигналов ларги, т. е. установить степень соответствия каждого сигнала определенным элементам поведения. С помощью этих «значений» мы попытались расшифровать некоторый массив сигналов, записанных на магнитной ленте. После такой обработки данных выяснилось, что коммуникативно-эмоциональные сигналы каждого из классов № 3—6 издаются в последовательности вместе с коммуникативно-эмоциональными сигналами других классов в среднем в 3 раза чаще, чем поодиночке, т. е. подводные взаимодействия тюленей представляют собой, как правило, последовательности определенных поведенческих элементов. Благодаря расшифровке обнаружилось также, что в коротких взаимодействиях ларг, сопровождающихся 1—4 коммуникативно-эмоциональными сигналами какого-либо одного класса, столкновения ча-

сто (в 59,3% случаев) ограничиваются лишь угрозой на расстоянии (сигналы класса № 5). В 21,4% случаев встреча тюленей под водой сразу переходит в преследование, при котором подаются сигналы классов № 3 и 4. И только в 19,3% случаев бывает схватка, сопровождающаяся сигналами класса № 6.

Таким образом, лишь пятая часть всех непродолжительных взаимодействий у ларги заканчивается различными по своей выраженности физическими столкновениями. В целом можно предположить, что акустические сигналы выполняют важную роль в предотвращении серьезных схваток — подобно тому, как это происходит у многих видов ушастых тюленей при агрессивных взаимодействиях на береговых лежбищах.

НАША первая попытка «подсматривать» за подводной жизнью ларг в природных условиях продемонстрировала, как при удачном выборе места для наблюдений сочетание новых приемов исследования (в данном случае это синхронная регистрация данных о поведенческих и звуковых реакциях животных и наблюдение с «вышки») с благоприятными природными условиями (относительная прозрачность воды в реке Озерной, хорошая погода) позволяет получить новые данные о поведении животных. Знание поведения тюленей в водной среде, за миллионы лет эволюции ставшей для них родной, с одной стороны, расширит представления о социальной организации ластоногих и ее эволюции, с другой — поможет решать различные практические задачи, например учитывать роль тюленей как стабилизирующего фактора по отношению к своей жертве — лососю.

Если же говорить о более частном вопросе — подводной сигнализации у ларги, то, несмотря на некоторый прогресс в понимании функционального назначения сигналов, их связи с поведением, еще многое нуждается в дальнейших исследованиях. Относительная малочисленность выборки корреляций между поведенческими элементами и акустическими характеристиками пока не позволяет говорить о монофункциональности коммуникативно-эмоциональных сигналов. Специальных экспериментов требует вопрос об эхолокации у ластоногих. Тем не менее в целом можно считать, что у настоящих тюленей степень развития подводной звуковой сигнализации в значительной мере отражает уровень социальной организации вида, ведь социальные взаимодействия этих животных происходят в основном под водой.

Образование молекул

За время, меньшее 10^{-12} с, атомы могут столкнуться, вступить во взаимодействие и образовать новые молекулы. Используя лазеры и молекулярные пучки, ученые изучают динамику молекул при превращении одного вещества в другое

АХМЕД Х. ЗЕВАЛЬ

В 1872 г. железнодорожный магнат Л. Станфорд поспорил на 25 тыс. долл., что галопирующая лошадь в некоторой точке своего пути отрывается от земли все четыре копыта. Чтобы доказать это, Станфорд пригласил английского фотографа Э. Майбриджа. После многочисленных попыток Майбриджен разработал фотозатвор, открывающийся только на $0,002$ с и позволяющий запечатлеть на пленке лошадь, несущуюся над землей (см. рисунок справа вверху). За прошедшее столетие во всех научных дисциплинах от астрофизики до зоологии применялась высокоскоростная фотография, обеспечившая переворот в понимании таких движений механических объектов и животных, которые слишком быстры для наблюдения невооруженным глазом.

Временное разрешение (или скорость срабатывания затвора), требуемое для фотографирования сверхбыстрых движений молекул, должно быть намного выше по сравнению с любой другой аппаратурой. Когда молекула распадается на фрагменты или соединяется с другой молекулой, образуя новую, химические связи между атомами рвутся или возникают за время, меньшее 10^{-12} с. Ученые надеются, что им удастся наблюдать молекулярные движения в реальном масштабе времени и зарегистрировать момент рождения молекул: то мгновение, в которое решается судьба молекулярной реакции и определяются ее конечные продукты. Подобно Майбридже, им потребовалось создать сверхбыстрый «затвор», который должен работать в 10^{10} раз быстрее, чем модель XIX в.

В последнее десятилетие наша исследовательская группа из Калифорнийского технологического института (КТИ) разрабатывает методы наблюдения за динамикой молекул в реальном времени. За период с 1985 до 1987 г. мы усовершенствовали свою систему на основе использования новых лазеров и техники молекулярных пучков, достигнув в результате

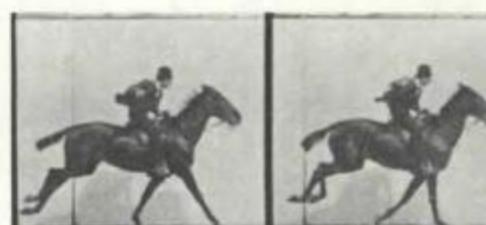
такого уровня, когда возможно регистрировать движения молекул в моменты их образования и распада. Можно наблюдать протекание химической реакции от исходных реагентов через переходные состояния до конечных продуктов, т. е. химический процесс в целом.

ПОСКОЛЬКУ времена жизни переходных состояний меньше 10^{-12} с, временное разрешение должно быть лучше, т. е. должно составлять несколько фемтосекунд ($1\text{ фс} = 10^{-15}$ с). Фемтосекунда — меньшая единица времени, чем период тиканья точнейших атомных часов. Фемтосекунда так же соотносится с секундой, как последняя с 32 млн. лет. Кроме того, тогда как за 1 с свет проходит около 300 000 км (что почти равно расстоянию от Земли до Луны), за 1 фс свет проходит 0,3 мкм — примерный размер мельчайшей бактерии.

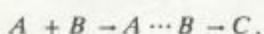
В древности алхимики Египта, Греции, стран Арабского Востока и Китая не знали о фундаментальном значении этой временной шкалы для превращения одного вещества в другое, хотя они действительно проникли в искусство таких превращений. Только в XX в. химики смогли с помощью арсенала разнообразных приборов и методов понять динамику молекулярных реакций.

На молекулярном уровне реакция начинается, когда две молекулы (обо-

значимых A и B) подходят достаточно близко друг к другу, так что между ними возникает взаимодействие. По мере их дальнейшего сближения образуются другие молекулярные частицы, отличные и от A , и от B , пока не сформируется новая стабильная молекула C .



Одна из этих промежуточных частиц представляет стадию, после которой реакция необратимо протекает до образования продуктов. Эта стадия, называемая переходным состоянием, обозначена здесь символом $A \cdots B$. Следовательно,



Обратная реакция также возможна: когда молекула C приобретет достаточную энергию, она может превратиться через переходное состояние в молекулы A и B .

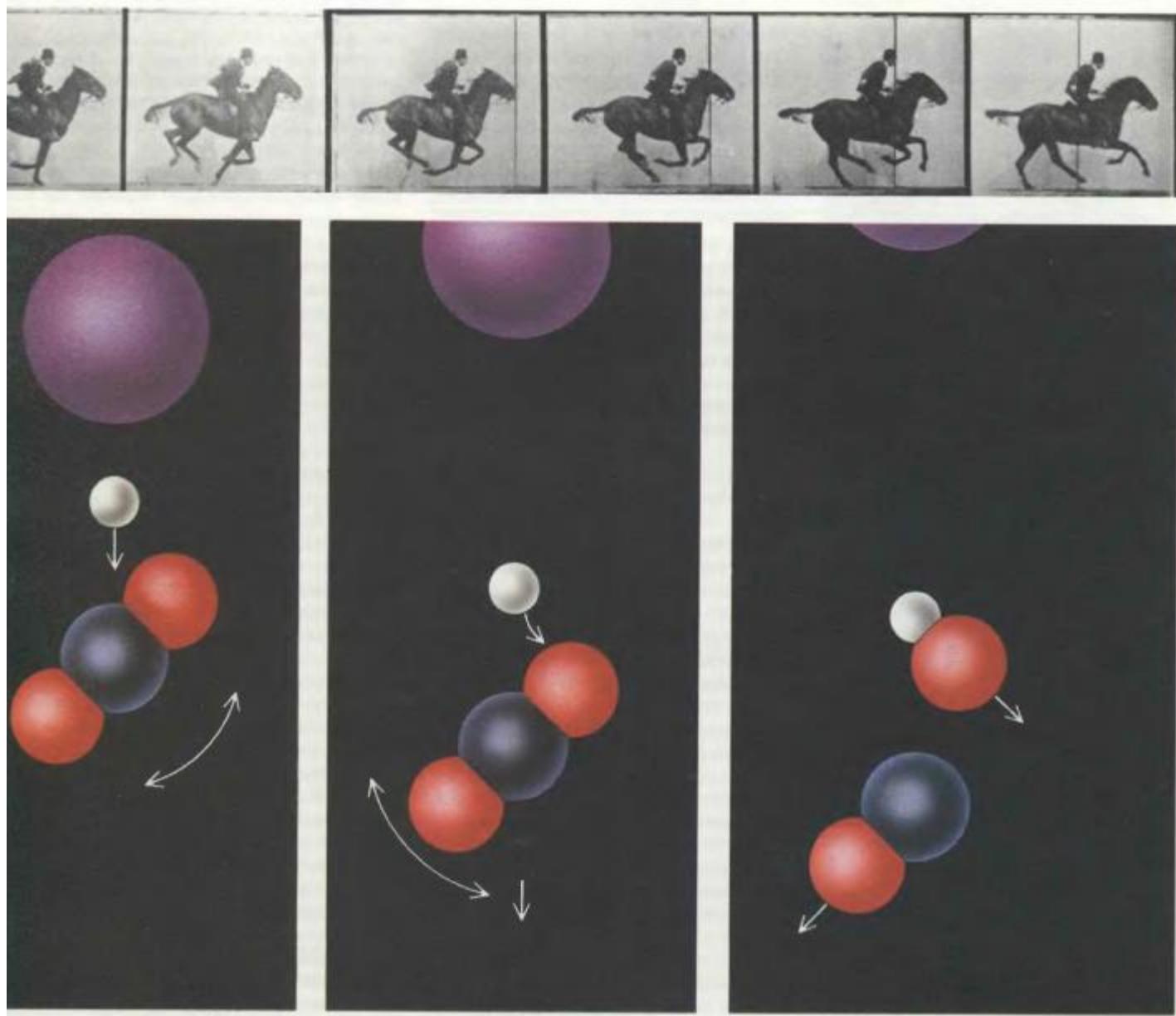
В любой химической реакции движения электронов и атомных ядер определяют характер взаимодействия молекул, в результате которого появляются силы, управляющие динамикой реакции. Строгое описание молекулярных движений основано на законах квантовой механики. Но во

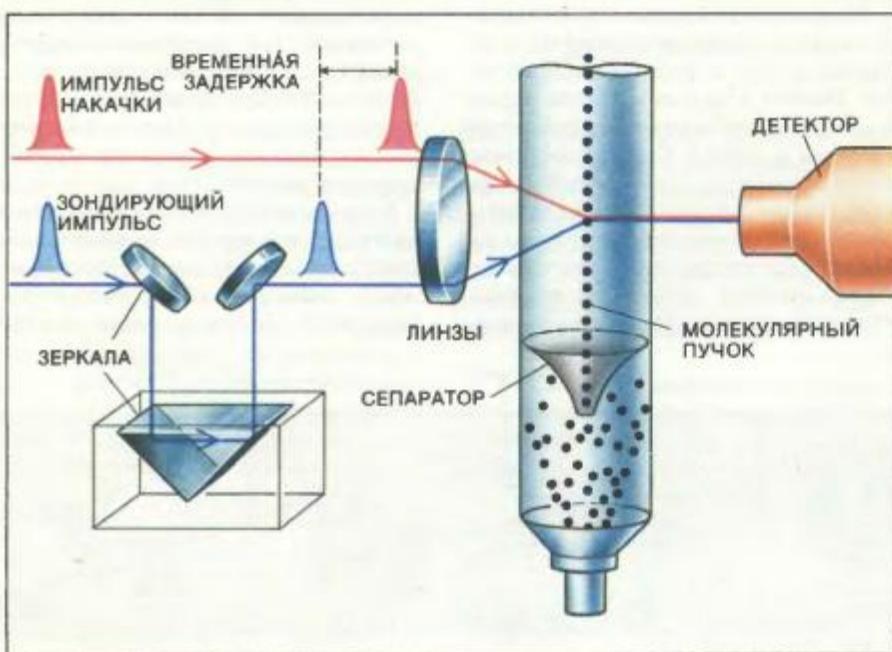
многих случаях ньютонаанская, или классическая, механика дает простой способ оценки переноса энергии и импульса в ходе реакции подобно тому, как при описании соударения двух объектов. Если определить, как изменяется молекулярное движение в критической фазе переходного состояния, можно понять, как образуются новые химические связи и исчезают старые.

На практике химики не прослеживают каждое возможное движение электронов и ядер в молекулярной системе. Вместо этого они нашли рациональные способы описания состояния системы в целом. Каждое состояние характеризуется определенной энергией. Потенциальная энергия молекулы, когда составляющие ее атомы находятся на определенном расстоянии, представляется точкой на графике. При нанесении на график всех состоя-

ний и соответствующих им потенциальных энергий получается поверхность с «холмами» и «впадинами». Молекулярные системы самопроизвольно переходят из высокоЭнергетических состояний (холмы) в низкоэнергетические состояния (впадины), однако для обратного перехода системе надо сообщить энергию. Дно впадины соответствует устойчивому состоянию; склоны вокруг впадины представляют область переходных состояний, т. е. различных конфигураций систем близкорасположенных атомов. Химики формально определяют переходное состояние как «седловую» точку на поверхности потенциальной энергии.

Если молекулярная система состоит из двух атомов и ее потенциальная энергия зависит только от расстояния между ними, то поверхность потенциальной энергии выражается в кри-





ую. Если состояние системы определяется притяжением противоположно заряженных ионов на «больших» расстояниях и отталкиванием атомных ядер на «малых» расстояниях, кривая имеет единственный минимум на «промежуточных» расстояниях, соответствующий устойчивому состоянию системы.

Поверхность потенциальной энергии для молекулярной системы из большого числа атомов, которые могут совершать разнообразные движения, является сложной и многомерной. Тем не менее такая поверхность удобна для оценки возможных путей, по которым молекулы могут перейти от реагентов (впадины) через переходные состояния (холмы) к продуктам (впадины).

Время прохождения молекулярной системы через холм, т. е. время жизни переходного состояния, можно оценить, используя представления ньютоновской механики. Тяжелые молекулы или атомы обычно вылетают из зоны химической реакции со скоростью порядка 10^3 м/с. Если молекулы *A* и *B* находятся достаточно близко друг к другу, чтобы образовалось переходное состояние, то расстояние между ними составляет величину порядка длины молекулярной связи — приблизительно 0,1 нм (10^{-10} м). Отно-

шение этого расстояния к скорости вылета продуктов реакции дает оценку времени, в течение которого молекулы *A* и *B* образуют переходное состояние — 100 фс. Для «простейшей» из всех химических реакций (образования молекулы водорода из легких атомов водорода) переходное состояние самое короткоживущее (около 10 фс). Таким образом, временная шкала переходных состояний занимает интервал примерно от 10 до 100 фс.

ВТЕЧЕНИЕ более 100 лет химики изучали молекулярную кинетику и механизмы реакций, чтобы понять природу реакционной способности. В конце XIX в. шведский ученый С. Аррениус сделал важный шаг в описании макроскопической динамики химических реакций. Он определил зависимость скорости реакции от температуры. Полученное им известное экспоненциальное уравнение показывает, что скорость реакции увеличивается с ростом переданного системе тепла.

Однако такие уравнения, которые описывают динамику реакций на макроскопическом уровне, дают информацию о микроскопической (молекулярной) динамике, только если сделан ряд предположений. Тем не менее многие аспекты молекулярной дина-

ФЕМТОСЕКУНДНАЯ ФОТОГРАФИЯ фиксирует динамику молекулярных реакций в реальном времени. Лазерная система (аверху) генерирует импульс накачки и зондирующий импульс. Как показано на рисунке слева, импульс накачки и зондирующий импульс выходят из лазерной системы в одно и то же время. Зондирующий импульс отклоняется так, чтобы создать временнюю задержку в несколько фемтосекунд между этими двумя импульсами. Когда импульс накачки «ударяет» молекулу в молекулярном пучке, он инициирует химическую реакцию. Зондирующий импульс «ударяет» ту же молекулу на несколько фемтосекунд позже. При этом молекула испускает излучение, спектр которого анализируется для определения динамики атомов в реальном времени.

мики могут быть установлены на основе макроскопических данных и уравнение Аррениуса сохраняет свое значение по сей день.

Около 40 лет назад были впервые реализованы методы исследования химических интермедиатов и быстрых химических процессов. Р. Норриш и Дж. Портер из Кембриджского университета, а также М. Эйген из Института им. М. Планка смогли зарегистрировать химические процессы длительностью около 10^{-3} с. Этот временной масштаб оказался идеальным для изучения интермедиатов, однако он был слишком велик для переходных состояний.

Для более глубокого изучения молекулярной динамики в 60-х годах исследователи разработали новую технику — метод молекулярных пучков. Вводя молекулы в вакуум и собирая их с помощью специального сепаратора, получают пучки молекул, которые не сталкиваются друг с другом. Когда один пучок, содержащий, например, молекулы *A*, пересекается с другим, состоящим из молекул *B*, молекулы *A* соударяются с молекулами *B* с образованием продукта *C*. Весь этот процесс (*A* + *B* → *C*) называют бимолекулярной реакцией. Затем проводится детектирование молекулы *C*, образующейся в различных концентрациях и вылетающей в различных направлениях в зависимости от характера сил, действующих

между *A* и *B*. Наконец, на основе состояний реагентов до столкновения и продуктов после него описывается динамика этого процесса.

И наоборот, пучок молекул *C* можно подвергнуть воздействию лазерного света, который повышает энергию молекул, в результате чего химические связи в них разрываются и образуются фрагменты *A* и *B*. Эта реакция диссоциации (*C* → *A* + *B*) затем анализируется путем измерения характеристик фрагментов. После разработки метода молекулярных пучков и других методов, позволяющих идентифицировать квантовые состояния продуктов, химики многое узнали о динамике элементарных реакций. О важном значении техники молекулярных пучков и химической кинетики свидетельствует тот факт, что Нобелевская премия по химии 1986 г. и премия Уэлча 1988 г. были присуждены за работы в этих областях.

В экспериментах с молекулярными пучками последовательность стадий химической реакции, включая образование переходных состояний, невозможно наблюдать в реальном времени. Шведский химик С. Форсен придумал остроумную аналогию, показывающую важность учета промежуточных стадий при изучении динамики реакции. Он сравнил исследователей с театральными зрителями, присутствующими на представлении классической драмы, поставленной в сильно сокращенном варианте; зрителям показывают лишь начальную сцену пьесы, скажем «Гамлета», и ее финал. Форсен пишет так: «Сначала представляются главные персонажи, затем занавес опускается для смены картины, когда он вновь поднимается, мы видим на сцене множество трупов и несколько «уцелевших» персонажей. Для непосвященных, конечно, очень трудно понять, что же в действительности произошло в промежутке между картинами».

Пытаясь найти более прямые методы изучения переходных состояний, чем в традиционных экспериментах с молекулярными пучками, химики обратились к новым методам и недавно разработали методы регистрации поглощения, испускания и рассеяния света переходными состояниями. Подобно экспериментам с молекулярными пучками, эти методы не фиксируют события в реальном времени, однако предоставляют больше возможностей для прямого изучения переходных состояний и динамики реакций.

В 1979 г. наша исследовательская группа в КТИ впервые попыталась вторгнуться в область сверхбыстрых химических реакций, используя молекулярные пучки. В то время достижимое время разрешение составля-

ло несколько десятков пикосекунд (пс), что представляет слишком грубую временную шкалу для наблюдения динамики реакций на стадии переходных состояний. Мы сконцентрировали усилия на разработке методов, позволяющих изучать перераспределение энергии в молекулах до начала реакций. К 1984 г. временное разрешение в экспериментах с молекулярными пучками было улучшено до 3 пс. Это достижение позволило нам непосредственно измерить скорость реакции при переходе молекулы из одного квантового состояния в другое. Однако мы все же нуждались в методе, с помощью которого можно было бы зарегистрировать спектр переходных состояний в реальном времени с фемтосекундным разрешением.

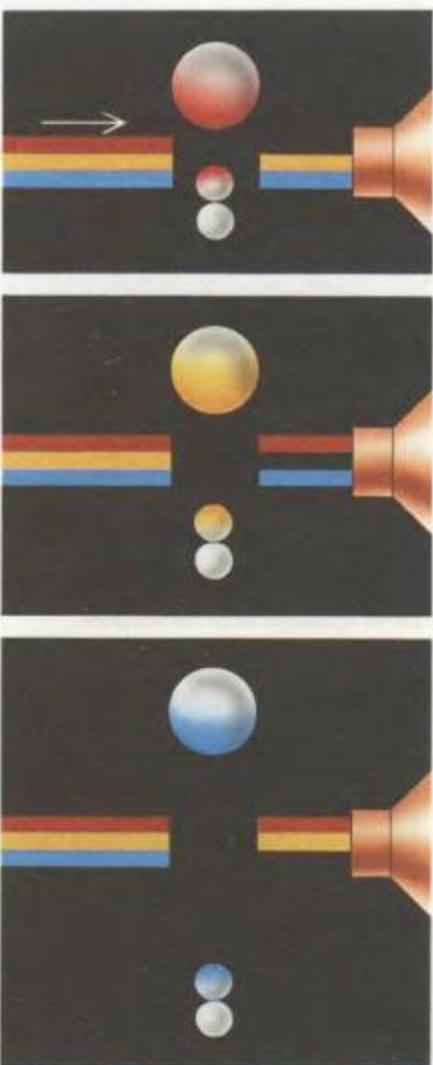
Чтобы создать такой фемтосекундный молекулярный «фотоаппарат», мы объединили технику молекулярных пучков и ультракоротких лазерных импульсов. Применение молекулярных пучков позволило изолировать реакцию в вакууме; ультракороткие лазерные импульсы дали возможность исследовать динамику с требуемым временным разрешением. Разработки в области лазерной технологии, осуществленные в AT & T Bell Laboratories и других фирмах за последние пять лет, обеспечили достижение критического фемтосекундного разрешения. В настоящее время доступны световые импульсы длительностью 6 фс. С помощью таких ультракоротких импульсов можно получить «скорость срабатывания затвора» около 10 фс.

ПРИНЦИПЫ сверхбыстрой молекулярной фотографии имеют некоторое сходство с использованными Майбридже. Ключевым устройством в его работе был специальный фотозатвор, обеспечивающий экспонирование пленки в течение всего лишь 0,002 с. При постановке эксперимента Майбридже расположил 12 фотокамер, снабженных такими затворами, на расстоянии 0,5 м друг от друга вдоль пути лошади. От каждой камеры поперек трассы он протянул проволочку, соединенную со специальным механизмом, который открывал затвор, как только лошадь дергала проволочку.

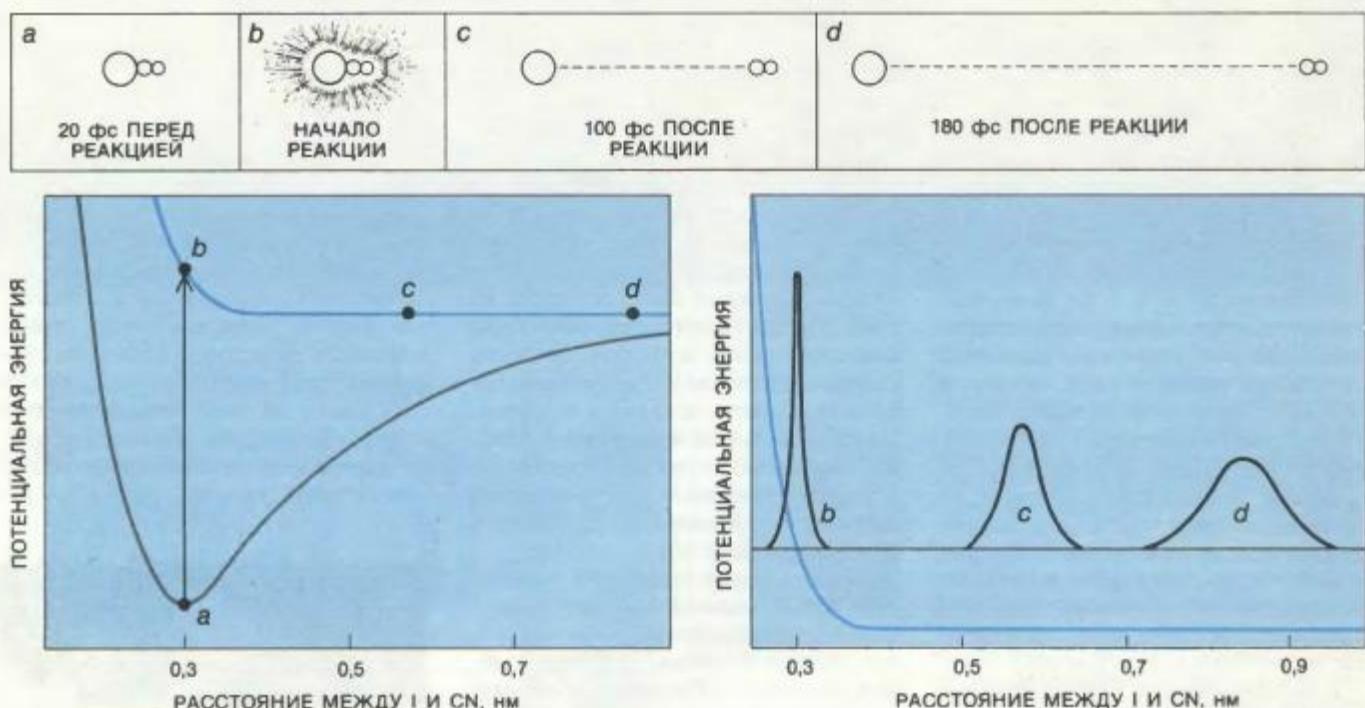
С помощью такой системы Майбридже достиг разрешения около 2 см для каждой фотографии при скорости движения лошади около 10 м/с. (Разрешение, или четкость изображения, равно произведению скорости движения на время экспозиции.) Скорость движения, деленная на расстояние между камерами, равна числу кадров в секунду (в данном случае 20). Изображения элементов движений лоша-

ди на снимке становятся более плавными при возрастании скорости затвора. Разрешение элементов движения улучшается по мере уменьшения расстояния между камерами.

Два аспекта высокоскоростной фотографии имеют аналоги в фемтосекундной молекулярной фотографии. Во-первых, оба типа фотографии представляют непрерывное движение в виде ряда моментальных снимков, или кадров. Следовательно, можно замедлить быстрое движение, насколько это требуется, так чтобы проследить за ним невооруженным глазом. Во-вторых, оба метода должны давать достаточно много последовательных кадров, чтобы их со-



СОСТОЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ системы можно установить по спектру света, поглощенному молекулой. Когда атомы в молекуле находятся сравнительно близко друг к другу, они поглощают свет с большими длинами волн, например красный. Когда атомы расходятся на большее расстояние, они поглощают свет с меньшими длинами волн, например синий. Такое изменение спектра — это «отпечаток пальца» движущихся атомов.



ФЕМТОСЕКУНДНАЯ ДИНАМИКА молекулы цианида иода лучше всего описывается с помощью кривых потенциальной энергии. Согласно классической механике, когда молекула ICN в низкоэнергетическом состоянии (a) взаимодействует с лазерным пучком, свет возбуждает ее в высокозергетическое состояние (b). Затем молекула распадается на иод и цианид, и расстояние между ними увеличивается (c и d). Диаграмма слева упрощенно представляет

ситуацию, поскольку, согласно квантовой механике, импульс и положение атомов нельзя одновременно точно измерить. Как показано на диаграмме справа, наиболее вероятно, что иод удаляется от цианида примерно на 0,85 нм за 180 фс (d). Однако для этого момента времени мала вероятность того, что расстояние между ними составляет 0,7 или даже 1,0 нм.

вокупность создавала иллюзию не-прерывного движения. Изменение положения объекта от одного кадра к следующему должно быть постепенным; для восстановления фрагмента движения длительностью 1 с требуеться по крайней мере 30 кадров.

В фемтосекундной молекулярной фотографии четкость кадра и число кадров в секунду должны быть такими, чтобы различить движения ядер в элементарной реакции и, что более важно, коротковременные переходные состояния. Четкость кадра должна быть лучше 0,1 нм. Поскольку скорости молекул — обычно величины порядка 10^3 м/с, разрешение затвора должно находиться во временному интервале меньше 100 фс.

Идея, лежащая в основе таких фемтосекундных экспериментов, довольно проста. Первая лазерная вспышка, называемая импульсом накачки, возбуждает изолированную молекулу, инициируя реакцию и устанавливая момент отсчета времени. Вторая вспышка, называемая зондирующим импульсом, приходит на несколько фемтосекунд позже и регистрирует состояние реакции в этот момент времени. Подобно камерам в эксперименте Майбрюджа, фемтосекундная молекулярная камера регистрирует «изображения» в последовательные

моменты времени для получения информации о различных стадиях реакции.

Для получения временных задержек между импульсом накачки и зондирующим импульсом мы использовали то обстоятельство, что скорость света велика, но ограничена. Сначала мы настраиваем оптическую систему так, чтобы оба импульса достигали зоны реакции в одно и то же время. Затем мы отклоняем зондирующий импульс, так что тот проходит большее расстояние, чем импульс накачки до соударения с молекулярным пучком. Если зондирующий импульс проходит на 1 мкм больше, чем импульс накачки, то временная задержка составляет 3,3 фс, потому что свет проходит за 1 с расстояние $3 \cdot 10^8$ м.

Таким образом, импульсы, разделенные расстояниями от 1 до 100 мкм, выделяют фрагменты движения, разделенные промежутками времени от 3,33 до 222 фс. Следовательно, разность хода импульсов в несколько микрометров, которую легко реализовать в условиях лаборатории, дает временную задержку в несколько фемтосекунд. (Скорость срабатывания затвора в несколько фемтосекунд недостижима ни для какой камеры, базирующейся на механических или электрических устройствах.)

После того как зондирующий импульс «ударяет» по молекуле, он не передает изображение на детектор, как отраженный в фотокамеру свет. Вместо этого зондирующий импульс взаимодействует с молекулой, и потом молекула излучает спектр света, который меняется по интенсивности и цвету. Характер этого изменения зависит от длины волны исходного зондирующего импульса, вида и числа атомов в молекуле и ее состояния в момент «удара» зондирующим импульсом. Спектры свободных молекул A и B отличаются от спектра переходного состояния A → B, который в свою очередь отличен от спектра продукта C.

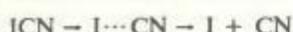
Поэтому мы смогли различить спектральные сигналы от каждого из этих состояний. Нам удалось определить промежутки времени между генерированием этих сигналов, зная время, прошедшее между «ударами» импульса накачки и зондирующего импульса. На основе этих принципов мы воссоздали и изучали стадии элементарных реакций в реальном времени.

КОГДА мой друг и коллега К.Р. Бернштейн из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе узнал о фемтосекундной молекулярной

камере, он загорелся идеей ее совершенствования, и мы обсудили многообещающие возможности созданного метода. За бокалом шампанского в его доме в Санта-Монике он предложил название «фемтохимия».

С 1985 г. мы исследовали фемтохимию реакций цианидов, атмосферных реакций и реакций солей. Эти примеры показывают широту области применения метода и возможность изучения динамики различных химических процессов.

Пять лет назад мы начали изучать диссоциацию цианида иода:



Нашей целью было обнаружение фрагмента CN (цианида) на стадии образования. Все мы напряженно работали и были полны решимости получить результаты к концу 1985 г. Была собрана двухимпульсная лазерная система и, достав аппаратуру для сжатия импульсов, мы смогли начать эксперимент. В декабре мы сообщили о регистрации цианида на стадии образования. Нам стало ясно, что переходное состояние цианида иода немного «выходит» за пределы разрешающей способности нашей установки.

Для улучшения временного разрешения решено было создать более совершенную систему молекулярных пучков и лазеров. Мы разместили экс-

периментальное оборудование в заново отремонтированной чистой комнате, в которой устанавливалась рентгеновская аппаратура еще в то время, когда в КТИ работал Л. Полинг. Вскоре после Дня благодарения в 1986 г. мы запустили установку. Все были взволнованы возможностью непосредственного наблюдения переходных состояний.

Главной особенностью этих экспериментов была возможность достичь четкости кадра, достаточной для разрешения отдельных стадий реакции. Чувствительность детектора была повышена настолько, что можно было регистрировать цианид как в свободном состоянии, так и в процессе отделения от атома иода. Необходимая чувствительность была достигнута путем использования зондирующих лазерных импульсов различных цветов в соответствии со спектрами исследуемых молекул. Таким образом нам удалось наблюдать изменение спектров во времени по мере того, как реакция развивалась от исходной молекулы ICN до атома иода и цианида.

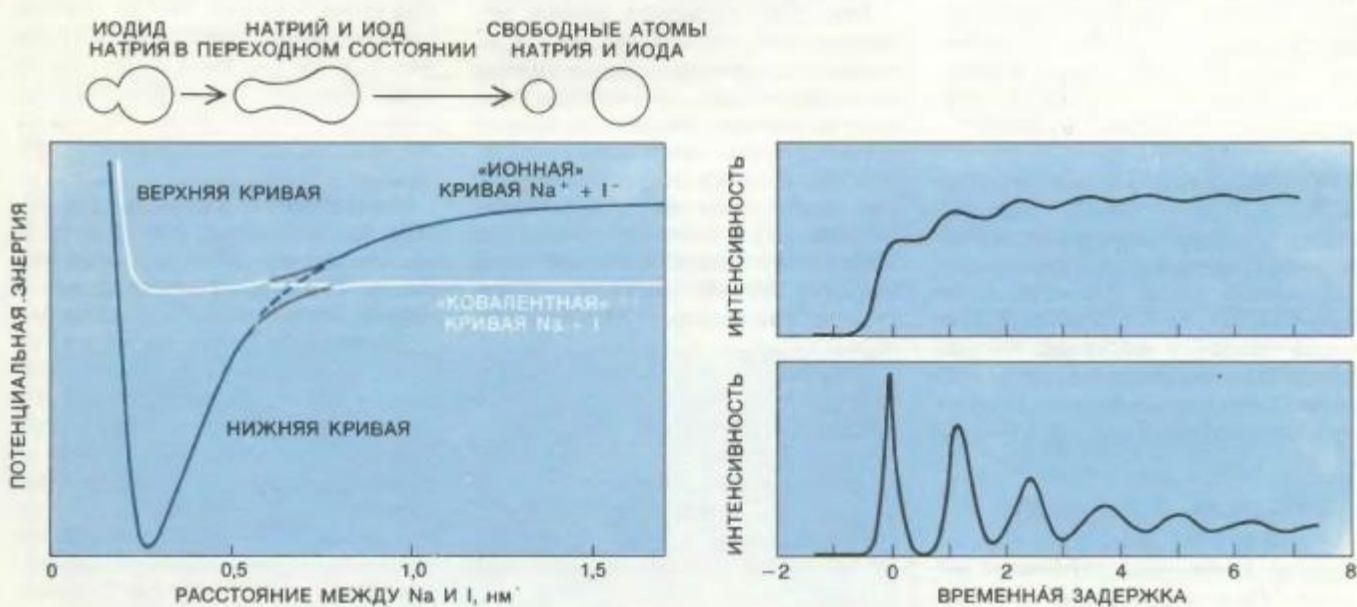
В 1987 г. мы сообщили о наблюдении реакции диссоциации ICN на иод и цианид с достаточным времененным разрешением, чтобы зарегистрировать переходное состояние I \cdots CN непосредственно. Мы изучили динамику этой реакции в реальном времени и определили детальные характеристики поверхности потенциальной энер-

гии (см. рисунок на с. 34).

Этот эксперимент сделал возможным хронометрирование разрыва отдельной химической связи в фемтосекундной временной шкале. Полученные результаты вдохновили ученых на проведение многочисленных теоретических и экспериментальных исследований. Писатель-фантаст А. Азимов дал интересное описание эксперимента. Он сравнил его с выкашиванием булавки в шарик диаметром всего лишь 10^{-8} см, что представляет собой размер средней молекулы.

В 1986 г., когда мы еще занимались созданием новой фемтосекундной лазерной установки в КТИ, к нам приехал Бернштейн, и мы решили провести изучение столкновения двух молекул и образования связи между ними, т. е. бимолекулярной реакции. Сначала нам не удавалось найти способ обнаружения начала таких реакций, т. е. начала отсчета времени. Хотя бимолекулярные реакции делятся менее 1 пс, две реагирующие молекулы сначала должны подойти достаточно близко друг к другу, т. е. пройти путь, на который требуется примерно в 10^6 раз больше времени, чем на саму реакцию.

Мы нашли решение этой проблемы в процессе анализа результатов исследований наших коллег в Орсе (Франция) и Южно-Калифорнийском университете (ЮКУ). Соединив два реагента вместе слабой вандерваальсо-

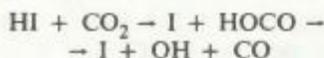


ФЕМТОСЕКУНДНЫЕ ДВИЖЕНИЯ молекулы иодида натрия (NaI) выявляют молекулярную динамику химической связи между атомами натрия и иода. Слева на диаграмме потенциальной энергии «ионная» кривая (притяжение) пересекается с «ковалентной» кривой (отталкивание). В результате молекула иодида натрия может распасться на атомы натрия и иода, будучи ковалентной системой, или существовать в высокозергетическом связанном состоя-

нии, имеющем и ионный, и ковалентный характер. Если иодид натрия распадается на атомы, то интенсивность части его спектра изменяется скачкообразно, как свидетельствуют экспериментальные результаты (вверху справа). Если же иодид натрия находится в высокозергетическом состоянии, то интенсивность части его спектра будет осциллировать (внизу справа).

вой связью, мы сократили время их встречи и установили начало отсчета времени. Нам помогли также советы исследователей из ЮКУ, которые провели изучение динамики реакции бромистого водорода с диоксидом углерода.

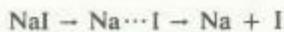
Для первых экспериментов в реальном времени над бимолекулярными реакциями такого типа в качестве реагентов мы выбрали иодистый водород и диоксид углерода, которые образуют иод, моноксид углерода и гидроксил:



Мы хотели понять эту реакцию на элементарном уровне. С помощью импульса накачки мы разрывали связь между водородом и иодом. Затем с помощью зондирующих импульсов наблюдали, что водород атакует молекулу диоксида углерода и «прилипает» к ней на время порядка сотен фемтосекунд. Потом атом водорода отрывает один из атомов кислорода от углерода. Наконец, через 5 пс после начала реакции появляется гидроксил. Сообщения об этих наблюдениях были сделаны в 1987 г. и в начале 1990 г.

Этот метод дал возможность также наблюдать динамику короткоживущего переходного комплекса HOOC в реальном времени. Нам удалось соотнести этот комплекс с поверхностью потенциальной энергии, представляющей сближение атома водорода с молекулой диоксида углерода. В настоящее время мы продолжаем изучать многие тонкие различия между полученными результатами и теорией.

ПОДОБНО тому как физики любят исследовать самый простой атом — атом водорода, физико-химики любят изучать элементарные молекулярные системы. Простейшая химическая реакция — это реакция, в которой участвуют два атома. Мне кажется, было бы интересно направить усилия на выяснение динамики связи в молекулах солей, таких, как иодид натрия:



Реакции галогенидов щелочных металлов были прототипом для «щелочного» периода экспериментов с использованием молекулярных пучков, поэтому их можно исследовать в «фемтосекундном» диапазоне. Сотрудники Торонтоского университета изучали спектры испускания молекулы иодида натрия при ее превращении в атомы натрия и иода.

В случае иодида натрия наш интерес вызывала поверхность потенциальной энергии, соответствующая взаимодействию атомов натрия и иода. Когда эти атомы подходят достаточно близко друг к другу, они отталкиваются тем сильнее, чем короче расстояние между ними. Однако, если атомы натрия и иода сближаются в виде противоположно заряженных ионов, то они притягиваются. На достаточно близком расстоянии будет образовываться устойчивая соль, состоящая из ионов натрия и иода. Когда атомы натрия и иода образуют ковалентную связь, они делят электроны между собой, что создает устойчивое энергетическое состояние. Когда атомы образуют ионную связь, атом натрия отдает электрон атому иода, в результате чего возникают ионы, которые притягиваются.

Однако природа действует не точно по такому сценарию. Характер связи между атомами является одновременно и ионным, и ковалентным. Соответствующие кривые потенциальной энергии поэтому состоят из «ионной» и «ковалентной» кривых (см. рисунок на с. 35). Ионная кривая пересекает ковалентную при определенном расстоянии между атомными частицами. В этой области взаимодействия молекулярная система имеет и ковалентные, и ионные характеристики; другими словами, существует определенная вероятность того, что молекула является и ковалентной, и ионной системой.

Теоретики разделили кривые потенциальной энергии на две части: нижнюю и верхнюю. Нижняя кривая, представляющая низкоэнергетические состояния, состоит из ионной кривой на малых расстояниях и ковалентной — на больших. Верхняя кривая изображает противоположную ситуацию: ковалентная система на малых расстояниях и ионная — на больших. Верхняя кривая представляет более высокозергетическое состояние.

Поведение, описываемое нижней частью поверхности потенциальной энергии, обычно преобладает, когда атомы натрия и иода медленно сближаются и начинают взаимодействовать. В этом случае электрон переходит от натрия к иоду, в результате чего создается устойчивая молекула иодида натрия. Однако если атомы сближаются слишком быстро, они могут «перескочить» (с определенной вероятностью) с нижней части на верхнюю, которая больше не представляет собой ковалентную кривую отталкивания (слабой связи), а имеет точку наименьшей энергии (минимум). Молекула в этом потенциаль-

ном минимуме будет обладать некоторой устойчивостью. (Точнее, молекула входит в квазисвязанное состояние.)

Мы планировали провести наблюдения в фемтосекундном диапазоне динамики связи в молекуле иодида натрия при ее разрыве с образованием атомов натрия и иода. Особое внимание мы уделили «перескоку» с верхней потенциальной кривой на нижнюю или наоборот. Мы наблюдали движение атомов по мере перехода молекулы из ковалентного состояния в ионное и в области пересечения потенциальных кривых. Атом натрия отдавал электрон атому иода на расстоянии 0,7 нм. Фактически атом натрия использовал свой электрон как «гарпун» для захвата атома иода.

Чтобы выполнить такой эксперимент, мы сначала направляли лазерный импульс для возбуждения молекул NaI. Когда атом натрия отходит примерно на 0,25 нм от атома иода, связь начинает разрываться. Затем посыпается второй импульс, зондирующий реакцию в тот момент, когда связь в иодиде натрия полностью разорвана и образуются атомы натрия и иода. Зондирующий импульс возбуждает атом натрия и вынуждает его испускать желтый свет. Фиксируя таким образом движение от момента разрыва связи (начало отсчета времени) до рождения свободных атомов натрия, мы можем подсчитать в реальном времени число атомов натрия, появившихся на нижней кривой. Еще более важно то, что, детектируя квазисвязанные переходные частицы $\text{Na}\cdots\text{I}$, имеющие иные спектральные характеристики, чем свободный атом натрия, можно наблюдать переход от $\text{Na}\cdots\text{I}$ к свободным атомам натрия и иода.

Некоторые молекулы иодида натрия, находящиеся на верхней кривой, по достижении области пересечения будут «перескакивать» на нижнюю кривую, связь в них будет разрываться с образованием атомов натрия и иода. В тех молекулах, которые не «перескакивают» на нижнюю кривую, а остаются на верхней, связь сохраняется. Они продолжают колебаться, пока не совершат переход. Следовательно, импульсы от атомов натрия должны появляться только после каждого перехода в минимуме верхней кривой. Это точно соответствует нашим наблюдениям, данные которых позволяют судить о движении молекулы при разрыве химической связи и в деталях определить изменение потенциальной энергии, управляемой движением атомов натрия и иода.

В настоящее время в лабораториях США (фирма IBM) и Германии (Фрей-

бургский университет) применяются фемтосекундные методы для наблюдения за динамикой реакций разных типов в газовой фазе. В КТИ мы продолжаем «прощупывать» элементарные реакции и изучать более сложные процессы, включающие многократные превращения (например, $ABA \rightarrow AB + A \rightarrow A + B + A$). Мы надеемся также изучить простейшую из

всех реакций, а именно соединение атомов водорода в молекулу.

Мы исследуем и большие молекулярные системы, чтобы ответить на вопросы, касающиеся избирательной реакционной способности. Например, если повышается энергия молекулы с двумя одинаковыми связями, то обе связи разорвутся одновременно или последовательно одна за дру-

гой. Чтобы ответить на этот важный вопрос, мы изучали диссоциацию молекулы $C_2I_2F_4$ на иод и C_2F_4 . Из измерений в реальном времени было установлено, что реакция протекает последовательно, несмотря на эквивалентность двух связей углерод—иод. Более удивительно различие временных шкал для разрыва связей: первая связь рвется менее чем за 0,5 пс, тогда как вторая — за время, большее в 100 раз!

Возможность наблюдения молекулярной динамики ведет также к новым способам управления реакциями. Есть несколько теоретических схем такого управления, и экспериментаторы уже исследуют некоторые новые возможности. Существует перспектива осуществления тонкой «настройки» движения и реакционной способности молекул. Если в ближайшие десятилетия работы в этом направлении будут успешны, может быть создана «управляемая» лазерами химия.

Акация — убийца антилоп

Некоторые пастбища в Южной Африке небезопасны для антилоп. Во многих охотничьих угодьях ежедневно сухой сезон гибели сотни антилоп куду. Животные умирали не от вирусного заболевания и не от пули. По мнению зоолога В. ван Ховена из Преторианского университета, причиной гибели животных были листья акаций.

Листья акаций — основная пища антилоп куду. Как и у многих других растений, у акаций вырабатывается танин, служащий защитным средством растительноядных животных. Обычно содержание танина в листьях невелико и не причиняет вреда антилопам. Однако в экстремальных условиях, например при чрезмерном выедании листьев животными или во время засухи, образование этого токсина в акации усиливается; при этом листья приобретают неприятный вкус.

Пасущиеся на воле антилопы куду имеют возможности выбора и находят акации с низкой концентрацией танина. А животные, содержащиеся в загонах, могут кормиться только теми растениями, которые им доступны и вынуждены поедать ядовитые листья. Ван Ховен установил, что во время засухи на некоторых угодьях в акациях вырабатывалось такое количество танина, которое достаточно для инактивации печеночных ферментов у антилоп куду, в результате чего многие животные погибли в течение двух недель.

По-видимому, акация способна мобилизовать свои защитные средства еще до непосредственного нападения растительноядных. Причем деревья «действуют» как бы

сообща, сигнализируя друг другу об опасности. Первое свидетельство существования такой сигнальной системы получили в 1983 г. Дж. Шульц и А. Болун из Дартмутского колледжа. Они установили, что здоровые экземпляры сахарного кленарабатывают танин и другие защитные вещества в большем количестве, если по соседству с ними находятся деревья с поврежденными листьями.

Предварительные данные, полученные ван Ховеном, говорят о том, что поедаемые антилопой листья акации выделяют этилен, который, будучи летучим, доносится по воздуху до других деревьев на расстояние до 50 м. Вероятно это и служит им сигналом о близости врага — растительноядного животного. По этому сигналу здоровые растения усиливают производство танина прежде, чем их листья будут повреждены. В лабораторных условиях ван Ховен показал, что поврежденные листья акации выделяют в 20 раз больше этилена, чем неповрежденные. В тех случаях, когда здоровое дерево подвергалось воздействию высокой концентрации этилена, усиленная выработка танина в его листьях начиналась через 30 минут.

Ван Ховен считает, что кратковременное повышение содержания танина в растениях является естественным механизмом регулирования численности растительноядных животных. Чем чаще растение подвергается нападению животных, тем больше танина оно вырабатывает. Для решения проблемы гибели антилоп куду фермеры сократили численность стад, содержащихся в загонах, и в сухой сезон стали подкармливать их люцерной.



Антилопы куду кормятся в роще акаций. (Фотография Animals Animals.)

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

по всем вопросам
полиграфического
брата,
обнаруженного в
журнале, просим
обращаться по адресу:
127576, Москва,
Илимская 7,
Типография В/О
«Внешторгиздат»
Госкомпечати СССР



Наследство гештальт-психологии

Со времени своего возникновения в начале нашего столетия гештальт-психология внесла большой вклад в изучение восприятия, научения и проблем социальной психологии. Эти достижения остаются значимыми и по сей день

ИРВИН РОК, СТИВЕН ПАЛМЕР

ПОДОБНО многим новым направлениям в науке гештальт-психология возникла как протест против интеллектуального истеблишмента своего времени. Сейчас многие из выдвинутых на заре нашего века сторонниками гештальт-теории понятий стали неотъемлемой частью современного представления о процессах восприятия, научения, мышления и даже частью нашего языка и культуры. Многие из нас слышали выражение «целостный гештальт» или видели рисунки, демонстрирующие гештальт-принципы, типа той известной картинки, на которой при желании можно видеть то вазу, то два профиля. Но лишь немногие из тех, кто не входит в выбранный круг ученых-психологов, имеют представление о самом гештальт-направлении или о тех изменениях, которым подверглись его основополагающие идеи.

Гештальт-психология зародилась в Германии, однако после прихода к власти нацистов ее основатели — Макс Вертгаймер, Вольфганг Кёлер и Курт Коффка — переехали в США. Впоследствии некоторые из их учеников развернули там активную научную деятельность. Наибольший вклад гештальтисты внесли в изучение восприятия (немецкое понятие «Gestalt» эквивалентно понятиям «паттерн» или «форма», хотя наиболее близким по смыслу является понятие «конфигурация»). Существенные достижения были получены ими также в таких областях как психология образования, научения, мышления и социальная психология. Некоторые из их идей оказались нежизнеспособными, другие до сих пор оказывают большое влияние на работы современных психологов.

РОЖДЕНИЕ гештальт-психологии принято относить к 1912 г., когда Вертгаймер, работавший в Институте психологии во Франкфурте-на-

Майне, опубликовал работу об иллюзии кажущегося движения. Под этой иллюзией понимается восприятие движения некоего объекта при быстром просматривании последовательности неподвижных изображений этого объекта, как это происходит во время киносеанса (см. рисунок на с. 40). Изучая этот феномен, Вертгаймер пришел к выводу, что восприятие целого (движения) принципиально отличается от восприятия компонентов этого целого (статических изображений).

Идея о том, что целое не сводимо к сумме его частей — центральное положение гештальт-психологии, — явилась вызовом господствующей в то время теории структурализма. В частности, гештальтисты отказались от идеи элементаризма — основного положения структурализма о том, что сложные образы восприятия могут быть поняты при анализе элементарных частей воспринимаемого. Структуралисты считали, что подготовленный наблюдатель может разложить фундаментальные образы нашего восприятия на примитивные ощущения типа ощущения стороны квадрата или отдельного звука в мелодии. Они полагали, что квадрат — это просто совокупность точек, создающих возбуждения на сетчатке, а мелодия — восприятие последовательности отдельных музыкальных тонов, которые соединяются в мелодию в сознании слушателя. Их подход получил название психохимии, поскольку, согласно этому подходу, образы восприятия могут анализироваться компонент за компонентом, подобно тому как молекулы разлагаются на составляющие их атомы.

Гештальтисты выступили против этой теории. Они утверждали, что воспринимаемые нами образы нельзя свести к сумме или последовательности ощущений; каждый образ является целостной конфигурацией, состоящей из таких ощущений. Место-

положение или размеры квадрата можно менять, так что возникающие сетчаточные образы будут отличаться друг от друга, однако мы будем продолжать «видеть» именно квадраты. А как люди узнают музыкальную фразу при переложении в другую тональность? Соответствующие тоны обеих фраз в этом случае совершенно различны, но заметить какие-то изменения могут только музыканты с отличным слухом.

Теоретики-гештальтисты утверждают, что части квадрата или отдельные тоны мелодии взаимодействуют друг с другом таким образом, что мы воспринимаем целостный образ, который заметно отличается от суммы своих частей. Форма и мелодичность представляют собой «производные качества», как они были названы гештальтистами, т. е. такие свойства образов восприятия, какие отсутствуют в компонентах этих образов. Производные качества не есть нечто уникальное, присущее только психическим феноменам. Например, свойства поваренной соли не могут быть автоматически выведены из свойств ее составляющих — натрия и хлора.

Производное качество в наибольшей степени характеризует представление гештальтистов об организации; по их мнению, это понятие является фундаментальным для объяснения того, почему люди видят мир, состоящий из отдельных объектов. Гештальтисты указывают, что, поскольку сетчаточный образ представляет собой не что иное, как совокупность частот видимого спектра электромагнитного излучения различной интенсивности, то те лучи света, ко-

ЕСТЕСТВЕННАЯ МАСКИРОВКА иллюстрирует, как законы группирования, например сходство, близость и связность, помогают животным прятаться. Согласитесь, что разглядеть пони на таком фоне не очень-то легко.

торые воспринимаются нами, как исходящие от разных частей одного и того же объекта, ничуть не более сходны между собой, чем лучи, исходящие от двух различных объектов. Отсюда следует, что наша способность воспринимать объекты (скажем, камни, деревья, дома) есть свойство, присущее нашей нервной системе. Понимание того, что восприятие отдельных объектов не есть просто следствие той «картинки», которая возникает на сетчатке, представляет собой одно из наиболее важных открытий гештальтистов.

Для того чтобы объяснить, как возникают образы отдельных объектов, Вергтаймер предположил, что наша зрительная система организует части в целое на основе законов групп-

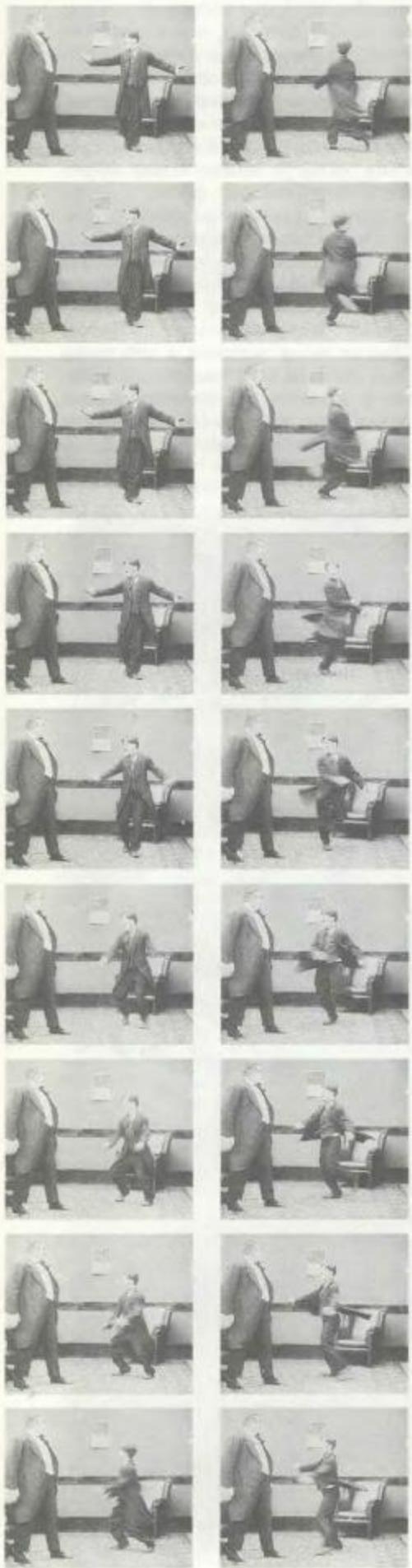
ирования. Элементы с большей вероятностью будут восприниматься сгруппированными, если они достаточно близко расположены друг к другу, схожи между собой, образуют общий контур или движутся в одном направлении (см. рисунок на с. 43). В большинстве случаев эти законы обеспечивают точное восприятие объектов в поле зрения, однако они также могут вести и к ошибкам восприятия, как в случаях маскировки (см. рисунок внизу).

Другой важный аспект организации целого, названный соотношением фигура-фон, был выявлен в 1912 г. датским психологом Эдгаром Рубином. Рубин обнаружил, что даже в случае правильного группирования частей какой-то области изображения

эта область может восприниматься и как объект (фигура), и как «задник» (фон) (см. нижний рисунок на с. 41). Он сформулировал несколько законов, подобных законам группирования Вергтаймера и описывающих условия, которые приводят к восприятию области изображения скорее как фигуры, чем как фона.

Далее гештальтисты обнаружили, что некоторые структуры нашей нервной системы определяют некую опорную (референтную) систему, в сравнении с которой и происходит анализ воспринимаемых образов. Многие люди знакомы с действием этой системы по феномену, получившему название «внушенного движения»: при медленном трогании с места соседнего поезда пассажирам





кажется, что в противоположном направлении начал двигаться их собственный поезд, который в действительности продолжает оставаться на месте. Еще один пример работы этой системы мы наблюдаем во время пребывания в наклоненной кабине. Стены кабины задают вертикаль и горизонталь в референтной системе; при этом наблюдателю кажется странными и косо висящими люстрами, и собственное наклонное положение, хотя и люстра, и тело в действительности параллельны силе тяжести. В обоих случаях в зрительной системе стандарт неподвижности или вертикальности возникает под воздействием окружающих видимых структур; и все объекты, в том числе и тело самого наблюдателя, воспринимаются в соответствии с этими стандартами.

Последний принцип организации, названный гештальтистами принципом pregnантности (Prägnanz), заключается в том, что в случае неясности стимульного изображения возникающий у нас образ восприятия будет настолько «хорошим» (иначе говоря, простым, однородным и симметричным), насколько позволяют «определяющие условия». Под определяющими условиями понимается регистрируемая на сетчатке информация. Очевидно, что в нашей зрительной системе не всякий воспринимаемый паттерн принимает какую-то простую, базовую форму. Например, треугольник не воспринимается нами как круг. Но в тех случаях, когда образ неоднозначен, как при восприятии частично замаскированной фигуры (см. нижний рисунок на с. 42), наблюдатель будет видеть наиболее простую форму, соответствующую доступной информации.

ТЕОРЕТИКИ гештальт-психологии пытались трактовать эти и другие феномены восприятия в физиологических терминах. В своей доктрине изоморфизма они постулировали наличие прямой связи между перцептивным опытом и физиологией, т. е. существование взаимоподобных форм субъективного восприятия и определяющих эти образы нервных процессов. Иллюстрацию этой идеи можно найти в анализе Вергтаймером феномена «кажущегося движения». Когда два находящихся рядом

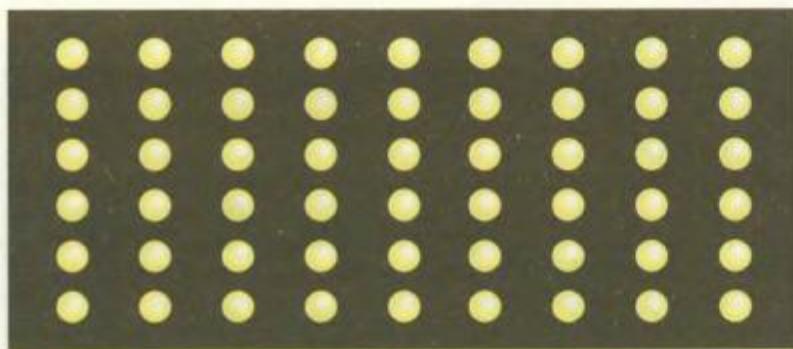
КИНОКАДРЫ ФИЛЬМА «Новые времена» демонстрируют возникновение иллюзии кажущегося движения. Неподвижные изображения на кадрах создают впечатление движения, когда они быстро один за одним проходят перед глазами.

друг с другом источника света вспыхивают и гаснут попарно в определенном ритме, наблюдателю кажется, что один источник движется взад-вперед (см. статью: Paul A. Colers. *The Illusion of Movement*, "Scientific American", October, 1964). Вергтаймер утверждал, что такое восприятие возникает в результате перемещения электрических зарядов между двумя областями возбуждения в мозге, порожденными этими двумя световыми стимулами, или, другими словами, физиологический процесс имеет ту же структуру, что и возникающий на его основе процесс восприятия.

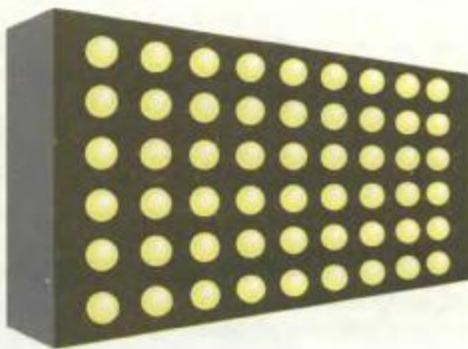
«Перетекание» электрической энергии в мозге, по предположению самого Вергтаймера, не имеет отношения к передаче электрических импульсов по отдельным нейронам, как это трактуется в нейрофизиологии. Такая нейронная система не может объяснить предлагаемые гештальтистами виды взаимодействия и организации, поэтому они предположили наличие непосредственного электрического тока в мозге. Они считали, что стимулы возбуждают в мозге электрические поля, которые взаимодействуют друг с другом и стремятся перейти в состояние с минимумом энергии. Кёлер, который был достаточно знаком с физикой того времени, утверждал, что мозг представляет собой лишь один из многих видов физических систем — названных им физическими гештальтами, — которые стремятся достичь состояния равновесия. Например, мыльные пузыри имеют при зарождении разную форму, но со временем все они превращаются в правильные сферы, что соответствует состоянию мыльной пленки с минимальной энергией.

В соответствии с доктриной изоморфизма, гештальтисты полагали, что стремление электрических полей в мозге к состоянию с минимальной энергией обеспечивает механизм функционирования pregnантности: образы восприятия упрощаются при достижении мозгом состояния равновесия.

ХОТЯ теория Кёлера об электрических полях в мозге в настоящее время всерьез не рассматривается, многие другие идеи, возникшие в рамках гештальт-психологии, продолжают оказывать влияние на современных теоретиков психологии восприятия. В одних случаях взгляды гештальтистов получили дальнейшее развитие, в других — подверглись пересмотру, однако нельзя найти ни одного современного учебника по психологии восприятия, где бы не



РЕШЕТКА ИЗ СВЕТЯЩИХСЯ БУСИН образована вертикальными колонками (слева). Когда один край решетки отводят назад (справа), наблюдатели продолжают видеть



колонки, хотя на сетчатке изображения бусин в этом случае теснее расположены по горизонтали, чем по вертикали.

упоминались многие из тех идей, которые возникли в рамках и под влиянием гештальт-теории.

Законы группирования Вертгаймера выдержали проверку временем. Действительно, ни один из них не был опровергнут, и ни один новый закон не был добавлен к первоначальному списку, если не считать предложений, выдвинутых недавно авторами статьи. Один из нас (Палмер) предложил закон окружения, или общей области, описывающий тенденцию наблюдателя группировать элементы, расположенные в одной и той же области воспринимаемого изображения (см. рисунок на с. 43). Второй закон, закон связности, сформулированный нами обоими, может оказаться наиболее фундаментальным принципом группирования. Связность объясняет наличие мощной тенденции зрительной системы воспринимать любую однородную, связанную область — например, пятно, линию или более протяженную область — как отдельную единицу. Связность — это особенно подходящий кандидат для законов группиро-

вания, поскольку это, возможно, одно из наиболее информативных свойств объектов окружающего мира. По нашему мнению, Вертгаймер упустил этот важный принцип, не задумавшись над необходимостью объяснить, почему каждый элемент в его конфигурациях сам воспринимается как отдельная единица.

Хотя справедливость законов группирования серьезным сомнениям не подвергалась, представление о том, на какой именно стадии процесса зрительного восприятия действуют эти законы, было пересмотрено. В гештальт-теории неявно подразумевается, что группирование должно происходить на ранней стадии процесса переработки зрительной информации. Поэтому, когда Вертгаймер обсуждал такие принципы, как близость, он имел в виду сетчаточную близость: то, как близко друг от друга расположены воспринимаемые стимулы на сетчатке. Однако вполне возможно, что принципы группирования проявляются на более поздних стадиях процесса обработки информации — уже после определения глубины и

освещенности воспринимаемого изображения.

Для того чтобы разобраться с этими двумя гипотезами, один из нас (Рок) несколько лет тому назад совместно с Леонардом Брозгоулом провел эксперимент. На вертикальных параллельных нитях висели бусины, мерцавшие в темноте так, что возникало впечатление решетки со светящимися узлами. По вертикали бусины располагались теснее, чем по горизонтали, поэтому наблюдатель видел как бы колонки светящихся точек. Затем мы отводили один край «сцены» назад, и начинало казаться, что бусины теперь теснее расположены по горизонтали. Наблюдатели же, глядя на эту картину, опять-таки видели колонки светящихся точек. Этот результат свидетельствует о том, что группирование основывается на восприятии близости в трехмерном пространстве, а не на близости стимулов на сетчатке. Таким образом, группирование по близости происходит уже после восприятия глубины изображения. К тем же выводам мы пришли и относительно группирования по

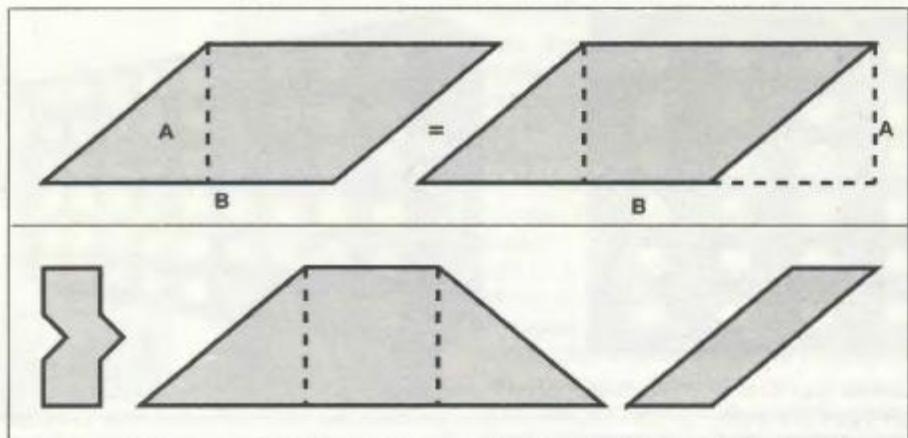


СООТНОШЕНИЕ ФИГУРА-ФОН является фундаментальным для восприятия. На левом изображении мы можем воспринять либо один образ, либо другой, но не оба одновременно.



На правом изображении два объекта хотя и имеют одинаковый контур, выглядят совсем разными.





ПОНИМАНИЕ того, что площадь параллелограмма равна площади прямоугольника (вверху), существенно облегчает вычисление площади других фигур (внизу). Гештальт-подход к проблеме решения задач заключается в признании возможности переноса инсайта (озарения) в аналогичные ситуации.

принципам общей области и связности, а также по принципу цветового сходства.

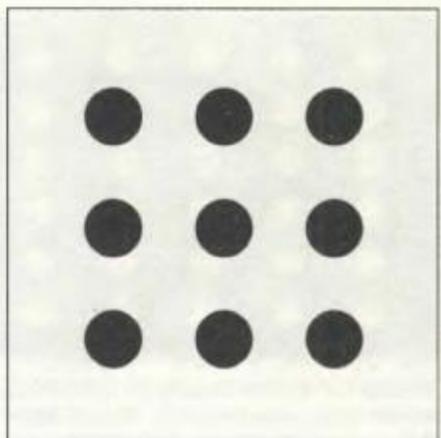
ДАЛЬНЕЙШЕЕ понимание группирования и физиологических процессов, лежащих в его основе было достигнуто благодаря появлению новых экспериментальных методик. Якоб Бек из Орегонского университета был в числе первых в изучении структурного выделения — еще одного вида группирования элементов на основе их сходства, когда они уже воспринимаются не как отдельные элементы, а как некий паттерн. Он предъявлял наблюдателям рисунок, состоящий из трех примыкающих друг к другу «блоков»: блока букв L, блока прямых букв T и блока наклонных букв T (см. верхний рисунок на с. 44). Бек просил наблюдателей как можно быстрее найти границы блоков измеряя при этом быстроту

выполнения задания.

Бек обнаружил, что люди быстрее обнаруживали границу между прямыми и наклонными T, чем между T и L. Такой факт говорит — несколько неожиданно, с точки зрения гештальт-теории — о том, что ориентация элементов представляет собой более значимое свойство, чем их форма. Этот и подобные факты привели к теоретическому обоснованию связи между структурным выделением и деятельностью тех клеток в зрительной коре, которые ответственны за обнаружение различий в ориентации воспринимаемых линий и углов (см. статью: David H. Hubel, Torsten N. Wiesel. Brain Mechanisms of Vision, "Scientific American", September, 1979).

Методики определения времени выполнения заданий помогли проверить и идею гештальтистов о том, что образы с большой целостностью при восприятии доминируют. Дэвид Навон, ныне работающий в Университете в Хайфе (Израиль), провел очень важный эксперимент по выяснению того, что воспринимается раньше, целое или его части. Используя в качестве стимулов большие буквы, составленные из маленьких букв, он измерял время идентификации наблюдателями больших (крупных) и маленьких (мелких) букв (см. средний рисунок на с. 44). В одних случаях большие и маленькие буквы были одинаковыми (совпадающими), в других — разными (конфликтными).

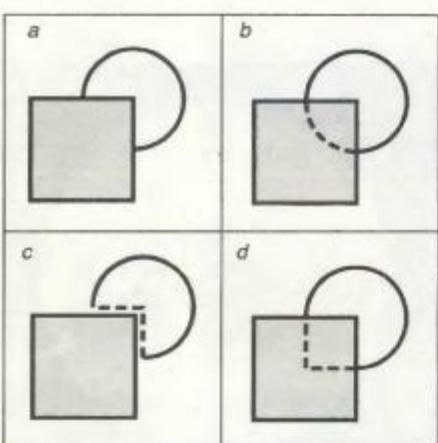
Если целые фигуры первичны для восприятия, как утверждали гештальтисты, то крупные буквы должны идентифицироваться быстрее мелких; если же первичны части, как утверждали другие исследователи, то результат должен быть обратным. Еще одно предположение, вытекав-



СОЕДИНТЕ все точки четырьмя прямыми линиями, не отрывая карандаша от бумаги (решение на с. 44 внизу).

шее из идей гештальтистов о первичности целого, заключалось в том, что конфликтные мелкие буквы не должны влиять на скорость называния крупных, тогда как конфликтные крупные буквы должны были бы замедлить называние мелких букв. Сторонники гипотезы о первичности частей в восприятии предсказывали противоположный результат и в этом опыте. Результаты Навона подтвердили предположения гештальтистов. В дальнейшем исследователи убедились, что такие свойства восприятия не столь универсальны, как предполагали гештальтисты. Полученные данные показывают, что ответные реакции зависят и от других факторов, таких, например, как абсолютные и относительные размеры букв.

Другим весьма жизнеспособным понятием гештальт-теории оказался принцип *прегнантности* — идея о том, что возникающие в зрительной системе образы имеют наиболее правильную и симметричную форму, соответствующую получаемой сенсорной информации. Туманное гештальтистское определение «хорошего» образа сейчас получило уточнение. Эммануэль Леувенберг и Ханс Бюффарт из Нидерландов разработали теорию, которая позволяет в деталях определить количество информации в различных образах — «хорошие» образы содержат мало информации, а «плохие» — много, — и применили ее для предсказания того, как люди будут воспринимать частично спрятанные фигуры, а также для объяснения других феноменов. Уэнделл Гарнер из Йельского университета показал, что «хорошие» паттерны сравниваются быстрее, запоминаются лучше и описываются более кратко и ясно, чем «плохие».



НЕОПРЕДЕЛЕННАЯ ФИГУРА иллюстрирует идею *прегнантности*. Имея неполную информацию (a), наблюдатель видит объекты простой (b), а не сложной (c, d) формы.

В отличие от предложенных гештальтистами теорий восприятия их идеи об электрических полях в мозге современными физиологами были отвергнуты. Однако сейчас появились концепции о нейронных сетях, сходные с представлениями Кёлера о физических «гештальтах». Как считают специалисты по нейронным сетям, психические процессы являются следствием динамического взаимодействия множества связанных друг с другом вычислительных элементов, которыми могут считаться нейроны мозга. Каждый из этих элементов характеризуется его активационным состоянием — подобно состоянию возбуждения нейрона — и эти элементы взаимодействуют, стимулируя или подавляя друг друга, что напоминает работу синапсов. Вся система активируется внешним стимулом, который действует на некоторую совокупность элементов. В дальнейшем это возбуждение распространяется по сети до тех пор, пока вся система не достигает состояния равновесия. Такое представление имеет много общего с идеей Кёлера о минимизации энергии (см. статью: Дэвид У. Танк, Джон Дж. Хопфилд. Коллективные вычисления в нейроноподобных электронных схемах, «В мире науки», 1988, № 2). Короче говоря, эти сети можно рассматривать в качестве примеров физических «гештальтов» Кёлера. Хотя эта работа еще только начинается, модели восприятия на основе нейронных сетей обещают открыть новую главу в гештальт-теории.

ПОММО революционных изменений в изучении восприятия теоретики-гештальтисты обогатили такие области психологии, как исследование научения, памяти и мышления, что оказало существенное влияние на теории обучения и социальной психологии. Ранние гештальтистские идеи относительно свойств мышления резко контрастировали с идеями зарождавшегося бихевиоризма. Предшественник этого направления, Эдвард Торндайк, на основе своих исследований заключил, что животные решают возникающие перед ними проблемы путем проб и ошибок, а не в результате размышления или понимания. В одном своем получившем широкую известность эксперименте он помешал кошку в клетку, из которой она могла выбраться только потянув за веревку, открывающую дверцу. В процессе беспорядочных попыток найти выход кошка случайно сильно дергала за веревку и выбиралась наружу. После многих таких попыток кошка обучалась дергать за веревку сразу после того, как оказы-

валась в клетке. Торндайк пришел к выводу, что в этом случае кошачий интеллект не при чем: просто у кошки постепенно закрепляются возникающие ассоциации.

Гештальтисты с жаром опровергали и сами эксперименты, и делавшиеся на основе полученных в них результатов выводы. По их мнению, экспериментальная ситуация сама по себе препятствовала какому бы то ни было проявлению интеллекта при решении проблемы; иными словами, трудно было ожидать, что кошка сможет понять действие спрятанного механизма, открывающего дверь и соединенного с веревкой. В противовес этому Кёлер, пребывая на острове Тенерифе во время первой мировой войны, провел эксперименты с шимпанзе, в которых и подсобные материалы, и способы их применения для решения поставленной проблемы находились полностью в поле зрения обезьяны. Кёлер наблюдал за тем, как шимпанзе пытаются при помощи палки достать расположенные вне клетки бананы.

Полученные результаты противоречили догмам бихевиористов по крайней мере по двум важным пунктам. Во-первых, шимпанзе приходили к решению внезапно, как бы под воздействием «инсайта» (озарения), а не постепенно. По мнению Кёлера, это было возможно, потому что сущность проблемы была для восприятия очевидной в отличие от спрятанного веревочно-пружинного механизма. Во-вторых, совершаемые шимпанзе ошибки не были случайными, как следовало из теории бихевиоризма, а указывали на размышление и понимание.

Хотя раскрыть движущие силы инсайта никому не удалось, гештальтисты описали некоторые аспекты процесса достижения понимания. Один из путей возникновения у человека понимания, отличающий его от животных, состоит в получении объяснений со стороны. Естественно, просто слушать недостаточно; для осознания существенных связей между рассматриваемыми фактами у слушателя должны возникнуть и заработать те же когнитивные структуры, что и у объясняющего. Слушатель не должен повторять весь тот творческий процесс, который привел объясняющего к решению проблемы, но конечное состояние понимания должно быть у них похожим.

Применение методики достижения инсайта через объяснение в обучении невозможно переоценить. Этот способ не только приводит к схватыванию решения поставленной проблемы, но усвоенный таким способом

вариант решения забывается гораздо медленнее, чем при простом заучивании, а также легко может быть использован при поиске решения новой проблемы. Вертгаймер, например, показал, что как только дети начинают понимать, почему площадь параллелограмма равна произведению высоты на основание (см. левый рисунок на с. 42), они уже легко находят площадь других геометрических фигур, не заучивая формулы. Сегодня многие преподаватели, критически относящиеся к механическому заучиванию, поддерживают те варианты обучения, которые стимулируют творчество учеников и способствуют достижению инсайта. Однако лишь некоторые из них знают, что эти «революционные» идеи были выдвинуты гештальт-психологами.

Гештальтисты пытались описать и тот творческий процесс, в результате которого человек приходит к инсайтам в своей повседневной жизни. Они предположили, что в самих проблемах заложены некоторые требования или условия, которые можно достаточно легко «схватить», и это приводит людей к принятию далеко не случайных решений (см. статью: Martin Scheerer. Problem Solving,

ГРУППИРОВАНИЯ НЕТ



ГЕШТАЛЬТ-ЗАКОНЫ ГРУППИРОВАНИЯ



БЛИЗОСТЬ



СХОДСТВО



ОБЩИЙ КОНТУР



ХОРОШЕЕ ПРОДОЛЖЕНИЕ

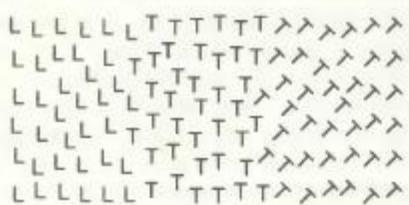
НОВЫЕ ЗАКОНЫ



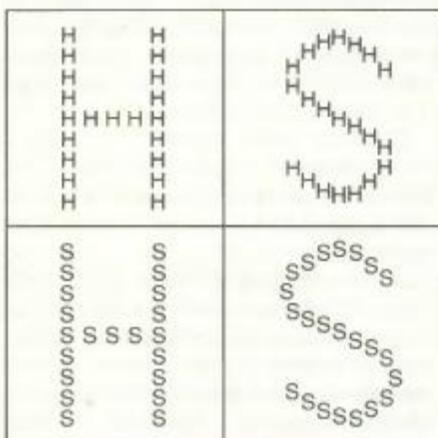
ОБЩАЯ ОБЛАСТЬ



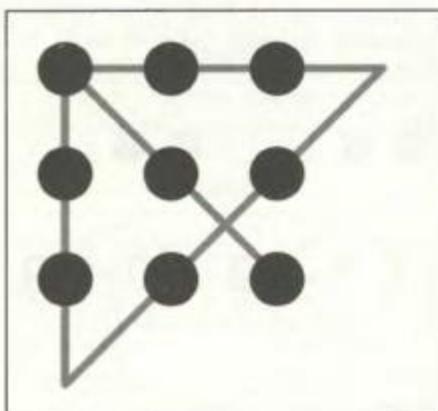
СВЯЗНОСТЬ



СТРУКТУРНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ — одно из свойств восприятия. Увидеть границу между областями с вертикальными и наклонными Т можно быстрее, чем между областями с вертикальными Т и L.



ПРЕДПОЧТЕНИЕ КРУПНОГО приводит к более быстрому обнаружению крупных букв по сравнению с мелкими независимо от их сходства или различия. Однако если мелкие буквы отличаются от крупных, то идентифицировать их труднее.



ТОЧКИ можно соединить, выйдя за границы конфигурации. Люди часто исходят из неверного предположения, что этого делать нельзя.

"*Scientific American*", April, 1963). Фиксация на одной гипотезе или на одной функции объекта, часто выполняемая бессознательно (см. рисунок вверху справа на с. 42), является основным препятствием для инсайта.

Когда же люди освобождаются от неявных предположений, их восприятие проблемы меняется самым радикальным образом: они внезапно «видят» решение, как бы завершая работу мысленным восклицанием «ага!».

Специалисты, занимающиеся изучением процесса решения задач, так и не объяснили, что такое инсайт; но они отказались от бихевиористических идей о методе слепых проб и ошибок и обратились к представлениям, в большей степени соответствующим идеям гештальтистов о значимости понимания. Одним из многообещающих направлений исследований процесса решения задач является изучение процесса использования аналогий: тот, кто решил одну проблему, может применить свое знание в других ситуациях, воспользовавшись аналогией.

ГЕШТАЛЬТИСТЫ посягнули на бихевиористический подход и в области социальной психологии. Начиная с конца 30-х годов три исследователя — Курт Левин, Фриц Хайдер и Соломон Аш — отказались от гипотезы о том, что социальное поведение можно полностью объяснить на основе реакций, обусловленных такими социальными поощрениями, как одобрение или похвала. Вместо этого они предположили, что люди, осмысливая поведение других людей, приписывают им определенные чувства, восприятие, цели, убеждения и намерения. Такой подход получил название *казуальной* (причинной) аттрибуции. Эта очевидная концепция означала отход от господствовавшего в то время бихевиоризма, который отрицал или сводил к минимуму субъективные психические состояния. С тех пор теория казуальной аттрибуции вытеснила бихевиоризм.

В современной психологии остались лишь некоторые из идей Левина, но работы Хайдера и Аша продолжают оказывать влияние на исследователей и в наше время. Хайдер применил положения гештальт-теории, касающиеся восприятия объектов, при изучении восприятия людьми других людей. Одним из краеугольных камней его теории является понятие аттрибуции; оно заключается в том, что люди оценивают поведение других людей в терминах глубинных причинных объяснений, таких, как мотивы и намерения, основываясь на постоянных поведенческих и ситуационных характеристиках. Хайдер также разработал и понятие баланса: идею о том, что индивиды предпочитают гармоничные когнитивные отношения с другими людьми. Например, если Джону нравится X и он думает, что этому X нравится Y, то система

ма убеждений Джона сбалансирована при условии, что ему также нравится Y, и не сбалансирована, если ему Y не нравится. Эта идеяозвучна принципу *прегрантности*: существует стремление к достижению наилучшей или более близкой к равновесию организации.

Работа Хайдера по теории баланса тесно связана с более поздней теорией когнитивного диссонанса Леона Фестингера. Фестингер считал, что люди стремятся уменьшить несогласованность своих убеждений, чувств и стереотипов поведения, поэтому он стал изучать, как выбор, который мы делаем, влияет на наши последующие убеждения и отношения. Он постулировал, что, если отвергнутая альтернатива (скажем, покупка автомобиля спортивного вида, ночересчур резвого) по многим параметрам более желательна, чем то, что мы выбрали (машина более солидного вида, но более надежная), то отказ приведет к возникновению внутреннего состояния дисгармонии, или, как называл его Фестингер, диссонанса, который рождает давление, направленное на его ликвидацию. Одним способом уменьшения диссонанса является переоценка альтернатив, а именно девальвация отвергнутого варианта (спортивные машины слишком опасны) и приданье большей ценности выбранному.

Аш, которые работал с Вертгаймером в Новой школе социальных исследований, прямо распространил гештальт-теорию на социальную психологию. Он полагал, что корни отношений людей к другим людям лежат в убеждениях, а убеждения основываются на получаемой информации и тяготеют к рациональному, а не базируются на «предположениях», как считали до этого социальные психологи. Его упор на рациональность людей не согласуется с кажущейся иррациональностью нашего поведения, например с расовыми предрассудками. Однако Аш утверждал, что даже предрассудки возникают по определенным причинам и на основе информации, вернее ее недостатка или ошибочности. Например, если дети зависят от родителей или других уважаемых ими взрослых и не имеют оснований не верить им, то можно ожидать, что мнения взрослых по этическим или расовым вопросам будут внедряться и в детей. Более того, у детей почти нет никакой возможности получить информацию из других источников, чтобы иметь что противопоставить словам родителей.

Аш также оспаривал предположение бихевиористов о том, что убеждения и отношения возникают на

основе информации с учетом престижности источника этой информации. Например, было известно, что американские студенты меняют свои взгляды по отношению к утверждениям в зависимости от того, кто их высказал. Когда им говорили, что слова: «...возмущение масс всегда является хорошим делом и необходимо в политическом мире как штормы в мире физическом» принадлежат Томасу Джейферсону, то они были с этим согласны. Когда же это утверждение приписывалось Ленину, то их согласие с ним резко падало.

При поверхностном рассмотрении эти результаты подтверждают представление о том, что престиж источника высказывания в значительной степени влияет на мнение отдельного человека об этом высказывании. Но Аш считал, что принятие подобных решений имеет под собой вполне рациональное основание. Он предположил, что люди понимают смысл высказывания по-разному в зависимости от того, кто его сделал. Действительно, как обнаружил Аш, те студенты, которые считали данное высказывание принадлежащим Ленину, интерпретировали «возмущение масс» как социально-экономический переворот. Те же, кто приписывал высказывание Джейферсону, в большинстве подразумевали менее насилиственную сущность этого понятия, связывая его с умеренными социальными или политическими реформами (см. статью: Solomon E. Ash. Opinion and Social Pressure, "Scientific American", November, 1955).

Это положение Аша является расширением идей гештальтистов о воздействии контекста на взаимоотношение целого и его частей, выдвинутых для объяснения явлений восприятия. Частью в данном случае было высказывание, которое приобретало различный смысл, будучи включенным в некое целое (т. е. все то, что испытуемый знал об «авторе» высказывания — Ленине или Джейферсоне). Идею о возникновении целого в результате организации частей можно проиллюстрировать другим экспериментом Аша. Он исследовал, как люди составляют впечатление о личности, знакомясь с ее чертами. Аш обнаружил, что, когда у людей складывается определенное впечатление о личности, некоторые ее черты являются «путеводными»: замена одной из них на другую в «списке» может полностью изменить все впечатление. Более того, одна и та же черта будет восприниматься по-разному в зависимости от наличия в списке другой черты. Так, «решительность» в страстной личности это совсем не то, что «решительность» в личности вялой.

В НЕКОТОРОМ смысле научный истеблишмент, несмотря на признание вклада гештальт-подхода в некоторые области психологии, всегда довольно скептически относился к этой концепции. Особенно это проявилось в 1920-е и 1930-е годы, когда доминирующими теориями, которые гештальтисты страстно и не без успеха атаковали, были структурализм и бихевиоризм. Подобный скептицизм имеется и сейчас, чому есть вполне определенные причины. Во-первых, гештальт-психология направлена на изучение субъективного опыта, проявляющегося, например, в восприятии, которому бихевиористы вообще отказывают в праве быть предметом научного исследования. Во-вторых, хотя гештальтисты и провели множество хорошо контролируемых экспериментов, наиболее широко известные явления из изученных ими часто представлялись в виде непосредственных демонстраций, например, показа фигур, иллюстрирующих законы группирования. В-третьих, теоретические описания гештальтистов носят качественный характер, что иногда затрудняет сравнение этих описаний с количественными стандартами. Более того, взгляды гештальтистов на функционирование мозга были в значительной мере дискредитированы современными нейрофизиологами. И, последнее важное обстоятельство: теоретический подход, который отстаивают гештальтисты, отрицает одно из важнейших положений научного метода вообще, а именно что целое можно понять, сводя его к определенной совокупности частей.

Эти серьезные препятствия, осложняющие утверждение идей гештальтистов, следует рассматривать на фоне значительных успехов данного подхода. Впечатляет уже одно перечисление главных феноменов восприятия, на которые они пролили свет: группирование, соотношение фигурафон, референтные системы, понятие «хорошей» фигуры, кажущееся движение (и это лишь те, что упомянуты в нашей статье). Хотя логически допустимо предполагать, что эти открытия могли быть сделаны и независимо от методов и творческих убеждений гештальтистов, все-таки кажется, что это не совсем так. Атака гештальтистов на структурализм была просто разрушительной.

Гештальтисты оказались удачливее бихевиористов в попытках объяснения природы научения, мышления и явлений социальной психологии. Хотя современные психологи и используют методы бихевиоризма, сами бихевиористические теории уступили место когнитивному подходу, который в большой степени согласуется с

образом мыслей гештальтистов. Поднятые ими теоретические проблемы организации перспективного материала, инсайта, научения и рациональности суждений людей остаются наиболее глубокими и комплексными во всей психологии.

И наконец, хотя положения гештальт-теории об электрических полях в мозге сейчас признаны ошибочными, более общее предположение о том, что мозг является динамической системой, стремящейся к состоянию энергетического равновесия, — физическим гештальтом в понимании Кёлерса, — может оказаться правильным. Массовый интерес к изучению моделей различных нейронных сетей подтверждает тот факт, что идеи гештальтистов живы и сегодня и что их положение в истории психологии вполне заслужено.

Книги издательства „Мир“

Э. Накано
**ВВЕДЕНИЕ В
РОБОТОТЕХНИКУ**

1988 г. Цена 1 р. 80 к.

Э. Органик
**ОРГАНИЗАЦИЯ
СИСТЕМЫ ИНТЕЛ 432**

1987 г. Цена 2 р. 50 к.

Дж. Садурс, А. Тилли
**СЕРНОНАТРИЕВЫЕ
АККУМУЛЯТОРЫ**

1988 г. Цена 5 р. 80 к.

**ЭЛЕКТРОНИКА СБИС.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
МИКРОСТРУКТУР**

Под ред. Н. Айнспрука
1989 г. Цена 1 р. 70 к.

Эти книги вы можете получить наложенным платежом, направив заказ по адресу: 191040 Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5 «Техническая книга»



Замороженный, но живой

Некоторые животные переживают зимнее время в замороженном состоянии, а весной оттаивают.

Эта их природная способность дает ключ к проблеме сохранения человеческих тканей при отрицательных температурах

КЕННЕТ Б. СТОРИ, ДЖАНЕТ М. СТОРИ

КОГДА столбик ртути термометра опускается ниже 0 °С мы спешим возвратиться в теплый дом, надеваем шубы, если рискуем высунуть нос наружу, и мечтаем об отпуске где-нибудь в тропиках. Мало кто из животных сохраняет активность в зимнее время. Птицы улетают на юг, а многие наземные животные впадают в спячку в своих берлогах или на дне водоемов. Но что происходит с так называемыми экотермными, или холоднокровными, животными — лягушками и черепахами, жуками и пауками, которые не могут найти себе относительно теплое убежище? Как они переносят температуру ниже точки замерзания жидкостей организма? Некоторые виды избегают замораживания благодаря биохимическим изменениям в тканях. Но, что особенно интересно, многие другие животные замораживаются и тем не менее остаются живыми.

Сотни видов наземных насекомых зимой переживают длительные периоды замораживания. Примером экстремальной ситуации такого рода могут служить обитающие в арктических широтах волосатые гусеницы *Gynaephora groenlandica*, которые проводят до 10 месяцев в году в замороженном состоянии при -50 °С или даже еще более низкой температуре. Многие беспозвоночные животные, населяющие приливную зону северных морей, — такие, как усоногие раки, двустворчатые моллюски и береговые улитки, — замораживаются при отливе, когда температура воздуха отрицательная. В нашей лаборатории в Университете Карлтона в Оттаве (пров. Онтарио, Канада), особый интерес вызвали амфибии и рептилии, которые в течение зимней спячки пребывают в замороженном состоянии. Мы взялись за эти исследования под впечатлением работы У. Шмидта из Миннесотского университета в Миннеаполисе, который в 1982 г. сообщил о том, что лягушки переносят замораживание. Вслед за Шмидом мы показали, что обычные виды — лесная лягушка (*Rana sylvatica*), сви-

стящая квакша (*Hyla crucifer*), изменчивая квакша (*Hyla versicolor*) и трехполосая квакша (*Pseudacris triseriata*), впадающие в спячку в лесной подстилке, — могут сутками и даже неделями переживать в условиях, когда 65% общего объема жидкостей организма превращается в лед. О выживании замороженных сибирских углозубов *Hypobius keyserlingi* писали советские исследователи. Представители этого вида — единственные в тундре амфибии, впадающие в спячку на сухой территории, — могут переносить температуру -35 °С.

В 1988 г. мы идентифицировали замерзающих на зиму рептилий. Наш коллега Р. Брукс из Гуэлфского университета сообщил о необычном поведении только что вылупившихся расписных черепах (*Chrysemys picta*). В конце лета молодые черепахи не покидают места, где вылупились, а остаются там, надежно спрятавшись от хищников, до наступления весны. Их гнезда, всего лишь 7—10 см глубиной, располагающиеся на открытых участках берегов водоемов, не обеспечивают термоизоляцию от окружающей среды. По данным Брукса, в январе—феврале температура в этих гнездах составляет около -7 °С, а наши лабораторные исследования показали, что черепахи *C. picta* замораживаются при температуре ниже -3 °С. Значит, только что вылупившиеся животные неизбежно много-кратно замораживаются и оттаивают в течение зимы вплоть до весны.

Исследования Дж. Костанцо, Д. Клауссена и Р. Ли-младшего из Университета Майами в Оксфорде (шт. Огайо) также показали, что взрослые коробчатые черепахи и подвязочные змеи сохраняют жизнеспособность в замороженном состоянии. При замораживании у всех этих животных прекращаются движения, дыхание, биение сердца и кровообращение. Результаты наших последних экспериментов свидетельствуют, что неврологическая активность у них едва заметна. Лед накапливается во всех компартментах внеклеточных жидк-

стей и заполняет брюшную полость и мочевой пузырь; кристаллы льда распластут под кожей и в мышечной ткани. По существу выполняется задача криоконсервации органов — живые ткани замораживаются для сохранения и последующего использования. И наши исследования на лягушках и черепахах направлены на выяснение моле-



кулярных механизмов выживания в замороженном состоянии.

ПРЕБЫВАНИЕ зимой в замороженном состоянии представляется чрезвычайно опасной стратегией адаптации — для большинства клеток замораживание гибельно. Как известно всякому садоводу, первые сильные заморозки превращают роскошные ковры осенних цветов в бурую тряпку. Кристаллы льда проникают клеточные мембранны и повреждают внутриклеточные органеллы; содержимое клеток вытекает и точная локализация различных метаболических процессов внутри клеток сбивается. Даже когда образование льда контролируется, оно оказывает стрессовое воздействие на клетки другими путями. Так, при замораживании подавляются кровообращение и дыхание, и в результате все органы лишаются притока кислорода и питательных ве-

ществ с кровью. Не существует ли для холоднокровных животных более приемлемого способа противостоять минусовым температурам, чем переживание замороженного состояния?

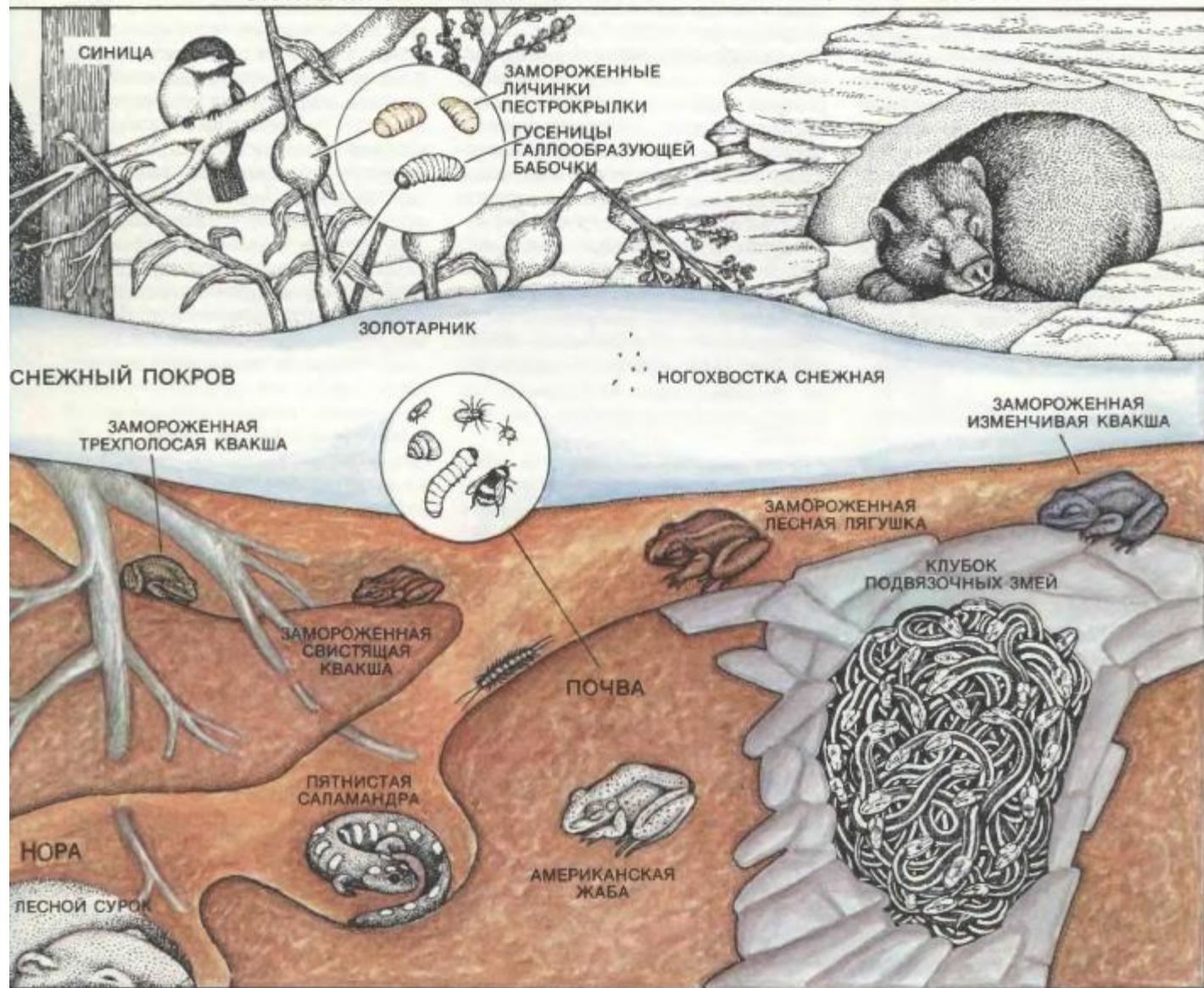
В принципе есть две альтернативные возможности выдерживать зимний холод. Первая, наиболее распространенная среди животных стратегия заключается в том, чтобы избегать температур ниже точки замерзания жидкостей организма. Животные попросту прячутся в относительно теплых местах под водой или глубоко в земле и впадают в спячку. Множество видов насекомых свойственно проводить зиму в виде водных личинок. Многие лягушки и черепахи пребывают в спячке на дне водоемов, где они находятся в безопасности, если только водоем не промерзнет до дна. На суше жабы зарываются в почву ниже уровня ее промерзания, а змеи собираются под землей в клубки, где они со-

гревают друг друга теплом своих тел.

Вторая возможность — это специфические приспособления, стабилизирующие жидкую фазу при температурах ниже нуля. Все водные растворы, включая жидкости живого организма, характеризуются равновесной точкой замерзания, т. е. температурой, при которой кристаллы льда, помещенные в раствор, начинают растти. Но кроме того, водные растворы способны к переохлаждению — иными словами, их можно охладить до температур ниже равновесной точки замерзания без спонтанного образования кристаллов льда. Так, например, плазма крови у человека имеет точку замерзания $-0,8^{\circ}\text{C}$, но при медленном охлаждении в отсутствие перемешивания она может быть переохлаждена до -16°C .

Степень переохлаждения ограничивается присутствием центров кристаллизации, которыми служат со-

СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ ЗИМОЙ В ЛЕСАХ ЗОНЫ УМЕРЕННОГО КЛИМАТА



единения, способные дать начало росту кристаллов льда благодаря тому, что обладают участками связывания, упорядочивающими молекулы воды в кристаллическую структуру. Наилучшими центрами кристаллизации являются сами кристаллы льда, но в этом отношении эффективны также содержащиеся в плазме белки, бактерии и пищевые частицы. Для стабилизации жидкого состояния, следовательно, необходимо ликвидировать центры кристаллизации или подавить способность этих центров инициировать распространяющуюся кристаллизацию воды, т. е. у животных должно достигаться снижение предельно возможного уровня переохлаждения жидкостей организма.

А. Де Фриз с коллегами в Иллинском университете в Эрбана-Шампейн обнаружили, что такая стратегия используется полярными морскими рыбами. Эти рыбы избегают замораживания тем, что у них в жидкостях тела присутствуют особые белки-антифризы — гликопептиды, которые при появлении в организме зародышевых кристаллов льда связываются с ними и блокируют дальнейшую кристаллизацию воды (см. статью: Дж. Истмэн, А. Де Фриз. Антарктические рыбы, «В мире науки», 1987, № 1). У многих наземных членистоногих, включая пауков, клещей (в том числе иксодовых) и разнообразных насекомых, также обнаружены белки-антифризы. Эффективность белков-антифризов у насекомых часто столь велика, что они предотвращают образование льда даже при -15°C ; в результате животные сохраняют активность зимой под снежным покровом.

Другим насекомым требуется большая защита от зимних холодов, и у них вырабатываются дополнительные антифризы (помимо вышеупомянутых белков) для снижения точки максимального переохлаждения. У этих животных жидкости тела содержат обладающие антифризными свойствами низкомолекулярные углеводы, называемые полигидроксиальпинами. Раствор полиэтиленгликоля с концентрацией 50% не замерзает вплоть до -30°C (в южной части Канады это стандартный уровень антифриза для радиаторов автомашин). По нашим данным у гусениц галлообразующих бабочек *Epiblema scudderiana* в середине зимы концентрация глицерола в жидкостях организма достигает 40%, что составляет 19% всего веса тела; это позволяет им переохлаждаться до -38°C .

Таким образом, разнообразные наземные животные успешно избегают замораживания благодаря

способности к глубокому переохлаждению. Тем более удивительно, что другие животные переносят замораживание, что подразумевает значительно более сложные регуляторные процессы, обеспечивающие выживание при замерзании жидкостей тела. Но избегание замораживания тоже имеет свои недостатки. Состояние переохлаждения является метастабильным, и вероятность спонтанного кристаллообразования при температуре ниже точки замерзания возрастает с увеличением продолжительности переохлаждения и с понижением температуры. Падение температуры ниже предельного уровня переохлаждения или контакты с центрами кристаллизации (например, при повреждении кожи) могут привести к мгновенному замораживанию, что смертельно. Поэтому многие животные стали устойчивыми к температурам ниже точки замерзания жидкостей организма, «предпочтя» переохлаждению медленное контролируемое замораживание, которое в определенных условиях не приводит к потере жизнеспособности.

У каждого вида, «предпочитающего» замораживание поддержанию переохлажденного состояния, причины этого коренятся в его эволюционной истории. Так, гусеницы галлообразующих бабочек, которых мы изучали, проводят зиму в стеблях золотарника вместе с личинками пестрокрылки золотарниковой *Eurosta solidaginis*. При этом гусеницы переохлаждаются и избегают замораживания, а личинки пестрокрылки замерзают, когда температура опускается ниже -8°C . Оба вида адаптируются к одним и тем же зимним погодным условиям, но делают это совершенно разными способами.

Этой разнице не находится удовлетворительного объяснения, и очевидно лишь, что один вид обладает механизмом избегания замораживания, а другой — способностью переносить замораживание. У гусениц галлообразующих бабочек с успехом ликвидируются центры кристаллизации льда внутри организма и имеется водонепроницаемый кокон, защищающий от внешнего льда, так что они могут переохлаждаться. А у личинок пестрокрылки не блокируется действие центров кристаллизации льда и выработалась способность переживать замораживание.

Каким образом животные — такие, как личинки пестрокрылки золотарниковой, — сохраняют жизнеспособность при замораживании? Выше отмечалось, что образующиеся кристаллы льда могут вызывать обширные физические повреждения

внутренних структур клеток, а также на более высоких уровнях организации — в межклеточных связях (например, нарушения целостности капилляров). Повреждения, вызываемые кристаллами льда внутри клеток, столь значительны, что даже устойчивые к замораживанию животные не переносят образование внутриклеточного льда. То же касается всех типов клеток и тканей млекопитающих, которые удается подвергать криоконсервации. Устойчивость к замораживанию в природе обязательно означает способность выдерживать рост кристаллов льда во внеклеточной жидкости и сохранять жидкое состояние цитоплазмы.

Для выживания в условиях замораживания требуются механизмы специфической биохимической адаптации, удовлетворяющей трем основным условиям. Во-первых, образование льда должно быть контролируемым. Оно должно инициироваться во внеклеточных жидкостях (например, в плазме крови, жидкости брюшной полости, моче), причем таким образом, чтобы скорость роста кристаллов была низкой и их размеры невелики. Для этого у животных, устойчивых к замораживанию, во внеклеточные жидкости секретируются специальные агенты, которые служат центрами кристаллизации льда. Такие агенты, формируя участки связывания, упорядочивающие организацию молекул воды в псевдокристаллические структуры, стимулируют и облегчают образование кристаллов льда.

Биологическими агентами, обеспечивающими центры кристаллизации, у устойчивых к замораживанию животных являются чаще всего особые белки крови, которые синтезируются в организме в течение осени. Их образование регулируется, по-видимому, в связи с фотопериодом и гормональной стимуляцией, подобно тому, как управляет синтез белков-антифризов у насекомых, избегающих замораживания. Белки, служащие центрами кристаллизации, инициируют образование льда, как правило, при температуре менее чем на 2° ниже точки замерзания жидкостей тела.

Такой процесс минимизирует степень переохлаждения, благодаря чему замораживание происходит относительно медленно и контролируемо, так что клетки успевают физически и метаболически подготовиться к переходу в замороженное состояние. Наши исследования белков — центров кристаллизации в крови лесных лягушек (проведенные совместно с Я. Воланжиком и Дж. Бостом из Университета шт. Нью-Йорк в Бингемтоне) показали их высокую эффективность. Добавление всего лишь 0,5% (по объ-

ему) лягушачьей крови поднимает температуру зарождения кристаллов льда в плазме человека на 7°.

Действием белков, служащих центрами кристаллизации льда, обеспечивается то, что в результате начальных процессов замораживания образуются тысячи мельчайших кристаллов льда, разбросанных по всему внеклеточному пространству тела животного. Мелкие кристаллы льда, однако, термодинамически нестабильны и склонны со временем преобразовываться во все более и более крупные кристаллы. У животных такая рекристаллизация может привести к физическому повреждению, особенно в «тонких местах», например в просветах капилляров. Поэтому устойчивым к замораживанию животным нужен механизм регуляции роста ледяных кристаллов.

Дж. Думан с коллегами из Университета Нотр-Дам установили такой механизм. Они обнаружили, что у устойчивых к замораживанию насекомых присутствуют как белки, служащие центрами кристаллизации льда, так и белки-антифризы, которые выполняют противоположные функции. Эксперименты показали, что один и тот же молекулярный эффект, создаваемый белками-антифризами, блокирует рост зародышей ледяных кристаллов и рекристаллизацию уже существующих кристаллов. Таким образом, белки этих двух типов контролируют структуру льда: белки — центры кристаллизации инициируют образование внеклеточного льда, а белки-антифризы стабилизируют кристаллы льда, так что их размеры остаются на безвредном для организма уровне.



ЗАМОРАЖИВАНИЕ клетки начинается, когда образуется лед во внеклеточной жидкости. Растворенные в ней вещества при этом переходят внутрь клетки, а молекулы воды из клетки наружу. В результате клетка сжимается и ее мембрана повреждается. Для защиты от повреждения при замораживании белки-центры кристаллизации обеспечивают формирование мелких кристаллов льда, а белки-антифризы препятствуют образованию крупных. Трегалоза стабилизирует клеточные мембранны. Криопротекторы уменьшают изменения объема клетки.

ВТОРЫМ условием для выживания в условиях замораживания является сохранение структуры и функции клетки. Полупроницаемая клеточная мембрана, отделяющая содержимое клетки от окружающей среды, обеспечивает свободное проникновение воды и некоторых растворенных в ней веществ, но ограничивает перемещение других соединений. Поэтому, когда снаружи клеток образуется лед, немедленно изменяется баланс воды и растворенных веществ между клеткой и средой.

Лед представляет собой кристаллическую fazу чистой воды, так что при его образовании вне клеток из состава кристаллов исключаются растворенные вещества, в том числе соли, углеводы и белки. Следовательно, их концентрации в остающейся внеклеточной жидкости все более и более возрастают. В результате клетки испытывают осмотический «стресс», поскольку общие концентрации растворенных веществ по обе стороны клеточной мембраны всегда должны быть сбалансированы. В ответ на такой стресс вода выходит из клеток наружу, а растворенные вещества из внеклеточной среды поступают внутрь. Этот процесс останавливается, когда концентрация растворенных веществ достигает такой величины, что дальнейшее превращение воды в лед предотвращается.

Наиболее серьезному повреждению при замораживании могут подвергаться клеточные мембранны. В результате выхода воды из клетки, обусловленного внеклеточным образованием льда, ее объем уменьшается и клеточная мембрана коллапсирует

- ▲ БЕЛКИ-АНТИФРИЗЫ
- БЕЛКИ-ЦЕНТРЫ
- КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЬДА
- КРИОПРОТЕКТОР



внутрь. Если объем клетки падает ниже некоторого критического минимума, структура мембранны, представляющей собой двойной слой фосфолипидов, не выдерживает напряжения и разрушается. Утратив целостность, мембрана теряет способность выполнять свою транспортную функцию; в образовавшиеся разрывы вытекает содержимое клетки, а в нее проникают кристаллы льда. У большинства устойчивых к замораживанию животных минимальный критический объем клеток достигается, когда в лед превращается 65% всей воды организма.

Чтобы защитить структуру клетки от таких стрессов, животные используют мембранные и коллагеновые криопротекторы — низкомолекулярные соединения, которые тем или иным путем предотвращают повреждения, являющиеся следствием значительных изменений объема клеток при замораживании. Мембранные криопротекторы, взаимодействуя с фосфолипидами мембранны, расширяют бислой и стабилизируют структуру мембран при резком сокращении объема клеток. К природным соединениям, обладающим такими функциями, относятся дисахарид трегалоза и аминокислота пролин. Не случайно поэтому у животных, устойчивых к замораживанию, таких, как личинки пестрокрылки, в течение осени до первого воздействия замораживающих температур в организме накапливаются значительные количества этих двух веществ.

Коллагеновые криопротекторы ос-



мотическим путем помогают ограничить как количество образующегося льда, так и степень потери внутриклеточной воды, т. е. сокращение объема клеток при замораживании. Чем выше концентрация растворенных веществ в жидкости, тем меньше льда может образоваться при данной температуре и тем ниже температура, при которой произойдет замерзание 65% общей воды организма (что летально). Поэтому у животных, устойчивых к замораживанию, в жидкостях организма создаются высокие концентрации нетоксичных растворимых веществ, так что при замерзании внеклеточной жидкости сокращение объема клеток оказывается менее выраженным.

Для этой цели устойчивые к замораживанию насекомые используют те же полигидроксиэпирты, которые у животных, избегающих замораживания, служат для предотвращения замерзания жидкостей тела. Личинки пестрокрылки золотарниковой за последние недели лета, питаясь, нарабатывают огромный резерв углеводов в жировом теле (этот орган насекомых эквивалентен печени). В течение осенних месяцев запасенный в жировом теле гликоген, составляющий 8–12% общего веса тела личинок, полностью превращается в два полигидроксиэпирта: глицерол и сорбит.

Ключевые ферменты, участвующие в синтезе этих соединений, обладают уникальной реакцией на сниже-

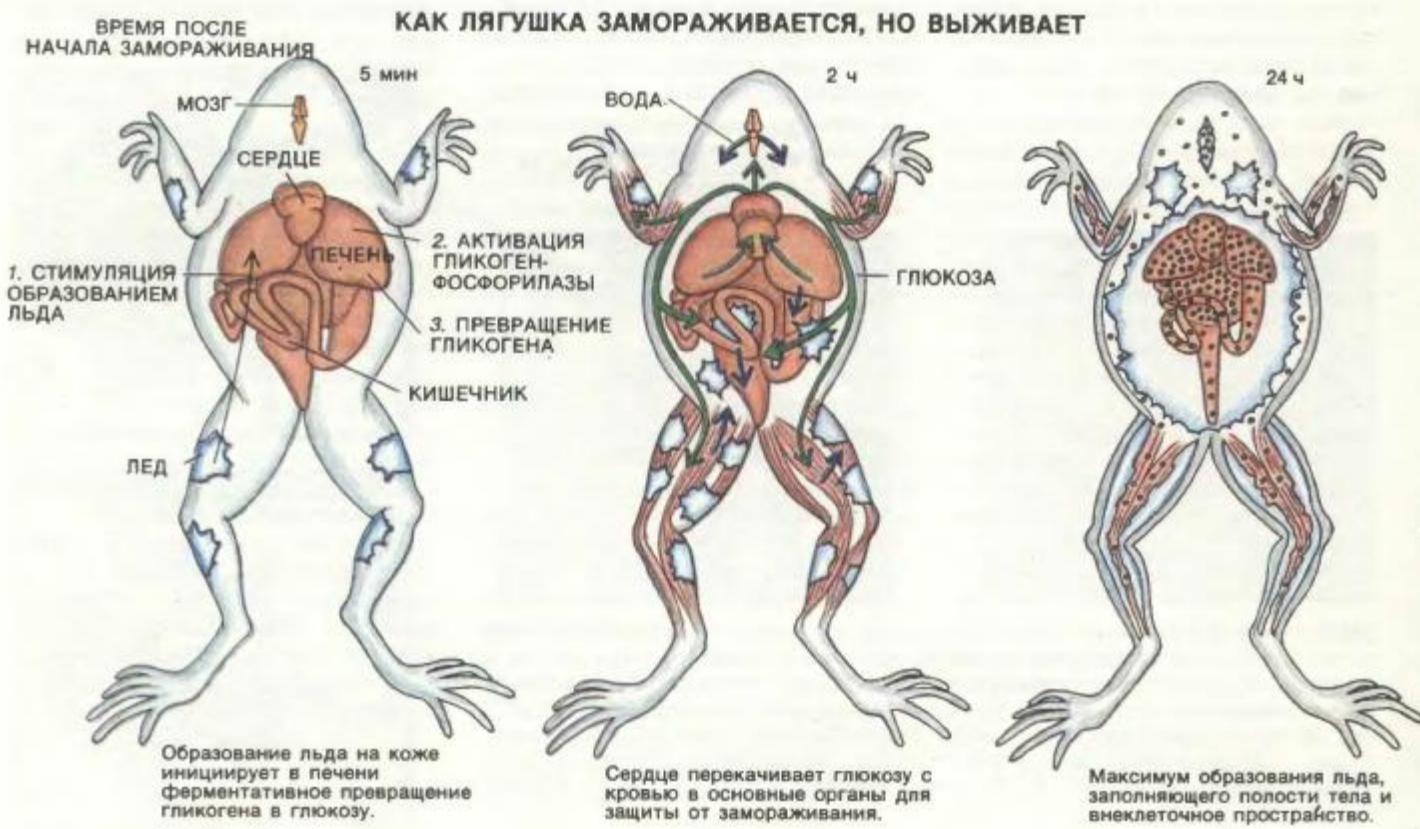
ние температур. Активность большинства ферментов, равно как скорость других метаболических процессов, уменьшается при снижении температуры, а активность гликогенфосфорилазы (этот фермент выщелкивает из молекул гликогена гексозы, с чего начинается синтез криопротекторов) при температурах между 0 и 5 °С увеличивается вследствие превращения неактивной формы фермента в активную. При этом снижение температуры инактивирует другие ферментные системы, благодаря чему углерод перебрасывается с обычных путей катаболизма углеводов (служащих для производства энергии в клетках) на специальный путь обмена, приводящий к синтезу криопротекторов. Криопротекторы сохраняются в теле насекомого в течение зимы, а с наступлением весны превращаются обратно в сахара, которые служат «топливом» для дальнейшего развития насекомого — превращения в куколку и затем во взрослую особь.

Глицерол, сорбит и родственные им соединения представляют собой превосходные с биохимической точки зрения криопротекторы. Создавая осмотический эффект, необходимый для регуляции объема клеток при замораживании, они нетоксичны для клеток даже в очень высокой концентрации. Эти полигидроксиэпирты не способны к спонтанной кристаллизации из водных растворов при низкой температуре и свободно проникают

через клеточную мембрану. Кроме того, они стабилизируют структуру ферментов и других белков, а также защищают их от денатурирующего действия низких температур и замерзания.

НАШИ исследования устойчивых к замораживанию лягушек выявили криопротекторную систему, отличающуюся от той, которая имеется у насекомых. Лягушки используют иной криопротектор и необычный путь инициации его синтеза. У лесной лягушки, свистящей квакши и трехполосой квакши во время замораживания накапливаются значительные количества глюкозы (у позвоночных животных этот сахар в норме содержится в крови), а у изменчивой квакши — глицерола. Нормальное содержание глюкозы в крови у человека составляет от 50 до 100 мг в 100 мл (при диабете уровень глюкозы в крови может быть в 3–4 раза выше). У лесных лягушек после замораживания концентрация глюкозы в крови достигает 4500 мг/100 мл. Все органы тела лягушки также содержат глюкозу в различных концентрациях, по-видимому оптимальных для защиты каждого органа.

Лягушки не накапливают криопротектор постепенно в течение осенних месяцев, как это делают насекомые. Вместо этого организм ожидает момента, когда уже начинается образование льда на поверхности кожи. Это



инициирует гормональный или нервный ответ, который очень быстро активирует расщепление гликогена в печени, в результате чего в кровь в большом количестве поступает глюкоза. Мы наблюдали повышение концентрации глюкозы в крови всего лишь через 5 мин после начального формирования кристаллов льда, и насыщение органов глюкозой происходило менее, чем за 8 ч — т. е. значительно раньше, чем достигается максимальный для сохранения жизнеспособности организма уровень замораживания, для которого требуется 24 ч. Быстрый синтез криопротектора при замораживании и столь же быстрый синтез гликогена в печени при оттаивании, возможно, позволяют лягушкам избегать негативных эффектов высокой концентрации глюкозы в крови, что связано у человека, например, с диабетом и процессами старения.

Но если высокий уровень глюкозы опасен, почему же лягушки используют этот сахар как криопротектор? Вероятно, одна из причин — высокая скорость образования глюкозы из гликогена печени. Синтез криопротектора у лягушек представляет собой гипертрофированный вариант реакции «борьба или бегство», осуществляющейся при участии адреналина в ответ на стрессовое воздействие, при которой у всех позвоночных быстро повышается концентрация глюкозы в крови. Действительно, соединения, блокирующие действие адреналина на печень (например, пропранолол), эффективно подавляют у лягушек и образование глюкозы в печени при замораживании.

Однако результаты наших исследований, проведенных на полосках сердечной мышцы и клетках печени лесных лягушек, указывают на более серьезную причину выбора глюкозы в качестве криопротектора. Это вещество обладает специфическими эффектами, выгодными для защиты органов позвоночных при замораживании. Так, например, полоски желудочков лягушачьего сердца восстанавливают способность к сокращениям после оттаивания, если они замораживались в присутствии высоких концентраций глюкозы; а эквивалентные концентрации глицерола оказывались неэффективными. Глюкоза и глицерол обеспечивают одинаковое осмотическое действие для контроля сокращения клеточного объема при замораживании, так что превосходство глюкозы обусловлено какими-то другими ее эффектами, способствующими выживанию клеток.

Один из таких эффектов, возможно, связан с тем, что глюкоза может



ИЗМЕНЧИВАЯ КВАКША (слева) замерзает под снежным покровом, где температура падает до -8°C . В замороженном состоянии у нее пигменты кожи становятся голубыми (справа).

использоваться в качестве топлива для производства аденоцитрифосфата (ATP) в клетках, которые при замораживании оказываются отрезанными от поставляемого с кровью кислорода. Кроме того, по нашим данным, у лягушек при высоких уровнях глюкозы (но не глицерола) подавляется биосинтез мочевины в печени. Значит, высокая концентрация глюкозы может способствовать замедлению метаболизма в замороженном органе, ограничивая потребность в энергии, и тем самым увеличивать продолжительность выживания.

ТРЕТЬЕ и последнее условие выживания при замораживании — это поддержание жизнеспособности клеток. При низкой температуре тела, какую имеют замороженные животные, автоматически уменьшается интенсивность клеточного метаболизма, но при этом клетки должны обладать хорошо развитой способностью переживать без кислорода, без поступающих с кровью питательных веществ, в присутствии токсичных конечных продуктов метаболизма, которые в обычных условиях уносятся кровью. Мозг человека после прекращения кровоснабжения может жить не более трех минут, затем начинаются некротические изменения ткани мозга. Изолированная почка или сердце, предназначенные для трансплантации, могут сохраняться на льду в течение 6—12 часов. А в наших экспериментах лесные лягушки обычно оживали после 1—2 недель непрерывного пребывания в замороженном состоянии.

У животных, устойчивых к замораживанию, производство энергии должно продолжаться в отсутствие кислорода. Мы обнаружили, что у замороженных личинок пестрокрылки золотарниковой содержание ATP в клетках не изменяется в течение недели; у замороженных лягушек энерге-

тика внутренних органов остается стабильной, по крайней мере, трое суток. Даже когда уровень ATP снижается в ходе продолжительного содержания в замороженном состоянии, при оттаивании энергетический баланс клеток быстро восстанавливается как у лягушек, так и у личинок пестрокрылки. Таким образом, животные, устойчивые к замораживанию, могут сохранять жизнеспособность в отсутствие кислорода продолжительное время. Они обладают механизмами производства достаточного количества ATP путем утилизации гликогена или глюкозы, и все органы этих животных прекрасно выдерживают длительные периоды пониженного уровня энергетического обмена.

Замедление метаболизма при замораживании также может играть видную роль в сохранении жизнедеятельности. Способность в резком снижению интенсивности метаболизма (зачастую до 1—10% от нормального уровня в состоянии покоя) является ключевым моментом адаптивной стратегии, используемой многими организмами для выживания в экстремальных условиях внешней среды. Десятикратное снижение интенсивности метаболизма обеспечивает животному десятикратное увеличение периода времени, в течение которого жизнь поддерживается за счет ограниченных запасов «топлива», имеющихся в теле.

Наиболее известным примером такого рода является синяка у млекопитающих: зимой некоторые мелкие млекопитающие благодаря неподвижности и снижению температуры тела почти до 0°C могут сохранять до 88% энергии, которая в противном случае была бы истрачена на обеспечение выживания. Многочисленные насекомые проводят зиму в диапаузе (состоянии остановленного развития). У черепах, впадающих в спячку на дне водоемов, интенсивность

метаболизма падает до уровня, обеспечивающего выживание без потребления кислорода в течение всей зимы. Таким образом, для видов, устойчивых к замораживанию, способность к снижению интенсивности метаболизма может сильно увеличивать шансы их длительного выживания в замороженном состоянии.

АДАПТИВНЫЕ стратегии, используемые животными для выживания при отрицательных температурах интересны не только сами по себе, но и с точки зрения возможностей практического применения результатов этих исследований в медицине — для защиты от замораживания, в частности для криоконсервации органов, предназначенных к трансплантации. Первый успех был достигнут в 1949 г., когда удалось сохранить жизнеспособную сперму путем замораживания в растворе глицерола. С тех пор разработаны методики замораживания в растворе глицерола. С технических клеток (сперматозоидов, эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов), некоторых сравнительно простых тканей (кожи, роговицы, остротовков поджелудочной железы), а также эмбрионов.

В случае более сложных тканей остаются, однако, физические проблемы, и пока нет адекватной технологии для восстановления функциональных органов после замораживания. Препятствия на пути криоконсервации органов связаны с тем, что трудно равномерно охлаждать и нагревать объемистые органы так, чтобы предотвратить физические повреждения, вызываемые образованием льда; с необходимостью введения в клетки и удаления оттуда больших количеств криопротекторов, поскольку клетки от природы не приспособлены выдерживать значительный осмотический «стресс». Кроме того, существуют метаболические проблемы. Искусственные криопротекторы (такие, как широко используемый диметилсульфоксид) обеспечивают прекрасную физическую защиту, но обладают токсическим действием на клеточный метаболизм. Кроме того, через несколько минут после отсечения органа от кровоснабжения, приносящего кислород, проявляется метаболический распад, а процесс охлаждения приводит к дальнейшему повреждению органа, клетки которого не приспособлены функционировать при температурах намного ниже нормальной, т. е. 37 °С.

Но повреждения, вызываемые замораживанием, и принципы их избегания при криоконсервации органов и тканей по существу те же, что и при

природной устойчивости к замораживанию, и некоторые проблемы решаются одинаково. Так, например, в медицинской криоконсервации широко используются глицерол и другие низкомолекулярные спирты и углеводы, поскольку они нетоксичны и легко проникают через клеточные мембранны. Применяется также ступенчатое снижение температуры, чтобы инициировать образование центров кристаллизации во внеклеточном пространстве при небольших отрицательных температурах и избежать спонтанной кристаллизации в переохлажденной цитоплазме клеток. В ряде новейших исследований в этой области изучаются возможности совершенствования криоконсервации при помощи агентов, стабилизирующих клеточные мембранны, и ингибиторов, подавляющих метаболические процессы, идущие с затратой АТР.

Наши исследования предлагают до-

полнительные подходы. Можно синтезировать соединения, которые бы имитировали действие белков-центраторов кристаллизации и белков-антифризов и позволяли более эффективно регулировать внеклеточное образование льда. Имеет смысл тщательно подбирать криопротекторы (такие, как глюкоза), чтобы обеспечить возможно лучшую физическую и метаболическую защиту при замораживании. Кроме того, следует изучить иные стратегии снижение интенсивности метаболизма, позволяющие сохранить жизнеспособность органа в замороженном состоянии. Мы начали проверять эти идеи, сравнивая сохранение жизнеспособности при замораживании лесной лягушки и тканей крысы. Сейчас уже известны некоторые секреты выживания при отрицательных температурах и есть надежда, что в дальнейшем выяснится гораздо больше.

Наука и общество

Пища для размышлений

ВАШИНГТОНЕ развертывается прямо-таки война в связи с намерением Управления по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) требовать обязательной маркировки на большинстве пищевых продуктов, отражающей содержание питательных веществ. В настоящее время только на некоторых упакованных продуктахдается такая информация, притом многие из них маркированы произвольно.

Согласно предложениям FDA, список питательных веществ, которые должны быть внесены в маркировку, будет изменен. Что касается витаминов, то по-прежнему будут даваться сведения только о содержании витамина А и С. Но добавляется информация об уровне насыщенных жирных кислот, пищевых волокон и холестерола. FDA также хочет, чтобы сельскохозяйственные и морские продукты тоже продавались с маркировкой, которую можно было бы помешать на информационных стендах в месте продажи.

Представители предприятий пищевой промышленности уже, так сказать, хватаются за оружие для борьбы с планом FDA, которое собирается строго ограничить применение маркировок «низкое содержание холестерола» или «не содержит холестерола» и ставить их лишь на продукты с низким содержанием жиров,

а это значит, что пищевые растительные масла такой маркировки не получат. Национальная академия наук США еще более усилила напряженность, ускоренно проведя исследование, из результатов которого следует, что ограничения FDA не столь уж жесткие. Согласно «академическому» мнению, нужно также, чтобы в предприятиях «быстрого» питания имелаась доступная для посетителей информация о содержании питательных веществ в блюдах. «Представьте, какую площадь на стенах займет такая информация», — протестует президент Национальной ассоциации ресторанов М. Херст. Он говорит, что три четверти обслуживающего персонала сообщают подобные сведения тем посетителям, которые о них спрашивают. По словам одного из представителей ассоциации, количество клиентов, требующих информацию о питательной ценности блюд, очень незначительно.

Доклад Академии призывает FDA и министерство сельского хозяйства США, в сферу полномочий которых входит контроль мяса и продуктов птицеводства, требовать, чтобы в новых маркировках указывались калорийность в расчете на порцию, общее содержание жиров, содержание насыщенных и ненасыщенных жиров, а также холестерола. В этом докладе предлагается, чтобы FDA и министерство сельского хозяйства определили наглядные обозначения, которые можно было бы использовать на

маркировках (к примеру, знак «хороший источник белка»).

Вскоре арбитром в спорах между сторонниками «академической» точки зрения и промышленниками станет врач и юрист из Медицинского колледжа им. Альберта Эйнштейна Д. Кесслер, который должен быть назначен специальным уполномоченным FDA. В случае его утверждения на этот пост Кесслер, по-видимому, поддержит жесткие меры контроля в отношении требований охраны здоровья и расширенной информации о составе пищевых продуктов и качестве их ингредиентов. «Грамотная общественная политика предполагает, чтобы информация, заключенная в маркировке товара, позволяла максимально использовать ее для позитивного влияния на здоровье», — писал он в прошлом году в журнале *"The New England Journal of Medicine"*.

Хотя министерство сельского хозяйства США находится под давлением, заставляющим его следовать за FDA, оно до сих пор не открывает свои карты. «Мы озабочены тем, что мясо и домашняя птица предстанут перед потребителем в плохом свете, если в их маркировке будет указано содержание насыщенных жиров», — говорит директор информационного бюро службы по контролю безопасности пищевых продуктов FDA Ш. Закс. Сотрудник этой службы Л. Кроуфорд предложил установить разные определения для различных категорий продуктов; тогда, скажем, маркировка «низкое содержание жиров» на говядине означала бы, что она нежирная в сравнении с другими сортами мяса, а не с иными продуктами.

Не только министерство сельского хозяйства опасается последствий подхода FDA. «Это может привести к противоположным результатам, так как заставит людей считать, что одни питательные вещества плохие, а другие хорошие», — говорит диетолог А. Хайнц из Американского научного совета по здравоохранению, представляющего собой независимый консорциум университетских ученых и врачей. «В нашей стране наиболее общая проблема питания — это избыток продуктов. Маркируя продукты, мы тем самым выделяем определенные жиры, как будто они вредные», — утверждает Хайнц.

Маркировка продуктов действительно влияет на рынок: на основании исследования, проведенного фирмой Giant Food в Вашингтоне совместно с FDA, сделано заключение, что такая маркировка, как «низкое содержание натрия» или «низкое содержание холестерола», побуждает население по-

купать эти продукты на 4—8% больше. Более того, покупатели стали более изощренными и пристрастными в выборе продуктов. До 20% покупателей сейчас приобретают диетические продукты, сказал Т. Хаммондс, являющийся главным вице-президентом по научным исследованиям в Институте по проблемам торговли продуктами питания и членом академического совета. «Если люди хотят что-либо знать, они должны иметь возможность выяснить это», — считает Л. Симс из Мэрилендского университета.

Остается неясным, сможет ли FDA, как призывала Академия наук,

помешать штатам ввести свои собственные законоположения. До недавнего времени конгресс рассматривал законопроекты, которые должны, с одной стороны, подтвердить полномочия FDA, а с другой, оговорить некоторую самостоятельность штатов. Во всяком случае, «война» вокруг пищевых продуктов еще не закончена. FDA должно вскоре определить другие характеристики продуктов — заманчиво звучащие, но официально незначимые термины, такие как «высокое содержание волокон». Производители пищевых продуктов могут снова оказаться в конфликте с FDA.

Книги издательства „Мир“

ВИРУСОЛОГИЯ

В 3-х томах

Под ред. Б. Филдса и др.
1989 г. Цена комплекта 9 р.

КЛОННИРОВАНИЕ ДНК. МЕТОДЫ

Под ред. Д. Гловера
1988 г. Цена 4 р. 40 к.

Э. Ливер ЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В 2-х частях
1987 г. Цена комплекта 9 р. 20 к.

З. Паал, Ж. Чичери КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЦИКЛИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

1988 г. Цена 1 р. 80 к.

ПЛАЗМИДЫ. МЕТОДЫ

Под ред. К. Харди
1989 г. Цена 3 р. 30 к.

А. Сассон БИОТЕХНОЛОГИЯ. СВЕРШЕНИЯ И НАДЕЖДЫ

1987 г. Цена 1 р. 60 к.

Л. Деврой, Л. Д'юрфи НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПЛОТНОСТИ

1988 г. Цена 3 р. 20 к.

К. Деккер, Я. Вервер УСТОЙЧИВОСТЬ МЕТОДОВ РУНГЕ-КУТТА ДЛЯ ЖЕСТКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

1988 г. Цена 3 р. 80 к.

П. Д. Лакс, Р. С. Филлипс ТЕОРИЯ РАССЕЯНИЯ ДЛЯ АВТОМОРФНЫХ ФУНКЦИЙ

1979 г. Цена 1 р. 80 к.

Эти книги вы можете получить наложенным платежом, направив заказ по адресу: 191040 Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5
«Техническая книга»



Происхождение современных людей

Теория, согласно которой все человечество произошло от недавнего африканского предка, получила дальнейшую поддержку со стороны генетиков, изучающих нынешние популяции людей. Ископаемые находки служат независимым подтверждением этой концепции

КРИСТОФЕР Б. СТРИНГЕР

В1970-Х ГОДАХ целый ряд необычных антропологических находок в Восточной Африке трансформировал представления ученых о ранних стадиях эволюции человека и привлек к себе всеобщее внимание. Средства массовой информации освещали каждый шаг в ходе захватывающих открытий остатков необычайно древних представителей гоминид, включая находки из Кении, отнесенные к древним человеческим видам *Homo habilis* и *Homo erectus*, следы из Танзании, датированные 3,7 млн. лет, и костные остатки из Эфиопии, принадлежащие «Люси» и ее австралипитеевским сородичам.

К тому же периоду относится начало еще одной революции в палеонтологии, значение которой становится понятным лишь сейчас. Эта тихая революция касается самой поздней фазы процесса происхождения человека — возникновения людей, подобных вам и мне, вида *Homo sapiens*, с выраженным разнообразием типов телосложения и пигментации.

В центре внимания лежит вопрос о том, насколько специализированы современные люди. Развивались ли череп с небольшими надбровьями и скелет довольно изящного сложения в уникальных обстоятельствах, присущих одной локализованной предковой популяции, или это была кульминация древних эволюционных тенденций, неизбежно приведших к возникновению современных людей? Споры, вероятно, еще продолжатся в течение ближайших нескольких лет, пока представители противоположных научных направлений будут «жонглировать» вновь полученными доказательствами. Ясно, однако, что основной темой дискуссий будет характер эволюции географических вариантов *Homo sapiens*, обычно называемых расами. Здесь можно выделить три основные теории, или модели.

Согласно мультирегиональной модели, расовые признаки эволюционировали в течение очень длительного периода времени в тех регионах, где они встречаются и сегодня, за исключением сравнительно недавних миграций. Подобные примеры можно обнаружить в Северной Америке, где американцы, инуиты, европейцы и африканцы привносили свои характерные особенности в течение последних 20 тыс. лет. Мультирегиональную модель много лет развивали и поддерживали некоторые палеоантропологи — ныне ее отстаивает Милфорд Г. Уоллофф из Мичиганского университета в Энн-Арбор — и некоторые генетики, такие, как Джеймс Н. Спuler из Национальной лаборатории в Лос-Аламосе.

Если эта точка зрения верна, тогда признаки, обычно называемые расовыми, и в самом деле должны быть очень древними. Массивные скуловые кости австралийскихaborигенов и крупные носы европейцев, например, должны были развиться соответственно от неандертальцев, которые жили в Европе в течение периода, продолжавшегося по меньшей мере 200 тыс. лет и окончившегося 30 тыс. лет назад, и яванского человека — разновидности *Homo erectus*, жившего на о. Ява около 700 тыс. лет назад.

Модель «исхода из Африки» предполагает, что недифференцированный в расовом отношении ствол современного человечества эволюционировал в Африке и распространился по всему миру, приобретя в ходе этого процесса характерные расовые особенности. Согласно гипотезе, выдвинутой группой генетиков под руководством Алена С. Уилсона из Калифорнийского университета в Беркли, архаичные линии, такие, как европейские неандертальцы и восточно-азиатский человек из Соло (вероятный местный потомок азиатского человека,

который жил около 100 тыс. лет назад), мало или вовсе не смешивались с первыми людьми современного типа, а были полностью вытеснены ими.

Модель генного потока, или гибридизационная, ищет следы современных популяций в переплетении древних генеалогических линий, генетический вклад которых варьирует от одного региона к другому, а скорость смешения постоянно увеличивается по мере развития современных людей. Сторонники этой точки зрения, среди которых Эрик Тринкаус из Университета Нью-Мексико и Фред Г. Смит из Университета Северного Иллинойса, считают современные генетические и ископаемые выборки пока что еще недостаточными для решения сложных задач, связанных с происхождением современных популяций.

Хотя все три модели утверждают, что современные черты появились сравнительно недавно, а расовые черты развивались локально, эти модели расходятся в главном — во времени расовой дифференциации. В мультирегиональной модели и модели генного потока расовые черты предшествуют возникновению современных особенностей, в то время как в африканской модели — наоборот.

Находки последних лет, еще более усилив накал страстей, не привели к окончанию споров, но все же позволили прийти к соглашению по некоторым пунктам, а по ряду других — на-

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РАСЫ представляют собой региональные варианты, происхождение которых следует объяснить в свете теорий эволюции людей современного типа. Изображенная здесь картина французского художника символизирует то, что расы берут начало от сыновей Ноя — Хама, Сима и Иафета.

деяться на скорейший прогресс в их решении. Я постараюсь осветить как перспективы, так и трудности в интерпретации двух видов доказательств, касающихся возникновения современных людей, — из области палеонтологии и генетики. Палеонтологи изучают внешние свидетельства, выраженные в ископаемых остатках; генетики основываются на данных, содержащихся внутри живых клеток. Я полагаю, что африканская модель позволяет дать наилучшее объяснение фактам, полученным обеими группами ученых. Рассмотрим сначала вклад генетиков в эту проблему.

ГЕНЕТИКИ начали свое изучение истории генов с определенных признаков (таких, как цвет глаз) или белков (таких, как группы крови), кодируемых генами, однако с развитием новых методов исследований стало возможно анализировать код самой ДНК. В животных клетках ДНК находится в ядре (ядерная ДНК), где она контролирует большинство аспектов структуры организма, или фенотипа,

и в мельчайших органеллах, называемых митохондриями, которые превращают глюкозу в более легко усваиваемую форму энергии. Митохондриальная ДНК может быть реликтом стадии свободного существования в истории органеллы, которая, как полагают, предшествовала симбиозу образования современных клеток (см. статью: Lynn Margulis "Symbiosis and Evolution", *Scientific American*, August 1971).

Для наших построений основное значение имеют различия между двумя видами ДНК по способу их наследования. Ядерные гены наследуются как от матери, так и от отца и при половом способе размножения сочетаются случайным образом. Вот почему дети не идентичны тому или другому родителю. Митохондриальные гены, однако, передаются только по материнской линии, так что любые изменения могут приписываться ошибкам при копировании или мутациям ДНК. Подобные мутации происходят гораздо чаще в митохондриальной ДНК, чем в ядерной ДНК.

Эти особенности позволяют более простым способом проследить за митохондриальными генами через поколения людей и использовать их в качестве молекулярных часов (однако таких, которые показывают лишь часть генетической истории организма). Подобные часы помогут определить время, а возможно, и место отхождения каждой ветви на эволюционном древе.

Но молекулярные часы могут быть надежны лишь в случае справедливости двух предположений: родство организмов должно быть связано с их генетическим сходством и прямо пропорционально зависеть от времени их дивергенции от общего предка. Оба этих условия предусматривают также, чтобы скорость мутаций в изучаемом генетическом материале была постоянной, а естественный отбор не отбраковывал бы их или, наоборот, не благоприятствовал им. Отбраковка приведет к консервации гена на первоначальном уровне, так что общий предок может показаться намного более близким по времени, чем это было



на самом деле. Отбор определенной мутации может ускорить изменения, создав видимость гораздо более древней дивергенции.

К счастью, крупные фрагменты митохондриальной ДНК, по-видимому, удовлетворяют этим требованиям, так как, будучи одной из форм физически отдельной от хромосомной ДНК, они, по-видимому, вовсе не действуют на фенотип. Есть и еще одно требование для установления достоверных молекулярных часов. Оно состоит в том, чтобы линии после своего расхождения сильно не перекрещивались между собой. В противном случае время их расхождения может показаться менее древним, чем на самом деле.

Одна из попыток создания биологических часов заключалась в сравнении генетических различий между разными видами и разновидностями и отражении их родства на генеалогическом древе. Затем древо (или «кор-

ни») калибруется путем сравнения его с другой группой, ответвившейся в известное время. Калибровка позволяет ученым произвести датировку других ветвлений того же дерева. Важно помнить, что подобные деревья не обязательно являются истинными генеалогиями, а скорее классификациями, отражающими сходство и отличие изучаемых популяций. Сами деревья не являются демонстрацией эволюционных моделей, но последние могут быть выведены из них.

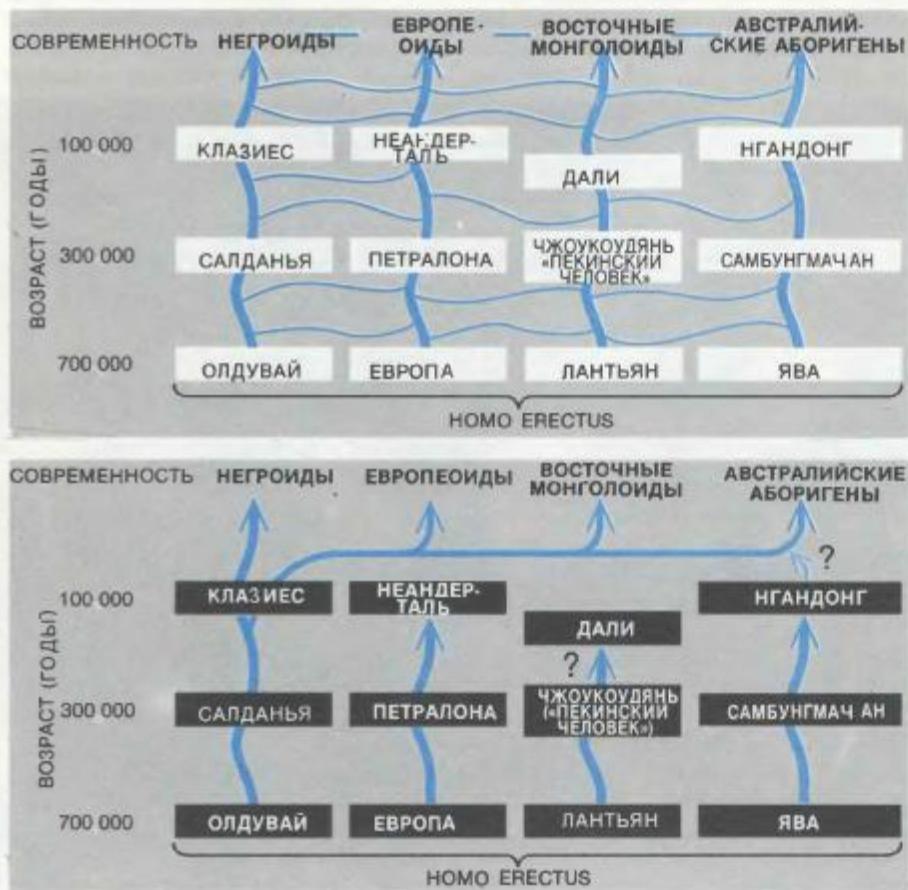
ЦЕЛЫЙ ряд генетических деревьев, представляющих родственные связи современных человеческих популяций, свидетельствует о двух фундаментальных общностях: африканцев, живущих к югу от Сахары, и всего остального человечества. Калибровка генетической эволюции по этим деревьям проблематична (а по мнению некоторых, и невозможна). Многие ученые заявляют, что все ге-

нетические расстояния между популяциями представлены в соответствии с мутациями, накапливающимися в быстро развивающемся сегменте митохондриальной ДНК. Диаграмма охватывает серию человеческих популяций в мировом масштабе, а также — для сравнения — выборку шимпанзе (красный). Самое большое расхождение внутри человеческих популяций (2%) наблюдается между койсанами и другими африканцами. Чтобы в этом убедиться, достаточно «пройти» вдоль желтой линии, идущей от самого нижнего зеленого кружочка (который представляет собой одну из выборок койсанов) к узлу, где она соединяется с другими ветвями, и отметить соответствующую цифру, которая указывает «расстояние» (средняя вертикальная полоса внизу). Линии человека и шимпанзе разошлись от общего предка около 5 млн. лет назад, и за это время их дивергенция составила 42% (в центре). Диаграмма построена по результатам исследования, проводимого Линдой Вигилант в Калифорнийском университете в Беркли.

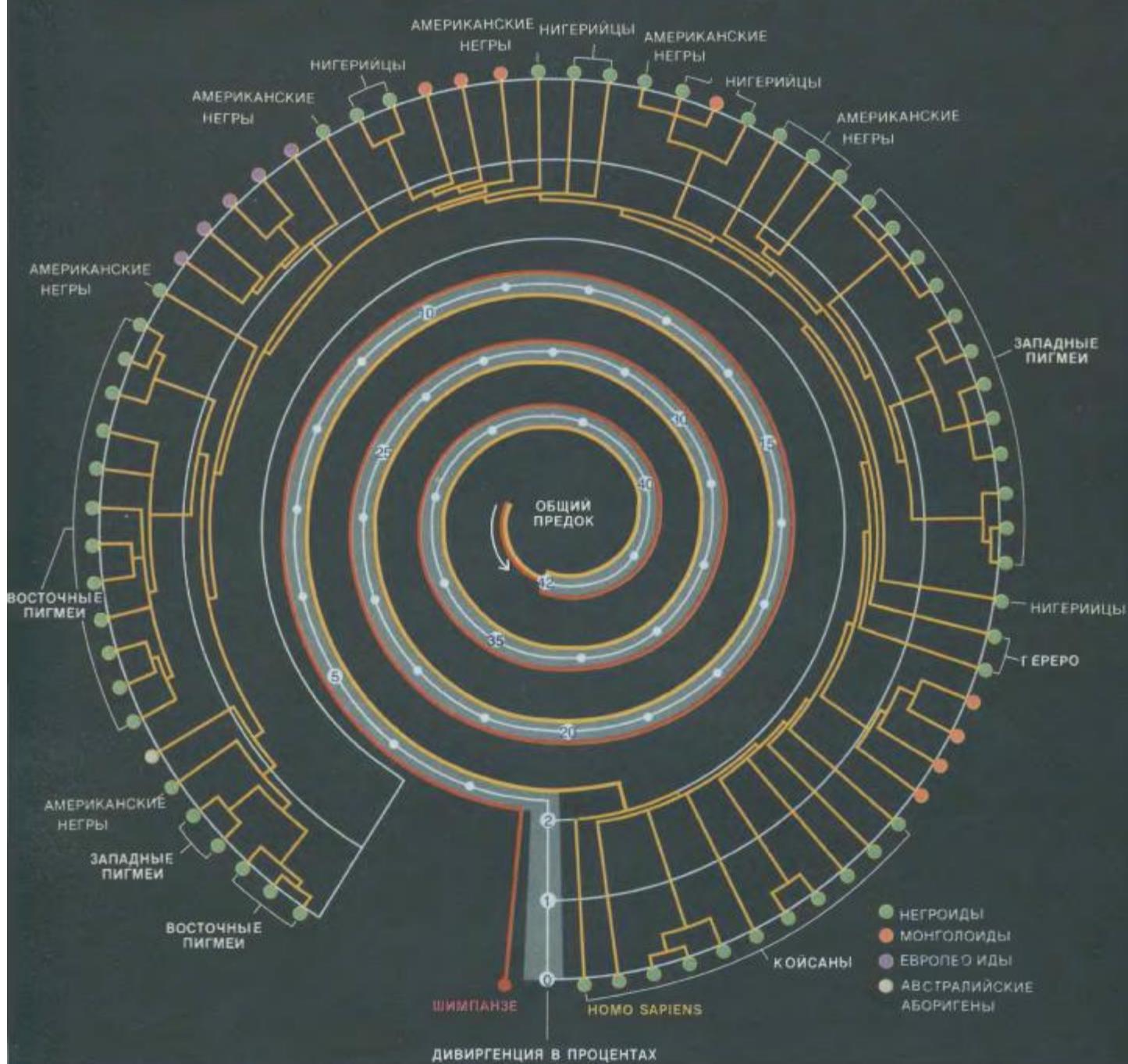
нетические различия, обнаруженные среди ныне живущих людей, могли развиться в интервале от 100 до 200 тыс. лет, тогда как другие настаивают на значительно большем хронологическом промежутке на том основании, что генные потоки между популяциями делают время дивергенции как бы более близким, чем это есть на самом деле.

Не менее трудно определить не только время, но и место локализации предка на древе. Раннее исследование человеческой митохондриальной ДНК, к примеру, могло быть интерпретировано в пользу как Азии, так и Африки в качестве претендентов на прародину современного человечества. Если отдать предпочтение континенту, население которого обладает типами ДНК, наиболее близкими к среднему для всех популяций, тогда более вероятной прародиной окажется Азия. В этом случае большие генетические различия койсанов (или бушменов) следует объяснять локальным повышением скорости мутаций.

Если же исходить из предположения, что митохондриальная ДНК мутирует с постоянной скоростью во всех человеческих популяциях, тогда на сцену выходит Африка (и большая дифференциация африканских популяций находит свое разумное объяснение). Этот вывод со всей определенностью вытекает из недавнего исследования митохондриальной ДНК, в котором для установления корня человеческой ветви на древнем и детально разработанном древе в качестве



СОГЛАСНО МУЛЬТИРЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ (вверху), локальные особенности людей унаследованы от древних гоминид, остатки которых обнаружены в Африке, Европе, Восточной Азии и Австралии. Она объясняет единство человечества современного типа наличием предполагаемых генных потоков между жившими одновременно популяциями (горизонтальные линии). Согласно моногенетической модели (внизу), региональные варианты возникают гораздо позже, после того как появившиеся в Африке люди современного типа расселяются на другие континенты, вытесняя остальных гоминид, но не смешиваясь с ними, за исключением, может быть, такого региона, как Австралия. Модель «генный поток — гибридизация» напоминает мультирегиональную, но относит основной обмен генами к более поздним стадиям эволюции.



сравнительной группы использовались шимпанзе (см. рисунок на этой странице). Таким образом, это первый аргумент в поддержку африканской моногенетической гипотезы.

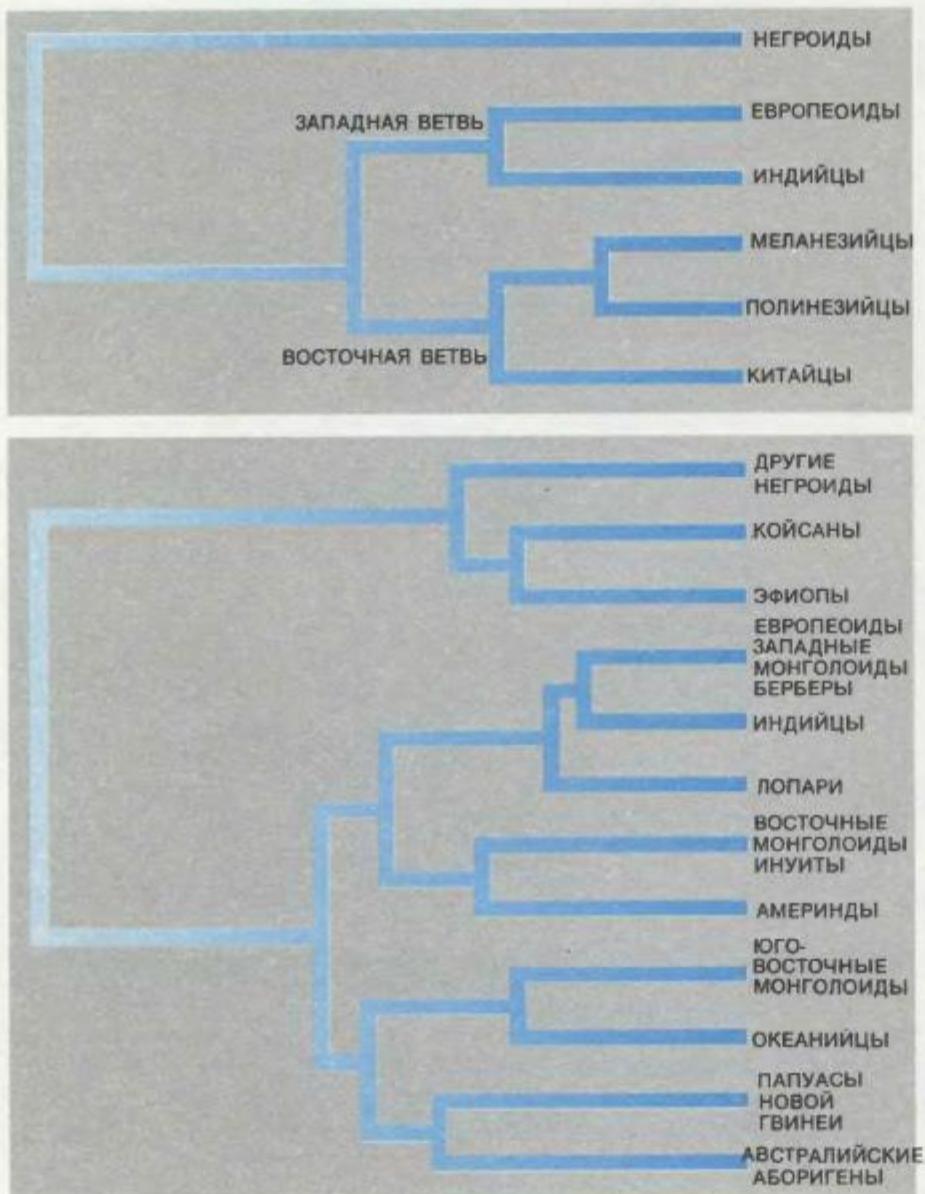
Оценки скорости мутаций митохондриальной ДНК весьма отличаются друг от друга. Но даже и здесь выигрывает моногенетическая теория. По мнению некоторых исследователей, средняя скорость изменений — на основании изучения многих различных организмов — составляет около 0,7% (т. е. около 115 мутаций в молекуле митохондриальной ДНК) за 1 млн лет. Другие оценивают измене-

ния в 2—4% (около 330—660 мутаций) за тот же период. Однако не всегда принимается в расчет, что обе эти оценки получаются путем измерения разных вещей. Более медленной скоростью оцениваются изменения вдоль определенной линии, более быстрой — кумулятивные изменения между различными линиями. Поэтому вторая оценка должна быть вдвое больше первой. Кроме того, некоторые части молекулы митохондриальной ДНК, видимо, эволюционируют быстрее других, и более быстрые оценки скорости изменений соответствуют главным образом этим ча-

стям. Приведенные соображения могут в значительной мере объяснить причину расхождения двух оценок.

Подобные расхождения в константах скоростей приведут к разнице в несколько сот тысячелетий при оценке возраста общего предка современного человечества. Медленная или не постоянная скорость даст цифру, превышающую 500 тыс. лет, поместив прелка в эпоху *H. erectus*, тогда как более быстрая и устойчивая скорость отнесет предка в период последних 150 тыс. лет, когда уже, вероятно, существовал современный *H. sapiens*.

Более поздняя дата выглядит пред-



ДРЕВА РОДСТВА, построенные на основании изменчивости ядерной ДНК (аверху) и ее производных (внизу), служат дополнительными аргументами в пользу теории африканского происхождения современного человечества. Для построения верхнего дерева использованы материалы исследования, выполненного под руководством Джеки С. Лонга в Университете Нью-Мексико, нижнего — под руководством Луиджи Л. Кавалли-Сфорца в Стэнфордском университете.

почтильнее, так как имеет больший эволюционный смысл. Если дифференциация современного человечества началась еще во времена *H. erectus*, в каждой из подгрупп независимо друг от друга должны были бы разиться современные скелетные особенности. Выглядит, однако, более вероятным, что дерево, построенное на основе митохондриальной ДНК, отражает эволюцию в пределах генофонда людей, которые уже обладали многими современными характеристиками.

Дальнейшее значение генетических реконструкций связано с ядерной ДНК и состоит в том, что современ-

ные европеоиды, монголоиды и австралоиды более тесно связаны друг с другом, чем с негроидами к югу от Сахары. Эта картина плохо согласуется с данными по ископаемым остаткам гоминид примерно 300-тысячелетней давности, которые показывают близкое родство между популяциями Европы и Африки, с одной стороны, Китая и Индонезии — с другой. Более того, дифференциация усиливалась настолько, что около 100 тыс. лет назад популяции гоминид в каждом регионе сильно отличались друг от друга: существовали неандертальцы в Европе и Западной Азии, люди современного типа в Африке и Запад-

ной Азии, архаические гоминиды неизвестной генеалогии в Китае и люди вида *H. erectus* на Яве. Вместе с тем известно, что сегодняшние популяции в Европе, Азии и Австралии довольно тесно связаны между собой генетически и что древние люди современного типа, населявшие эти территории 20—30 тыс. лет тому назад, также сильно походили друг на друга.

Я ПОЛАГАЮ, что эти данные подтверждают моногенетическую теорию: современная демографическая структура, вероятно, начала формироваться с расселения древнейших людей современного типа из Африки в течение последних 100 тыс. лет.

Результаты анализа ископаемых материалов, полученные мною 10 лет назад, свидетельствовали в пользу модели «исхода из Африки». Однако делать окончательный вывод было рано, так как радиоуглеродный метод не давал надежных датировок материалов древнее 30 или 40 тыс. лет. Ныне это препятствие постепенно преодолевается по мере развития и более широкого применения метода урановых серий (УС), термolumинесценции (ТЛ) и ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Первый метод пригоден для пещерных отложений, таких, как сталагмиты; второй — для отложений или кремней, обожженных древними кострищами; третий — для разнообразных материалов, в частности зубов животных.

В каждом случае по возрасту того или иного материала, найденного в ассоциации с костными остатками гоминид, датируются и сами эти остатки. Хотя все три метода имеют некоторые ограничения, вместе они подтверждают, что люди современного типа уже существовали на Среднем Востоке и в Африке, когда неандертальцы еще жили в Европе и Западной Азии, а человек из Соло, вероятно, продолжал обитать на Яве.

Предположения о том, что это было именно так, высказывались и раньше в связи с находками фрагментов черепов, нижних челюстей и костей конечностей современного вида в пещерах устья реки Клазис и в пещере Бордер, расположенных в Южной Африке. В каждом местонахождении костные остатки были обнаружены в связи с орудиями, относящимися к африканскому среднему каменному веку (период между 130 и 35 тыс. лет назад). В Клазисе датировка по УС и ЯМР недавно дала для ранних стадий среднего каменного века и большинства остатков гоминид цифры, превышающие 90 тыс. лет. В пещере Бордер ситуация осложняется несистематичностью раскопок первых

двух находок гоминид. Некоторые антропологи утверждают, однако, что три окаменелости относятся к такому уровню, который по методу ЯМР был датирован примерно 75 тыс. лет назад, а одна находка — примерно 60 тыс. лет назад. Стоянки в Кении, Эфиопии и Марокко также дали фрагменты анатомически современных черепов, которые, по мнению ряда ученых, могут быть древнее южноафриканских находок.

ДРУГИЕ свидетельства того, что древние люди современного типа не могли развиться от более поздних архаических популяций, связаны с новой интерпретацией находок из израильских пещер. Полезно вспомнить всю эволюцию научных суждений по поводу этих находок.

В 1930-х годах в пещерах Схул и Табун на горе Кармел были найдены неполные человеческие скелеты, вероятно некогда специально захороненные. Высказывалось много предположений относительно обитателей этих двух пещер, но постепенно установилось мнение, что пещера Табун была заселена неандертальцами, а Схул — современными людьми примитивного вида. Между 1935 и 1975 гг. гораздо большее количество костных остатков примитивных современных людей было найдено при раскопках в Джебель-Кафзех возле Назарета и больше неандертальцев — в пещерах Кебара, также на горе Кармел, и Амуд возле Галилейского моря. Поэтому было высказано предположе-

ние, что на Среднем Востоке, как и в Европе, люди современного вида появились позже неандертальцев и, следовательно, могли быть их потомками.

Эта точка зрения была сильно поколеблена в 1987—1988 гг., когда с помощью методов ТЛ и ЯМР возраст неандертальца из Кебара был определен примерно в 60 тыс. лет (в значительной степени, как и ожидалось), а возраст древних людей современного типа из Кафзеха оказался почти на 40 тыс. лет старше по сравнению с этой цифрой. Новые датировки означают, что на Среднем Востоке существовали две человеческие ветви. Первая, идущая из Африки или от пока малоизвестных локальных предков к людям, остатки которых обнаружены в Кафзехе, по-видимому, привела к возникновению вполне современного человеческого типа. Вторая, неандертальская линия появилась на Среднем Востоке около 70 тыс. лет назад, возможно, вследствие миграции из Европы, где наступали ледники. Тогда территорией завладели неандертальцы, вплоть до того момента пока их вновь не сменили люди современного типа — примерно 40 тыс. лет назад, когда была обитааема пещера Схул.

Однако последнее слово еще не сказано: по новейшим оценкам методом ЯМР, полученным в 1988—1989 гг., зубы мамонта, найденные на уровне человеческих погребений в пещерах Схул и Табун, датируются соответственно 100 и 120 тыс. лет. Эти новые оценки, очевидно, подтверждают

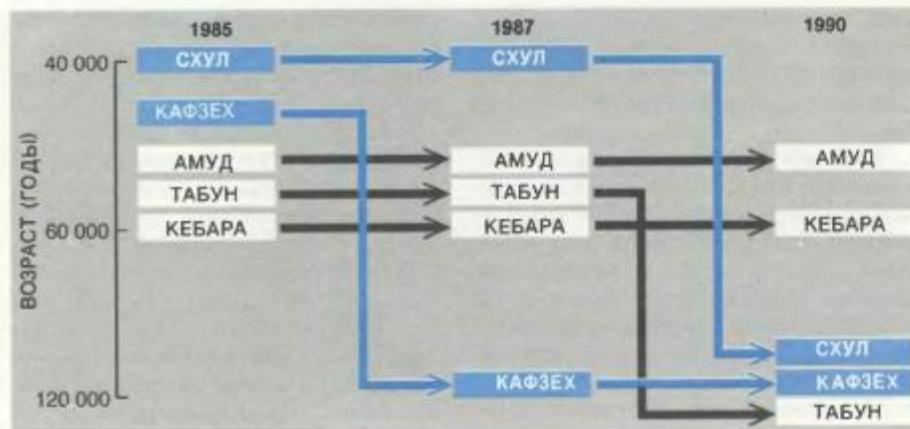
раннее присутствие людей современного типа, но вносят и определенную сложность ввиду явного пребывания на той же территории древних неандертальцев. Последние (в Табуне) либо все-таки непосредственно предшествовали людям современного типа из Кафзеха и Схула, либо были их близкими современниками.

Пересмотренные датировки могут быть использованы в качестве важных доказательств, подтверждающих, что люди современного типа составляют отдельную от неандертальцев ветвь, эволюционировавшую в Африке или на Среднем Востоке либо в обоих этих регионах. Далее, если неандертальцы были как предшественниками, так и преемниками древнейших современных людей на Среднем Востоке, значит, последние вероятнее всего пришли туда из другого места. Поскольку самые ранние из известных остатков людей современного типа обнаружены в Африке и Израиле и их возраст составляет примерно 100 тыс. лет, можно предположить существование еще более древней предковой популяции, жившей на промежуточной территории, возможно, в Северной или Восточной Африке.

Новые датировки подтверждают также мнение небольшого числа ученых, к которым принадлежу и я, о том, что неандертальцы могли составлять отдельный вид (*H. neanderthalensis*). Другим доказательством четкого биологического разделения неандертальцев и людей современного типа может служить факт сосу-

ГОМИНИДЫ ПОСЛЕДНИХ 100 000 ЛЕТ





РЕВОЛЮЦИЯ В ДАТИРОВКАХ нарушила традиционные представления о соотношениях между ископаемыми остатками древнейших людей современного типа (синий) и неандертальцев (белый), обнаруженными в ближневосточных пещерах. Вплоть до недавнего времени палеоантропологи полагали, что люди современного типа были преемниками неандертальцев, а возможно, и произошли от них (слева). Первые результаты датирования по методу термolumинесценции, ядерного магнитного резонанса и урановых серий показали, однако, что люди современного типа помещаются на шкале времени до и после неандертальцев (в центре). Согласно последней интерпретации данных, обе группы, возможно, жили одновременно (справа).

ществования двух отдельных популяционных общностей на протяжении длительного периода. Неандертальец из Кебары, возможно, жил спустя 40 тыс. лет после того, как обе популяции стали контактировать между собой, и тем не менее эта находка не несет на себе следов гибридизации с людьми современного типа — напротив, это один из наиболее массивных и характерных неандертальских скелетов. К тому же ранние ископаемые находки людей современного типа из Израиля и Ливана, датируемые 30—40 тыс. лет, не обнаруживают остаточных неандертальидных особенностей, которые могли быть результатом предшествующего процесса гибридизации между ними и неандертальцами.

Поэтому современные люди и неандертальцы — это, по-видимому, две отдельные ветви, разошедшиеся от общего предка более 200 тыс. лет назад, при этом неандертальцы эволюционировали в Европе, а люди современного типа — в Африке. Окончательные предшественники последних пока что не обнаружены, хотя ученые и выдвигают ряд претендентов на эту роль на основе материалов, найденных в разных районах Африки. Но все эти костные остатки сильно отличаются друг от друга; кроме того, некоторые из них слишком поздние, чтобы быть предками древнейших людей современного типа.

НОВЕЙШИЕ достижения в различных областях науки особенно притягательны для тех, кто занима-

ется изучением происхождения современных людей. Намечается быстрый прогресс в исследованиях, соотносящих эволюцию мозга и голосового аппарата с возникновением культур, основанных на символах и абстракциях, а также реконструирующих некоторые аспекты становления различных языков. Возможно, мы стоим на пороге создания единой теории, которая объединит палеоантропологические, археологические, генетические и лингвистические доказательства в пользу африканской моногенетической модели. Однако, чтобы этот всеобъемлющий комплекс не рухнул подобно карточному домику, нам предстоит еще ответить на ряд вопросов. Вот некоторые, наиболее важные, из них.

Для объяснения эволюции людей современного типа в Африке нужно в конце концов установить, какие именно условия существовали только на этом континенте, и ни в каком другом месте. Эти условия должны быть связаны с экологией и поведением человека, о которых применительно к Африке этого периода нам известно очень мало (как, впрочем, и о многих других местах).

Предстоит объяснить и причины распространения первых людей современного типа из Африки в Западную Азию, а следовательно, и в остальные регионы Земли, вероятно связав исход с климатическими изменениями и популяционным ростом, сопряженными с растущими адаптивными способностями людей. Вышенназванные факторы должны были действовать в период между 50 и

150 тыс. лет назад, однако их влияние, вероятно, в сочетании с рядом дополнительных причин продолжалось на протяжении всего периода расселения современного человека вплоть до 10 тыс. лет назад.

Нужно показать и преимущества в строении тела, мозга и поведенческих характеристиках, возможно связанные с появлением вполне современного языка, чтобы объяснить, почему люди современного типа вытеснили более ранних гоминид. Хотелось бы знать также, почему на достижение этого эволюционного успеха потребовалось по некоторым оценкам 70 тыс. лет. Многие археологи утверждают, будто и по сей день не существует доказательств, что первые люди современного типа обладали какими-либо явными преимуществами и что вся их сложнейшая культура развивается лишь в последние 30 тыс. лет, после того как они вытеснили представителей более ранних линий гоминид.

Необходимо доказать или исключить возможность скрещивания между архаичными и первыми современными людьми, чтобы разрешить разногласия, существующие между мультирегиональной и гибридизационной моделями, с одной стороны, и африканской — с другой. Одно из самых категоричных утверждений африканской гипотезы, подтверждаемое интерпретацией некоторых данных по митохондриальной ДНК, состоит в том, что вытеснение было тотальным. Могла ли одна группа охотников и собирателей вытеснить другую по всему континенту без малейших попыток смешения? Некоторые исследователи настаивают, что признаки скрещивания между последними архаическими и первыми людьми современного типа все же существуют в таких областях, как, например, Восточная Европа. Кроме того, согласно общепринятому мнению, неандертальцы в Западной Европе изменили длительно существовавшие традиции в технике обработки каменных орудий адекватно методам, свойственным ранним людям современного типа, которые обитали одновременно с ними. Учились ли они у пришельцев, с которыми они, возможно, скрещивались?

В связи с этим возникают также серьезные проблемы относительно надежности интерпретации ископаемого материала на предмет выявления признаков гибридизации. Кроме того, даже если процесс гибридизации и имел место, он был настолько локален, что гибридные гены могли быть переданы современным популяциям лишь с очень низкой частотой

или не переданы вообще. В этом случае можно обнаружить ископаемые остатки со следами гибридизации даже при отсутствии соответствующих доказательств в современных генетических исследованиях.

Необходимо также согласовать зарождающуюся единую теорию происхождения человека с дальневосточными находками. Ископаемые материалы, открытые в Китае за последние 15 лет, но пока еще не доступные для всеобщего изучения, вроде бы свидетельствуют о линии, отличной как от современных ей неандертальцев, живших западнее, так и от таких местных предшественников, как пекинский человек (около 350 тыс. лет назад). Эта гипотетическая линия может стать альтернативой африканской гипотезе или объединиться с ней в виде дуалистической афро-азиатской концепции. Однако ископаемые находки с той же территории, датированные всего лишь 20 тыс. лет назад, как правило, подтверждают чисто африканскую теорию, потому что они относятся к такому хронологическому периоду, когда специфически монголоидные черты все еще развивались. Если эта точка зрения сохранит свою силу, то необходимо будет признать, что эти черты не могли быть унаследованы от пекинского человека.

Изучение изменчивости в строении зубной системы современного человека показывает, что наиболее близко к усредненному одонтологическому типу стоят народы Юго-Восточной Азии. Но как и в случае с обсуждавшимися ранее исследованиями митохондриальной ДНК, эти материалы не могут быть использованы для доказательства существования азиатской прародины современного человечества. Азиатские популяции должны оказаться наиболее «усредненными» именно в том случае, если люди современного типа возникли в Африке и проникли вначале в Азию, далее в Европу, Австралию и затем на оба американских континента.

Австралия ставит особенно трудные проблемы, так как сохранившиеся там остатки древнего населения отличаются необычайным разнообразием внешних особенностей. Вполне вероятно, что первые австралийцы прибыли на континент около 50 тыс. лет назад из Новой Гвинеи, когда-то отчалив от неведомых берегов Юго-Восточной Азии. Однако физический тип этих ранних обитателей неизвестен. Как бы то ни было, в промежутке между 25 и 35 тыс. лет назад некоторые австралийцы были гораздо более изящными, а другие, напротив, более массивными, чем большая часть современного им древнего насе-

ления Европы и Азии. Особенно трудно найти объяснение появлению массивного физического типа, так как это противоречит общей глобальной тенденции к грацилизации черепа.

Возникновение столь сильных различий в форме черепа — включая представителей массивного типа — можно интерпретировать как следствие микрозволюции, вызванной средовыми или поведенческими факторами в пределах Австралии. В свою очередь некоторые мультирегионалисты, такие, как Уоллофф, приписывают эту вариабельность влиянию архаичных людей из Соло (Нгандонга), костные остатки которых обнаружены на Яве. Согласно этой точке зрения, следы их скрещивания с первыми людьми современного типа могли сохраниться в виде австралийских вариантов физического типа, а также в генах ныне живущих австралийскихaborигенов. Успех модели, утверждающей африканское происхождение современного человечества, сильно зависит от того, как будут в конце концов решены эти вопросы.

В течение ближайших нескольких лет палеоантропологов и генетиков ожидает немало новых сюрпризов, так как методы исследований продолжают неуклонно совершенствоваться. Ныне ученые уже приходят к согласию относительно того, что люди современного типа существовали в Африке и на Среднем Востоке прежде, чем появились в Европе и Австралии. Достигается договоренность и по поводу характера генетических взаимоотношений между современными популяциями, подтверждающих гипотезу африканского происхождения современного человечества, хотя определение хронологических рамок этого процесса все еще вызывает разногласия.

Появятся новые ископаемые находки, дополнительные результаты дадут исследования костей, камней и генов. В не очень отдаленном будущем станут возможными изучение ДНК, экстрагированной из ископаемых человеческих остатков, и сравнение ее с гипотетическими предковыми моделями, реконструируемыми на основе ныне существующих популяций. Сопоставление этих и других, пока что недоступных материалов древних времен позволит исследователям в один прекрасный день объяснить теперешние расхождения результатов, полученных теми, кто занимается изучением живых людей, и теми, кто изучает ушедшие поколения. Подобные достижения необходимы для реконструкции и понимания обширных миграций, которые, по-видимому, имели место в период между возник-

новением современных людей и покорением ими Земли.

Книги издательства «Мир»

**Т. Лиггетт
МАРКОВСКИЕ
ПРОЦЕССЫ
С ЛОКАЛЬНЫМИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ**

1989 г. Цена 3 р. 90 к.

**М. Либеттер и др.
ЭКСТРЕМУМЫ
СЛУЧАЙНЫХ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
И ПРОЦЕССОВ**

1989 г. Цена 3 р. 20 к.

**МОНОПОЛИ.
ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ И
ВАРИАЦИОННЫЕ
МЕТОДЫ**

Сб. статей 1983-86 гг.

1989 г. Цена 2 р. 80 к.

**Л. Хермандер
АНАЛИЗ ЛИНЕЙНЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
ОПЕРАТОРОВ С
ЧАСТНЫМИ
ПРОИЗВОДНЫМИ**

в 4-х томах

ТОМ 2:

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ
ОПЕРАТОРЫ С
ПОСТОЯННЫМИ
КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

1986 г. Цена 3 р. 20 к.

ТОМ 3:

**ПСЕВДОДИФФЕРЕНЦИАЛЬ-
НЫЕ ОПЕРАТОРЫ**

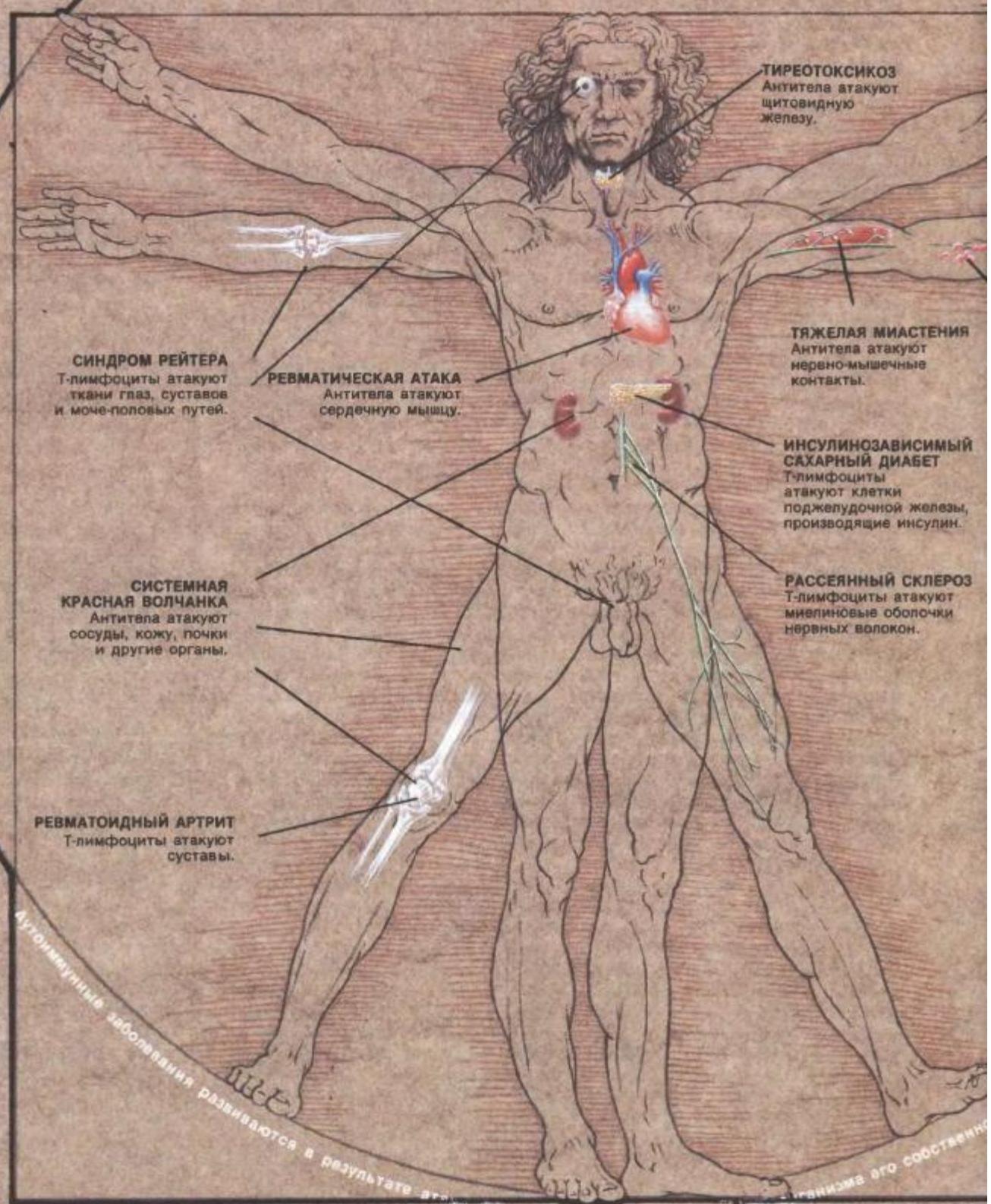
1987 г. Цена 4 р. 70 к.

Эти книги вы можете получить наложенным платежом, направив заказ по адресу: 191040 Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5 «Техническая книга»

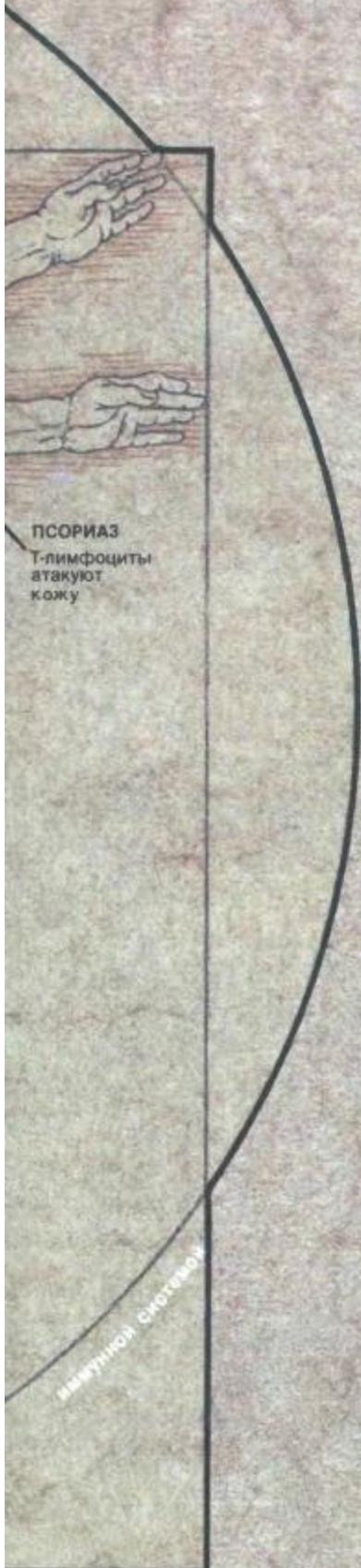


ПРОТИВ САМОГО СЕБЯ

Джон Ренни



Но за годы работы Бинеев
совершенные методы лечения
аутоиммунных заболеваний, наряду
с специалистами из Университета
в Манчестере (Англия), продолжают
исследовать эти темы.



Иммунолог Д. Хафлер в своей лаборатории с увлечением демонстрировал под микроскопом культуру золотистых клеток, казавшихся хрупкими и безобидными. Однако, по его словам, они весьма агрессивно реагировали на определенные компоненты миелиновой оболочки нервных волокон: «Они прямо-таки звереют в присутствии основного белка миелина», — хвастался Хафлер. По временам он напоминал преисполненного гордостью отца, что было не так уж далеко от истины, поскольку клетки в буквальном смысле были его собственными: они происходили от взятых у него клеток крови.

Присутствие в крови таких клеток, называемых миелин-реактивными Т-лимфоцитами, может иметь угрожающее значение. Предполагается, что именно они вызывают тяжелое заболевание — рассеянный склероз, при котором иммунная система атакует нервную систему собственного организма. При рассеянном склерозе бывают потеря зрения, мышечная слабость и паралич. Однако Хафлера, похоже, это мало заботит.

Тот факт, что ни он, ни другие здоровые люди, в крови которых постоянно присутствуют миелин-реактивные Т-лимфоциты, не заболевают рассеянным склерозом, представляется обнадеживающим. Хафлер и его коллега Х. Уэйнер, возглавляющий программу по изучению рассеянного склероза в больнице Brigham and Women в Бостоне (где работает и Хафлер), полагают, что существуют супрессорные клетки (пока не идентифицированные) и другие механизмы, позволяющие иммунной системе держать под контролем потенциально опасные клетки.

Хафлер и Уэйнер с коллегами пытаются использовать эти механизмы для лечения рассеянного склероза и других аутоиммунных заболеваний, при которых иммунная система атакует не «чужое» (микробов и другие чужеродные агенты), как ей «положено», а «свое» — ткани собственного организма. Они вводили больным рассеянным склерозом Т-лимфоциты в надежде, что это стимулирует в организме реакции, подавляющие нежелательный иммунный ответ.

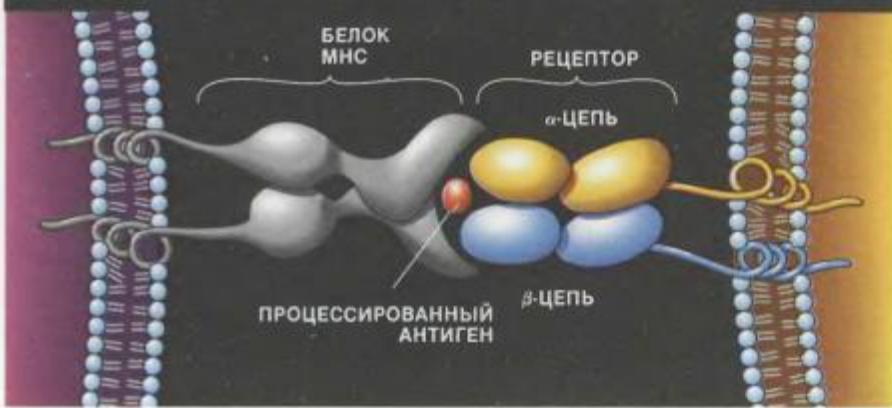
Сейчас и другие исследователи прокладывают путь новым, более совершенным методам лечения аутоиммунных болезней. Так, ведутся клинические испытания различных специально сконструированных антител, способных выискивать и разрушать «виновные» клетки. На более ранних этапах находятся исследования, предполагающие трансплантацию в сочетании с медикаментозной терапией препаратами, принимаемыми через рот.

ЦИТОТОКСИЧЕСКИЕ И ХЕЛПЕРНЫЕ Т-ЛИМФОЦИТЫ

Т-лимфоциты (справа) разрушают зараженные и чужеродные клетки. Цитотоксические Т-лимфоциты атакуют свои мишени непосредственно. Хелперные Т-лимфоциты служат как бы их помощниками: они производят ряд веществ, усиливающих активность Т-лимфоцитов и других компонентов иммунной системы. Т-лимфоциты несут рецептор антигена (внизу), который является ключевым элементом в иницииации их активности. Молекула белка-рецептора состоит из двух полипептидных цепей — α и β . Рецеп-



тор высокоспецичен: он связывается лишь с одним определенным антигеном, причем в сочетании с белками главного комплекса гистосовместимости (МНС), расположенными на поверхности клеток.



Помимо рассеянного склероза к аутоиммальным заболеваниям относятся многие другие болезни. Ревматоидный артрит, инсулиновозависимый (типа I) сахарный диабет и системная красная волчанка — вот лишь некоторые из наиболее распространенных расстройств. В идеале лечение таких болезней должно обеспечить безопасное и перманентное восстановление толерантности (т. е. отсутствия иммунного ответа) организма к своим тканям, подвергшимся иммунной атаке. Современные схемы лечения имеют серьезные недостатки. Они обычно включают использование противовоспалительных лекарственных средств или неспецифических иммуносупрессоров (т. е. агентов, подавляющих иммунную систему) — таких, как стероиды и циклоспорин. Эти препараты, как правило, стоят недешево и к тому же часто обладают неблагоприятными побочными эффектами. Более того, поскольку эти лекарства не безобидны, врачи порой воздерживаются от их назначения на ранних стадиях болезни, когда они как раз и могли бы принести наибольшую пользу.

Новые стратегии внушают большие надежды, но в некоторых отношениях клиницисты работают вслепую. Так, в основе многих методов лечения лежит предположение, что

определенные клетки способны подавлять аутореактивные клетки, т. е. те, которые реагируют со «своими» антигенами и вызывают тем самым аутоиммунное заболевание. Однако пока еще никому не удалось однозначно идентифицировать такие клетки — супрессоры.

Вообще-то среди иммунологов (особенно американских) многие весьма сомневаются в правомочности теории супрессорных клеток, отдавая предпочтение двум другим теориям, в пользу которых свидетельствуют многочисленные результаты молекулярно-биологических исследований, — это теории клonalной деления и клonalной анергии. Согласно этим теориям, толерантность иммунной системы к молекулярным компонентам тканей собственного организма достигается путем либо элиминации, т. е. уничтожения аутореактивных клеток (деления), либо «выключением» их активности (анергия).

«Еще каких-нибудь десять лет назад считалось, что все формы аутотолерантности обусловлены супрессией», — замечает Х. Бёмер из Института иммунологии в Базеле, который одним из первых доказал, что существует клonalная деления. — Но супрессорные клетки никогда не удавалось идентифицировать точно». Ф. Маррак из Национального еврей-

ского центра иммунологии и респираторных заболеваний в Денвере, стоявшая у истоков теории клonalной деления, соглашается с ним: «Все основные эксперименты по супрессии проделаны десять лет назад, но с тех пор положение дел практически не изменилось».

Однако сторонники идеи супрессии (в той или иной форме) не сдаются. Они считают, что результаты клинических наблюдений и опытов на животных, полученные в последнее время, говорят о том, что эта идея вовсе не отжила свой век. А. Козин из Вейцмановского института в Израиле, являющийся убежденным защитником теории супрессии, настаивает на том, что ни клonalная деления, ни клonalная анергия «не дают объяснения очень многому из того, что нам известно». По его мнению, для понимания природы аутоиммунных заболеваний необходимо представлять себе поведение иммунной системы как организованного единого целого, а не рассматривать лишь биохимическую активность отдельно взятых клеток. «Никто не хочет думать о «поведении», когда можно ограничиться молекулярным уровнем, но при этом теряется суть».

Действительно, теоретическая полемика подчас напоминает историю о трех слепых, обследующих слона, — у каждого из них складывается свое частное представление о животном. Иммунологи, изучающие аутотолерантность в молекулярно-биологическом аспекте, обнаруживают клonalную делению и клonalную анергию; а те, кто рассматривает «поведение», находят супрессию.

Как и в истории со слоном, в каждой из гипотез может оказаться доля истины. Но как бы то ни было, врачи не станут дожидаться решения спорных теоретических вопросов. Для разработки методов лечения аутоиммунных болезней не столь уж обязательно иметь абсолютно правильную теорию. Даже частично правильные представления могут подсказать путь к успешной терапии. Как замечает Дж. Капп из Университета Вашингтона в Сент-Луисе, «таков путь медицинской практики: она не всегда дожидается теории; иногда врачи разрабатывают метод лечения, а ученыe задним числом пытаются объяснить, почему он эффективен».

Рождение теории

Если в США и существует какой-то центр изучения причин и механизмов возникновения аутоиммунных болезней, то он находится в Бетезле (шт. Мэриленд), в небольшом строении из

красного кирпича, принадлежащем Национальным институтам здоровья. В этом здании расположен Национальный институт аллергических и инфекционных заболеваний (НИАИЗ).

Сидя в своем уютном кабинете на втором этаже, Р. Шварц, возглавляющий лабораторию клеточной и молекулярной иммунологии, рассказывал о взлетах и падениях теории распознавания «своего» и «чужого»: «В 30-, 40- и 50-х годах в попытках установить природу толерантности к «своему» были поставлены корректные вопросы. Однако найти правильные ответы на них никак не удавалось, — вероятно, потому, что оставалась неясной система, лежащая в основе этого явления».

Тогда иммунологам было уже известно, что в крови и лимфе содержатся определенные белковые молекулы, называемые антителами, которые способны специфически распознавать молекулярные мишени — антигены. Высказывалось предположение, что белые клетки крови лимфоциты и макрофаги играют важную роль в иммунном ответе, возможно, производя антитела и поглощая бактерий. Однако не было точного ответа на вопрос о том, каким образом клетки иммунной системы и антитела распознают антигены, проводя при этом грань между «своим» и «чужим».

Перелом наступил в 1955 г., когда Ф. Бернет из Института медицинских исследований Уолтера и Элизы Холл в Австралии выдвинул теорию, принесшую ему в конечном счете Нобелевскую премию. Бернет исходил из того, что каждый отдельно взятый лимфоцит обладает антигенной специфичностью, т. е. способен реагировать лишь с антигеном какого-то одного типа; но поскольку в иммунной системе образуется, причем в случайном порядке, огромное множество различных лимфоцитов, то для каждого из потенциально возможных антигенов находится подходящий лимфоцит. По Бернету, в основе иммунного ответа лежит избирательное размножение клонов (клон — это группа генетически идентичных клеток, являющихся потомками одной клетки) лимфоцитов. При столкновении с соответствующим антигеном лимфоцит начинает размножаться, и в результате способность иммунной системы отвечать в будущем на данный антиген повышается.

Если образование клеток иммунной системы, взаимодействующих с антигенами, происходит в случайном порядке, то рано или поздно должны появляться клетки, реагирующие на антигены собственного организма.

Но если, как предположил Бернет, существует механизм уничтожения клонов клеток, реагирующих со «своими» антигенами, то возникает толерантность к этим антигенам — стратегический пробел в защитных силах организма.

Теория клonalной селекции Бернета привлекала ясность и простотой. Эти достоинства впоследствии приобрели еще большую ценность, так как в иммунологии все настоятельнее чувствовалась необходимость в простых унифицирующих идеях. Чем глубже становились исследования иммунной системы, тем сложнее и запутаннее она представлялась.

Обнаружилось, что существуют два типа лимфоцитов: В-клетки, созревающие в костном мозге, которые распознают антигены в крови и производят антитела, и Т-клетки, созревающие в вилочковой железе (тимусе), которые распознают антигены на зараженных или аномальных клетках. Т-лимфоциты в свою очередь подразделяются на два типа: цитотоксические клетки, или киллеры (от англ. killer — убийца) и клетки-помощники, или хелперы (от англ. help — помощь). Киллеры атакуют зараженные ткани, а хелперы способствуют иммунному ответу (см. рисунок на с. 64). Поскольку теория Бернета вносила некоторую ясность в это малоизвестное множество клеток, ее приняли с радостью.

Однако предположение Бернета о том, что аутотолерантность обусловлена клonalной делением, т. е. уничтожением клонов Т-лимфоцитов, реа-

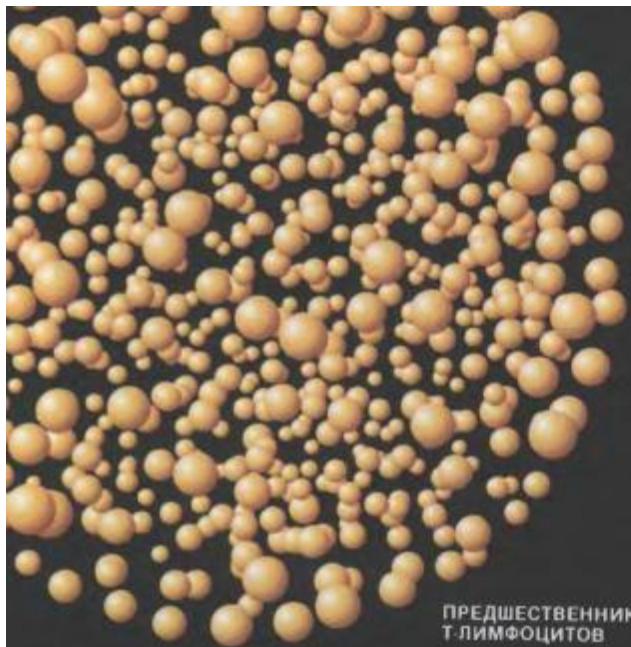
гирующих на «свои» антигены, долгое время не получало подтверждения. Чтобы проверить эту гипотезу, необходимо было установить судьбу индивидуальных клеток организма и их сродство к антителам, а эта задача выходила далеко за пределы возможностей тех методов исследования, которые имелись в 50-е и 60-е годы.

Собственно, как указывает Шварц, самые ранние попытки доказать, что толерантность обусловлена клonalной делением, давали, увы, отрицательный результат. Кроме того, иммунологи-клиницисты находили в крови здоровых людей антитела к нормальным белкам организма, таким, как инсулин. Рядом исследователей было обнаружено, что у животных, которым вводили радиоактивно меченные аутоантигены, некоторые антитела и лимфоциты реагировали с этими антителами, а следовательно, клетки, реагирующие на «свое», не элиминировались. Очевидно, некоторые аутореактивные клетки хотя бы иногда выживают.

«Поскольку теория клonalной деления получила сокрушительный удар, — говорит Шварц, — предстояло найти другое объяснение аутотолерантности. И началась эра супрессии». В 1971 г. Р. Гершон из Мединской школы Иельского университета предположил, что существуют специализированные супрессорные Т-лимфоциты, которые как бы патрулируют в организме и подавляют клетки, реагирующие со «своими» антигенами. Чтобы объяснить, каким образом достигается равновесие меж-

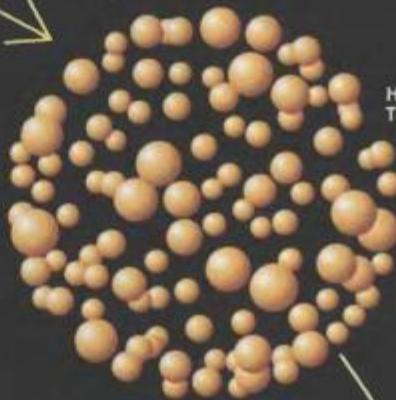


ДЕЙВИД А. ХАФЛЕР И ГОВАРД Л. УАЙНЕР (последний справа) надеются лечить рассеянный склероз и другие аутоиммунные болезни, вызывая супрессию клеток иммунной системы, атакующих ткани собственного организма.



ПРЕДШЕСТВЕННИКИ Т-ЛИМФОЦИТОВ

ЭЛИМИНАЦИЯ ПРИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИИ
Элиминируются клетки, не связывающиеся с белками МНС.



НЕЗРЕЛЫЕ Т-ЛИМФОЦИТЫ

ЭЛИМИНАЦИЯ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИИ
Элиминируются клетки, активно реагирующие с аутоантигенами.



МОЛОДЫЕ Т-ЛИМФОЦИТЫ

АНЕРГИЯ

Клетки, реагирующие с аутоантигенами инактивируются, но не элиминируются



ЗРЕЛЫЕ Т-ЛИМФОЦИТЫ

СЕЛЕКЦИЯ

Аутотолерантность зависит, по крайней мере частично, от процессов, приводящих к элиминации или инактивации неподходящих Т-лимфоцитов в ходе их развития.

ду многочисленными цитотоксическими, хеллерными и супрессорными клетками, предлагалась гипотетическая «сеть супрессии». Согласно этой гипотезе, любой иммунный ответ — независимо от того, направлен он против «своего» или «чужого» — интерпретировался как нарушение клеточного равновесия.

Теория супрессии безраздельно господствовала вплоть до биотехнологической революции, произошедшей в конце 70-х годов. Затем она претерпела развенчание, притом куда более серьезное, чем ранее теория клonalной деления. А эта последняя неожиданно вновь получила признание. Тому способствовало три технологических достижения. Во-первых, были разработаны методы выращивания клонов Т-лимфоцитов в лабораторных условиях. Таким образом, появилась возможность экспериментировать с гомогенными популяциями клеток, что позволяло более тщательно изучать химические взаимодействия между клетками, чем это удавалось в смесях различных Т-лимфоцитов. Вторым достижением, отчасти связанным с первым, стало получение моноклональных антител. Теперь, располагая идентичными антителами-зондами, можно было находить соответствующие белки-мишени в любой точке организма. В-третьих, создание технологий рекомбинантных ДНК открыло путь выделению индивидуальных генов и манипуляциям с ними.

Появление этих методов повлекло за собой не прекращающуюся по сей день лавину открытий о механизмах узнавания антигенов и об иммунном ответе. Стало возможным идентифи-

цировать рецепторные молекулы, индуцирующие специфическое поведение Т-лимфоцитов, а также анализировать их структуру и генетические характеристики. Короче говоря, в настоящее время имеется целый ряд биохимических методов, позволяющих изучать аутотолерантность на молекулярном уровне.

В результате исследований с применением таких методов в начале 80-х годов в теории супрессии вскрылся серьезный изъян. По предсказаниям Гершона и других, супрессорные клетки должны обладать необычными рецепторными молекулами и иными особенностями, однако ничего этого обнаружено не было. Существование особых групп супрессорных клеток казалось все менее вероятным. А отсутствие таких клеток ставило всю теорию супрессии под сомнение. По словам Шварца, «в иммунологии приходили новые люди, склонные к исследованиям на молекулярном уровне, которые полагали, что если искомое найти не удается, то его и не существует».

Клональная селекция

Между тем те же методы, с «помощью» которых потеряла свои позиции идея супрессии, подняли на щит теорию клonalной деления. Эти методы позволяли проследить судьбу конкретных клеток. Например, можно ввести в геном мыши гены специфического Т-клеточного рецептора. У полученной в результате трансгенной мыши все Т-лимфоциты будут реагировать лишь на один определенный антиген, так что можно легко проследить их судьбу. Деления снова оказа-

лась в центре внимания исследователей, изучавших аутотолерантность.

Убедительное доказательство теории клonalной деления было получено в 1988 г. — через 33 года после того, как Бернет высказал свое предположение. В независимых исследованиях Х. Макдональд из Онкологического института Людвига в Швейцарии, Ф. Маррак и Х. Бемер продемонстрировали, что определенные аутоактивные клоны созревающих в тимусе Т-лимфоцитов элиминируются и более не обнаруживаются затем в организме.

Дальнейшие работы Маррак и других исследователей хотя и не выявили точного механизма этого явления, но все же внесли какую-то ясность. В ре-

зультате двух этапов селекции из мириадов незрелых Т-лимфоцитов, поступающих в тимус, из которых формируется необходимый организму иммунологический спектр, «выпадают» аутореактивные клетки. На первом этапе происходит положительная селекция: элиминируются клетки, неспособные связываться с белками главного комплекса гистосовместимости (сокращенно МНС — от англ. *major histocompatibility complex*). Эти белки, присутствующие на всех клетках организма, образуя комплекс с антигеном, обеспечивают представление его Т-лимфоцитам. Таким образом, все оставшиеся Т-лимфоциты способны распознавать белки МНС собственного организма. Поскольку белки МНС различны у разных индивидов, способность к их распознаванию имеет важнейшее значение для выполнения Т-клетками своей функции.

Второй этап состоит в отрицательной селекции: элиминируются опасные аутореактивные Т-лимфоциты. В тимусе молодые Т-клетки подвергаются воздействию множества «своих» антигенов, и те, которые агрессивно связываются с этими антигенами, погибают.

В настоящее время Маррак и другие исследователи пытаются выяснить, что именно убивает клетки при отрицательной селекции. Ведь узнавание антигена — это как раз задача, которую Т-лимфоциты и должны выполнять. Маррак предположила, что здесь имеют значение возраст клетки и прочность ее связывания с антигеном: молодые Т-лимфоциты с высоким сродством к антигенам испытывают «сверхстимуляцию» со стороны клеток, представляющих антиген, и это приводит их к гибели.

Достоинством этой гипотезы является то, что она объясняет наличие аутореактивных клеток в крови здоровых людей (как у Хафлера). Вероятно, эти клетки недостаточно агрессивны, чтобы вызвать болезнь. А если сродство Т-лимфоцитов к «своим» антигенам слишком мало, чтобы инициировать патологический иммунный ответ, они могут и не уничтожаться в тимусе. Аутоиммунные болезни, возможно, обусловлены тем, что в результате сбоя или ошибки в работе механизмов селекции выживает чрезесчур большое число потенциально опасных Т-лимфоцитов.

Однако же клетки Хафлера явно обладают способностью узнавать миелин. И Маррак отдает себе отчет, какие вопросы вытекают из гипотезы сродства. «Проблема в том, чтобы выяснить, не обладает ли организм каким-то неизвестным нам механиз-

мом изменения сродства», — говорит она.

Дж. Спрент из Научно-исследовательского института Скриппсовской клиники в Ла-Хойя (шт. Калифорния), изучающий толерантность, по этому поводу заметил: «Когда специалисты вроде меня начинают говорить о сродстве, это просто пустой звук». Он имеет в виду, что при сложности строения и функции Т-клеточных рецепторов практически невозможно охарактеризовать их относительную активность с помощью простых биохимических терминов.

Есть и более глубокая проблема. Коль скоро клональная деление — это единственный механизм толерантности, то каждый из потенциально возможных «своих» антигенов должен хотя бы один раз появиться в тимусе, чтобы соответствующие Т-лимфоциты элиминировались. Некоторые исследователи считают, что это правдоподобно, поскольку в тимусе пересекаются пути циркулирующих в организме макрофагов и многих других клеток, представляющих антигены. Вполне возможно, что макрофаги, очищающие ткани от погибших клеток, подбирают «образцы» аутоантигенов. Через тимус проходят также вещества, растворенные в крови и лимфе. Как полагает, например, Спрент, тимус способен аккумулировать «свои» антигены в достаточной степени для эффективной селекции Т-лимфоцитов.

Однако даже Маррак, убежденная в решающей роли клональной деления для развития аутотолерантности, признает, что, по-видимому, еще неизвестно нечто существенное. «Вполне возможно, что в некоторых случаях антигены не достигают тимуса, застряв, скажем, в мозге, большом пальце или где-нибудь еще — говорит она. — Следует искать еще какой-то механизм, действующий в случае таких антигенов».

В свете этого клональной анергии можно рассматривать как дублирующий или альтернативный механизм развития толерантности к «своему». Термин «анергия» был предложен Г. Носсалом из Института медицинских исследований Уолтера и Элизы Холл, который первым обнаружил это явление в середине 70-х годов, изучая В-лимфоциты в культуре. Он обратил внимание на то, что в некоторых случаях антигены, вместо того чтобы активировать В-лимфоциты, побуждая их производить антитела, оказывают противоположное действие: клетки теряют способность к иммунному ответу. При этом они не погибают, но остаются в таком состоянии анергии до тех пор, пока не под-

АНЕРГИЯ И АКТИВАЦИЯ

Одиночный сигнал — связывание антигена — может вызывать анергию Т-лимфоцитов. Для активации этих клеток требуются дополнительные сигналы.



СУПРЕССИЯ ПОД ПРЕССОМ МОДЫ

«ДВА ГОДА назад, словно шутки ради, меня попросили председательствовать на заседании по супрессорным клеткам — а тогда 98% иммунологов не хотели и слышать о том, что такие клетки, возможно, существуют, — вспоминает с усмешкой Р. Джерман из Национального института аллергических и инфекционных заболеваний. — Как будто, если я прежде занимался супрессией, то теперь жажду взять реванш».

И вправду, Джерман начал заседание показом слайдов с материалом из старых работ по супрессии, авторы которых, все без исключения, были крупными иммунологами, но многие из них с тех пор отошли от этой теории. «Я напомнил аудитории историю проблемы супрессии и подчеркнул, что мы не компания фанатиков, занимающихся пустым делом».

Супрессорная теория иммунотерапии явно не в моде. По словам некоторых исследователей, из-за сильного предубеждения против этой теории сейчас очень трудно получить субсидию на работы по такой теме. Поэтому многие, занимающиеся супрессией, предпочитают именовать предмет своих исследований не супрессией, а иммунорегуляцией.

Как получилось, что теория, господствовавшая в иммунологии всего десять лет назад, вдруг впала в такую немилость? «Супрессия вошла в моду, когда у нее был пламенный, обладавший большой силой убеждения защитник по имени Дик Гершон», — объясняет Джерман. На счету покойного Ричарда К. Гершона, работавшего в Йельском университете, немало экспериментов, продемонстрировавших, что в организме активные супрессорные клетки ограничивают активность других Т-лимфоцитов. В 70-е годы он отстаивал идею, что иммунная система подавляет сама себя с помощью сложной сети таких клеточных взаимодействий. Как вспоминает Джонатан Спрент из Научно-исследовательского института Скриппсской клиники в Ла-Хойя, «все интересовались этой проблемой, но то была очень сложная работа».

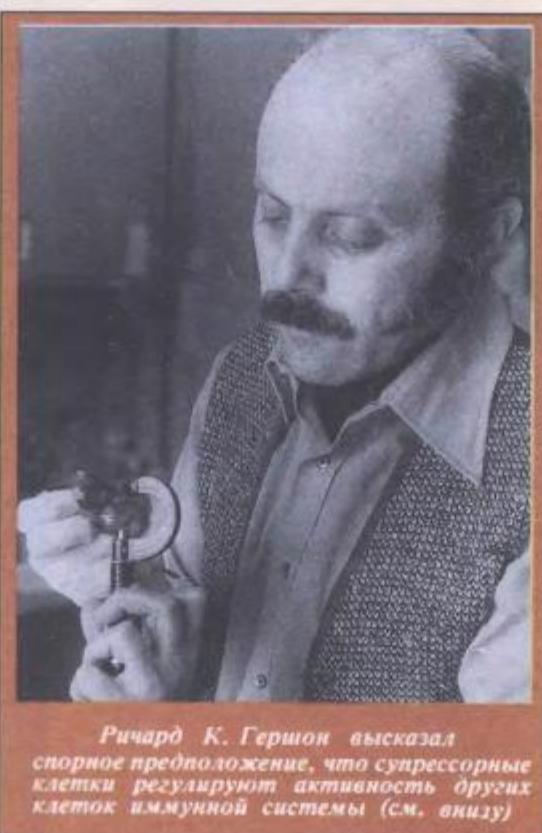
Недостатком теорий супрессии была их запутанность, что весьма осложняло исследования. Лишь немногие лаборатории располагали экспериментальным материалом, необходимым для изучения супрессии, причем зачастую полученные результаты было трудно воспроизвести надежно. По мере того как накапливалось все больше противоречивых данных, гипотетическая регуляторная сеть казалась, по словам Джермана, «все более и более надуманной». Со временем исследователи стали сомневаться в самом существовании супрессорных клеток.

«Люди начали чувствовать себя обманутыми, — отмечает Джерман. — В каком-то смысле теория супрессии была самым слабым местом иммунологии со всеми этими фантазиями, подобными

черному ящику, и малоубедительными экспериментами, ни один из которых не имел строго научного подтверждения. Иммунологам было не по душе ощущать себя вне серьезной науки. Исследователи как бы устали, а с таким настроением трудно эффективно работать». Со смертью Гершона теория супрессии потеряла своего самого преданного сторонника.

В отсутствие теории и при сокращении субсидий «многие покинули эту область исследований. В результате исчезла движущая сила, порождаемая духом соперничества, и дальнейшее изучение супрессии сошло на нет» — так описывает ситуацию Джудит Капп из Университета Вашингтона в Сент-Луисе. Тем не менее, подчеркивает она «факты со счета не сбросишь».

Однако теория супрессии отнюдь не отжила свой век. За пределами США многие ведущие иммунологи относятся к ней вполне серьезно. «Я полагаю, эта теория приемлема скорее для европейского образа мыслей, который более философичен», — заявляет Айран Р. Коэн из Вейцмановского института в Израиле. Теории супрессии лежат в основе его работ по терапевтическому эффекту введения Т-клеток в организм при аутоиммунных расстройствах. «Эта теория не может привлекать тех, кто приучен к редукционистскому подходу в науке», — считает он.



Ричард К. Гершон высказал спорное предположение, что супрессорные клетки регулируют активность других клеток иммунной системы (см. внизу)



в результате взаимодействия с их рецепторами. Очевидно, настало время пересмотреть концепцию супрессии, однако сейчас она столь непопулярна, что пока рано еще это делать».

ХАРАЛЬД фон Бемер из Института иммунологии в Базеле сомневается в существовании супрессии, но все же признает, что «есть ряд явлений, которые наилучшим образом объясняются супрессией». На вопрос о том, считают ли он, что его европейские коллеги более восприимчивы к идее супрессии, чем американские, Бемер отвечает дипломатично: «Некоторые американцы очень категорично высказались против теории супрессии, но среди них кое-кто часто менял свое отношение к этой проблеме. Возможно, именно их высказывания наиболее убедительны».

Собственно, почти все иммунологи согласны с тем, что в иммунной системе имеется какая-то сложная регуляция. Но некоторые из предлагаемых концепций противоречат общим положениям супрессорной теории. Наибольшие разногласия связаны с предположением о существовании уникальных супрессорных клеток.

«Я убежден, что в конце концов существование супрессорных клеток будет доказано, — заявляет Спрент. — Представляют ли они собой отдельную линию клеток, неясно. По моему мнению, это обычные Т-лимфоциты, которые, по-видимому, убивают другие Т-клетки

вергнутся воздействию больших количеств хеллерных Т-лимфоцитов или интерлейкина-2 (это вещество, действующее как фактор роста лимфоцитов, секрециируется хеллерными Т-лимфоцитами, которые производят и другие медиаторы, называемые лимфокинами).

Почти десять лет спустя Шварц и М. Дженкинс (ныне доцент в Миннесотском университете в Миннеаполисе) обнаружили такой же феномен в культуре Т-лимфоцитов. Для объяснения своих результатов они предложили гипотезу активации Т-клеток двумя сигналами.

Включение и выключение механизмов Т-клеточного ответа

Суть гипотезы о двух сигналах, активирующих Т-лимфоциты, состоит в следующем. Одного лишь связывания рецептора с антигеном недостаточно для инициации Т-клеточного ответа. Необходим еще какой-то дополнительный сигнал от клеток, представляющих антиген. В отсутствие этого второго сигнала Т-лимфоциты переходят в состояние анергии и остаются в нем до тех пор, пока не будут вновь активированы хеллерными клетками.

Существует лишь несколько типов специализированных клеток (например, макрофаги), способных послать второй сигнал, необходимый для перевода Т-лимфоцитов в полностью активное состояние, в котором они размножаются. Большинство клеток могут лишь представлять антиген. Клональная анергия может, таким образом, служить своего рода подкреплением деления для приобретения аутотолерантности: те из клеток, реагирующих со «своими» антигенами, которые не были ликвидированы в тимусе, будут переходить в неактивное состояние, как только распознают антиген на поверхности определенной клетки организма.

Начиная с 1987 г. накапливались все больше данных, убеждающих в том, что клональная анергия имеет место не только в культурах клеток, но и среди В- и Т-лимфоцитов в живом организме. Однако, хотя теперь уже большинство иммунологов признают клональную анергию, в принципе они не имеют точного представления о ее природе.

Все сходятся на том, что анергия не то же самое, что супрессия, несмотря на внешнее сходство их эффектов. Супрессия определяется подавляющим действием одной клетки на другую. Анергия же — это реакция клетки на

ситуацию, когда она не получает всех необходимых для размножения сигналов. Однако некоторые исследователи допускают, что при супрессии может использоваться биохимический механизм, обеспечивающий анергию.

Картина запутывает противоречивость в описании анергии. Различные исследователи характеризуют ее по-разному. Шварц, например, считает, что Т-лимфоциты подвергаются анергии главным образом вне тимуса, в периферических лимфатических узлах. Б. Фаулкс и Ф. Рамзделл, также работающие в НИАИЗ, в опытах на животных получили результаты, свидетельствующие, что анергия проходит в тимусе. По данным Шварца, полученным в исследованиях на культурах клеток, для выхода лимфоцитов из состояния анергии необходима их активация хеллерными клетками. Опыты же Фаулкса и Рамзделла на мышах показали, что состояние анергии в конце концов прекращается само собой, если клетка больше не сталкивается с антигеном, вызвавшим анергию.

Конечно, как отмечает Фаулкс, нельзя с уверенностью утверждать, что анергия, обнаруженная им и Рамзделлом *in vivo*, и то, что наблюдала Шварц и Дженкинс в культурах клеток, представляют собой одно и то же явление. В самом деле, быть может, в иммунной системе существует несколько разных форм анергии. По словам Шварца, анергия стала общим понятием для описания факта отсутствия реактивности у Т-лимфоцитов, а общие понятия обладают тем недостатком, что затушевывают различия между отдельными системами.

Между тем далеко-далеко от Бетеды — на другом конце континента — в своей лаборатории в Ла-Хойя покупает трубку Спрент, на которой не производит никакого впечатления вся идея анергии. «Есть клетка. Она подвергается воздействию антигена и не реагирует на него. Но при добавлении лимфокина ее реакция на антиген восстанавливается. Таково, более или менее, современное представление об анергии», — с этими словами он сомнением покачивает головой.

Спрент обнаружил клетки, ведущие себя так, как будто они находятся в состоянии анергии, хотя никогда не подвергались воздействию антигена. Он полагает, что понятие анергии превращается в абсурд, если критерием для ее определения служит всего лишь отсутствие реакции на антиген. По мнению Спрента, Т-лимфоциты с низким сродством к антигену будут вести себя точно так же.



Но Фаулкс не обескуражена этими замечаниями. «Мы наблюдаем, что клетки не реагируют на антиген, хотя у контрольных клеток реакция нормальная, — говорит она. — Из этого следует только одно: клетки претерпели какую-то передифференцировку». Рамзделл поддерживает эту мысль: «Универсального определения анергии на молекулярном уровне нет, но тем не менее это нужный термин».

Отсутствие точного молекулярного определения анергии — это очень существенный недостаток. Но страшат им и теории, опирающиеся на идею супрессии. Несведущему человеку трудно понять, почему большинство иммунологов отдает анергии предпочтение перед супрессией. Вовсе не исключено, что и анергия, и супрессия включают в себя ряд механизмов, обеспечивающих в конечном счете одно и то же: не дать Т-лимфоцитам атаковать собственный организм.

«Феномен супрессии, несомненно, существует, — настаивает Хафлер. — С помощью популяций Т-лимфоцитов можно осуществить адоптивный

перенос биологического ответа. Чего не удалось сделать, так это получить стабильную популяцию супрессорных клеток и охарактеризовать их на молекулярном уровне». По его мнению, неудача попыток клонирования супрессорных клеток объясняется тем, что способность к супрессии является времененным состоянием. «Весь опыт клонирования Т-лимфоцитов человека дает основание думать, что в какой-то момент своей жизни клетка может посыпать некий подавляющий сигнал, а в остальное время не способна к этому».

Несмотря на обескураживающее «сопротивление материала», некоторые исследователи не оставляют попыток определить эффекты супрессии в биохимических терминах, признанных в иммунологии (см. «Супрессия под прессом моды» на с. 68). Этим занимается, например, Капп, в последнее время изучающая природные механизмы толерантности к инсулину, которая обычно отсутствует у больных инсулинозависимым диабетом.

В результате исследований на мы-

шах Капп идентифицировала две группы Т-лимфоцитов: одни клетки реагировали на инсулин как на антиген, тогда как другие, судя по всему, обеспечивали толерантность к нему, препятствуя атаке инсулина первыми клетками. Эти вторые — предположительно супрессорные Т-лимфоциты — не имеют никаких необычных рецепторных молекул и по биохимическим маркерам не отличаются от цитотоксических Т-лимфоцитов.

Сейчас Капп и ее коллеги экспериментируют с трансгенными мышами, вырабатывающими инсулин человека. Оказалось, что эти животные толерантны к человеческому инсулину, хотя в периферических органах у них присутствуют инсулин-реактивные Т-лимфоциты. «Мы еще далеки от того, чтобы установить механизм толерантности этих клеток. Но их антагонизм явно обратима, — говорит Капп. — Причем не вызывает сомнения, что если даже клональная деление и вносит здесь какой-то вклад в толерантность, то вклад этот невелик».

По мнению Капп, механизмы кло-

нальной деления, клональной анергии и супрессии действуют в иммунной системе бок о бок, вызывая, вероятно, толерантность к различным антигенам. Какой из механизмов будет действовать в том или ином случае, возможно, зависит от концентрации конкретного антигена: толерантность к белкам, располагающимся на поверхности клеток — таким, как белки МНС, — может быть обусловлена делением, а в случае инсулина и других растворимых белков, присутствующих в крови в невысокой концентрации, может действовать супрессия.

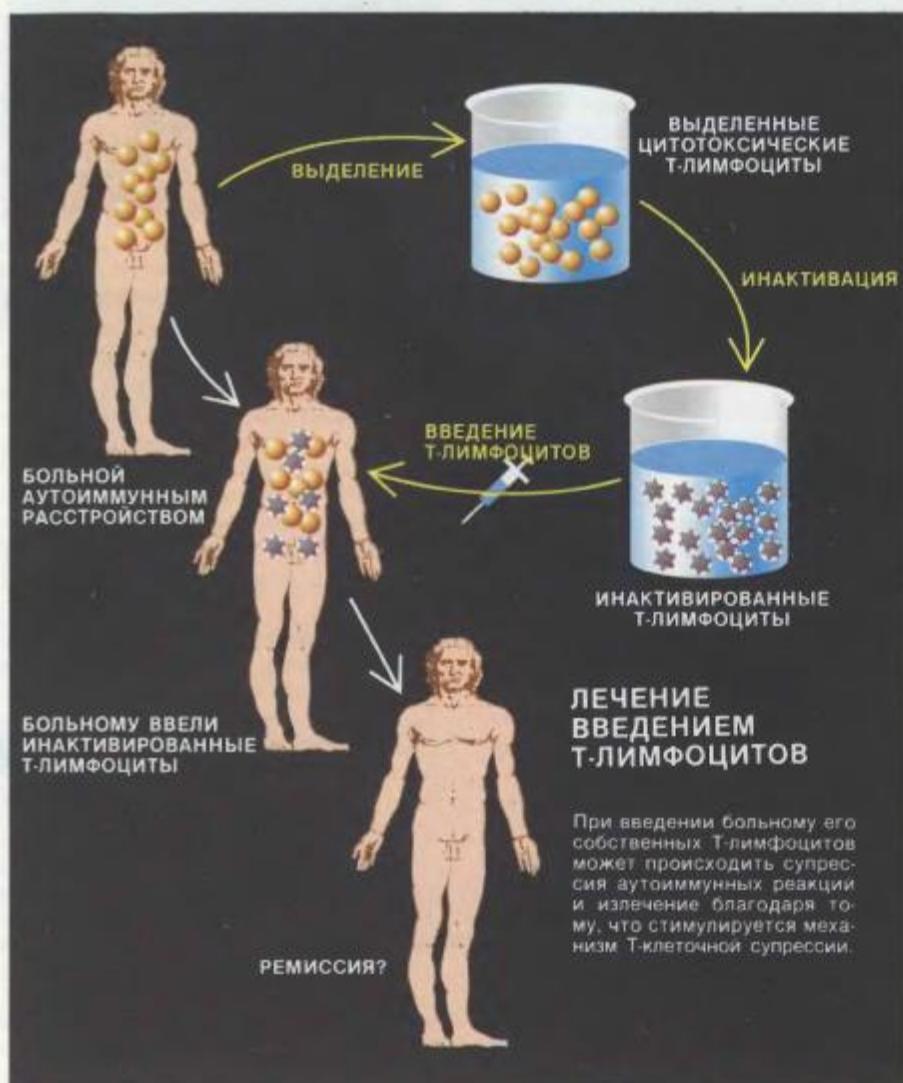
Наведение мостов

Если теория Капп верна, то у трансгенных мышей, постепенно повышая уровень экспрессии инсулина, можно достичь такой его концентрации в крови, при которой будет происходить клональная деление. «Если удастся это осуществить, я думаю, многое прояснится в иммунологических заболеваниях», — сказала Капп.

И ее надежды находят живой отклик среди иммунологов. «Я не уверен, что клональной делением объясняется, почему в норме организм не реагирует на собственные белки — миеллин, тиреоглобулин или рецептор ацетилхолинэстеразы, — размышляет Л. Стайнман из Медицинской школы Станфордского университета. — Настало время перекинуть мостик между изящными экспериментами, которые сейчас ведутся с целью изучения селекции Т-лимфоцитов в тимусе, и аутоиммунными заболеваниями, обусловленными иммунной атакой тканей, содержащих эти белки».

Хотя иммунологи, как правило, соглашаются со Стайнманом в том, что их представления о механизмах аутотолерантности не объясняют природы аутоиммунных болезней, они тем не менее стремятся поскорее использовать уже имеющиеся знания для лечения больных. В большинстве таких попыток важная роль отводится определенным лимфоцитам, с которыми связано данное заболевание.

В начале лета 1990 г. Стайнман с сотрудниками, а также Хафлер и Уайнер независимо идентифицировали небольшую группу Т-лимфоцитов, ответственных за рассеянный склероз. Рецепторы антигена на этих клетках, по-видимому, всегда содержат один из четырех несколько отличающихся белков, называемых β -цепями. (Молекула Т-клеточного рецептора состоит из двух различных полипептидных цепей, обозначаемых α и β , причем существует множество различных генетически детерминированных форм обоих белков.)



Выявление специфических Т-лимфоцитов, связанных с аутоиммунными болезнями, откроет возможность лечения путем избирательной дегенерации или супрессии этих клеток. Такое лечение предполагает использование высокоспецифичных моноклональных антител и специально полученных пептидов, способных связываться только с активными Т-лимфоцитами или с белками МНС на поверхности клеток, представляющих антиген. Для большей эффективности можно к антителам против аутореактивных Т-лимфоцитов химически присоединять токсичные агенты; такие иммуноконьюгаты будут не просто выводить из строя вредоносные клетки, а убивать их.

В идеале методы лечения аутоиммунных болезней должны подавлять аутоиммунные реакции, не вызывая осложнений и не ослабляя иммунную систему в целом. Ряд компаний, в том числе Xoma Corporation в Беркли (шт. Калифорния), Centocor Corporation в Малверне (шт. Пенсильвания) и T Cell Sciences в Кембридж (шт. Массачусетс), уже занимаются разработкой фармакологических препаратов, отвечающих этим требованиям.

Успехи использования моноклональных антител и те трудности, которые возникают на этом пути, демонстрируются на примере экспериментального аллергического энцефаломиелита (ЭАЭ) лабораторных животных, часто используемого в качестве модели рассеянного склероза. Чтобы вызвать ЭАЭ у мышей или крыс, им инъектируют основный белок миелина. Иммунная система животного, по-видимому, сенсибилизируется к этому белку как к антигену и затем атакует нервную систему собственного организма, что ведет к тяжелым последствиям.

В 1988 г. две группы исследователей (одна под руководством Стайнмана, другая — Л. Худа из Калифорнийского технологического института) независимо установили, что рецепторы антигена на Т-лимфоцитах, ответственных за возникновение ЭАЭ, всегда содержат одну из двух β -цепей. Стайнман и его сотрудники вводили мышам с ЭАЭ антитела против одного из этих белков. Результаты превзошли все ожидания. У большинства мышей, которые вследствие ЭАЭ были частично или полностью парализованы, восстановилась подвижность. Кроме того, введение таких антител здоровым животным, судя по всему, предотвращало развитие ЭАЭ при последующих инъекциях основного белка миелина.

Как сообщил Худ в июне прошлого года, он и его коллеги продолжили



РЕВМАТОИДНЫЙ АРТРИТ обусловлен тем, что Т-лимфоциты проникают в сустав и атакуют выстилающую его синовиальную оболочку (слева). На микрофотографии головки бедра в пораженном тазобедренном суставе (справа) видна изъязвленная поверхность, которая должна быть гладкой.

опыты Стайнмана. Они инъектировали мышам с ЭАЭ комбинацию двух антител против Т-клеточных рецепторов. Из 5 животных с далеко зашедшим ЭАЭ 4 поправились, а у 19 из 20 здоровых такие инъекции предотвратили развитие болезни, причем у единственной заболевшей мыши симптомы ЭАЭ были выражены слабо.

Очевидный терапевтический эффект антител в этих опытах дает основание надеяться, что в конце концов удастся разработать аналогичные методы лечения рассеянного склероза и других аутоиммунных заболеваний человека. Однако прежде необходимо еще многое выяснить. «Все же одно животное заболело. Хотелось бы понять, в чем тут дело», — размышлял коллега Худа Д. Заллер. Позже он обнаружил две редко встречающиеся группы близкородственных Т-лимфоцитов с различными рецепторами антигена, которые, по-видимому, размножаются и атакуют нервную систему. Заллер полагает, что какое-то количество таких клеток имеется у животного и в норме. «Весь вопрос в том, каково это количество», — подчеркивает он. Не исключено, что при сенсибилизации иммунной системы к какому-либо антигену редко встречающиеся клеточные клонны начинают интенсивно размножаться, замещая собой клетки, нейтрализованные терапевтическим воздействием.

Активная вакцинация

При терапевтическом воздействии на неадекватно действующую иммунную систему с целью ее коррекции возможна ситуация, когда это воздействие со временем нивелируется самой иммунной системой. Для эффективного лечения необходимо предотвратить такую ситуацию. По мнению Хафлера и некоторых других исследователей, оптимальное решение проблемы состоит в том, чтобы помочь иммунной системе контролировать себя, либо стимулируя механизм су-

прессии, если таковой имеется, либо индуцируя его.

Из всех существующих на сегодняшний день методов наиболее пригодна для этой цели активная вакцинация, предложенная Коэном и его коллегами в начале 80-х годов. Они излечивали крыс с ЭАЭ, инъектируя им обезвреженные клонны миелин-реактивных Т-лимфоцитов, полученных из тканей самих больных животных (клетки предварительно инактивированы химическим воздействием или же облучением). По всей видимости, вследствие вакцинации повышалась чувствительность организма к атакующим миелин клеткам, которые вызывают ЭАЭ. В результате иммунная система подавляла патогенные реакции. Утверждая, что «иммунная система, по-видимому, воспринимчива к Т-клеточной вакцинации», Коэн считает это доводом в пользу представления о супрессии как о нормальном механизме иммунной системы.

В 1988 г. Хафлер и Уайнер первыми проверили пригодность этого подхода для лечения людей. Они провели небольшие клинические испытания (в них участвовали 4 больных рассеянным склерозом в самой тяжелой стадии; обычные методы лечения не приносили им облегчения) с целью установить, безопасна ли для человека активная вакцинация. Обнаружив у больных определенные клонны Т-лимфоцитов, которые, судя по всему, размножались в крови и нервной системе, исследователи растили эти клетки в культуре, подвергали их химическому воздействию, чтобы лишить патогенности, и вводили обратно больным.

Пока что никаких побочных эффектов этого воздействия не проявилось; правда, как отмечает Хафлер, группа испытуемых слишком мала, чтобы можно было делать какие бы то ни было выводы об эффективности лечения. В прошлом году Р. де Фриз из Больницы Лейденского университета

начал аналогичное лечение четырех больных ревматоидным артритом, используя клоны Т-лимфоцитов, полученных из их воспаленных суставов.

Хафлер и Уайннер рассматривают эту свою работу не только как предварительную для проведения впоследствии клинических испытаний в большом масштабе. Они ставили себе задачу получить данные, проясняющие механизм рассеянного склероза. «В опытах *in vitro* нельзя установить, является ли данный антиген мишенью, — подчеркивает Хафлер. — Для этого надо ввести этот антиген снова больному и установить, толерантен ли к нему организм. Только тогда можно судить о роли изучаемого антигена в развитии заболевания».

Казавшаяся столь многообещающей, активная вакцинация целыми Т-лимфоцитами в терапевтических целях имеет существенный недостаток. Процесс получения клеток в достаточных для лечения количествах обходится очень дорого и требует больших затрат труда и времени. Ведь у каждого больного надо выделить соответствующие клетки, затем провести их очистку, вырастить в культуре, инактивировать и подвергнуть определенному химическому воздействию для усиления их антигенностей. «Больных, нуждающихся в таком лечении, сотни тысяч, если не миллионы, а применение клеточных вакцин в столь широких масштабах трудно осуществимо», — замечает Стайнман.

Учитывая это, исследователи помимо активной вакцинации целыми Т-лимфоцитами разрабатывают и совершенствуют методы, в которых используются специфические пептиды (т. е. фрагменты белковых молекул), свойственные Т-клеткам. Их вполне можно синтезировать в больших количествах, достаточных для лечения множества больных.

С. Бростофф и его сотрудники в фирме Immune Response Corporation в Сан-Диего синтезировали короткие пептиды, которые являются фрагментами рецепторов антигена на миelin-реактивных Т-лимфоцитах, вызывающих ЭАЭ. В ноябре 1989 г. они сообщили, что у крыс в результате инъекций этих пептидов развивалась устойчивость в ЭАЭ. По мнению Бростоффа, введенные в организм пептиды вызывают образование группы цитотоксических Т-лимфоцитов, способных узнавать и избирательно подавлять миelin-реактивные клетки. Он заявил, что, хотя до получения полностью пригодного лекарственно го препарата еще далеко, фирма намерена в 1991 г. приступить к проверке

на токсичность пептидов, предназначенных для лечения ревматоидного артрита.

Однако сама идея лечения аутоиммунных заболеваний с помощью пептидов пока остается под сомнением. Летом 1990 г. обсуждались еще не опубликованные данные о потенциальных опасностях этого метода: в опытах на животных введение Т-клеточных пептидов в ряде случаев обостряло течение болезни. Почему воздействие, безопасное в одном случае, оказывается вредоносным в другом? Только когда на этот вопрос найдется ответ, можно будет всерьез заняться разработкой клинического применения пептидного метода.

В основе двух других возможных подходов к лечению аутоиммунных болезней лежат новые представления о природных системах индукции толерантности. Об одном из этих подходов сообщили в сентябре прошлого года А. Наджи и его коллеги из Больницы Пенсильванского университета, которые вызывали у крыс толерантность к инсулину при помощи трансплантов нового типа.

Эти исследователи пытались решить проблему отторжения транспланта, обусловленного тем, что иммунная система организма атакует ткани с чужеродными белками МНС. Трансплантация была предложена для лечения больных инсулинозависимым диабетом, у которых клетки поджелудочной железы, секретирующие инсулин, разрушены вследствие аутоиммунного процесса. К сожалению, хотя работы по пересадке этих клеток у человека начались еще в 70-х годах, никак не удавалось избежать отторжения трансплантата.

Наджи пошел нетрадиционным путем. В экспериментах на животных он пересаживал клетки поджелудочной железы донора в тимус реципиента в надежде, что организм-хозяин «научится» воспринимать ткань трансплантата как «свою». После такой операции животному-реципиенту вводили антитела, убивающие Т-лимфоциты, чтобы истощить имеющийся в организме резерв этих клеток и стимулировать образование новых.

Пересаженные клетки переживали в реципиентном тимусе неопределенно долгое время. Очевидно, они были защищены от иммунной атаки. Более того, если такие же клетки донора пересаживали тому же реципиенту в какое-либо другое место организма, новые трансплантаты тоже не отторгались.

По мнению Наджи, присутствие в тимусе чужеродных клеток стимулировало инактивацию или делению не только тех Т-лимфоцитов, которые

были способны узнавать антигены трансплантата, но и аутореактивных клеток. Он и его коллеги сейчас проверяют, могут ли подобные трансплантаты индуцировать толерантность к тканям, испытывающим аутоиммунную атаку; предварительные данные, похоже, обнадеживают.

Тем временем Уайннер и Хафлер исследовали возможность преодоления аутоиммунной активности на основе явления, получившего название толерантности, индуцированной антигеном. Не один десяток лет известно, что реакция иммунной системы на антиген зависит от того, каким путем тот попадает в организм: часто инъекция антигена вызывает у животного сенсибилизацию или аллергию, а когда тот же антиген поступает в организм с пищей, развивается толерантность к нему. «Съедаемые белки не вызывают ни сенсибилизации, ни аллергии. Если бы это было не так, то приносило бы страшный вред», — говорит Уайннер. Каков механизм толерантности в этом случае — непонятно. Тем не менее Уайннер заявляет: «С помощью этого природного механизма мы пытаемся подавлять аутоиммунные болезни».

В последние годы Уайннер и его коллеги показали, что если крысам, у которых индуцирован ЭАЭ, давать с кормом белки миелина, то течение болезни смягчается. Аналогичные результаты были получены также для экспериментально индуцированных форм артрита иuveита (воспаления сосудистой оболочки глазного яблока). Кроме того, Уайннеру удалось вызвать антиген-специфическую супрессию путем переноса Т-лимфоцитов от толерантных животных.

«На основе этих подходов могут быть разработаны нетоксические антиген-специфичные методы лечения», — считает Уайннер. Он участвует в проведении небольшого экспериментального исследования в Больнице Brigham and Women в Бостоне, в котором больные рассеянным склерозом принимают антигены миелина через рот. Исследователей в данном случае интересует, возникнет ли у испытуемых антиген-специфичная супрессия и повлияет ли это на течение заболевания. Пока картина неясна.

Несмотря на неопределенность ведущих теорий и разногласия между специалистами, в лечении аутоиммунных болезней заметен несомненный прогресс. По иронии судьбы именно та ветвь иммунологии, в которой центральное место занимает толерантность, обернулась против части себя самой, немилосердно пренебрегая существующими теориями супрессии, а то и вовсе отвергая их.

История этой быстро развивающейся области науки показывает, однако, как концепция, никогда не пользовавшаяся популярностью, вдруг обрета-

ет силу. Как знать, быть может, в один прекрасный день слепцы получат цельное представление о слоне.

Наука и общество

Конопля — друг или враг?

ГЛОБАЛЬНОЕ потепление? Исчезновение лесов? Зависимость Соединенных Штатов от иностранной нефти? Мировой голод? Банкротство сберегательных и кредитных банков? Немногочисленная, но довольно активно действующая группа американцев предлагает простое средство для решения всех этих проблем: коноплю, или *Cannabis sativa*, известную как марихуана.

Сторонники легализации марихуаны уже в течение нескольких десятилетий добиваются принятия соответствующего законодательства. Но недавно они активизировались, увязав свои действия с борьбой за охрану окружающей среды. Они, в частности, утверждают, что с одного гектара, засаженного быстрорастущей и выносливой коноплей, из которой получают марихуану, можно выработать больше целлюлозы, чем из деревьев, растущих на той же площади; из конопли можно также получать ткани и при этом наносить меньший вред окружающей среде по сравнению с производством искусственных синтетических волокон или даже хлопка; семя конопли, которое не обладает психотропным действием, по содержанию белка уступает только сою; масло из конопляного семени и его биомасса могут служить источником для получения нового вида горючего.

Идейным вдохновителем этого движения считается Дж. Герер, волосатый верзила из Калифорнии, всем известный наркоман. «Я и сейчас курю марихуану», — прорычал он в трубку во время недавнего интервью по телефону. Герер заявил, что «он мечтает о наркотическом быте», чтобы люди жили в домах, сделанных из прессованных стеблей конопли, читали газеты на бумаге из конопли, носили одежду из ткани, произведенной из конопли, ездили в автомобилях, работающих на конопляном метаноле, и даже за обедом употребляли напиток из конопляного семени.

Пять лет назад Герер написал и опубликовал историю возделывания и употребления конопли. Его книга под названием «Император не носит никакой одежды», по словам самого автора, разошлась более чем 100-ты-

сячным тиражом. В ней, в частности, говорится, что Томас Джефферсон одним из первых из числа ранних переселенцев стал выращивать коноплю на своей ферме и что паруса и ванты американского военного корабля «Конституция» были сделаны из волокон конопли, так же как и первый национальный флаг США, сшитый Бетси Росс, и первые джинсы фирмы Levi.

Действительно, конопля издавна была одной из важнейших сельскохозяйственных культур США, которая использовалась для производства тканей, веревок, бумаги и другой продукции. Как утверждает Герер, ее возделывание было запрещено в 30-е годы и не из соображений угрозы злорадству, а потому что она была неугодна промышленникам (таким как газетный магнат Уильям Херст), предпочитавшим использование дерева и нефтепродуктов. Если бы мы вновь вернулись к производству конопли, говорит Герер, то «это спасло бы планету».

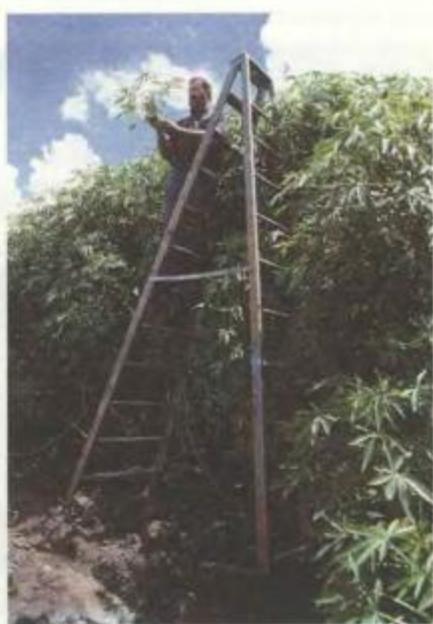
Другие специалисты считают аргументы Герера несколько преувеличенными. Так, Д. Масто из Йельского университета, занимающийся историей нелегального производства и применения наркотиков, указывает, что Херст в своих газетах открыто выступал против всех наркотиков, а не только против марихуаны. К. Джонс из Службы сельскохозяйственных исследований министерства сельского хозяйства США добавляет, что, несмотря на универсальность конопли, все ее производные продукты можно получить из других растений, причем более экономично.

Герер в свою очередь самонадменно заявляет, что готов заплатить 10 тыс. долл. любому, кто сумеет доказать, что он неправ. Он организовал две группы — Коммерческий союз производителей конопли и в оппозицию ему Движение за полный запрет марихуаны, чтобы объективно рассудить спор. Он также широко выступает с лекциями и организует рекламные ралли по стране. В сентябре прошлого года Герер выступил в Мэдисоне (шт. Висконсин) на «фестивале» в защиту марихуаны, на котором присутствовало 14 тыс. человек.

Герер испытывает трудности в

привлечении к своему движению видных деятелей. Тем не менее ему удалось добиться согласия главного прокурора шт. Кентукки Г. Гэлбрейта, чтобы он баллотировался на выборах губернатора в своем штате в 1991 г. на платформе легализации марихуаны. Гэлбрейт, который проводит предвыборную кампанию, разъезжая в автомобиле, работающем на дизельном топливе и конопляном масле, утверждает, что у него есть шансы на победу. Он, в частности, указывает, что в 1983 г. ему удалось получить более 40 тыс. голосов на выборах уполномоченного по продаже сельскохозяйственной продукции, окончившихся для него неудачей, и что популярный в США и на Западе актер Уилли Нельсон поддерживает его кандидатуру на предстоящих выборах. «В политическом смысле, — уверяет Гэлбрейт, который разделяет энтузиазм Герера в отношении легализации курения марихуаны, — я балансирую на острие ножа».

Теперь о кризисе в сфере продажи и легализации марихуаны. План, разработанный упомянутым Коммерческим союзом, призывает к легализации марихуаны, ежегодный объем продаж которой по самым усредненным оценкам составляет в настоящее время 50 млрд долл., а также допускает, чтобы находящиеся на грани банкротства банки поправляли свои дела путем инвестирования средств в торговлю наркотиками. Это можно рассматривать как призыв к созданию совместного предприятия.



КОНОПЛЯ, из которой получают марихуану, может достигать в высоту 3-х м и более всего за три месяца. Фотография представлена Службой сельскохозяйственных исследований США.

Занимательная математика

Сказка о рождественской теореме Ферма



ЯН СТЮАРТ

БЫЛ КАНУН рождества. В холдной, загроможденной столами комнате стрелки старинных часов неумолимо приближались к вертикали, пока не послышался мерный звон,озвестивший об окончании работы. Боб Скрэтчт* промакнул страницу амбарной книги промокашкой Мёбиуса, у которой была только одна сторона и поэтому чернила никогда не пропитывали ее насквозь. Он захлопнул книгу и положил ее на полку. Завтра — праздник. Следующие 4! (факториал) часов —нерабочие. Он надел пальто и шарф, который был уже настолько потертым, что его фрактальная размерность была меньше 2. По пути на выход он прошел мимо конторы хозяина лавки.

— Счастливого рождества, мистер

* В этой сказке все имена действующих лиц придуманы автором по аналогии с именами героев одной из «Рождественских повестей» Ч. Диккенса и поэтому приводятся нами только в транслитерации. — Прим. ред.

Студж, — приветливо сказал он.

— Да брось ты! — проворчал старик. — Лавка закрывается на рождество, Скрэтчт. Ты знаешь, что это значит?

— Это значит, что у нас выходной день, мистер Студж.

— Это значит, Скрэтчт, что у нас завтра не будет покупателей. День без всякого дохода. День, когда наш старый добрый магазинчик «Математические редкости» не выручит ни копейки.

Едва ли это был подходящий момент, но Скрэтчт обещал жене спросить...

— Э-э..., сэр?

— Ну что еще?

— Вы обещали мне небольшую рождественскую премию, сэр. Это для Джима, сэр, моего младшего, он у меня вечно капризничает, сэр. Ну, совсем небольшую...

— Премию? Премию! Еще одно слово Скрэтчт, и ты уволен!

Скрэтчт ушел расстроенный. Однако к тому времени, когда он дошел до дома, рождественское веселое на-

строение взяло верх, и жизнь сразу представилась ему более радостной.

— Как, никаких подарков? — воскликнул Джим.

— Придется обойтись без подарков, сынок, — сказал Скрэтчт, чувствуя, как его хорошее настроение затухает по экспоненте.

— Я хочу подарок! Новую теорему! Или в крайнем случае какую-нибудь поддержанную лемму. У Чарли Пикенса есть прекрасная лемма. Да что там, даже гипотеза лучше, чем ничего!

— Мне очень жаль, Джим, но мистер Студж не хочет расставаться со своими гипотезами. Боюсь, что мне не выбрать из него даже прямого противоречия. У меня совершенно ничего нет.

— Твой недостаток, папа, в том, что у тебя нет честолюбия. Ты должен попроситься в Пифагоровский комиссионный магазин.

— Я не гордый человек, Джим, но я никогда не унижуся до того, чтобы продавать понюшенные прямоугольные треугольники с перевернутой гипотенузой! — Скрэтчт заставил себя успокоиться. — Нам придется довольствоваться традиционным пудингом, оставшимся еще с Пасхи, и ты будешь рад и этому, как все другие. Ну, а если повезет, то может быть я откопаю старый парадокс, подаренный мне твоей матерью. Свежая подкладка из логики — и он будет как новенький.

— Интуитивная логика? — с надеждой в голосе спросил Джим. — Не просто обычная ерунда, типа ложь — истина?

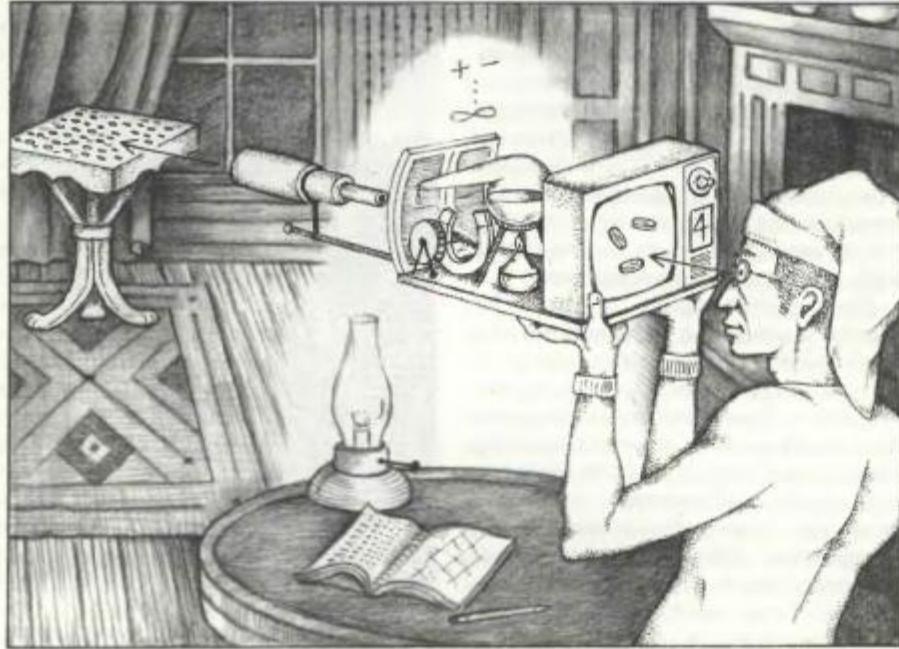
— Блестящая идея, мой мальчик, — согласился Скрэтчт.

Джим удалился, на время умирающий, оставил Скрэтчта в лихорадочных попытках найти утверждение, истинность или ложность которого было бы невозможно установить. Он решил позвонить мистеру Студжу, чтобы попросить у него истинное логическое утверждение, но коммутатор ответил ему, что телефон отключен, поскольку им слишком редко пользуются.

В неприбранной квартире на другом конце города мистер Студж устроился поуютнее в постели; в голове его мелькали мысли о доходах и налогах.

Он проснулся, когда холодный ветер зашевелил шторы и задребезжал по оконным стеклам. Он вскочил с кровати, чтобы закрыть окно, но с удивлением увидел, что оно уже было закрыто. Откуда же ветер?

— Стуууджж, — послышался зловещий голос. Студж бросился обратно в постель и закрылся с головой одеялом.



Студж посмотрел через модулоскоп на 147 монет, лежавших на ночном столике

— Кто ... кто ты?

— Я, — промычал голос, — дух теорем прошлого. Я пришел, чтобы взять тебя с собой, Студж! — дух протянул свою лишенную плоти руку, и Студж нехотя коснулся ее.

Внезапно они очутились в комнате, отделанной красным деревом. Человек в черном платье писал что-то гусиным пером.

— Где мы? — спросил Студж.

— Франция. Рождество, ровно 350 лет тому назад.

— Кто этот тип в черном?

— Джентльмен в парике, Студж, — великий математик Пьер Ферма, больше всего известный своей недоказанной «последней» теоремой, и один из основоположников теории чисел. Он пишет письмо своему приятелю Марину Мерсенну. Если бы мы вернулись в настоящее, то могли бы прочитать письмо в подлиннике, оно датировано 25 декабря 1640 года. В письме сообщается об удивительном открытии.

— И что же это было за открытие?

— Оно известно как рождественская теорема Ферма. Некоторые простые числа могут быть представлены в виде суммы квадратов двух чисел: например,

$$5 = 1 + 4 = 1^2 + 2^2$$

или

$$13 = 4 + 9 = 2^2 + 3^2.$$

Другие же простые числа невозможна представить в этой форме: например, 3 или 11. Ферма нашел способ различать эти простые числа.

Студж достал из кармана затрапанную записную книжку и начал считать. Вскоре он решил задачу для всех чисел меньших 100 (см. таблицу вправу спра).

— Ты подметил закономерность? — спросил дух теорем прошлого. Студж покачал головой: — Ну ладно, раз сегодня рождество, я дам тебе две подсказки. Во-первых, нужно не обращать внимания на простое число 2, которое является исключением. (Это ведь единственное четное среди всех простых чисел!) Во-вторых, нужно рассматривать остаток от деления на 4. Каждое нечетное простое число больше какого-нибудь числа, кратного 4, либо на 1, либо на 3; т. е. его можно представить либо в виде $4k + 1$, либо $4k + 3$. Например, $5 = 4 \times 1 + 1$ представляется в форме $4k + 1$.

Студж добавил новый столбец к своей таблице, показывающей, в какой форме представления относится каждое простое число, $4k + 1$ или $4k + 3$; теперь среди простых чисел уже просматривалась закономерность.

— Простые числа, представимые в

виде суммы квадратов, как будто выражаются в форме $4k + 1$, — сказал Студж с удивлением. — Кроме 2, число, которое, по вашим словам, представляет исключение.

— Отлично. Дело в том, что Ферма не просто догадался об этом; он это доказал. По крайней мере, он наметил путь доказательства.

Уже после того, как дух теорем прошлого растворился в воздухе, Студж услышал, как он пробормотал:

— Леонард Эйлер точно доказал это, где-то в 1754 году или около того...

Студж очнулся опять в своей холловой спальне. Он попытался уснуть, но странная теорема Ферма продолжала крутиться у него в голове. Простые числа. Суммы двух квадратов. Остатки от деления на 4. Можно сойти с ума! Он поворачивался с боку на бок, сходил в кухню подкрепиться, но так и не смог уснуть.

Так же не мог заснуть в своей менее удобной кровати Боб Скрэтчт. Он все думал, где бы ему успеть отыскать истинное логическое заключение, чтобы успеть сделать Джиму рождественский подарок.

Студж наконец заснул, но уже через $29 = 4 + 25$ секунд услышал страшное завывание и последовавший за этим громкий взрыв. Может быть, это пастор Сноуз опять швырнул свой ночной горшок в кошку вдовы Клини? Да нет, похоже, что шум был в его собственной спальне. Студж почувствовал, как трясется от страха. Перед ним возникло светящееся тело.

— Я, — прогремело видение, — дух прозрений грядущего.

— Делай со мной что хочешь, подлый негодяй, я слишком устал, чтобы сопротивляться.

Дух прозрений грядущего, положив на стол коробочку, скомандовал:

— Открой ее.

Внутри Студж обнаружил нечто похожее на телевизионный экран и вертушку, наподобие телефонной. Он взял устройство в руки:

— Что это?

— Модулоскоп. Он позволяет игнорировать то, что тебя не интересует, чего ты не хочешь видеть.

— Как бедных людей, например? Я это и так делаю все время.

— Зато с помощью модулоскопа ты сможешь взглянуть на вещи в необычном свете, в отрыве от привычной логики. В частности, если с помощью вертушки настроить устройство на какое-то число, то не увидишь ни одного числа, кратного ему. Настрой прибор на «канал 4» и посмотри на пальцы моих рук. Сколько пальцев ты видишь?

ПРОСТОЕ ЧИСЛО	СУММА КВАДРАТОВ?	$4k + 1$ ИЛИ $4k + 3$?
2	$1^2 + 1^2$	ИСКЛЮЧЕНИЕ
3	нет	$(4 \times 0) + 3$
5	$1^2 + 2^2$	$(4 \times 1) + 1$
7	нет	$(4 \times 1) + 3$
11	нет	$(4 \times 2) + 3$
13	$2^2 + 3^2$	$(4 \times 3) + 1$
17	$1^2 + 4^2$	$(4 \times 4) + 1$
19	нет	$(4 \times 4) + 3$
23	нет	$(4 \times 5) + 3$
29	$2^2 + 5^2$	$(4 \times 7) + 1$
31	нет	$(4 \times 7) + 3$
37	$1^2 + 6^2$	$(4 \times 9) + 1$
41	$4^2 + 5^2$	$(4 \times 10) + 1$
43	нет	$(4 \times 10) + 3$
47	нет	$(4 \times 11) + 3$
53	$2^2 + 7^2$	$(4 \times 13) + 1$
59	нет	$(4 \times 14) + 3$
61	$5^2 + 6^2$	$(4 \times 15) + 1$
67	нет	$(4 \times 16) + 3$
71	нет	$(4 \times 17) + 3$
73	$3^2 + 8^2$	$(4 \times 18) + 1$
79	нет	$(4 \times 19) + 3$
83	нет	$(4 \times 20) + 3$
89	$5^2 + 8^2$	$(4 \times 22) + 1$
97	$4^2 + 9^2$	$(4 \times 24) + 1$

Какие простые числа являются суммами квадратов?

— Два. А куда девались остальные восемь?

— Модулоскоп первым делом вычитает восемь пальцев, поскольку 8 это наибольшее кратное 4, которое меньше 10; затем он показывает оставшиеся два пальца. Математики описывают работу устройства более лаконично: «10 по модулю 4 равно 2».

Студж посмотрел через модулоскоп на 147 монет, лежащие на его столике. Увидев лишь три, он вскрикнул. Убрав модулоскоп, он с облегчением обнаружил, что все его монеты были на месте.

— Перестань играться, — строго приказал дух. — Оставь устройство настроенным на канал 4, достань свою записную книжку и взгляни на таблицу простых чисел. Что ты видишь?

— Ничего, кроме единиц и троек, и еще двойку, которая представляет исключение. Каждое простое число, являющееся суммой квадратов, выглядит как 1; все простые числа, не являющиеся суммами квадратов, выглядят как 3! Но, конечно же, здесь срабатывает условие $4k + 1$ или $4k + 3$ — либо 1, либо 3, если брать по модулю 4.

На мгновение он задумался.

— Но я все же не пойму, почему значение простого числа, взятое по модулю 4, оказывается важным.

— Вместо простых чисел, посмотри-ка на квадраты.

Студж пристально рассмотрел таблицу через модулоскоп. Последовало долгое молчание.

— Все, что я вижу, — сказал он наконец, — это что уравнение $1 = 1 + 0$ повторяется снова и снова.

— Да. А почему, ты понял?

— Потому что квадраты по модулю 4 могут быть лишь нулями и единицами?

— Вот именно. Если возвести в квадрат четное число, то получишь кратное четырем, которое через модулоскоп будет выглядеть как 0. Если же возвести в квадрат нечетное число, то любой результат — 1, 9, 25, 49 — будет на 1 больше кратного 4. Поэтому суммы квадратов по модулю 4 будут выглядеть как $0 + 0 = 0, 0 + 1 = 1$, либо $1 + 1 = 2$. Чего не хватает?

— Трех, — сказал Студж.

— Правильно. Сумма двух квадратов, взятая по модулю 4, может быть равна 0, 1 или 2, но никогда 3. Поэтому простые числа (на самом деле вообще любые числа) вида $4k + 3$ никак не могут быть суммой двух квадратов. Теперь ты видишь, почему модуль 4 играет важную роль? — с этими словами дух начал испаряться.

— Не уходи! — в отчаянии вскрикнул Студж. — Все это очень хорошо, но это еще не доказывает, что все простые числа вида $4k + 1$ представимы в виде суммы двух квадратов, не правда ли? Мы доказали только, что другие не представимы.

Послышался едва слышимый ответ:

— Ты прав, но спасение близко. Не оставляй модулоскоп и ждииии...

Черт возьми, подумал Студж, сейчас, наверное, явится еще один дух. Беда не приходит одна, бог любит троицу. Он закричал, глядя в потолок:

— Ну, давай, материализуйся, я не хочу ждать всю ночь!

— Я дуухх — апчи!

— Что?

— Я дух доказательств настоящего. Здесь как в морозилке! Ты что, никогда не топишь камин? — Дух громко высыпался в завиток эктоплазмы.

— Ты пришел ко мне, чтобы показать, как доказывается, что каждое простое число вида $4k + 1$ является суммой двух квадратов?

— Ну да, братец! У нас у духов иногда очень странная работа. Однажды время уходит, Студж. Настройся на канал 17, и все будет замечательно! — величественным жестом дух доказательств настоящего достал пластмассовую дощечку, поделенную на квадраты, и положил ее на столик. — Я продемонстрирую тебе доказательство для числа 17, но тот же метод применим и в общем случае. Идея в том, чтобы отвлечься от простых чисел и начать с сумм квадратов. Эта специальная пластинка содержит в себе всевозможные суммы двух квадратов; в ячейке на пересечении столбца x и строки y записана сумма $x^2 + y^2$. Посмотри на пластинку через модулоскоп. Что ты видишь?

— Множество чисел от 0 до 16, они заполняют все пространство.

— Ах да, я забыл. Возьми-ка этот фломастер и обведи кружком каждый 0, который увидишь, договорились?

Получив любопытную периодическую картинку из кружков (см. рисунок внизу), Студж уставился на нее и с недоумением покачал головой.

— Тут есть скрытая закономерность, — сказал дух. — Сейчас мы раскрасим часть кружков красным, остальные зелеными... Теперь видишь что-нибудь?

— Ну и ну! Да это же две правильные решетки, наложенные одна на другую.

— Правильно. Они так и называются решетками. Отмеченные нами цветные точки все являются точками (x, y) в столбце x и строке y , такие что $x^2 + y^2$ являются кратными 17. Теперь посмотри на красную решетку и скажи мне, какая точка ближе всего к началу координат (столбец 0, строка 0)?

— Это легко. Столбец 1, строка 4.

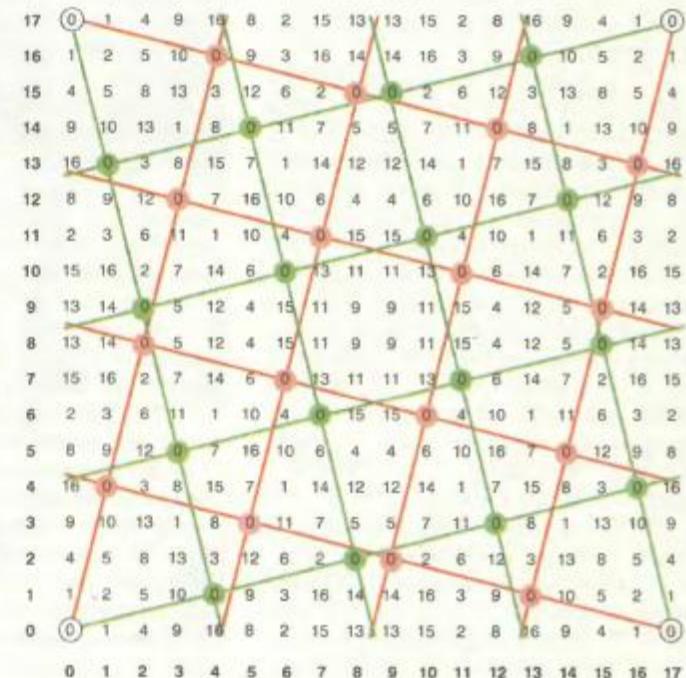
— И соответствующая сумма квадратов, кратная 17?

— $1^2 + 4^2 = 17$ — это же и есть 17! Теперь я вижу! Ты показал мне, что точка на красной решетке, ближайшая к началу координат, решает задачу представления числа 17 в виде суммы двух квадратов!

— Совершенно верно. Зеленая решетка тоже работает, но она дает решение $4^2 + 1^2$, в обратном порядке. Попробуем еще: настрой свой прибор на этот раз на канал 41. Получается ли все так же?

— Да. Смотри-ка, здесь опять две решетки, наложенные одна на другую.

17	289	290	293	296	305	314	325	336	353	370	389	410	433	458	465	514	545	578
16	256	257	260	265	272	281	292	305	320	337	356	377	400	425	452	481	512	545
15	225	226	229	234	241	250	261	274	289	306	325	346	369	394	421	450	481	514
14	196	197	200	205	212	221	232	245	260	277	296	317	340	365	392	421	452	485
13	169	170	173	178	185	194	205	218	233	250	280	290	313	338	365	394	425	458
12	144	145	148	153	160	169	180	193	208	225	244	265	288	313	340	369	400	433
11	121	122	125	130	137	146	157	170	185	202	221	242	265	290	317	346	377	410
10	100	101	104	109	116	125	136	149	164	181	200	221	244	269	296	325	358	389
9	81	82	85	90	97	106	117	130	145	162	181	202	225	250	277	306	337	370
8	64	65	68	73	80	89	100	113	128	145	164	185	208	233	260	289	320	353
7	49	50	53	58	65	74	85	98	113	130	149	170	193	218	245	274	305	338
6	36	37	40	45	52	61	72	85	100	117	136	157	180	205	232	261	292	325
5	25	26	29	34	41	50	61	74	89	106	125	146	169	194	221	250	281	314
4	16	17	20	25	32	41	52	65	80	97	116	137	160	185	212	241	272	305
3	9	10	13	18	25	34	45	58	73	90	109	130	153	178	205	234	265	298
2	4	5	8	13	20	29	40	53	68	85	104	125	148	173	200	229	260	293
1	1	2	5	10	17	26	37	50	65	82	101	122	145	170	197	226	257	290
0	0	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	144	169	196	225	256	289



Суммы квадратов (слева) и та же таблица при наблюдении через канал 17 модулоскопа (справа)

гую! — сказал Студж. — И ближайшая к центру точка красной решетки расположена в столбце 4, строке 5, а $4^2 + 5^2$ как раз равно 41!

— Великолепно! Тебе будет очень интересно попробовать другие каналы модулоскопа. Выбери какое-нибудь простое число p и отметь все позиции (x, y) , в которых $x^2 + y^2$ является числом, кратным p . В каждом случае будет получаться две решетки, хотя, наверное, ты бы этого не заметил, если бы я не сказал тебе об этом. Но я — дух доказательства настоящего, а не просто дух примеров! Я должен объяснить, почему возникают две решетки и почему точка решетки, ближайшая к началу координат, всегда решает задачу. Сначала — о существовании двух решеток. Это зависит от квадратного корня из -1 .

— Я думал, что -1 не имеет квадратного корня, — прервал Студж.

— А-а. В самом деле, ни одно действительное число не может при возведении в квадрат дать -1 , поэтому было изобретено специальное новое число i , такое что $i^2 = -1$ и родилась система комплексных чисел. Но, если ты располагаешь модулоскопом, тебе не нужны комплексные числа. — Он написал что-то на пластмассовой пластинке. — Взгляни-ка на это через свой модулоскоп, настроенный на канал 17.

Студж посмотрел. На пластинке было написано:

$$x^2 + y^2 = (x + 4y)(x - 4y).$$

— Удивительно? Однако многое выглядит удивительно при наблюдении через модулоскоп до тех пор, пока не интерпретировать результат правильно, с учетом устройства модулоскопа. Из обычной алгебры нам известно, что $(x + 4y)(x - 4y) = x^2 - 16y^2$. Но через модулоскоп -16 тождественно $17 - 16$ (поскольку числа, кратные 17 , остаются невидимыми), но это просто 1 . Поэтому при наблюдении через модулоскоп $x^2 - 16y^2 = x^2 + y^2$.

— Точки, которые ты отметил, — продолжал дух, — это те, которые при наблюдении через модулоскоп удовлетворяют уравнению $x^2 + y^2 = 0$, но это уравнение по модулю 17 раскладывается на множители $(x + 4y)(x - 4y) = 0$, а следовательно, $x = -4y$ или $x = 4y$. Каждый множитель соответствует одной решетке. Красная решетка задается уравнением $x = -4y$, а зеленая — уравнением $x = 4y$. Все это по модулю 17 , разумеется. Теперь посмотри на решетки и проверь. Например, на зеленой решетке ты обнаружишь все точки $-(4, 1), (8, 2), (12, 3), (16, 4)$ и так

Доказательство теоремы Минковского о двух квадратах

Докажем, что p есть простое число вида $4k + 1$, тогда p можно представить как сумму квадратов.

Допустим, что p есть простое число вида $4k + 1$.

Найдем все точки (x, y) , где $x^2 + y^2$ кратно p .

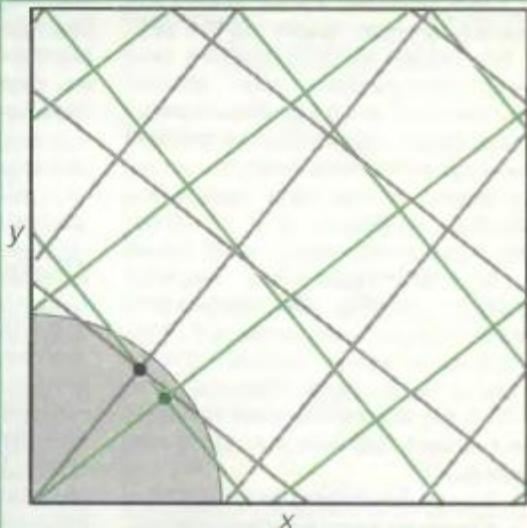
Выберем одну из двух решеток, образованных точками (x, y) .

Площадь параллелограммов в каждой решетке равна числу p квадратов.

Начертим окружность с центром в начале координат и радиусом заведомо большим, чем \sqrt{p} , скажем $1,2\sqrt{p}$.

Площадь круга равна $1,44\pi p = 4,52p$, что больше чем $4p$.

По теореме Минковского окружность включает ненулевую точку (x, y) решетки.



По определению $x^2 + y^2$ кратно p , но поскольку точка (x, y) находится внутри круга, $x^2 + y^2 \leq 1,44p$.

Единственное ненулевое число, кратное p , т. е. меньше или равно $1,44p$, есть само p , поскольку следующее наименьшее кратное есть $2p$, которое слишком большое. Тогда $x^2 + y^2$ точно равно p и тем самым теорема доказана.

далее, — удовлетворяющие уравнению $x = 4y$.

— Это первая важная идея. При наблюдении через модулоскоп, настроенный на канал 17, число -1 имеет квадратный корень, а именно -4 ! В самом деле, $4^2 + 1 = 17 = 0$. А это непосредственно приводит к существованию двух решеток. В точности то же самое справедливо по отношению к любому простому числу вида $4k + 1$. А это в свою очередь точно те простые числа, по модулю которых -1 имеет квадратный корень. Ты готов ко второй важной идее?

— Всегда готов, — ответил Студж.

— Каждая решетка состоит из одинаковых параллелограммов. (В данном случае параллелограммы представляют собой покосившиеся квадраты, однако для многих других решеток это не так, поэтому мы будем называть эти фигуры параллелограммами.) Какова площадь такого параллелограмма? Попробуй несколько примеров.

Студж почекал в своей записной книжке.

— При $p = 17$ параллелограмм имеет площадь 17 квадратных единиц.

А при $p = 41$ площадь составляет 41 квадратную единицу. Я думаю, что в общем случае для простого числа p площадь параллелограмма должна составлять p квадратных единиц.

— Это действительно так, хотя я не стану этого сейчас доказывать. Но, возможно, тебе интересно, почему я обратил внимание на площадь параллелограмма.

— Да, я подумал об этом.

— Это связано с теоремой, доказанной Германом Минковским, русским математиком, преподававшим в Германии. Он изобрел пространство (пространство Минковского), которым воспользовался Эйнштейн в своей теории относительности. Минковскому пришла в голову блестящая идея, касающаяся решеток. На первый взгляд она тривиальна: если площадь параллелограмма относительно мала, то узловые точки решетки должны быть недалеко друг от друга. Поэтому некоторые из них должны оказаться совсем proximity от начала координат. Он доказал теорему, сформулировав строго свою идею. Предположим, у нас есть решетка,

образованная параллелограммами, и предположим также, что мы нарисовали окружность с центром в начале координат. Теорема Минковского гласит, что если площадь круга по меньшей мере в четыре раза превосходит площадь параллелограмма, то найдется по крайней мере одна узловая точка решетки, кроме начала координат, которая лежит внутри круга. Мы можем воспользоваться теоремой Минковского для доказательства того, что ближайшая к началу координат точка решетки решает задачу представления простого числа p в форме суммы двух квадратов. Возьмем, например, $p = 17$. Площадь параллелограмма также равна 17. Возьмем окружность немного большего радиуса, чем квадратный корень из 17, скажем, радиуса 5. Тогда площадь круга составит $5^2\pi = 25\pi = 78,54$, что больше $4 \times 17 = 68$, так что условия теоремы Минковского соблюдены. Пока все правильно?

— Слежу за каждым словом.

— Согласно теореме Минковского, точка решетки, не лежащая в начале координат, находится внутри круга. Назовем ее (x, y) . Тогда сумма $x^2 + y^2$ меньше или равна квадрату радиуса окружности. Другими словами, $x^2 + y^2 \leq 25$. Однако для точек решетки $x^2 + y^2$ кратно 17. Это кратное не является нулем, поскольку данная точка решетки не совпадает с началом координат. Какие ненулевые кратные 17 меньше или равны 25?

— Само число 17, — сказал Студж. — Больше никаких.

— Вот именно! Поэтому $x^2 + y^2$ должно быть равно в точности 17, и это есть решение задачи. Тот же метод работает и в общем случае, — похвастался дух (см. иллюстрацию вверху в рамке). — Дальновидная идея Минковского породила новую ветвь математики, названную геометрией чисел, по названию его книги, написанной в 1896 г. Здесь применяется геометрия для изучения теории чисел. Казалось бы, эти области слабо связаны друг с другом! Другое приложение геометрии чисел — теорема о четырех квадратах: каждое целое положительное число (простое или нет) является суммой четырех квадратов. Однако пусть эта задача не даст тебе покоя до следующего рождества, Студж.

Наконец Студж смог немножко расслабиться, буря в его утомленном мозгу утихла. Уже засыпая, он вспомнил Боба Скрэтчта. Придя в необычно добродушное расположение духа, он решил в будущем быть добре к своему служащему.

Но когда именно в будущем, он не решил.

В рождественское утро Джим проснулся в хорошем настроении.

— Папа, папа! Ты достал мне старый мамин парадокс с новой подкладкой из интуитивной логики, а пап? Ну, такой, с промежуточным логическим значением?

— Понимаешь ли, — сказал Скрэтчт. — Это не так просто, сынок. — Он протянул Джиму потрепанную картонную коробку, подыскивая слова, которые могли бы остановить пронзительные вопли Джима.

— Я не уверен, смог ли я это сделать.

Это был миг удачи. Или, может быть, сам дух прозрений грядущего сел ему на плечо и прошептал подсказку на ухо. Потому что лицо Джима внезапно озарилось, как рождественская елка.

— Папочка, ты смог это сделать!

— Ну действительно, едва ли придумаешь более промежуточное значение истины, чем то, что выбрал Скрэтчт в своем ответе.

Наука и общество

Похожи ли близнецы?

В ЗАПАДНОЙ Виргинии живут два врача — Джон Брик и Джеймс Брик, являющиеся одногенетическими (монозиготными) близнецами, что доказано путем специального анализа крови. Однако Джон всегда отличался большим аппетитом, и в талии он потолще Джеймса. Недавно в «The New England Journal of Medicine» братья опубликовали статью, в которой описывают свой случай. На страницах этого журнала неоднократно появлялись работы, в которых утверждалось, что у человека масса тела, подобно многим другим признакам, определяется в основном генетически. Но если это так, вопрошают близнецы Брик, то почему же один из них крупнее другого?

В самом деле, почему? Одногенетические близнецы считаются полностью идентичными и потому служат центральным объектом при изучении относительной роли питания и воспитания, с одной стороны, и врожденных задатков — с другой. При этом предполагается, что различия в физиологии или поведении между одногенетическими близнецами обусловлены влиянием внешней среды.

Однако уже от рождения монозиготные близнецы могут значительно различаться физиологически и даже генетически. Психиатр Э. Торрей из Национального института психического здоровья США отмечает, что врожденные различия между близнецами (с такими различиями, вероятно, и связано несходство братьев Брик) недооцениваются даже специалистами по «близнецовым» исследованиям; об этом он не раз говорил на последних научных конференциях.

Одногенетические, или монозиготные, близнецы, составляющие около 0,5% населения, называются так потому, что развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки (зиготы), которая сразу после оплодотворения поделилась с образованием двух самостоя-

тельных зигот. (Двуяйцевые, или дизиготные, близнецы рождаются в том случае, если две яйцеклетки были оплодотворены каждая отдельным сперматозоидом и развились обе зиготы.) Согласно Торрею, в ходе развития монозиготных близнецов в утробе матери в 10—20% случаев один плод получает больше кислорода и питательных веществ, чем другой. В результате при рождении близнецы могут сильно различаться по массе, порой вдвое. Кроме того, может случиться так, что из двух зародышей только один подвергается воздействию вирусов, бактерий или принимавшихся матерью лекарств. Эффект этих воздействий может быть долговременным. Бывает, что лишь один из близнецов имеет плодный алкогольный синдром (пороки развития, обусловленные алкоголизмом родителей) или поражен талидомидом (это лекарство — канцероген).

Генетические различия между монозиготными близнецами возможны по нескольким причинам. В экстремальном случае при делении оплодотворенной яйцеклетки одна из образующихся зигот утрачивает целую хромосому или получает лишнюю. Вследствие хромосомных нарушений возникают различные физические и психические расстройства, например синдром Дауна; не исключено даже изменение пола плода.

Хромосомные различия между близнецами все же довольно редки, и их легко выявить. Но при внешней одинаковости возможны те или иные тонкие генетические различия, сказывающиеся на физиологии либо поведении; такие случаи трудно распознать путем анализа крови, используемого для установления монозиготности.

Точка зрения Торрея ведет к важному выводу. Исследования монозиготных близнецов, которые после рождения попадали в разную обстановку, уже показали, что факторы внешней среды — питание, воспитание и др. —

играют относительно небольшую роль в формировании таких признаков, как масса тела и умственные способности. Что, если роль условий роста и воспитания еще меньше? «Вполне вероятно», — считает Торрей.

Сахар лечит?

Для нормальной деятельности сердца нужен постоянный кровоток. Без поступления кислорода с кровью в клетках сердца полностью распадаются вещества, служащие источником энергии. После инфаркта или операции на сердце, даже если кровоток восстанавливается, заживление протекает медленно. Требуется примерно 10 суток, чтобы сердце восполнило свои энергетические запасы и вновь обрело способность к ритмичным сокращениям.

Кардиолог Дж. Фоукер из клинической больницы Миннесотского университета в Миннеаполисе полагает, что нашел причину этой задержки. Когда сердце лишается притока крови, молекулы основного внутриклеточного носителя энергии — аденоzinтрифосфата (ATP) — теряют свои макроэргические химические связи, образуя монофосфат, который распадается далее и вымывается из сердечной ткани, так что возможности синтеза ATP сокращаются до случайных.

Фоукер решил попытаться вернуть обратно в сердце продукты распада ATP, чтобы обеспечить его производство. Один из компонентов ATP — сахар рибозу — вводили собакам во время или после операции на сердце, и в результате уровень ATP в сердечной ткани достигал нормальной величины уже через 24 ч. Однако рибозу вводили в течение еще 5 суток, чтобы предотвратить новое снижение уровня ATP. Основываясь на этом исследовании, Фоукер в 1988 г. получил патент за свой метод «стимуляции восстановления при ишемии», т. е. при локальной анемии, вызванной прекращением кровоснабжения.

«Состояние подопытных животных улучшается, — заявил директор кардиохирургических исследовательских лабораторий Миннесотского университета Р. Бянко. — Успех очевиден: в экспериментах с контролем лаборанты не знают, какие особи получают рибозу, а какие — нет, но к концу опыта они это всегда могут определить просто на глаз».

Из врачебной практики известно, что рибоза оказывает положительное действие и на людей. «Думаю, дети, которым в больнице сахар дополнительно не давали, дома ели его вволю», — говорит С. Эйнзиг, возглавляющий детское кардиологическое отделение клиники в Университете

Западной Виргинии в Моргантауне. Он вводил детям рибозу внутривенно по максимально поддерживающей схеме, чтобы усилить обычную медикаментозную терапию. «Рибоза может рассматриваться как питательное дополнение», — отметил Эйнзиг. Этот сахар изучался в 50-х годах на предмет использования при диабете, и было показано, что он не обладает токсическим действием.

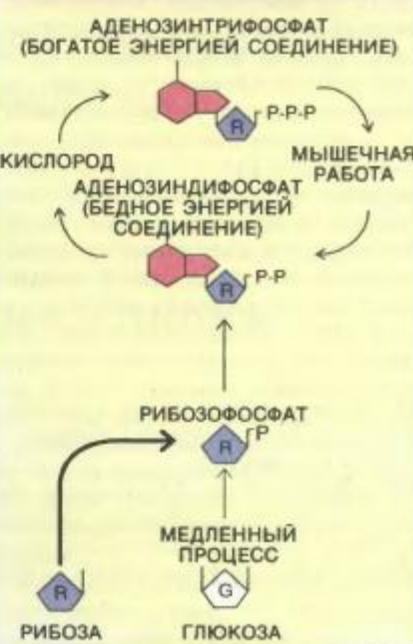
Несмотря на то что Управление по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) санкционировало введение рибозы тем, кто перенес операцию на открытом сердце или инфаркт (за год в США таких операций делается 300 тыс., а инфаркт переносят 500 тыс. человек), но провести это в таких масштабах далеко не просто. «Еще недостаточно продемонстрировать феномен, подобный повышению уровня ATP, — заявил Р. Липики, руководящий в FDA отделом по кардиологическим и урологическим препаратам. — Необходимо показать, что средство улучшает самочувствие пациентов или снижает смертность среди них».

По мнению Фоукера, чтобы доказать эффективность рибозы, потребуется новый способ количественной оценки сердечной деятельности. Поэтому небольшая фирма Bioenergy Inc., которую он организовал, чтобы поставить на коммерческую основу применение рибозного метода, последние два года занималась созданием специального компьютерного обеспечения для подкрепления доказательств своих наблюдений. Эта фирма сейчас разрабатывает серию программ для интерпретации данных эхокардиограмм высокого разрешения. Если такая система хорошо зарекомендует себя, она найдет применение и во многих других случаях, помимо анализа действия рибозы.

Цель Bioenergy Inc. — обеспечить точную интерпретацию результатов регистрации диастолы, т. е. способности сердечных камер расслабляться и наполняться кровью. «Расслабление является наиболее подходящим процессом для оценки функционирования сердца», — поясняет терапевт Д. Скортон из Университета шт. Айовы. Дело в том, что недостаток питательных веществ оказывается на способности сердца расслабляться раньше, чем на его систоле, т. е. сокращениях. Кроме того, на систолу сильно влияют такие изменчивые факторы, как кровяное давление и уровень циркулирующих гормонов.

Имеющиеся на сегодняшний день способы оценки диастолы слишком сложны, чтобы их можно было практически применять где-либо, кроме

РИБОЗА УСКОРЯЕТ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ЭНЕРГИИ В СЕРДЦЕ



исследовательской лаборатории. Методы, которые являются достаточно прямыми, чтобы использовать их в отделениях интенсивной терапии или клиниках, позволяют получить данные лишь о скорости кровенаполнения сердца. «Мы надеемся выйти за эти пределы, т. е. создать неинвазивный, но надежный и безупречный с научной точки зрения диагностический метод», — сказал кардиолог Д. Хоманс из Миннесотского университета, участвующий в разработках фирмы Bioenergy Inc., которая сейчас сравнивает компьютерное обеспечение для анализа эхокардиограмм с признанными системами ультразвукового обследования. Хоманс планирует измерение таких характеристик, как толщина и эластичность стенок, геометрия камер и общий объем сердца.

Знание этих параметров поможет провести корректное и точное сравнение действия рибозы у больных с различными состояниями сердца и получающих различные лекарства. Но прежде, чем программы, разработанные в Bioenergy Inc., войдут в медицинскую практику, фирма должна сбрасывать данные, удовлетворяющие требованиям FDA; а для этого, как замечает Хоманс, понадобится большая работа на животных.

К концу 1990 г. Bioenergy Inc. ожидала решения того, какая из крупных фармацевтических компаний будет проводить клинические испытания рибозы. Если метод окажется эффективным, когда-нибудь этот сахар будет применяться в виде таблеток — не таких сладких, как обычный сахар, но зато не горьких.

Книги

Первое путешествие на автомобиле; история телекоммуникаций; миграция животных



ФИЛИП И ФИЛИС МОРРИСОН

M. Бингем. Берта Бенц и автомобиль: РАССКАЗ О ПЕРВОМ ПУТЕШЕСТВИИ НА АВТОМОБИЛЕ
Berta Benz and the Motorwagen: the Story of the First Automobile Journey,
by Mindy Bingham. Illustrated by Itoko Maeno. Advocacy Press, 1989 (\$ 14.95).

РАННИМ августовским утром 1888 г. фрау Берта Бенц и двое ее сыновей-подростков выкатили из-под навеса «Модель 3». Чтобы не разбудить отца, они откатили машину от дома и лишь после этого завели небольшой, но сильно таращевший двигатель. Затем все трое поехали к бабушке, дом которой находился среди холмов в 90 км от Гейдельберга.

Их машина была одним из трехколесных автомобилей Карла Бенца, которые в те времена вместе с машинами Густава Даймлера были единственными действующими автомобилями в мире. Участники безобидного заговора ехали со скоростью около 25 км в час по дороге, которой были неведомы моторы.

У троих путешественников был небогатый водительский опыт. Сам Карл Бенц еще никогда не выезжал за пределы отведенных для поездок улиц и дальше железнодорожного вокзала в Мангейме, располагавшегося в полукилометре от дома. В семействе Бенцев лишь смелая и независимая Берта понимала, что будущее, которое они предрекали этим автомобилям

лям, не придет до тех пор, пока не удастся поразить воображение публики. Такой день настал.

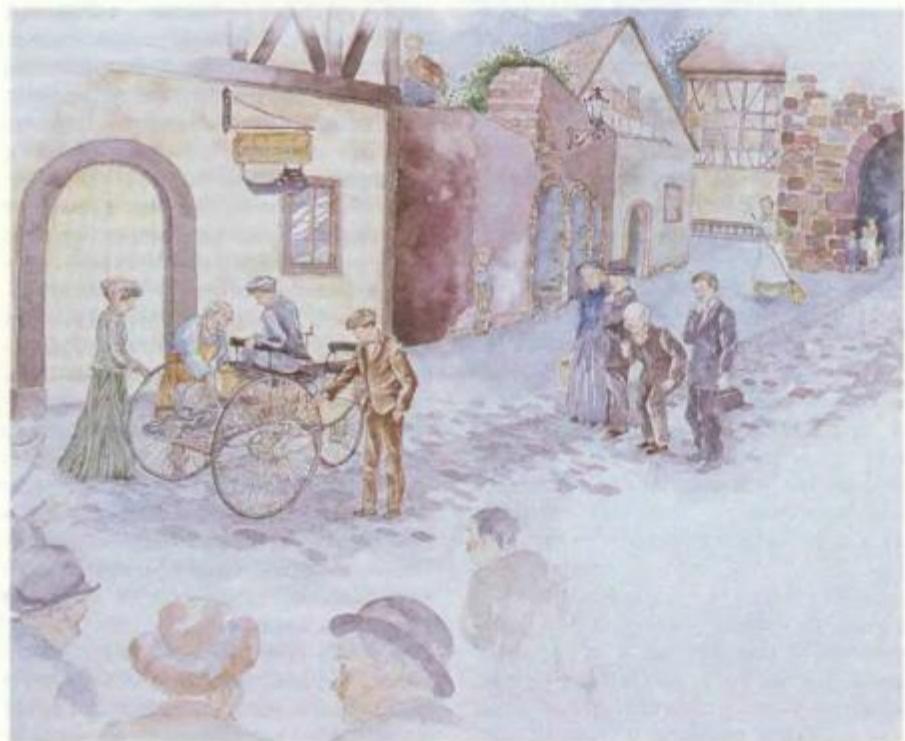
Примерно ежечасно в машину приходилось добавлять воду, так как в ней не было радиатора, но зато имелось множество различных желобков. В качестве топлива использовалась широко распространенная жидкость, предназначенная для химической чистки, запасы которой в размере нескольких бутылок можно было восполнить во время остановки в любой аптеке. Благодаря тому, что шины были цельными, проколы исключались. После полудня пришлося уговаривать сапожника заменить совершенно прогоревшую тормозную прокладку из кожи. Позже находчивая Берта заменила лопнувший трос управления резинкой, которую она осторожно вынула из своего пояса.

И они добились своего! Известие об их поездке опередило самих путешественников, и последнюю милю они проделали в компании факельного шествия, которое вышло из города и сопровождало их «безлошадное» чудо техники, не имевшее ни крыши, ни освещения.

Написанная живым языком эта книга имеет строго документальную основу. Повествование сопровождается очень выразительными цветными иллюстрациями. Колорит этой эпохи передается множеством деталей: костюмами, удивительным телефонным аппаратом и автомобилями.

Дж. Р. Пирс, А. М. Нолл. Связь: Наука телекоммуникаций.
Signals: The Science of Telecommunications, by John R. Pierce and A. Michael Noll. Scientific American Library, 1990. Distributed by W. H. Freeman & Company (\$ 32.95).

«Телевидение принадлежит им..., однако разветвленная международная телефонная сеть — наша, и мы сможем использовать ее по своему усмотрению». Таким прямым и пристрастным заявлением два автора книги, инженеры-ветераны, работавшие в Bell Telephone Laboratories во времена, которые теперь уже кажутся легендой, начинают свое проникновенное повествование о телекоммуникациях и истории их развития «по законам, установленным Богом... и человеком.» Телефонная система предназначена для индивидуальных пользователей, радио и телевидение — для широкой аудитории. Телефонные сети находятся в ведении инженеров, а телевизионными и радиовещательными организациями распоряжаются



ПЕРВОЕ ДАЛЬНЕЕ ПУТЕШЕСТВИЕ НА АВТОМОБИЛЕ. Берта Бенц и двое ее сыновей остановились у сапожной мастерской для того, чтобы заменить кожаную тормозную прокладку.

бизнесмены и чиновники. В настоящее время в таком положении дел, сложившемся достаточно давно, намечаются определенные перемены, что вызывает некоторую озабоченность авторов.

В одиннадцати главах книги содержится квинтэссенция истории, математический фундамент, физические принципы и современные технические приемы и методы, которые находят применение во всемирной сети связи. Описательно, на схемах и примерах в книге представлены такие понятия, как фурье-анализ, теория информации, модуляция и шифрование, уплотнение, коммутация и электромагнитная среда, в которой происходят все эти процессы.

Мы можем лишь привести несколько наглядных примеров, иллюстрирующих и конкретизирующих утверждения общего характера. Ширина полосы частот качественной стереозаписи на компактном диске составляет около 1,4 млн. бит/с, а современная электронная цифровая система для воспроизведения игры на фортепиано фирмы «Ямаха» может приводить в движение клавиши и педали настоящего фортепиано, чтобы повторить то, что раньше делал пианист. И звучит это даже лучше, чем запись на компактном диске. В конце концов, вы же слушаете саму игру на фортепиано, а не ее воспроизведение через громкоговоритель. Но ширина полосы частот гибкого диска, осуществляющего управление игрой, составляет лишь 1066 бит/с. Конечно, система воспроизведения записи с компактного диска может дать возможность услышать концерт для флейты или топот стада слонов, но при этом цена универсальности — это расточительное использование полосы частот.

Уже сегодня наиболее широко используются не кабельные, микроволновые или спутниковые линии связи, а оптические волокна, по которым передается огромное число лазерных импульсов за 10 пс в диапазоне, близком к инфракрасному. Оптические волокна широко применяются в современных электронных АТС. Огромные возможности таких волокон впервые обсуждались в 1968 г. Прозрачность лучших волокон сегодня составляет около 96% на километр, хотя еще в 1968 г. она была несопоставимо ниже.

Благодаря мастерству и доброжелательности авторов знакомство со столь специальной технической областью превращается в увлекательное чтение.

Джонатан Скотт. Великая миграция
The Great Migration, by Jonathan Scott. Rodale Press, 1989 (\$ 35).

Пастбища национального парка Серенгети и главным образом его оконечности, заходящей на территорию Кении, простираются до заповедника Масаи-Мара и по площади равны четырем — пяти Йеллоустонским национальным паркам. Складывается впечатление, «что Бог выровнял катком эту... огромную равнину» и покрыл плодородные, открытые ветрам земли с почвами вулканического происхождения низкими зелеными засухоустойчивыми травами. В наши дни на этих землях пасутся два миллиона копытных и обитает масса хищников и животных, пытающихся падалью; в эти края неудержимо влечет исследователей и просто любителей природы. Две трети животных составляют странные на вид антилопы гну — дальние родственники домашнего рогатого скота. Антилопы гну ведут кочевой образ жизни и в зависимости от наличия пастбищ переходят из лесистой местности в места выведения потомства, на равнину, покрытые низкорослыми травами, а затем возвращаются обратно, меняя не совсем ясные маршруты сезонной миграции.

Эти миграции стоят как мир, о чем свидетельствуют ископаемые остатки в Олдувай, расположенному неподалеку. Зоолог, фотограф и художник Джонатан Скотт занимался наблюдением за миграцией стад в течение примерно семи лет. Он уединился на месяц в своем дизельном автомобиле и фотографировал, установив фотокамеру на столике, закрепленном с внутренней стороны двери машины. Фотографии, сделанные на цветной фотобумаге Kodacolor с использованием различных объективов, рисунки и повествование автора вводят читателя в хорошо знакомый зоологу животный мир, в котором течет своя жизнь, отраженная в мыслях прирож-

денного зоолога, ведущего рассказ о плейстоцене. Он дал сопровождающим его львам имена — всем, от молодых львиц с детенышами до их немолодого уже отца, повелителя стаи. Перед нашим взором проходят слоны, зебры, осторожная импала, редкие красные волки, несколько носорогов и даже маленький зимородок.

Но в первую очередь эти места — среда обитания антилоп гну, которые бродят здесь в одиночку и парами, длинными вереницами и огромными стадами. В зависимости от обстановки антилопы гну идут легким галопом, иногда разбиваются, упав с неожиданно возникающих крутых обрывов, или, не торопясь, пересекают реку, чтобы мирно пощипать траву на другом берегу. Ниже по течению после любой массовой переправы плавут сотни утонувших животных, составляющих лишь ничтожную часть стада.

Их легко сосчитать, находясь на борту легкого самолета. Когда мы впервые узнали о чудесах Серенгети около 30 лет назад по книгам и фильмам Гржимека, перепись, проведенная с самолета, показала, что общая численность антилоп гну составляла менее 100 000 голов, значительно меньше одной десятой от сегодняшней численности. Это, вероятно, было следствием эпидемии чумы рогатого скота, болезни, напоминающей финноз. Вирус может вернуться в любой момент, хотя теперь домашний скот вакцинирован. Максимальный предел численности антилопы гну зависит от наличия кормов, которые может обеспечить лес в период засухи. Все это мы узнаем, познакомившись с этой объемистой и увлекательной книгой, которая придется по душе каждому.

Наука и общество

Измерение вечности

НЕУЖЕЛИ астрономы наконец-то пришли к согласию в оценке возраста Вселенной? Многие годы в учебниках и научных статьях приводились разноречивые официальные цифры возраста Вселенной: от 10 до 20 млрд. лет. Однако новейшие наблюдения убедили многих астрономов — хотя и не всех — в том, что правильной цифрой, вероятно, является 12 млрд. лет или менее.

Если эти данные найдут подтверждение, то придется в корне пересмотреть существующие гипотезы о возрасте Вселенной. «Более молодой

взраст Вселенной ставит больше проблем, чем решает», — отмечает Дж. Джекоби из Национальных обсерваторий оптической астрономии, который принимал участие в новых наблюдениях.

Эдвин Хаббл первым из современных астрономов высказал предположение, что Вселенная, как и ее смертные обитатели, имеет конечный возраст. Примерно 60 лет назад он обнаружил в спектрах галактик красное смещение, а это означает, что они удаляются от нас пропорционально их относительному расстоянию от Земли. Другими словами, галактика, находящаяся от Земли на расстоянии,

в два раза большем по сравнению с другой галактикой, удаляется с удвоенной скоростью. Эта зависимость между расстоянием и скоростью удаления привела Хаббла к выводу о том, что наша Вселенная расширяется.

Скорость космологического расширения выражается величиной, называемой постоянной Хаббла, которая определяется делением скорости удаления данной галактики на ее расстояние от Земли. Для вычисления возраста Вселенной достаточно просто обратить постоянную Хаббла, т.е. разделить расстояние на скорость удаления. (В этом методе предполагается, что Вселенная расширялась с постоянной скоростью с момента ее рождения.)

Скорости удаления легко определяются по ширине красного смещения линий в спектре, однако измерение истинных расстояний до галактик, ближайшая из которых удалена от нас на миллионы световых лет, — дело чрезвычайно трудное. Кроме того, красное смещение какой-либо одной галактики — а в частности и соседних галактик — может быть искажено вследствие пекулярного движения, возникающего из-за гравитационного притяжения других галактик. Следовательно, для определения постоян-

ной Хаббла и возраста Вселенной необходимо определить расстояния до многих галактик, желательно самых удаленных.

Наиболее распространенным методом определения расстояний являются поиски в галактиках так называемых эталонных источников света, т.е. объектов, абсолютная звездная величина которых известна; видимый блеск таких объектов может тогда служить мерой расстояния до них. Среди эталонных источников света наиболее надежными считаются цефеиды — переменные звезды, блеск которых периодически меняется, причем период зависит от их абсолютной звездной величины, или светимости. К сожалению, цефеиды настолько слабы, что могут наблюдаваться с наземных обсерваторий лишь в нескольких галактиках.

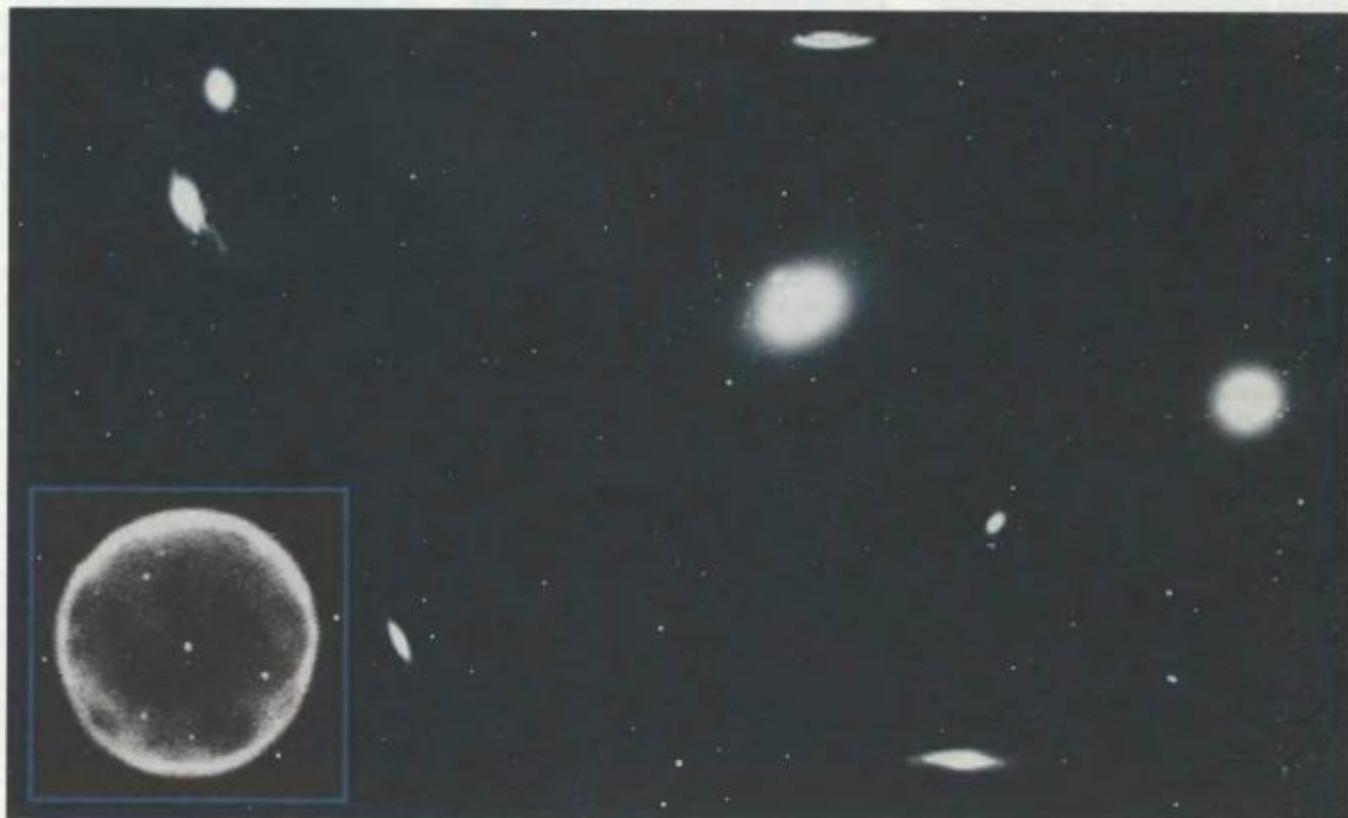
Поэтому астрономы используют в качестве эталонных источников другие объекты, в частности переменные звезды типа RR Лиры и некоторые типы взорвавшихся звезд (сверхновых). Два других метода измерения расстояний основаны на корреляции угловыми размерами (а следовательно, и яркостью) галактик и скоростью движения звезд в них. Оценки расстояний до космических объектов, полученные

этими разными методами, имеют довольно широкий разброс.

Главным назначением космического телескопа «Хаббл», запущенного прошлой весной, было наблюдение цефеид в более удаленных галактиках для уменьшения разброса оценок. Но это оказалось невозможным из-за дефекта главного зеркала телескопа, обнаруженного уже после запуска. Тем не менее результаты новых измерений могут решить проблему хотя бы частично.

Одна группа измерений, проводимых Джекоби и Р. Чардулло из Национальных обсерваторий оптической астрономии и Х. Фордом из Университета Джонса Гопкинса, основана на наблюдениях планетарных туманностей — сферических оболочек газа, сбрасываемых старыми звездами. Планетарные туманности имеют четкий спектр, различимый в отдаленных галактиках и, кроме того, их яркость колеблется, достигая известного пика. Самые яркие туманности служат эталонными источниками света.

Джекоби с коллегами определял расстояния до шести галактик в скоплении в Деве, насчитывающем тысячи галактик. Они пришли к выводу, что скопление галактик в Деве находится довольно близко к нам — на



СОГЛАСНО АСТРОНОМАМ из Национальных обсерваторий оптической астрономии, галактики в скоплении в Деве находятся от нас на расстоянии около 48 млн. св. лет. Проведя сканирование галактик для поиска планетарных

туманностей (на врезке) — сферических оболочек газа, окружающих старые звезды, группа астрономов пришла к выводу, из которого следует, что возраст Вселенной составляет не более 12 млрд. лет.

расстоянии около 48 млн. св. лет. Из этой цифры следует, что возраст Вселенной составляет около 12 млрд. лет.

Другой метод позволил получить результаты, по крайней мере частично согласующиеся с выводами группы Джекоби. Этот метод был разработан Дж. Тонри из Массачусетского технологического института и исходит из того факта, что обнаружение звезд и даже групп звезд в галактиках тем труднее, чем больше расстояние до галактик. Другими словами, расстояние определяется по объектам и образованиям, различаемым в данной галактике.

Тонри утверждает, что когда он применяет этот метод к близкой галактике M32, расстояние до которой известно, он получает расстояния до скопления в Деве, лишь слегка превышающие данные, полученные группой Джекоби. Однако при этом он предупреждает: при калибровке по компьютерной модели некоторой усредненной, типичной галактики, отличающейся от M32, его метод дает значительно большие расстояния до скопления в Деве. По этим расстояниям возраст Вселенной приближается к 20 млрд. лет.

Расстояния до скопления в Деве, полученные группами Тонри и Джекоби, согласуются с результатами, которые получили Р. Талли из Гавайского университета и М. Пирс из астрофизической обсерватории в Британской Колумбии. Талли и Пирс определяли расстояния так называемым методом Талли-Фишера, который был разработан в 70-х годах Р. Талли и Дж. Ричардом Фишером из Национальной радиоастрономической обсерватории. Метод основан на том факте, что скорость вращения спиральной галактики, которую можно определить по искривлению спектральных линий, тем больше, чем больше размеры галактики.

Анализируя изображение пяти близких галактик, полученные высокочувствительными электронными детекторами, У. Фридман из Института Карнеги недавно получила такие же расстояния, как Талли и Пирс. Фридман говорит, что она хотела бы вычислить расстояния еще до нескольких галактик, чтобы с уверенностью подтвердить данные Талли и Пирса для расстояния до скопления в Деве и для возраста Вселенной. «Однако я думаю, — утверждает она, — что наиболее надежные современные данные свидетельствуют в пользу того, что возраст Вселенной составляет примерно 12 млрд. лет». Талли менее осторожен. По его словам, свидетельства в пользу этого значения стали преобладающими.

А. Сэндидж из Обсерватории Монт-Уилсон, один из наиболее горячих сторонников более древнего возраста Вселенной, отвергает данные о расстояниях до галактик, полученные Джекоби, Талли и другими. «Никто из этих молодых людей не понимает статистической астрономии», — говорит Сэндидж. Он отмечает, что наблюдения сверхновых, которые, как он считает, являются наиболее надежными эталонными источниками света, дают расстояния, соответствующие возрасту Вселенной 20 млрд. лет.

Иной точки зрения придерживается Дж. Хукра из Гарвардского университета. Посвятив несколько лет изучению проблемы, Хукра считает, что при определении расстояний до галактик были недооценены некоторые неопределенности и что возраст Вселенной может составлять от 8 до 22 млрд. лет. Он указывает, что только космический телескоп «Хаббл», если, конечно, он будет приведен в исправное состояние, позволит уменьшить этот разброс.

Тем не менее, как отмечает Л. Каун из Гавайского университета, многие астрономы начинают относиться серьезно к данным, свидетельствующим о более молодом возрасте Вселенной, и стоят перед необходимостью пересмотра теоретических заключений. По мнению Кауи, самой большой проблемой, связанной с более молодым возрастом Вселенной, является то, что эти результаты противоречат данным о возрасте, полученным для плотных скоплений звезд — шаровых скоплений. Анализ химического состава звезд в таких скоплениях показывает, что их возраст не менее 13 млрд. лет.

Противоречие становится еще более острым для космологических моделей, построенных на двух тесно связанных и чрезвычайно популярных теориях: модели инфляционной Вселенной и модели холодного темного вещества. Модель инфляционной Вселенной утверждает, что Вселенная прошла через фазу раздувания — инфляции — вскоре после своего рождения. Она также предсказывает, что Вселенная содержит огромное количество холодного темного вещества, которое постоянно сдерживало ее расширение.

Согласно этой теории, на ранних стадиях эволюции Вселенной галактики разбегались быстрее, чем теперь, и следовательно, их средние скорости удаления были выше, чем следует из современных измерений красных смещений. При делении этих более высоких скоростей удаления на меньшие расстояния, полученные Джекоби и другими исследователями,

оказывается, что возраст Вселенной составляет всего лишь 6—7 млрд. лет, что полностью противоречит данным о возрасте шаровых звездных скоплений.

Это несоответствие может быть разрешено, если обратиться к космологическому А-члену — величине, описывающей плотность энергии и давление вакуума. Учет этой остаточной энергии в космологических моделях дает более высокие значения протяженности и возраста Вселенной. Однако теоретики отвергают космологический А-член, так как он усложняет их модели и не имеет эмпирического подтверждения. Но, как указывает Каун, он начинает выглядеть как наиболее привлекательное решение множества проблем.

Тиски для радиосигнала

СТРЕМЛЕНИЕ вместить большой сигнал в узкий частотный диапазон стало важнейшим аспектом разработки любой новой технологии радиотрансляции, от высококачественных цифровых радиосигналов, передаваемых с компактдисков, до сигналов, поступающих с ячеистых телефонов и с навигационных систем на транспорте. Причина такого стремления заключается в том, что свободное место в большей части диапазона от 10 кГц до 300 ГГц найти, пожалуй, так же трудно, как площадку для строительства здания в центре Нью-Йорка на Манхэттене. «Кажется, мы живем в эпоху, когда все сферы управления испытывают острую потребность в более широком спектре радиочастот, — заявил Т. Стэнли, главный инженер Федеральной комиссии связи (ФКС). — Это похоже на ситуацию, когда быстрый рост численности населения затрудняет развитие городского хозяйства».

Труднее всего приходится компаниям, разрабатывающим системы трансляции для телевидения высокой четкости (ТВЧ). Им необходимо найти способ удовлетворить предписание ФКС, согласно которому ТВЧ (удваивающее разрешение изображения на экране и обеспечивающее качество звука на уровне компактных дисков) должно разместиться в узкой нише шириной 6 МГц, используемой существующей системой телевидения. Однако для ТВЧ может потребоваться полоса частот в 10—100 раз шире, чем та, которую собирается представить ФКС каждой телестанции.

Почему же возникла проблема передачи огромного количества информации по существующим каналам? Дело в том, что современные систе-

мы телетрансляции недостаточно эффективно используют полосу в 6 МГц, которая отпущена каждой станции. В частности, не полностью используются частоты, отведенные для передачи яркостных и цветовых характеристик сигнала. В диапазоне очень высоких частот передающие станции должны отделяться друг от друга одним пустым каналом, чтобы избежать взаимных помех, а в диапазоне сверхвысоких частот такой интервал должен составлять до пяти пустых каналов.

Главное достижение, сделавшее возможным передачу сжатого телевизионного сигнала, и другие спектрально эффективные технологии, заключается в появлении относительно недорогих систем цифровой обработки и эффективных способов модуляции. С помощью новой технологии несжатый сигнал ТВЧ интенсивностью до 1,2 млрд бит в секунду можно вместить в рамки существующих в настоящее время телевизионных каналов.

Одна из последних компаний, включившаяся в сферу ТВЧ, — корпорация General Instrument, которая недавно смоделировала полностью цифровую систему ТВЧ. Преимущество цифровой передачи состоит в том, что, несмотря на помехи со стороны зданий, полицейских раций и других источников, сигнал можно восстановить так, будто он только что вышел из студийной камеры.

Системы двух других конкурирующих фирм, Zenith Electronics и Массачусетского технологического института, применяют сочетание цифровых и аналоговых способов передачи, поскольку разработчики считали, что полностью цифровая система будет занимать слишком широкую полосу частот, чтобы на ее основе можно было практически реализовать ТВЧ. «Возможно, что этот цифровой подход заставит другие заинтересован-

ные стороны пересмотреть свои прежние решения», — заявил Р. Уайли, председатель совета экспертов по ТВЧ при ФКС и бывший руководитель ФКС.

Несмотря на использование новейшего подхода, выбранного компанией General Instrument, она прибегла к той же совокупности методов сжатия сигнала, что и ее конкуренты. В данном случае, как и в других системах, сначала сигнал обрабатывается таким образом, чтобы значительно урезать цветовую компоненту сигнала. Высокочастотные составляющие, соответствующие мельчайшим элементам изображения, не очень четко воспринимаются глазом, благодаря чему их можно отфильтровывать, практически не ухудшая качество изображения.

Еще большей степени сжатия можно достичь, если производить сравнение следующих друг за другом кадров и исключать передачи многократно повторяющихся данных: например, голубое чистое небо может оставаться неизменным от кадра к кадру, и только когда на нем появляется облако, требуется послать информацию, отличающую новый кадр от уже переданного.

Сжатие можно увеличить еще больше, если в каждой картинке передавать лишь те частоты, которые содержат в себе большую часть энергии сигнала. В насыщенной, быстро меняющейся сцене, когда требуется послать больше информации, отражающей изменения, частоты сигналов с пренебрежимо малой амплитудой исключаются. Хотя разрешающая способность при этом может ухудшиться, инженеры рассчитывают на то, что человеческий глаз при быстром изменении картинки не способен воспринимать мелкие детали. «Зачем посыпать письмо, если можно послать открытку», — спрашивает Ч. Роудс, ведущий научный сотрудник незави-

симой лаборатории тестирования систем ТВЧ в Александрии (шт. Виргиния).

Сигнал изображения уже удалось сжать в 65 раз. Однако можно добиться еще большей степени сжатия путем тщательного выбора способа модуляции, применяемой при трансляции. Компания General Instrument и другие фирмы применяют метод квадратурной амплитудной модуляции, который смещает фазу и амплитуду сигнала так, чтобы передавать четыре бита информации на каждом временным кванте, и тем самым время, необходимое для передачи данных, сократить в четыре раза. В этом случае скорость передачи 19,4 млн бит/с оказывается достаточной, чтобы сигнал уместился в полосу 6 МГц.

Недостаток этого подхода связан с трудностью передачи цифрового сигнала на большие расстояния. Цифровая трансляция обеспечивает качественный прием сигнала в пределах определенной зоны, за пределами которой прием резко ухудшается, в то время как аналоговый сигнал затухает более равномерно. Предстоит еще доказать, что сигнал любой системы ТВЧ сможет достичь телевизионных приемников, удаленных на 80—130 км от передающего телеконта.

Дебаты по поводу наиболее эффективной технологии передачи данных касаются и телефонных систем связи с ячейстой структурой. В этой отрасли, масштабы которой за последние три года увеличились в пять раз, начался переход от аналогового сигнала к цифровому. Это позволяет осуществлять более разнообразное манипулирование сигналом и расширить пропускную способность каждой ячейки. (При такой конфигурации сети телефонной связи обслуживаемая системой область разбивается на отдельные «ячейки», каждая из которых снабжена своей базовой станцией с собственным передатчиком и прием-

РАДИОЧАСТОТНЫЙ ДИАПАЗОН

СРЕДНИЕ ЧАСТОТЫ	ВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ	ОЧЕНЬ ВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ	УЛЬТРАВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ	СВЕРХВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ	КРАЙНЕ ВЫСОКИЕ ЧАСТОТЫ
РАДИОПЕРЕДАЧИ АМ ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ СВЯЗЬ НА МОРЕ НАВИГАЦИЯ	СПУЖЕБНАЯ РАДИОСВЯЗЬ ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ КОСМОНАВТИКА НАВИГАЦИЯ	НЕКОТОРЫЕ КАНАЛЫ ТВ ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ РАДИОПЕРЕДАЧИ УКВ РАДИОАСТРОНОМИЯ ДВУСТОРОННЯЯ РАДИОСВЯЗЬ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ	ЯЧЕЙСТВЕННЫЕ ТЕЛЕФОНЫ ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ ТЕЛЕВИДЕНИЕ УЧВ ДВУСТОРОННЯЯ РАДИОСВЯЗЬ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ	УЧЕБНОЕ ТВ РАДИОУСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫЕ НАУЧНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ	МИКРОВОЛНОВАЯ МЕЖДУГОРОДНЯЯ СВЯЗЬ ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ СПУТНИКИ СВЯЗИ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ СПУТНИКИ
300 кГц	3 МГц	30 МГц	300 МГц	3 ГГц	30 ГГц
ПО ДАННЫМ ФЕДЕРАЛЬНОЙ КОМИССИИ СВЯЗИ					300 ГГц

ником, обеспечивающими связь с абонентом.)

Ассоциация ячеистой телефонной связи (CTIA) одобрила метод так называемого множественного доступа с разделением времени, позволяющий передавать сразу три телефонных разговора (а в перспективе, возможно, до 12) по одному каналу связи, работающему на частоте 30 кГц. Каждый канал разбивается на некоторое число временных квантов: например, если по одному каналу сразу передаются три разговора, абонент может воспользоваться третьим, шестым и девятым квантами.

Не успели высохнуть чернила на решении CTIA, как калифорнийская компания Qualcomm начала проталкивать альтернативное предложение, которое, по словам ее представителей, позволит в 20 раз увеличить количество разговоров, одновременно резервируемых за одной ячейкой. Технология, называемая распределением спектра, применялась во время второй мировой войны для кодирования сообщений, которыми обменивались Рузельт и Черчиль. (Интересно отметить, что одна из разновидностей метода распределения спектра была запатентована актрисой Эди Ламар и применялась для противодействия глушению управляющего сигнала торпеды.)

Данный метод предполагает распределение сигнала по широкой полосе частот и поступающее его сжатие приемником, который идентифицирует сигнал по специальному коду. Поскольку мощность распределенного по частотам сигнала значительно уменьшена, он слабо взаимодействует с другими сигналами, распространяющимися в той же частотной полосе. «Преимущество метода в том, что интерференция в данном случае оказывается благоприятной», — заявил Э. Витерби, глава технического отдела и вице-президент компании Qualcomm. — Он допускает существование многих пользователей, применяющих различные средства связи».

По этой причине ФКС планирует провести в начале 1991 г. серию испытаний еще одного типа телефонной связи с ячеистой структурой, в которой часто применяется метод распределения спектра. В первых испытаниях в Хьюстоне и Орландо так называемые персональные коммуникационные сети (ПКС), представляющие собой миниатюрные беспроводочные телефоны, иногда сравниваемые с карманными радиостанциями, будут работать на частотах, уже отведенных для микроволновых передатчиков. Ввиду очень слабого сигнала, примерно на каждые 300 м потребуется ячейка ПКС. Для сравнения заме-

тим, что обычная ячейка в ячеистой телефонной сети имеет радиус действия до 15 км.

Некоторое пространство в электромагнитном эфире можно захватить также за счет использования более узкого сигнала. Компания United Parcel Service (UPS) планирует организовать сеть, которая даст возможность каждому водителю обмениваться с диспетчером информацией о доставке клиентам товаров. Эта сеть может быть связана с географической информационной системой и базой данных, с помощью которой диспетчеры смогут выбирать оптимальные маршруты. «Любая, даже небольшая экономия времени позволит снизить затраты на доставку», — говорит П. Хеллер, менеджер программы создания сети связи в компании VPS.

Водители грузовиков будут связываться с диспетчерской, пользуясь участками в диапазоне шириной 2 МГц, отведенном ФКС для узкополосной передачи. Каждый узкополосный сигнал использует 5 кГц для передачи голоса или данных, что в пять раз меньше по сравнению с обычной потребностью. Когда в 1988 г. ФКС приняла решение распределить эти частоты, она вынуждена была отобрать их у радиолюбителей. Защищая свои права, Американская лига радиолюбителей подала в суд на ФКС, требуя возврата своей полосы частот. (Судебное разбирательство должно было состояться в федеральном окружном суде в ноябре 1990 г.) Если эти частоты будут все-таки доступны, VPS намеревается применить несколько методов модуляции и разделения канала для использования в узкополосных сигналах.

Несмотря на целый ряд технических решений, поиск свободного участка в перенасыщенном спектре для интенсификации связи представляет проблему, которая со временем, по-видимому, станет еще более острым. И так же, как цены на землю, цены на эфир, судя по всему, будут расти. Администрация Буша уже подумывает об аукционной продаже или взимании платы за пользование радиочастотами. В конечном итоге, те несколько свободных мегагерц, которые остаются еще не распределенными, могут стать собственностью того, кто больше заплатит.

Телефон находит вас повсюду

ПОММНО членства в престижных клубах, права пользоваться реактивным самолетом, принадлежащим компании, где вы работаете, о вашем служебном положении можно судить

также по количеству телефонных номеров, по которым вам звонят. Управляющий высокого уровня может похвастаться двумя или тремя номерами, как в кабинете, так и дома, по одному номеру на телефон и модем, и, кроме того, в его распоряжении имеется портативный телефон в машине или портфеле.

В отличие от представителей деловых кругов (и чтобы исключить необходимость в большом количестве визитных карточек) телефонные компании стараются, чтобы телефонных номеров у них было как можно меньше. В очень недалеком будущем телефонная сеть, возможно, будет присваивать каждому абоненту всего один номер, набрав который, вы обязательно настигнете его обладателя у аппарата, находящегося в данный момент ближе всего к этому человеку.

Сразу успокоим тех, кому трудно запомнить или разыскать даже один номер. Волшебники из Bell Communications Research (Bellcore), исследовательского филиала телефонных компаний, предоставят вам возможность выбрать в дополнение к номеру еще и уникальное «имя», заимствую и совершенствуя способы присваивания имен, которые уже применяются в больших компьютерных сетях. Так что новорожденный 2000 г. в дополнение к своему имени, записанному в свидетельстве о рождении, может иметь приставку из названия телефонной компании Артур Nupex или Бланш Bell South. Этот вид услуг, отражающий лишь одну из сторон развивающейся «интеллектуальной» сети телефонной связи, может иметь более глубокий смысл, а не просто поиск клиента по его имени или номеру. На его основе можно построить большую базу данных, позволяющую любому человеку найти и связаться с вами, набрав на клавиатуре телефонного терминала любые сведения о вас: место работы, домашний адрес или просто тот факт, что вы живете в том же квартале, где находится закусочная «Мак-Дональдс». «Мы сможем вычислить вас, пользуясь лишь частичной информацией», — говорит Г. Херман, управляющий одним из отделов Bellcore.

Значительная часть разработок по программе присвоения «персональных номеров связи» (ПНС) осуществляется в одном из пригородов штата Нью-Джерси, где около 50 служащих Bellcore проводят эксперимент «Anywhere Call Pickup» (отвечаем на звонок где угодно) с привлечением жителей ряда домов и работников нескольких учреждений. Компьютер просит вас подождать, в то время как автоматическая система пытается установить, где сейчас находится человек, которо-

му вы звоните, и осуществляет с ним связь. И. Доррос, исполнительный вице-президент Bellcore, желающий объединить свои семь телефонных номеров, оказывает проекту энергичную поддержку. «Это новшество могло бы стать крупнейшей переменой в телефонной связи с тех пор, как был введен прямой набор номера телефона», — заявил он.

Ключевым аспектом ПНС является отрыв универсального идентификатора клиента от его физического местоположения. В телефонной сети уже применяется аналогичный принцип: когда клиент набирает «800», компьютер может направить звонок в одно из нескольких мест в зависимости от времени дня, количества принимаемых звонков или других программируемых факторов.

Вообще говоря, система ПНС должна работать по тому же принципу, в этом случае компьютерам, управляющим телефонной сетью, придется обрабатывать значительно больше информации по сравнению со службой «800». ПНС позволит пользователю записывать в память сети своей дневной маршрут (расписание) с помощью клавиатуры или какого-нибудь другого устройства, присоединенного к телефону. Когда планы меняются, расписание можно перепрограммировать так, чтобы телефон, «читая» информацию, записанную в память электронного устройства с микропроцессором, смог «найти» вас в любом месте. В конце концов надобность в телефонных расписаниях, вероятно, отпадет, поскольку все будут выходить из дома с карманным телефоном, который, непрерывно передавая сигналы, будет точно указывать ваше местонахождение.

В ограниченном масштабе систему ПНС можно развернуть уже сегодня. Однако для того, чтобы она работала от западного побережья до восточного, потребуются колоссальное количество компьютерного времени и мощная сеть связи. Сеть должна будет обрабатывать до 100 тыс. обращений в секунду. Для сравнения заметим, что служба «800» обрабатывает лишь 1000 обращений в секунду. В настоящее время каждый компьютер, обрабатывающий звонки с кодом «800», должен иметь совершенно идентичные копии сведений, указывающих местонахождение абонентов. Даже если сеть будет во много раз мощнее, своевременная модификация данных в каждом компьютере может в конечном итоге поглотить значительную часть пропускной способности сети.

Поэтому исследователи из Bellcore сконструировали опытный образец системы, центральная база данных

которой оснащена быстродействующими линиями связи из оптического волокна. В базе данных будет содержаться в единственном экземпляре вся информация, требующаяся для системы ПНС. Содержимое базы данных (например, где вы собираетесь провести День Благодарения), возможно, будет непрерывно перекачиваться по единой государственной волоконно-оптической сети, быстродействие которой исчисляется несколькими гигабайтами в секунду. Компьютер, находящийся неподалеку от вызывающего клиента, «выловит» из потока данных сведения о местонахождении и номере абонента, с которым нужно связаться, и направит звонок в нужное место.

Следует отметить, что от руководства компании не ускользнул такой аспект, как потенциальная навязчивость «охотящейся» за абонентом системы связи. Компания Bellcore прибегла к помощи социологов, чтобы изучить вопросы, связанные с возможностью вторжения в личную жизнь клиента в тех случаях, когда правительственные или коммерческие учреждения, воспользовавшись этими базами данных, захотят проследить каждый шаг человека. «Люди должны иметь возможность оставаться анонимными или не раскрывать своего местонахождения, когда у них есть на это причины», — уверяет социолог компании Bellcore Дж. Катц.

Кроме того, ПНС «может превратиться фактически в национальный идентификационный номер», — заявляет Р. Самарджива, доцент факультета связи в Университете шт. Огайо в Колумбусе. — В какой бы стране вы ни находились, в какой бы штат ни попали, этот номер есть вы».

И суперкомпьютеры бессильны...

СЧИТАЕТСЯ, что повышение производительности и быстродействия компьютерных аппаратных средств улучшает результативность компьютерного моделирования. Использование суперкомпьютеров для проектирования и технико-экономического анализа может на миллионы долларов сократить стоимость разработки новых видов продукции. Новые модели самолетов можно не испытывать в аэродинамической трубе, а автомобили — запускать в производство без предварительного изготовления дорогостоящих опытных образцов. Даже такие технологические процессы, как инжекционное прессование пластмассовых деталей или прецизионная механическая обра-

ботка могут выполняться дешевле и эффективнее. Однако результаты компьютерного анализа зачастую далеки от адекватного отражения реальности. «Нельзя доверять никаким результатам, полученным с помощью программ моделирования», — уверяет Дж. Манди, специалист по кибернетике из компании General Electric.

Проблема не в том, чтобы создать компьютер достаточной мощности для обработки огромных численных массивов, а в том, чтобы имелись программы, способные дать правильные ответы. «Существует, например, несколько очень красивых алгоритмов для так называемой «компьютерной геометрии», но стоит ввести в эти программы реальные данные, как они перестают работать», — говорит Дж. Хопкрофт, профессор в области информатики и кибернетики из Корнеллского университета. Хопкрофт и его коллеги в настоящее время разрабатывают новые методы, которые не обладают изяществом, но зато обещают выдавать правильный результат.

Красивые алгоритмы оказываются неудачными из-за того, что компьютер оперирует приближенными значениями чисел. Для представления чисел с так называемой «плавающей точкой» используется ограниченное число битов (обычно от 23 до 54), и поэтому всегда привносится неточность.

Например, по трем точкам компьютер определяет уравнение плоскости, проходящей через них, но если он подставит координаты этих точек в полученное им самим уравнение, может получиться, что одна из них окажется вне плоскости. Дальнейшие вычисления в этом случае неминуемо приведут к сбою. «Экран станет чистым, и вам остается лишь выключить и заново включить компьютер», — говорит М. Уэсли, руководитель исследований в области автоматизированного проектирования в фирме IBM. — Но это еще не самое страшное. Гораздо хуже, когда машина продолжает выдавать результаты, не сообщая о том, что они могут быть лишены смысла».

Чтобы как-то решить эту проблему, программисты попытались задать более высокую точность, но увеличение количества двоичных разрядов позволило лишь ненамного приблизиться к цели. Если раньше компьютер признавал две плоскости параллельными при угле между ними 1° , теперь он делает это при $0,1^\circ$.

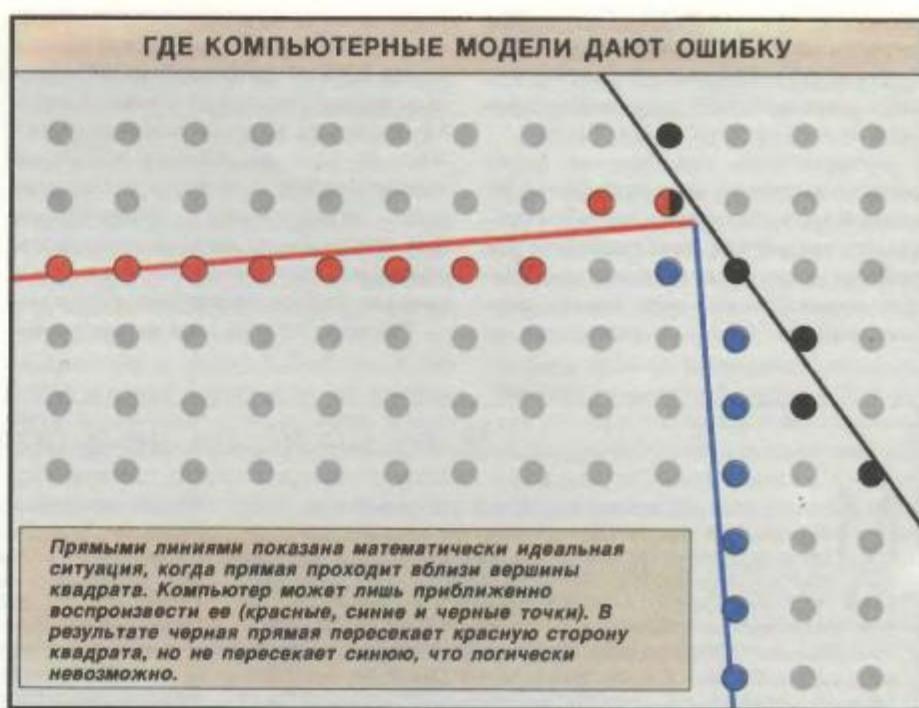
Следующей попыткой программистов стали так называемые «особые случаи» — подход, основанный на разработке специальных фрагментов

алгоритмов, встраиваемых в программу и предназначенных для ситуаций, когда основная программа начинает давать сбои. «Но эта стратегия бьет сама по себе, поскольку большинство ситуаций и есть особые случаи, — уверяет Т. Лосано-Перес, исследователь в области робототехники из Массачусетского технологического института. — Вам не удастся заставить работать программу, если собрать ее из отдельных кусков».

По мнению Манди, проблема заключается не в точности или особых случаях, а в обычной математической логике. Возьмем, к примеру, две кривые поверхности, каждая из которых определяется бикубическим уравнением (вида $ax^3y^3 + bx^3y^2 + cx^2y^3\dots$, обычно используемым при моделировании поверхностей на компьютере). Чтобы определить линию их пересечения, нужно решить полином 81-ой степени с несколькими тысячами членов. Любая реально выполнимая программа может дать лишь приближенное решение, в результате на пересечении поверхностей оказываются небольшие щели или они находят друг на друга. И дело не только в том, что поверхности выглядят безобразно, говорит Манди, а в том, что если использовать их в качестве входных данных в программе структурного анализа или для станков с числовым программным управлением, то сбой будет неизбежен.

На практике пользователи только тем и занимаются, что устраняют ошибки. Компьютеры, по словам Манди, ошибаются столь часто, что отладка программ становится повседневной работой. Для любой программы геометрического моделирования можно составить список задач, которые она не может выполнить правильно, и пользователи делают все что могут в пределах возможностей программы и компьютера. «Это величайшее мастерство, — говорит он. — Модель подобна произведению искусства».

Специалисты, владеющие этим искусством, высоко ценятся в среде людей, которые используют программы геометрического моделирования. Еще выше ценились бы программы, которые могли бы выдавать данные для моделирующей программы или те программы, в которых данные могли бы вводить сам специалист. Одна из разработок Уэсли, например, требует моделирования формы проводников и полупроводниковых слоев в интегральных схемах. Одни программы анализируют, как меняется форма на каждом технологическом этапе, другие определяют рабочие характеристики получающейся микросхемы. Предназначенное для моделирования



программное обеспечение должно стать значительно более надежным, чтобы не допускать сбоев в работе такой технологической системы.

Хопкрофт и другие теоретики в области вычислительной техники надеются создать универсальное программное обеспечение, отказавшись от элегантных, простых алгоритмов и основываясь на совершенно иных подходах. Их новые программы сводят каждую геометрическую задачу до нескольких логически независимых подзадач, анализируют результаты и используют их в последующем процессе. Логические несоответствия в этом случае становятся невозможными.

Однако сведение проблемы к нескольким логически независимым подзадачам — проблема не простая. Не все задачи поддаются такому анализу. Кроме того, есть задачи, которые нельзя решить только с помощью геометрического моделирования. Любая программа для вычисления физических величин в решете точек (например, метод конечных элементов или моделирование потока жидкости) может стать жертвой логических противоречий. Так что пока инженеры стараются, где возможно, избегать компьютерных моделей, не взирая на достигнутые успехи в этой области и даже на наличие суперкомпьютеров.

Воздуху — чистый путь

ПОЯВИЛАСЬ надежда, что в обозримом будущем станет реальностью генотерапия заболевания, из-

вестного под названием муковисцидо-за, при котором забиваются слизью воздухоносные пути легких. За последние месяцы исследования, направленные на коррекцию генетического дефекта у больных муковисцидозом, шли очень быстро и принесли важные результаты. Среди белого населения это — наиболее распространенное из генетически обусловленных расстройств; оно обнаруживается у 0,05% новорожденных, а 5% людей являются носителями дефектного гена, «виновного» в заболевании. Лишь немногие больные муковисцидозом живут более 30 лет; обычно они подвержены инфекциям, оказывающим дополнительное разрушительное действие на легкие.

В 1989 г. удалось выявить ген, обуславливающий муковисцидоз, а в начале 1990 г. был идентифицирован белок — продукт этого гена, обозначенный CFTR (от англ. cystic fibrosis transmembrane regulator — муковисцидозный трансмембранный регулятор). Этот белок содержится в плазматической (внешней) мемbrane клеток, выстилающих воздухоносные пути легких; его функция не вполне ясна. Различные мутации в гене CFTR, вызывающие изменения белка-продукта, и являются причиной муковисцидоза.

Сейчас исследования сосредоточились на выяснении того, какое количество нормального белка CFTR нужно обеспечить больному и в каких именно клетках. Наиболее радикальный путь лечения — генотерапия, т.е. коррекция нехватки белка CFTR введением в определенные клетки гена, кодирующего этот белок. Специалист

по муковисцидозу Р. Кристал из Национальных институтов здоровья в Бетезде (шт. Мэриленд) уверен, что введение гена *CFTR* в организм человека будет успешно осуществлено.

Возможность генотерапии муковисцидоза стала выглядеть более реальной после того, как в сентябре прошлого года были опубликованы две работы, в которых на культурах клеток показано, что если ввести нормальный ген *CFTR* в дефектные по-

нему клетки, то у них восстанавливается способность к регуляции уровня ионов хлора, свойственная нормальному клеткам выстилки легких. (Статья М. Уэлла из Медицинского колледжа Университета шт. Айова и его коллег вышла в журнале «Nature», а аналогичные эксперименты, проведенные Дж. Уилсоном из Медицинской школы Мичиганского университета с сотрудниками, описаны в журнале «Cell».)

Предполагается, что именно с на-

рушением регуляции уровней хлорид-ионов связана аномальная вязкость легочной слизи у больных муковисцидозом; правда, эта связь не доказана. Другие клеточные регуляторные процессы, в частности регуляция уровней ионов натрия, у большинства больных муковисцидозом тоже нарушены. Кроме того, у них наблюдается расстройство функционирования поджелудочной железы, но с этим врачам обычно удается справиться.

В тесноте, да не в обиде

Мидии обычно живут тесными скоплениями, или колониями, хаотично громоздясь друг на друге, и явно предпочитают тесные «коммуналки» просторным «особнякам». Но в этом на первый взгляд хаосе кроется глубокий биологический смысл. Оказывается, такой образ жизни способствует питанию мидий. «Особи в составе колонии создают в воде турбулентности и тем самым увеличивают приток питательных веществ», — отмечает Ч. Батмэн из Океанографического института в Вудс-Холе.

Колония этих моллюсков создает над собой турбулентности в потоке воды, и возникающие завихрения увлекают фитопланктон от поверхности водоема вниз к придонным жителям.

Еще в конце 1970-х годов было высказано предположение, что турбулентность играет важную роль в процессе питания мидий и других организмов бентоса, живущих на морском дне и кормящихся взвешенными в воде пищевыми частицами и фитопланктоном. Однако лишь недавно выяснилось, что размеры и структура, в частности «шероховатость» скоплений или колоний таких организмов, также могут быть важными факторами, влияющими на процесс их питания.

Батмэн и ее коллеги, в том числе М. Фрешетт из министерства рыбного хозяйства и морской среды Канады и У. Гейер из Океанографического института в Вудс-Холе измеряли концентрацию фитопланктона в столбе воды над колонией мидий и обнаружили, что скорость потребления пищевых веществ моллюсками возрастает с увеличением скорости водяного потока. Кроме того, чем более хаотично расположены особи в колонии, тем сильнее турбулентность и тем больше фитопланктона увлекается вниз и достается членам колонии.

При помощи лазера исследователи определили сте-

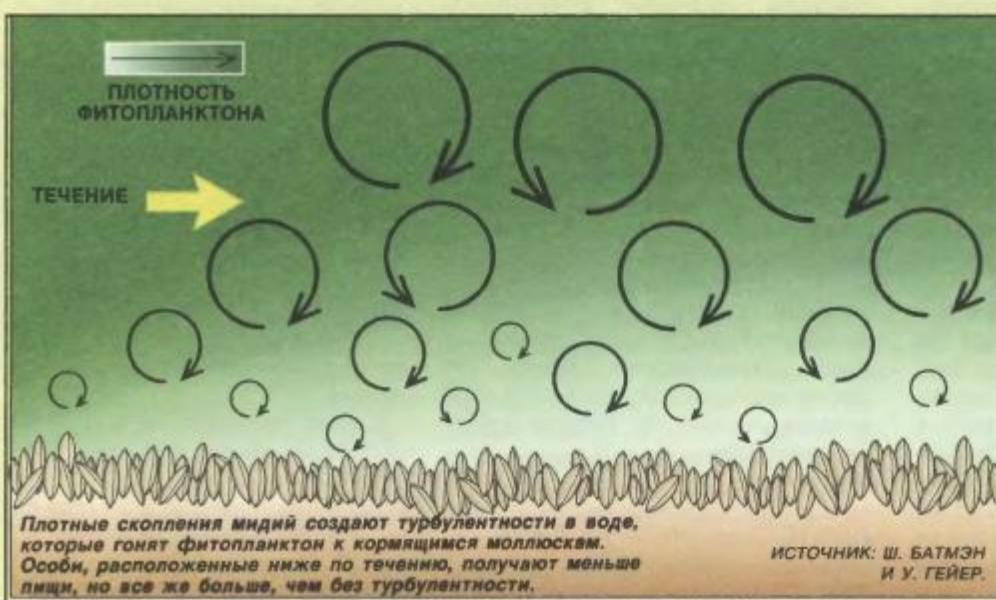
пень турбулентности над колонией мидий в экспериментальном канале с регулируемой скоростью течения и установили, что выступающие над поверхностью колонии отдельные особи создают достаточно сильные завихрения, увлекающие фитопланктон от поверхности воды вниз ко дну. Батмэн полагает также, что благодаря «бурам», которые, как считалось, образуются на колонии из-за конкуренции за жизненное пространство, улучшается снабжение питанием тех особей, что находятся внутри колонии и лишены притока свежей воды; вследствие турбулентности шансы на получение пищи для этих животных возрастают.

Понимание этих явлений имеет не только научное, но и экономическое значение. «Способствуя увеличению «шероховатости» колоний, можно повысить добычу мидий» — считает сотрудник мидиевых ферм Great Eastern в Тенантс-Харбор (шт. Мэн) К. Ньюэлл, который совместно с исследователями из Океанографического института в Вудс-Холе изучает питание мидий в связи с размерами и плотностью их колоний.

Ньюэлл установил, что в колониях малого размера мидии растут лучше (хотя оптимальные условия могут быть различными в зависимости от скорости и направления потока воды, а также глубины и характера циркуляции). Если колония слишком обширная, некоторые особи получают худшее питание из-за «теневого эффекта», в результате которого животным, располагающимся ниже по течению воды, достается меньше пищи.

Мидии — не единственные организмы бентоса, чье питание зависит от их физической формы и гидродинамических условий. Другие двустворчатые моллюски своими сифонами тоже могут создавать турбулентности. Инженер С. Монисмит из Станфордского университета сделал модель сифонной пары моллюска (один сифон вводной, другой выводной) и испытал ее в экспериментальном канале. Как показали его опыты, высота, ориентация и размер сифонов влияют на вертикальное перемешивание водяного потока.

Однако хитроумная стратегия, используемая мидиями и другими моллюсками для получения пищи, может приводить к жестоким «демографическим» последствиям. По сообщению Ч. Питерсона из Университета Северной Каролины в Чэпл-Хилл, «дело кончается угнетением роста членов колонии из-за увеличения ее плотности».



«Не думаю, что нарушается только регуляция уровней хлорид-ионов, и вряд ли это главное в муковисцидозе», — отмечает Р. Баучер из Университета Северной Каролины в Чайлд-Хилл. Он подчеркивает, что больные муковисцидозом подвержены определенным инфекциям, которые не наблюдаются при других заболеваниях легких. Как он считает, это свидетельствует о том, что муковисцидоз состоит не только в закупорке воздухоносных путей в легких.

Тем не менее сейчас вовсю развернулось соревнование за приоритет в генотерапии муковисцидоза. По общему мнению, белок CFTR участвует в транспорте веществ через клеточную мембрану; вероятно, он регулирует деятельность каких-то переносчиков или каналов. «Возможно, этот белок координирует работу натриевых каналов и каналов для ионов хлора», — сказал Баучер.

Кристал обнаружил, что уровень экспрессии гена *CFTR* в клетках выстилки воздухоносных путей легких в норме низкий и довольно постоянный. Это важный обнадеживающий факт, потому что генотерапия весьма затруднительна в тех случаях, когда требуется сложная регуляция генной экспрессии.

Однако существенная сторона введения гена *CFTR* в организм человека остается пока под вопросом. Если этот ген попадет не в те клетки, в какие надо, и будет в них экспрессироваться, не исключено, что он может стать причиной болезни. Но Дж. Уитсерт из Детского клинического медицинского центра в Цинциннати обнаружил регулятор генной экспрессии, которой очень пригодился бы в данном случае: он идентифицировал промоторную последовательность ДНК, под влиянием которой некоторые гены экспрессируются только в тонких разветвлениях воздухоносных путей легких. Коль скоро имеет значение, в каких клетках экспрессируется ген *CFTR*, этот промотор может сыграть решающую роль, если его соединить к гену.

Во многих лабораториях идут исследования, в которых пытаются различные способы введения гена *CFTR* в клетки легких. На сегодняшний день результаты опытов на животных показали, что, вероятно, лучше всего использовать вирусные векторы, сконструированные при помощи методов генной инженерии. Кристал экспериментировал с адено-вирусом (обычно вызывающим простуду), который имеет сродство к клеткам легких. Он вводил вирусный вектор в легкие подопытных животных в составе жидкости, но его можно

включать и в состав аэрозоля. Кристал показал, что у кроликов чужеродный маркерный ген (а именно ген, кодирующий фермент люциферазу, который обеспечивает биolumинесценцию), включенный в геном адено-вируса, экспрессируется в клетках выстилки воздухоносных путей.

В опытах на кроликах Кристал также продемонстрировал, что адено-вирус может транспортировать в клетки легких ген человеческого белка, называемого α_1 -антитрипсином, в результате чего в этих клетках начинается экспрессия данного гена. Белок α_1 -антитрипсин разрушает в легочных клетках ферменты, участвующие в патологическом процессе, так что он может служить самостоятельным средством для лечения муковисцидоза.

Группы Кристала, Уилсона и Баучера, а также другие исследователи в качестве векторов для введения нужного гена используют так называемые ретровирусы. Недостаток ретровирусных векторов в том, что для их действия, т.е. для включения чужеродного гена в геном клетки, требуется активная репликация клеточной ДНК, а в большинстве легочных клеток она не происходит. Зато ретровирусы обладают рядом важных преимуществ. Уже созданы совершенно безопасные ретровирусные векторы и разработаны методики их использования. По словам Уилсона, предварительные эксперименты дали многообещающие результаты: экспрессия гена *CFTR* в культуре легочных клеток, в которых в норме белок CFTR не синтезируется, похоже, ничем не усложнена.

Для введения гена *CFTR* в клетки легких можно применять также совершенно иное транспортное средство — липосомы. Эти микроскопические мембранные пузырьки заполняют желаемым агентом и включают в состав аэрозоля. Уитсерт получил липосомы, несущие рецептор, который связывает белки легочного сурфактанта. Эти липосомы будут доставлять свой «груз» прямо в те клетки, где он нужен. Уитсерт намеревается испытать липосомы, содержащие ген *CFTR* и специфичный для легочных клеток промотор, на животных. (Альтернативная возможность использования липосом состоит в том, чтобы они доставляли в легкие сам белок CFTR; этот путь осуществим, если его продолжительность жизни в липосомах достаточно велика.)

«Все это очень вдохновляет, — говорит Уитсерт. — Введение генов в эпителиальные клетки уже возможно». Но вряд ли кто возьмется сейчас сказать конкретно, когда генотерапия

муковисцидоза войдет в медицинскую практику. «Предстоит еще много работы, — предостерегает Кристал. — Но дело это вполне реальное».

Все дальше в космос

КУДА вы попадете, посетив четыре планеты и 57 их спутников? Оказывается, в мрачное и тесное подвальное помещение. «Это ужасно, не правда ли?» — вопрошает, осматривая свои новые апартаменты, Дж. Питер де Врие, который с 1985 г. руководит научной группой программы «Вояджер». Основной этап программы «Вояджер», этап встречи с планетами, закончился, и де Врие с коллегами был выселен из своего офиса на верхних этажах Лаборатории реактивного движения в Пасадене (шт. Калифорния), чтобы освободить место новой команде, готовящей полет к Сатурну по программе «Кассини».

Космические аппараты «Вояджер-1» и «Вояджер-2» уже больше не встречаются на своем пути никаких планет, поэтому телевизионные камеры и другие сканирующие приборы на их борту были выключены. Тем не менее, спешит заметить де Врие, их миссия еще далеко не завершена. Детекторы частиц, полей и излучений продолжают собирать информацию, а сканирующие платформы продолжают вращаться, ориентируя единственный действующий прибор — спектрометр ультрафиолетового излучения.

Ультрафиолетовый спектрометр чувствителен к длинам волн от 500 до 1200 Å, которые поглощаются земной атмосферой и не могут регистрироваться ни одним другим из ныне действующих приборов. Хотя эта область спектра частично поглощается межзвездным газом, ультрафиолетовый спектрометр обнаружил излучение очень горячих звезд — белых карликов. «Это как бы свет, проходящий сквозь туман», — замечает Дж. Холберг из Аризонского университета.

Дело в том, что между разреженными облаками водорода, находящимися в межзвездном пространстве, имеются промежутки с пониженной концентрацией водорода. Возможно, наиболее неожиданным было открытие сильного ультрафиолетового излучения шаровых скоплений — свидетельство того, что в этих древних космических объектах существуют молодые горячие звезды.

Однако судьба действующего сейчас ультрафиолетового спектрометра неопределенна и висит на волоске из-за проблем, связанных с финансированием, поскольку НАСА готовит новые аппараты для осуществления вто-

рой межзвездной миссии, подобной программе «Вояджер», — «VIM», которая должна будет продемонстрировать возможности новых детекторов, установленных на космических аппаратах.

Программа «VIM» начнется там, где закончилась планетная миссия «Вояджеров», поскольку новые аппараты будут направлены в неизведанные области между Солнечной системой и межзвездным пространством. Непрерывный поток заряженных частиц, так называемый солнечный ветер, создает огромную структуру, называемую гелиосферой. Солнечный ветер несет «вмороженное» в него магнитное поле Солнца, тем самым препятствуя проникновению межзвездного вещества и космических лучей в пределы Солнечной системы.

В межзвездном пространстве солнечный ветер сталкивается с более плотными и медленнее движущимися потоками вещества, образуя границу — так называемую «гелиопаузу». Согласно последним данным, гелиопауза расположена на расстоянии, в 80—100 раз превышающем расстояние от Земли до Солнца (12—15 млрд км), т. е. в два—три раза больше расстояния, которое к настоящему времени преодолели «Вояджеры». Изменения интенсивности солнечного ветра, вероятно, вызывают волнобразные радиальные колебания гелиопаузы, так что ее обнаружение возможно только на расстоянии 50 орбитальных радиусов Земли (50 а. е.); «Вояджеры» достигнут этого расстояния примерно в 2000 г.

Между тем установленные на «Вояджерах» приборы передают массу информации об условиях на периферии Солнечной системы. Возможно, наиболее интригующие данные были получены с помощью прибора для детектирования космических лучей, который улавливает высокоскоростные заряженные частицы, приходящие от Солнца, Млечного Пути и из межгалактического пространства. «Вояджеры» обнаружили также непредвиденную четвертую компоненту частиц средней энергии. Э. Стоун из Калифорнийского технологического института поясняет, что это могут быть атомы из межзвездного пространства, получившие энергию благодаря турбулентным процессам, происходящим вблизи гелиопаузы. Эти атомы представляют собой первый непосредственный пример межзвездной среды.

До сих пор содержание таких элементов, как неон, аргон и гелий, определенное по измерениям космических лучей, соответствовало предполагаемому химическому составу межзвезд-

ного вещества. С другой стороны, содержание углерода по сравнению с кислородом в солнечных вспышках оказалось несколько ниже ожидаемого уровня. Детектор космического излучения может принести новые сюрпризы в ходе 11-летнего цикла солнечной активности. В то же время приборы, чувствительные к менее активным частицам, будут измерять плотность и поперечные изменения в потоке солнечного ветра.

Дополнительные наблюдения будут производиться на «Вояджерах» приборами для измерения магнитного поля. Солнечный цикл и вращение Солнца в совокупности создают сложную систему магнитных полей, которые заполняют гелиосферу и определяют движение космических лучей и солнечного ветра в Солнечной системе. Эта структура занимает объем, во много миллиардов раз превышающий объем Солнца. Отклоненные потоки частиц, в свою очередь, оставляют магнитный «автограф». «Вояджеры» будут работать вместе с другими космическими аппаратами НАСА, «Пионером-10» и «Пионером-11», предназначенными для съемки магнитной топологии гелиосферы и исследования гелиопаузы.

Исследователи разработали пятилетнюю программу проекта «VIM», а НАСА обещает, что «VIM» будет осуществляться в течение 25 лет. Некоторые трудности могут возникнуть с передачей информации на Землю. «В 80-е годы, отчасти из-за дороговизны научных космических миссий, «Вояджерам» отдавался приоритет», — отмечает Н. Несс, президент Исследовательского центра Бартол при Делаварском университете. Теперь «Вояджеры» устарели; Несс опасается, что ученым не удастся получить ценную информацию о мелкомасштабных характеристиках гелиопаузы, так как при передаче информации на Землю этим аппаратам придется конкурировать с новейшими космическими аппаратами и радиоприемными устройствами сверх дальней космической связи, разрабатываемыми специалистами НАСА.

Медленное течение «второй жизни» «Вояджеров» не будет столь впечатляющим, но все же должно вызывать некоторое почтение. «Вояджеры» покинут пределы Солнечной системы и исследуют гелиопаузу, «колошущуюся» на солнечном ветру. Дж. Уорвик из Колорадского университета в Боулдере считает, что эта грандиозная перспектива — дело грядущих лет, а может быть десятилетий, но при этом философски замечает без всякого сожаления: «Наука не терпит спешки».

Вновь об электрических одеялах

В 1945 г. компания General Electric широко раз рекламировала свою новую продукцию, объявив, что уже к концу 2-ой мировой войны жители США смогут воспользоваться преимуществами, которые она обеспечит: получат одеяла, изготовленные на подобие обогреваемых электрическим костюмов, какие эта компания производила для пилотов, совершающих полеты в Токио. Заголовок рекламного объявления гласил: «Как вы будете обогреваться в постели после войны».

Теперь, через 45 лет после установления мира, двое из трех основных производителей электрических одеял (GE в настоящее время не занимается их изготовлением) пытаются избежать шумихи вокруг проблемы безопасности их продукции. В ответ на противоречивые заявления относительно влияния электромагнитных полей на здоровье людей они изменили устройство своих одеял, чтобы свести к минимуму воздействие магнитного поля. Одеяла — первый потребительский продукт, подвергшийся такой «переклейке». В отличие от GE, производители одеял не стали широко рекламировать эти действия.

Похоже, что они на один шаг опередили правительство. Встреча руководства Управления по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств (FDA) с представителями общественности, запланированная на середину ноября, может стать прелюдией к дальнейшим действиям — принятию рекомендаций, ставящих целью уменьшение электрических и магнитных полей одеял. Это совещание решено было созвать после того, как 18 конгрессменов попросили объявить, что такие одеяла представляют опасность для человеческого здоровья.

Беспокойство конгрессменов вызвано результатами проведенных исследований, смысл которых сводится к тому, что поля частотой 60 Гц, образуемые электрооборудованием и электрическими одеялами, могут привести к развитию рака и других заболеваний (см. «В мире науки», 1990, № 8, «Гены в шоке»). «Те, кто постоянно пользуется электроодеялами, в течение года в среднем подвергаются воздействию магнитного поля от 0,5 до 1 миллигаусс (мГс), что сопоставимо со средним воздействием полей от других источников», — говорит Х. Флориг, исследователь, занимающийся изучением электромагнитных полей в Научно-исследовательском институте электроэнергетики.

Пока что данные о влиянии таких полей хоть и впечатляют беспокойство, но не дают уверенности в наносимом ими ущербе для здоровья. Исследование Д. Свитца и его коллег из Университета Северной Каролины в Чепел-Хилл, опубликованное в майском выпуске журнала «American Journal of Epidemiology» показало, что дети, родившиеся у женщин, пользовавшихся электрическими одеялами в период беременности, в 2,5 раза чаще страдали от опухолей мозга и на 70% чаще заболевали лейкозами. В этой статье, кроме того, говорится о 30% увеличении частоты раковых заболеваний у детей вообще.

Однако в том же номере журнала представлены данные Р. Верро и его сотрудников по Онкологическому центру Фреда Хатчинсона в Сиэтле (шт. Вашингтон), которые не усмотрели никакой связи между раком яичка у взрослых мужчин белой расы и использованием ими электрических одеял. Другие исследования дали столь же разноречивые результаты.

Хотя еще не произнесено окончательного приговора, потребители, вероятно, почувствовали себя не особенно уютно в своих обогреваемых постелях. Журнал «Consumer Reports», отмечая некоторую атмосферу неопределенности, окружающую эту проблему, в прошлом году выразил пожелание, чтобы дети и беременные женщины отказались от электрических одеял и матрасов, а пользовались обычными. И после периода стабильности в спросе на электрические одеяла, сохранявшегося в течение многих лет, он теперь упал на 11%, снизившись до 5 млн. штук в 1989 г., согласно журналу «Appliance Magazine». Но производители утверждают, что этот спад в спросе может объясняться более теплой зимой или финансовыми затруднениями розничных покупателей.

Погода или страх виной понижения спроса — неясно, но некоторые производители электрических одеял уже предпринимают шаги к уменьшению магнитных полей, генерируемых их продукцией. Согласно проверке, которой FDA подвергло продукцию компаний Northern Electric из Чикаго, при непосредственном контакте с новыми электрическими одеялами было зарегистрировано поле индукцией 5—10 мГс. Компания-производитель заявила, что ей удалось в 20 раз снизить индукцию поля по сравнению со своей самой первой продукцией.

Специалисты компании Northern Electric уверяют, что им удалось значительно снизить воздействие полей, пусть электрический ток по двум параллельным проводам в противопо-

ложных направлениях. Другой производитель, корпорация Casco-Belton из Гровера (шт. Сев. Каролина), использовал тот же принцип. Предварительные испытания, проведенные FDA, показали, что при условии новой конструкции индукция магнитного поля равна приблизительно 1 мГс, что примерно в 50 раз меньше прежнего.

Однако эти меры не устраняют полностью электрических полей, которые, как уже было показано с помощью ряда исследований, вызывают биологические изменения. Как утверждает FDA, с ними можно справиться, если производители заключат провода в оплетку, что требует более сложной и дорогой конструкции, чем та, которая необходима для уменьшения действия магнитной составляющей.

Единственное серьезное возражение против изменения устройства одеял высказала компания Fielderest Cannon из Гринсборо (шт. Сев. Каролина), одеяла которой, как показали исследования, проведенные FDA, обладают максимальной индукцией магнитного поля — от 150 до 200 мГс. «Мы продолжаем интересоваться проведением исследований, — говорит М. Досс, вице-президент компании. — Но трудно все же адекватно реагировать на противоречивые результаты».

Когда компании Northern Electric и Casco-Belton произвели некоторые изменения своей продукции, они не стали афишировать этот факт. «Полагаю, что мы не должны привлекать к этому слишком большого внимания», — говорит Д. Брентли, менеджер Casco-Belton.

Если вопрос о безопасности будет все так же актуален, то, как было шутливо сказано в рекламе компании GE, грядет эра, когда «хладнокровные американцы будут носить ночную одежду из паутины, широко открывая на ночь окна и чувствовать себя при этом превосходно».

Роджер Ревелл — «отец» парникового эффекта

ФРАНЦУЗСКИЙ философ Франсуа де Ларошфуко однажды написал: «Есть люди, которые никогда не влюбились бы, если бы не слышали об этом чувстве». Равным образом, есть много людей, которым бы никогда не пришла в голову мысль о возможности глобального потепления, если бы Роджер Ревелл не написал об этом в 1957 г.

Именно тогда Ревелл, директор Океанографического института Скриппса в Ла-Хойя (шт. Калифорния), и его

коллега Ганс Зюсс подвергли резкой критике бытующий в науке миф. Эти два океанографа опубликовали статью, в которой утверждали, что океаны не способны поглотить большую часть диоксида углерода (CO_2), выбрасываемого человечеством в атмосферу. По их альтернативной оценке, примерно половина CO_2 , попадающего в атмосферу, там и остается. Называя сжигание ископаемого топлива «крупномасштабным геофизическим экспериментом», они предсказали, что в «ближайшие десятилетия» содержание диоксида углерода в атмосфере может увеличиться на 20—40%.

Хотя идеи Ревелла тогда не нашли поддержки, ему удалось добиться проведения регулярных измерений содержания CO_2 на обсерватории Мауна-Лоа в рамках Международного геофизического года. За прошедшие с тех пор 33 года в результате измерений возникла одна из наиболее известных в науке кривых. Каждый новый год добавлял свою ступеньку, и кривая ползла вверх. Сейчас концентрация CO_2 в атмосфере достигла 350 млн $^{-1}$, т. е. возросла на 11% по сравнению с 1957 г. Благодаря результатам, полученным на Мауна-Лоа, неортодоксальные идеи Ревелла о парниковом потеплении получили признание.

Кроме того, Ревелл был инициатором основания Калифорнийского университета в Сан-Диего, новатором в области образования, экспертом по народонаселению и научным эмиссаром в развивающихся странах. Он остается стойким защитником идеи социальной ответственности в науке. В ноябре 1990 г. Ревелл был включен в список кандидатов на награждение национальной медалью за научные достижения, вручаемой президентом США.

Вот уже несколько десятилетий Ревелл — при росте 193 см — одна из наиболее импозантных фигур среди океанографов. Еще в Помона-Колледже вдохновенный преподаватель разбудил в нем интерес к геологии. Позднее, в 1931 г., когда Ревелл изучал геологию в Калифорнийском университете в Беркли, он был привлечен к исследованию глубоководных донных отложений в будущем Институте Скриппса, который тогда был всего лишь отдаленной полевой научной станцией.

Как раз в то время Ревелл женился на Элен Кларк, внучатой племяннице Элен Браунинг Скриппса и Эдварда Скриппса, ставших главными спонсорами указанного института. Получив назначение в Институт Скриппса, Ревелл на всю жизнь связал себя с этой

организацией. Сейчас ему 81 год, и он восстанавливает силы после перенесенной операции на сердце. Но до сих пор Ревелл управляет политической и научной бурей, которую он сам вызвал, из своего кабинета, откуда виден горизонт — граница океана и атмосферы.

Эта обстановка вполне соответствует личности почетного директора и профессора науки и общественной политики в школе, которую он создал. Ревелл не стесняется в выражениях, когда ругает «нашее ужасное образование, которое учащиеся получают в общественных школах», или засилье администраторов в Институте Скриппса. Понятно поэтому, что за время своей пятидесятилетней карьеры он многим наступил на мозоли.

Ревелл признает, что неопределенность данных о влиянии облаков на климат и о способности биосфера поглощать CO_2 не дает точно определить, насколько сильным будет глобальное потепление. Однако он остается, как всегда, несговорчивым, когда речь заходит о недостатках научных программ. «Исследование глобальных изменений климата нужно вести на международной основе, — утверждает Ревелл. — Камень преткновения лежит в третьем мире, где научные усилия очень неоднородны». Кроме того, сотрудничество с Советским Союзом в области океанографии оказалось «менее удовлетворительным, чем в других областях», из-за «относительно грубых» советских приборов.

Ревелл относится скептически к планам НАСА управлять глобальными изменениями климата с помощью проектируемой космической станции и других больших орбитальных платформ, несущих многочисленные приборы. «Вместо них нужны небольшие спутники, специально предназначенные для этой цели», — настаивает Ревелл. Что касается политического руководства, то Ревелл считает, что советник президента Буша по науке Д. Аллан Бромли, физик из Йельского университета, является хорошим противовесом Джону Сунуну, руководителю аппарата сотрудников Белого дома. Но при этом Ревелл не упускает случая ядовито заметить, что физики в общем «не очень-то разбираются в явлении окружающей среды».

Ревелл не из тех людей, кто поступает моральными принципами. В 1950 г. он заслужил «дурную» славу,

выступив в защиту своих коллег по университету, отказавшихся дать подпись о непринадлежности к коммунистической партии. Руководство Калифорнийского университета выставило ультиматум, угрожая увольнением всем, кто откажется от подписи. После напряженного общественного противостояния и переговоров, в которых Ревелл принимал активное участие, руководство университета и факультета пошло на компромисс: хотя в контракте требовалось подтвердить свою непринадлежность к коммунистической партии, руководство соглашалось выслушать тех, кто против подписи возражает. «Я действительно рисковал своей карьерой», — замечает Ревелл.

Его просили выступить в этом деле в качестве представителя факультета, как он сам говорит, из-за его «безупречной репутации морского офице-

рировать», — говорит Ревелл. В этой борьбе он нажил себе и врагов, и друзей и все-таки в следующем году был назначен директором Института Скриппса.

В 1950-х годах Институт Скриппса под руководством Ревелла организовал экспедиции, во многом заложившие основы современной океанографии. Были получены результаты, подтверждающие явления расширения океанического дна, инверсий магнитного поля и конвекции в мантии. Как директор Ревелл был недоволен тем, что его студенты обнаруживают плохое знание фундаментальных наук на выпускных экзаменах, и в 1956 г. снова обратился к университетскому руководству, предложив создать новый университетский кампус в Сан-Диего. Он получил поддержку местных властей, но встретился с жесткой оппозицией университетских должностных лиц, боявшихся утечки фондов. Позже Ревелл скажет о своих противниках: «Они оказались специалистами по защите собственного благополучия».

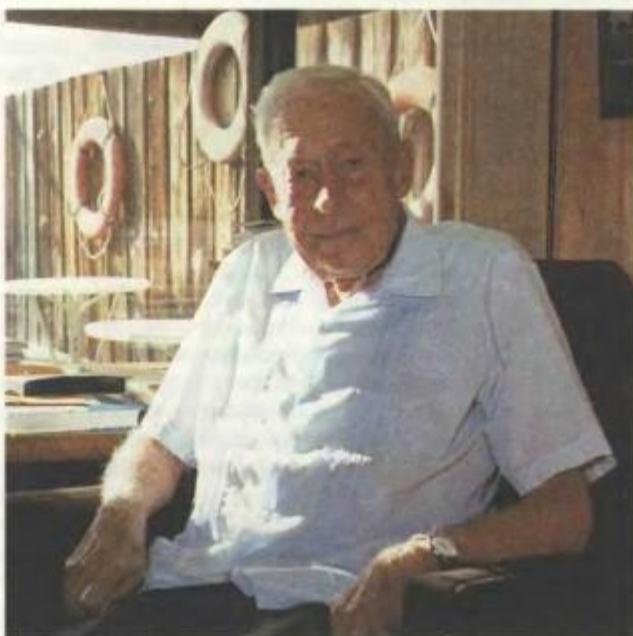
Университет в Сан-Диего был основан в 1959 г., однако Ревелл, вопреки своим ожиданиям, не был назначен его ректором. «Я настроил против себя университетских руководителей, особенно одного из них», — вспоминал он без всякого сожаления. Все же Ревелл стал деканом школы науки и техники, сохранив при этом свой пост в Институте Скриппса, который стал филиалом Калифорнийского университета.

Будучи деканом, Ревелл привлек в Сан-Диего значительные научные силы. «Мы начали строить с крыши», — объясняет он, имея в виду, что профессора высшей школы были назначены ранее преподавателей колледжей. В результате всего лишь за 30

лет Калифорнийский университет в Сан-Диего стал крупным исследовательским центром. «Это самое важное из всех дел, какими я занимался», — говорит Ревелл.

Он был также инициатором разделения университета в Сан-Диего на отдельные колледжи, полагая, что факультетское сотрудничество расцветет в более мелких сообществах. Замысел не удался. «Факультет не противился идеи, — говорит Ревелл, — но профессора оказались не на высоте, и теперь мы имеем дюжины мелких империй».

Хотя Ревелл оптимистично оценивает возможность человечества пере-



РОДЖЕР РЕВЕЛЛ в своем офисе в Институте Скриппса, с видом на Тихий океан. Фото Т. Бердсли.

ра». Во время своей службы на флоте Ревелл организовал в 1946—47 гг. научные исследования на атолле Бикини, где испытывалась атомная бомба (операция «Кроссоузз»). (Кстати, буровые работы на атолле подтвердили теорию Чарльза Дарвина и Джеймса Дауайта Дана о том, что атоллы имеют подводное вулканическое ядро.) Во время этих поездок Ревелл давал подобную подпись, но позднее в аналогичной ситуации на карту был поставлен принцип. «Академическая самостоятельность является основой современного американского университета, и я не жду ничего хорошего от тех, кто пытается ее лик-

жить глобальные изменения климата, он с давних пор озабочен состоянием воздуха, почв и воды в развивающихся странах. Его превращение из океанографа в эксперта по экономическому развитию началось в 1962 г., когда, будучи научным советником министра внутренних дел, он с группой из 20 исследователей отправился в Пакистан в качестве консультанта по проблеме засоленности почв. Как вспоминает Ревелл, президент США Джон Кеннеди счел необходимым оказать техническую помощь Пакистану. Джером Виснер, советник Кеннеди по науке, предложил кандидатуру Ревелла. «Роджер понимает толк в соли», — сказал он Джону Кеннеди. Ревелл отмечает, что в результате этой поездки продуктивность сельскохозяйственных культур на засоленных почвах в Пакистане удвоилась в течение последующих десяти лет.

В 1964 г. Ревелл оставил Калифорнийский университет в Сан-Диего для того, чтобы основать Центр демографических исследований при Гарвардском университете. В то время, замечает он, большинство подобных институтов занимались в основном изучением уровней рождаемости. Его пакистанский опыт подсказал ему, что не меньшее значение для демографии имеют ресурсы окружающей среды. «К большому неудовольствию многих», Ревелл приложил усилия к тому, чтобы сделать изучение ресурсов «университетской дисциплиной». «Мы оказались правы», — добавляет он.

Впоследствии Ревелл много консультировал по проблемам развития в Азии и Африке. «Развитые страны имеют в своем распоряжении мощную технологию, — отмечает он, — и я не думаю, что проблемы ресурсов в этих странах являются серьезными. Мы всегда в состоянии решить их». Но он не питает оптимизма относительно Африки, в особенности тех стран, чьи возможности подорваны неумелым политическим руководством и нулевым экономическим ростом.

В 1975 г. Ревелл вернулся на свой теперешний пост в Калифорнийском университете в Сан-Диего. Недавно, в 1988 г., он съездил в Африку во главе научной экспедиции, изучавшей проблему голода. «Сельское хозяйство регрессирует вместо того, чтобы прогрессировать, — говорит он. — Это чрезвычайно опасно». Для исправления положения, по мнению Ревелла, требуется «новая зеленая революция» с внедрением методов современной генетики для улучшения зерновых культур, главным образом кукурузы. Однако, как отмечает Ревелл, во многих африканских странах ученым ма-

ло платят и карьера исследователя не является привлекательной.

«Засуха — очень серьезная проблема», — говорит Ревелл. Он считает, что управление водными ресурсами станет одной из самых насущных проблем в мире, живущем в условиях парникового потепления, даже в США. Он указывает, что плотины и водохранилища строят в расчете на десятилетия и проектируют исходя из того, что уровни атмосферных осадков останутся неизменными. Ревелл встревожен проявляющимися в стране тенденциями. «В течение всего десятилетия 80-х мы действовали далеко не лучшим образом на многих направлениях», — говорит он.

Ревелл удручен и тем, что ученые не служат примером в вопросах социальной сознательности. Как бывший президент Американской ассоциации содействия развитию науки Ревелл

отмечает плохую посещаемость собраний Ассоциации ее членами и указывает, что, «вопреки его надеждам», не происходит увеличения числа членов Ассоциации среди лиц с физическими недостатками и национальных меньшинств. «Ассоциация пытается заниматься всеми этими вопросами, — говорит Ревелл, — но большинство ученых относится к этому наплевательски».

Несмотря на почтенный возраст, Ревелл не потерял своей активности. Он и Элен по-прежнему живут в Лахоя, в доме, в который они въехали 50 лет назад. Оба — известные в городе покровители искусств. Ревелл продолжает вести семинары по технологии и слаборазвитым странам и по морской политике. Как одному человеку удается сделать в жизни так много? «Делайте все последовательно», — советует Ревелл.

Книги издательства „Мир“

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Теория и приложения
В 2-х книгах
Пер. с англ.
Под ред. Х. АСРАРА

В коллективной монографии специалистов США рассмотрены практически все составные части проблемы дистанционного зондирования. Она ориентирована на вопросы взаимодействия излучения с атмосферой и земной поверхностью и развитие инструментальной базы соответствующих исследований. В книге 1 рассматриваются полевые эксперименты, теории переноса излучения, математическая постановка задачи восстановления параметров состояния почв и растительности, а также методы измерения спектральной отражательной способности. В книге 2 рассматриваются атмосферная коррекция дан-

ных дистанционного зондирования, приложения разработанных методов к исследованиям лесных экосистем, прибрежных зон и геологических образований, количественные характеристики оценки данных дистанционных измерений в инфракрасной области спектра с точки зрения изучения баланса энергии на земной поверхности, эвапотранспирации растительности и углеродного обмена для различных экосистем Земли.

Для специалистов в области геофизики, биологии, агрометеорологии, почвоведения, экологии и др., а также для студентов соответствующих специальностей.

Заказы на книгу будут приниматься в магазинах научно-технической книги после поступления тематического плана издательства на 1992 г. в апреле-мае 1991 г.



Конкуренция на мировом компьютерном рынке



ДЖ. КРИСТОФЕР УЭСТЛЕНД

НА ПРОТЯЖЕНИЕ большей части 20-го столетия США успешно лидировали в области компьютерной технологии. Наши стандарты доминируют в вычислительной технике — от микрокомпьютеров до самых быстродействующих в мире суперкомпьютеров. Компании США в настоящее время производят более трех четвертей мировой программной продукции и программных услуг, торговля которыми ежегодно приносит около 9 млрд долл. прибыли. Мы также обеспечиваем львиную долю мировых коммерческих баз данных. Продукция передовой технологии представляет значительную часть нашей экономики и оценивается в 350 млрд долл. в год. Американское «ноу-хау» (техническое знание, информация) продолжает определять мировые стандарты в таких областях, как архитектура процессоров, периферийные устройства, искусственный интеллект, нейронные сети, устройства оптического чтения и распознавания речи, аппаратура музыкального синтеза и многие другие коммерческие технологии.

И все же, после десятилетия щедрого финансирования компьютерной технологии, американские бизнесмены стали менее охотно вкладывать деньги в эту отрасль экономики. Их пессимизм уже начал оказывать негативное влияние. В 1989 г. капиталовложения в областях, связанных с разработкой и производством вычислительной техники, составили лишь 2,5 млрд долл., в то время как в предыдущем году этот показатель составлял 3—4 млрд долл. По данным недавно проведенного компанией Ernst & Young опроса 775 ведущих администраторов передовые технические отрасли США в 90-е годы должны будут все в большей мере полагаться на иностранный капитал. 25% опрошенных заявили, что недостаток капитала был для них одной из основных проблем, и почти половина (48%) представителей молодых компаний (с годовым доходом не более 5 млн долл.) сказали, что предметом наи-

большей заботы для них является поиск средств. Фирмы именно этой категории зачастую разрабатывают самые лучшие и передовые компьютерные технологии в США. Однако изобретательность, энергия и талант пропадают даром, когда фирмы не могут воплотить свои технологии в конкурентоспособную продукцию из-за нехватки капитала.

По существу американские вкладчики сбывают акции американской компьютерной технологии, играя на понижение и обедняв тем самым успешно развивающуюся и конкурентоспособную отрасль промышленности. В поисках капитала представители американской компьютерной промышленности вынуждены обращаться к другим странам. Исследование, проведенное компанией Ernst & Young, показывает, что в течение следующих пяти лет 27% требующегося данной отрасли капитала поступит из иностранных источников, что значительно выше нынешнего уровня, равного 16%. Приблизительно четверть опрошенных руководителей ожидает, что в течение следующих пяти лет их компании будут скуплены иностранными партнерами.

Наши главные иностранные конкуренты испытывают значительно меньше трудностей в поисках капитала. Японский банк ссужает деньги многим фирмам компьютерной промышленности в своей стране под проценты, в пять раз меньшие по сравнению с американскими финансовыми учреждениями. В 1988 г. норма прибыли, необходимая для покрытия финансовых расходов на научно-технические разработки в США, достигла тревожного уровня — 20,3% против 8,7% в Японии и 14,8% в Германии. Это вынуждает промышленные компании США искать рынки с быстрой отдачей, низкой степенью риска и высокими прибылями, в результате чего возникает «лоскутное одеяло» из несогласованных друг с другом стратегий развития компьютерных технологий.

Отсутствие поддержки американ-

ской компьютерной технологии со стороны инвесторов в собственной стране привело к снижению количества заявок на патенты в области фундаментальных научно-технических разработок. Возникшее вследствие этого падение цен явилось причиной того, что иностранные вкладчики стали считать выгодной для себя сложившуюся в США конъюнктуру. В частности, японские бизнесмены стали искать возможности для вложения своих средств в американскую компьютерную технологию. Такие капиталовложения предоставляют иностранным инвесторам отличную возможность скупать патентные права на многие коммерчески перспективные и прогрессивные технологии, не испытывая риска и не неся больших затрат на их реализацию. По одной из имеющихся оценок японские капиталовложения в разработки по американским патентам составляют около 10 млрд долл.; стоимость же вложений в производство и сбыт готовой продукции пожалуй в сотни раз выше.

Пять факторов препятствуют более активному инвестированию в компьютерные технологии со стороны американского бизнеса. Во-первых, отдачу от этих затрат трудно прогнозировать. Для этого требуется глубокое понимание потенциальных применений той или иной технологии, равно как и трудностей, стоящих на пути ее внедрения в производство. Даже если в современных условиях новая продукция выглядит вполне жизнеспособной, потенциальные вкладчики отдают себе отчет в том, что отношение к ней за время ее жизни меняется. Тенденция делать ставку на испытанные виды продукции не способствует успешной деятельности новых предпринимателей, многие из которых готовы предложить самые прогрессивные идеи.

Во-вторых, дальнейшее процветание американской промышленности в значительной степени зависит от состояния иностранных рынков технологических изделий. Однако следует признать, что в области компьютерных технологий США руководствуются иными (и обычно более этичными) стандартами в отличие от иностранных фирм. Процветающая международная торговля украденными или скопированными по американским образцам программными средствами представляет серьезную угрозу американским фирмам, специализирующимся на программном обеспечении. В-третьих, заработка плата и льготы для руководящего и технического персонала на предприятиях военно-промышленного комплекса могут быть выше, чем в гражданском секторе, почти на 50%. Такое неравенство

условий порождает массовую «утечку умов» из гражданской промышленности. Если бы результаты военных исследований передавались в сферу массового производства, ситуация не была бы столь острой. Однако большая часть военных разработок носит узкоспециализированный характер и, как правило, не может быть заимствована другими отраслями. В-четвертых, отрицательные отзывы средств массовой информации об уровне научно-технических познаний у американцев дискредитируют нашу промышленность. И наконец, практикуемое в США судебное разбирательство случаев об ответственности за новую продукцию делает перспективу внедрения новой компьютерной техники непредсказуемой.

Однако все эти барьеры не являются непреодолимыми. Три изменения в нашем современном подходе к исследованиям и разработкам могли бы сделать рассматриваемую отрасль более привлекательной для ее потенциальных инвесторов.

Первое: мы должны обеспечить приоритет исследованиям, ориентируемым на создание конкретной продукции и рынки сбыта. При этом создаваемая продукция не обязательно должна ограничиваться коммерческими рынками; «рынком» для фундаментальных исследований могли бы стать другие научные проекты.

Второе: мы должны одновременно оказывать финансовую поддержку как разработке и внедрению новых производственных процессов, так и перспективной продукции. В настоящее время предпочтение отдается исследованиям, предусматривающим разработку опытных образцов или проведение лабораторных экспериментов. Новая продукция в этом случае часто остается в виде экспериментальной диковинки. Даже когда она имеет благоприятную коммерческую перспективу, ее производство в промышленном масштабе и на приемлемом качественном уровне оказывается невозможным ввиду отсутствия технологии изготовления.

Наконец, мы должны поощрять широкий обмен информацией о новых изделиях и новых технологиях производства. Небольшие компании особенно нуждаются в такой помощи.

Высказанные предложения дают реальные возможности нашей компьютерной промышленности преумножить достигнутые успехи и сохранить высокую конкурентоспособность на мировом рынке. Игнорирование этих возможностей приведет к тому, что США медленно, но верно начнут уступать свое лидирующее положение на компьютерном рынке иностранным конкурентам.

Книги издательства „Мир“

С. Мурога

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕРХБОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

В 2-х книгах

1985 г. Цена комплекта 3 р. 40 к.

С. Вайнберг

ОТКРЫТИЕ СУБАТОМНЫХ ЧАСТИЦ

1986 г. Цена 80 к.

Х. Гиббс

ОПТИЧЕСКАЯ БИСТАБИЛЬНОСТЬ. УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОМ С ПОМОЩЬЮ СВЕТА

1988 г. Цена 5 р. 90 к.

А. Кадич, Д. Эделен КАЛИБРОВОЧНАЯ ТЕОРИЯ ДИСЛОКАЦИЙ И ДИСКЛИНАЦИЙ

1987 г. Цена 1 р. 40 к.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ

Под ред. Б. Хоскинса, Р. Пирса
1988 г. Цена 4 р. 90 к.

ПОСЛЕДСТВИЯ ЯДЕРНОЙ ВОЙНЫ. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЮ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

М. Харуэлл, Т. Хатчисон и др.
1983 г. Цена 5 р. 80 к.

СИСТЕМА САТУРНА. СБОРНИК СТАТЕЙ.

1990 г. Цена 8 р. 90 к.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АСТРОФИЗИКЕ

Под ред. Дж. Сентрелла и др.
1986 г. Цена 4 р. 30 к.

Х. Холленд

ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОКЕАНОВ И АТМОСФЕРЫ

1989 г. Цена 7 р. 10 к.

АМОРФНЫЕ

ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ

Под ред. В. Хейванга

1987 г. Цена 1 р. 60 к.

Ж. Вертио, Ф. Куафе

ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

1989 г. Цена 1 р.

И. Зеленка

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЗОНАТОРЫ НА ОБЪЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ.

МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИЯ, КОНСТРУКЦИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ

1990 г. Цена 6 р. 70 к.

КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ СБОРНИК. Вып. 27.

1990 г. Цена 2 р. 50 к.

КОСМИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Под ред. Л. Кейвни
1988 г. Цена 4 р. 90 к.

КОСМИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ВВЕДЕНИЕ В НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Под ред. Б. Фойербахера и др.
1989 г. Цена 5 р. 90 к.

Эти книги вы можете получить наложенным платежом, направив заявку по адресу: 191040 Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5 «Техническая книга»



Библиография

СЛУЧАЙНАЯ ЯДЕРНАЯ ВОЙНА

CRISIS STABILITY AND NUCLEAR WAR. Edited by Kurt Gottfried and Bruce G. Blair. Oxford University Press, 1988.

ABORTING UNAUTHORIZED LAUNCHES OF NUCLEAR-ARMED MISSILES THROUGH POST-LAUNCH DESTRUCTION. Sherman Frankel in *Science and Global Security*, Vol. 2, No. 1, pages 1—20; November, 1990.

REDUCING THE DANGERS OF ACCIDENTAL AND UNAUTHORIZED NUCLEAR LAUNCH AND TERRORIST ATTACK: ALTERNATIVES TO A BALLISTIC MISSILE DEFENSE SYSTEM. International Foundation, 1990.

THE LOGIC OF ACCIDENTAL NUCLEAR WAR. Bruce G. Blair. Brookings Institution (in press).

КАК ОХОТИТСЯ КАМЧАТСКАЯ ЛАРГА

Белькович В.М., Дубровский Н.А. СЕНСОРНЫЕ ОСНОВЫ ОРИЕНТАЦИИ КИТООБРАЗНЫХ. — Л.: 1976.

Белькович В.М., Щекотов М.Н. ПОВЕДЕНИЕ И АКУСТИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ ЛАСТОНОГИХ В ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЕ. — М.: 1990.

ОБРАЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛ

STATE-TO-STATE REACTION DYNAMICS. Richard N. Zare and Richard B. Bernstein in *Physics Today*, Vol. 33, No. 11, pages 43—50; November, 1980.

INVESTIGATION OF ULTRAFAST PHENOMENA. Charles V. Shank in *Science*, Vol. 233, No. 4770, pages 1276—1280; September 19, 1986.

THE NOBEL PRIZE FOR CHEMISTRY IN *Les Prix Nobel 1986*. Almqvist & Wiksell International, 1987.

REAL-TIME LASER FEMTOCHEMISTRY: VIEWING THE TRANSITION FROM REAGENTS TO PRODUCTS. Ahmed H. Zewail and Richard B. Bernstein in *Chemical and Engineering News*, Vol. 66, No. 45, pages 24—43; November 7, 1988.

LASER FEMTOCHEMISTRY. Ahmed H. Zewail in *Science*, Vol. 242, No. 4886, pages 1645—1653; December 23, 1988.

EXPOSING MOLECULAR MOTIONS. Ian W.M. Smith in *Nature*, Vol. 343, No. 6260, pages 691—692; February 22, 1990.

ULTRAFAST MOLECULAR REACTION DYNAMICS. L. Khundkar and Ahmed H. Zewail in *Annual Review of Physical Chemistry*, Vol. 41, pages 15—60; 1990.

НАСЛЕДСТВО ГЕШТАЛЬТ-ПСИХОЛОГИИ

A SOURCE BOOK OF GESTALT PSYCHOLOGY. Prepared by Willis Davis Ellis. Humanities Press, 1938.

GESTALT PSYCHOLOGY. Wolfgang Köhler. Liveright, 1970.

THE MENTALITY OF APES. Wolfgang Köhler. Liveright, 1976.

PARALLEL DISTRIBUTED PROCESSING: EXPLORATIONS IN THE MICROSTRUCTURE OF COGNITION, Vol. 1: FOUNDATIONS. David E. Rumelhart, James L. McClelland and the PDP Research Group. The MIT Press, 1986.

SOCIAL PSYCHOLOGY. Solomon E. Asch. Oxford University Press, 1987.

ЗАМОРОЖЕННЫЙ, НО ЖИВОЙ

BIOPHYSICS AND BIOCHEMISTRY AT LOW TEMPERATURES. Felix Franks. Cambridge University Press, 1985.

LIFE IN THE COLD: AN INTRODUCTION TO WINTER ECOLOGY. Peter J. Marchand. University Press of New England, 1987.

THE BIOPHYSICS OF ORGAN CRYOPRESERVATION. Edited by David E. Pegg and Armand M. Karow, Jr. Plenum Press, 1988.

FREEZE TOLERANCE IN ANIMALS. Kenneth B. Storey and Janet M. Storey in *Physiological Reviews*, Vol. 68, No. 1, pages 27—84; 1988.

LIFE IN A FROZEN STATE: ADAPTIVE STRATEGIES FOR NATURAL FREEZE TOLERANCE IN AMPHIBIANS AND REPTILES. Kenneth B. Storey in *American Journal of Physiology*, Vol. 258, No. 3, Part 2, pages R559—568; 1990.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛЮДЕЙ

RECONSTRUCTION OF HUMAN EVOLUTION: BRINGING TOGETHER GENETIC, ARCHAEOLOGICAL, AND LINGUISTIC DATA. Luigi Luca Cavalli-Sforza, Alberto Piazza, Paolo Menozzi and Joanna Mountain in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 85, No. 16, pages 6002—6006; August, 1988.

THE HUMAN REVOLUTION: BEHAVIORAL AND BIOLOGICAL PERSPECTIVES ON THE ORIGINS OF MODERN HUMANS. Edited by Paul Mellars and Chris Stringer. Princeton University Press, 1989.

MITOCHONDRIAL DNA SEQUENCES IN SINGLE HAIRS FROM A SOUTHERN AFRICAN POPULATION. Linda Vigilant et al. in *Proceedings of the National*

Academy of Sciences, Vol. 86, No. 23, pages 9350—9354; December, 1989.

ПРОТИВ САМОГО СЕБЯ

THE T CELL AND ITS RECEPTOR. Philippa Marrack and John Kappler in *Scientific American*, Vol. 254, No. 2, pages 36—45; February, 1986.

THE SELF, THE WORLD AND AUTOIMMUNITY. Irun R. Cohen in *Scientific American*, Vol. 258, No. 4, pages 52—60, April, 1988.

IMMUNOLOGICAL TOLERANCE: COLLABORATION BETWEEN ANTIGEN AND LYMPHOKINES. Gustav J.V. Nossal in *Science*, Vol. 245, No. 4914, pages 147—153; July 14, 1989.

FRONTIERS IN BIOTECHNOLOGY: TOLERANCE IN THE IMMUNE SYSTEM. *Science*, Vol. 248, No. 4961, pages 1335—1393; June 15, 1990.

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

THE THEORY OF ALGEBRAIC NUMBERS. Harry Pollard. Mathematical Association of America, 1950.

MATHEMATICAL THOUGHT FROM ANCIENT TO MODERN TIMES. Morris Kline. Oxford University Press, 1972.

ALGEBRAIC NUMBER THEORY. Ian N. Stewart and David O. Tall. Chapman and Hall, 1987.

В МИРЕ НАУКИ

Подписано в печать 11.02.91.
По оригинал-макету. Формат 60 × 90 ¼.

Гарнитура таймс, гелиос.

Офсетная печать.

Объем 6,00 бум. л.

Бумага офсетная №1.

Усл.-печ. л. 12,00.

Уч.-изд. л. 15,36.

Усл. кр.-отт. 50,00.

Изд. № 25/8260. Заказ 127.

Тираж 14 200 экз. Цена 3 р.

Издательство «Мир»

Госкомпечати СССР

129820, ГСП, Москва, И-110,

1-й Рижский пер., 2.

Набрано в Межиздательском

фотонаборном центре

издательства «Мир»

Типография В/О «Внешторгиздат»

Госкомпечати СССР

127576, Москва, Ильинская, 7

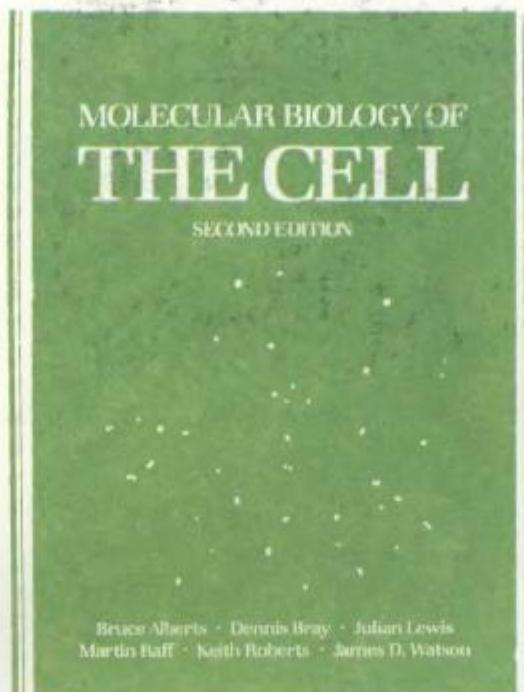


Книги издательства „Мир“

В. Альбертс, Д. Брей, Дж. Льюис и др.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ

В 3-х томах
Перевод с английского



Современный учебник по молекулярной биологии, созданный коллективом известных американских ученых (в их числе — лауреат Нобелевской премии Джеймс Уотсон). Энциклопедическая полнота охвата материала позволяет использовать его как справочное пособие. На русском языке выходит в 3-х томах. Советский читатель уже знаком с 1-м изданием (М.: Мир, 1986—87). Новое издание переработано авторами и дополнено современным материалом. В первом volume рассматриваются эволюция клеток, их химический состав, методы исследования, структура и функции плазматической мембраны, митохондрий, хлоропластов. Во втором volume описана структура и функции ядра и цитоскелета, механизмы клеточного деления, организация процессов внутри- и межклеточного транспорта. Третий volume посвящен проблемам клеточной дифференцировки и организации специализированных тканей, рассмотрены общебиологические и молекулярно-генетические аспекты злокачественного перерождения клеток.

Для биологов всех специальностей, преподавателей и студентов университетов, медицинских, педагогических и сельскохозяйственных институтов.

1992 г. 152 л. Цена 14 р. 90 к.

Заказы на книгу будут приниматься в магазинах научно-технической и медицинской книги в апреле-мае 1991 г. после поступления тематического плана издательства на 1992 г. (поз. № 88)



В следующем номере:



САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ КРИТИЧНОСТЬ

БУДУЩЕЕ СПУТНИКОВОЙ РАЗВЕДКИ

ПРОБЛЕМА СВОРАЧИВАНИЯ ПОЛИПЕПТИДНОЙ ЦЕПИ БЕЛКОВ

ФЛОРЕНТИЙСКИЙ СОБОР

ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ ВОКРУГ ДРУГИХ ЗВЕЗД?

АСПИРИН

КОЭВОЛЮЦИЯ КУКУШКИ И ЕЕ ХОЗЯЕВ

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ НА СЛУЖБЕ НАУКИ

МИР НЕВИДИМЫХ ОРГАНИЗМОВ
В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ