

В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC
AMERICAN

Издание на русском языке



Ноябрь **11** 1988

КОМЕТА ГАЛЛЕЯ

Вниманию читателей!

Д. Хьюбел
ГЛАЗ, МОЗГ, ЗРЕНИЕ

Перевод с английского



В книге известного американского нейрофизиолога, лауреата Нобелевской премии, обобщены современные представления о том, как устроены нейронные структуры зрительной коры головного мозга и как они перерабатывают зрительную информацию. При высоком научном уровне изложения книга написана простым, ясным языком, прекрасно иллюстрирована. Она может служить учебным пособием по физиологии зрения и зрительного восприятия.

Содержание. Основные понятия нейрофизиологии. Глаз. Первичная зрительная кора. Увеличение и модули (понятие о функциональном модуле зрительной коры.). Стереоскопическое зрение. Цветовое зрение. Развитие зрительных структур в онтогенезе. Проблема целостности восприятия и узнавания объектов.

Из рецензий: «Книга представляет интерес не только для широкого читателя, но и для специалистов, поскольку приводимый в ней материал еще не публиковался на русском языке» (к.б.н. И.Н. Пигарев). «Книга уникальна по широте, глубине и новизне представленного материала. Наличие большого числа схем и иллюстраций делает материал понятным не только биологам и медикам, но и специалистам по кибернетике» О.В. Левашов.

Для студентов биологических и медицинских вузов, нейрофизиологов, офтальмологов, психологов, специалистов по вычислительной технике и искусственному интеллекту.

1990, 21 л. Цена 2 р.

На книги, выходящие в 1990 г.,
магазины научно-технической
литературы будут принимать
заказы с апреля-мая 1989 г.
Издательство заказы не принимает.



В МИРЕ НАУКИ

Scientific American · Издание на русском языке

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ

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

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР» МОСКВА

№ 11 · НОЯБРЬ 1988

В номере:

СТАТЬИ

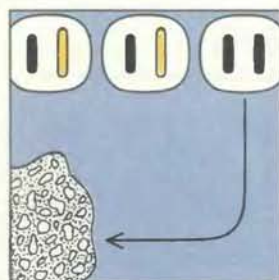
(Scientific American, September 1988, Vol. 259, No. 3)



8 Потери среди гражданского населения при нанесении ракетно-ядерных ударов по стратегическим силам противника

Фрэнк Н. фон Хиппель, Барбара Дж. Леви, Теодор А. Постол, Уильям Г. Дохерти

Новые оценки потерь среди гражданского населения в результате нанесения ракетно-ядерных ударов одной из сверхдержав по стратегическим силам другой еще раз свидетельствуют о том, что эти потери будут огромными



16 Поиск антионкогенов

Роберт А. Вайнберг

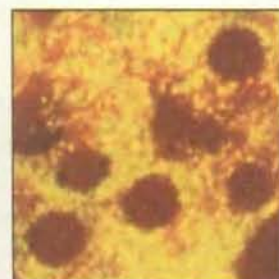
Некоторые гены, в норме подавляющие клеточный рост, в мутантной форме способствуют раку. Недавно удалось выделить первый из таких генов, который обуславливает предрасположенность к ретинобластоме — раку, поражающему глаза



26 Космическая колористика

Владимир Владимирович Васютин, Артур Андреевич Тищенко

Визуальные наблюдения Земли из космоса обнаруживают невоспроизводимое, красочное разнообразие природных ландшафтов. Колористические эксперименты, проведенные на космических кораблях и долговременных орбитальных станциях, выявили интересные особенности как изучаемых природных объектов, так и цветового зрения человека



36 Фабрика инсулина

Лелио Орси, Жан-Доминик Вассалли, Ален Перреле

Бета-клетки поджелудочной железы можно назвать фабрикой для производства инсулина. Применение новейших методов исследования позволило получить представление об образовании этого гормона и поступлении его в кровь



48 Комета Галлея крупным планом

Ганс Балсигер, Хьюго Фехтиг, Иоханнес Гайс

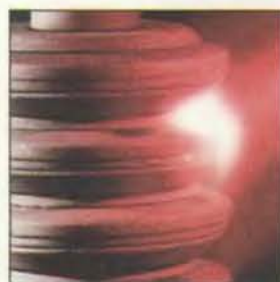
Армада космических кораблей, направленных на встречу с кометой два года назад, передала на Землю прекрасные снимки и ценные научные данные, которые служат источником важной информации о природе нашей космической гостьи



56 Ископаемые организмы из Монсо-ле-Мина

Дэниэль Эйлер, Сесиль М. Поплэн

Около 300 млн. лет назад часть материка, где сейчас располагается центральная Франция, лежала на экваторе. Палеоэкологическая картина того давно ушедшего мира восстановлена сейчас по хорошо сохранившимся окаменелостям из богатейшего «месторождения» ископаемых остатков



64 Плазменное напыление покрытий

Герберт Герман

Горячая, высокоскоростная струя плазматрона может расплавить и напылить порошок практически любой керамики или металла, сформировав покрытие для защиты от коррозии, износа или высоких температур



72 Открытие зрительной коры

Митчелл Гликстейн

Изучение последствий ранений в голову во время русско-японской войны многое дало для определения зрительного центра мозга и описания его организации

РУБРИКИ

- 4 107 Об авторах
- 5 50 и 100 лет назад
- 15 24 35 47 70 Наука и общество
- 80 86 92 98
- 82 Наука вокруг нас
- 88 Занимательный компьютер
- 94 Книги
- 107 Библиография

SCIENTIFIC AMERICAN

Jonathan Piel
EDITOR

Harry Myers
PRESIDENT AND PUBLISHER

BOARD OF EDITORS

Armand Schwab, Jr.
Timothy Appenzeller
Timothy M. Beardsley
John M. Benditt, Laurie Burnham
Tony Rothman; Elisabeth Corcoran
Ari W. Epstein, Gregory R. Greenwell
John Horgan, June Kinoshita;
Philip Morrison (BOOK EDITOR);
Ricki L. Rusting, Karen Wright

Samuel L. Howard
ART DIRECTOR

Richard Sasso
DIRECTOR OF PRODUCTION

SCIENTIFIC AMERICAN, INC.

Claus-Gerhard Firchow
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Georg-Dieter von Holtzbrinck
CHAIRMAN OF THE BOARD

Gerard Piel
CHAIRMAN EMERITUS

© 1988 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. Краснопецев

ЛИТЕРАТУРНЫЕ РЕДАКТОРЫ
М. В. Суорова,
Н. А. Вавилова

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
С. К. Аносов

ЗАВЕДУЮЩАЯ РЕДАКЦИЕЙ
Т. Д. Франк-Каменецкая

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ФОТОНАБОРА
В. С. Галкин

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», 1988

На обложке



КОМЕТА ГАЛЛЕЯ КРУПНЫМ ПЛАНОМ

Известное изображение ядра кометы Галлея сделано на основе фотографий, полученных с борта аппарата «Джотто» Европейского космического агентства (см. статью Г. Балсигера, Х. Фехтига и И. Гайса «Комета Галлея крупным планом» на с. 48). Размеры ядра примерно $16 \times 8 \times 8$ км, форма неправильная, а темная неровная поверхность усеяна множеством канавок и кратероподобных образований. Светлые выбросы (джеты) раскаленного газа и пыли (*вверху*) направлены в сторону Солнца.

Иллюстрации

ОБЛОЖКА: Ian Worpole

СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК
9	Black Star		University of Geneva		Heyler (<i>справа</i>)
10—14	Thomas C. Moore	41	Dana Burns,	58	Laurie Burnham (<i>вверху и внизу справа</i>), Daniel Heyler (<i>внизу слева</i>)
17	Jorge J. Yunis, University of Minnesota Medical School	42—44	University of Geneva	59	Daniel Heyler
18	Jorge J. Yunis, Gabor Kiss	45	Dana Burns (<i>вверху</i>), University of Geneva (<i>внизу</i>)	60—61	Patricia J. Wynne
19—20	Gabor Kiss	46	University of Geneva Astronomical Society of France	62	Joe Lertola
21	Thaddeus P. Dryja, Massachusetts Eye and Ear Infirmary	50	Hank Iken	65	Plasma-Technik Sulzers AG
22—23	Gabor Kiss	51	Hannes Alfvén, Fritz M. Neubauer, нижний рисунок воспроизведен с разрешения <i>Comet Halley 1986: World-Wide Investigations, Results and Interpretations</i> , J. Mason, editor, to be published by Ellis Horwood, Ltd., Chichester, England, 1988	66—67	George V. Kelvin
27	В. В. Коваленок, В. П. Савиных	52	Murray Greenfield	68	Herbert Herman (<i>вверху и в середине</i>), APS Materials, Inc. (<i>внизу</i>)
28	С. А. Стулов (<i>вверху</i>), А. А. Тищенко (<i>внизу</i>)	53	Donald E. Brownlee	69	Plasma-Technik Sulzers AG
29	А. Н. Березовой	54	H. Uwe Keller (<i>вверху</i>), <i>Spectrum der Wissenschaft</i> (<i>внизу</i>)	73	С разрешения New York Public Library, Astor, Lenox and Tilden Foundations. Даритель: Gift of Donald Keene. Фотография: Robert D. Rubic
30	А. А. Стулов	55	<i>Spectrum der Wissenschaft</i>	74	Carol Donner
31	А. Н. Березовой	57	Laurie Burnham (<i>слева</i>), Daniel	75	Wellcome Institute Library, London
32—34	С. А. Стулов Andrew Christie Andrew Christie (<i>вверху слева</i>) U.S.S.R. Academy of Sciences (<i>вверху справа</i>), Andrew Christie (<i>внизу</i>)	58	Dana Burns, Institute of Histology and Embryology,	76—77	Mitchell Glickstein
38	Dana Burns,	59	Laurie Burnham	78	Andrew Christie
39—40	Institute of Histology and Embryology,	60	University of Geneva	82—85	Michael Goodman
		61	University of Geneva	88	Hank Iken

Об авторах

Frank N. von Hippel, Barbara G. Levi, Theodore A. Postol, William H. Daugherty "Civilian Casualties from Counterforce Attacks" (ФРЭНК Н. ФОН ХИППЕЛЬ, БАРБАРА ДЖ. ЛЕВИ, ТЕОДОР А. ПОСТОЛ, УИЛЬЯМ Г. ДОХЕРТИ «Потери среди гражданского населения при нанесении ракетно-ядерных ударов по стратегическим силам противника») самостоятельно и вместе изучали различные проблемы контроля над ядерными вооружениями. Фон Хиппель — профессор по вопросам общественных и международных отношений в Принстонском университете; он сотрудничает также с университетским Энергоэкологическим центром исследований (CEES) и Центром международных исследований. Степень бакалавра фон Хиппель получил в Массачусетском технологическом институте, а доктора философии — в Оксфордском университете. Леви аналогичные ученые степени получила соответственно в Карлтонском колледже и Станфордском университете. Она является заместителем редактора журнала *Physics Today*. С 1981 по 1987 г. была штатным научным сотрудником CEES. Постол — научный сотрудник Станфордского центра международной безопасности и контроля над вооружениями. Степени бакалавра и доктора философии в области ядерной энергетики получил в Массачусетском технологическом институте. Работал в отделе конгресса США по анализу технического развития и управлению начальника штаба ВМС США. Дохерти, окончивший Принстонский университет, в настоящее время является соискателем ученой степени доктора философии по политическим наукам в Колумбийском университете.

Robert A. Weinberg "Finding the Anti-Oncogene" (РОБЕРТ А. ВАЙНБЕРГ «Поиск антионкогенов») — сотрудник Института медико-биологических исследований Уайтхеда, профессор биологии в Массачусетском технологическом институте (МТИ). Степени бакалавра и доктора философии получил в МТИ в 1964 и 1969 гг. соответственно. Получив докторскую степень, работал в Вейцманновском институте в Израиле и Институте биологических исследований Солка. В 1972 г. вернулся в МТИ. С 1983 г. работает в Институте Уайтхеда. В "Scientific American" печатается третий раз.

ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ ВАСЮТИН, АРТУР АНДРЕЕВИЧ ТИЩЕНКО «Космическая колористика». В.В. Васютин — летчик-кос-

монавт СССР, Герой Советского Союза. В 1973 г. окончил Харьковское высшее военное авиационное летное училище. С 1976 г. в отряде космонавтов. В 1985 г. осуществил 65-суточный полет на станции «Салют-7», на которой выполнил серию колористических экспериментов. В 1987 г. окончил Военно-воздушную академию им. Ю.А. Гагарина, в которой работает в настоящее время. А.А. Тищенко — заведующий лабораторией Госцентра «Природа», председатель секции «Исследование природной среды» Федерации Космонавтики СССР, кандидат технических наук. В 1957 г. окончил Московский авиационный институт. В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию. Под его руководством проводились колористические эксперименты на станциях «Салют-5, -6, -7» и на долговременной орбитальной станции «Мир». Участвовал в разработке и создании визуальных автоматических дистанционных колориметров.

Lelio Orci, Jean-Dominique Vassalli, Alain Perrelet "The Insulin Factory" (ЛЕЛИО ОРСИ, ЖАН-ДОМИНИК ВАССАЛЛИ, АЛЕН ПЕРРЕЛЕ «Фабрика инсулина») — профессора гистологии и эмбриологии Медицинской школы Женевского университета. Орси получил степень доктора медицины в Римском университете в 1964 г. С 1966 г. работает в Женевском университете, в настоящее время заведует кафедрой морфологии. Вассалли родился в Женеве, где и завершил в 1972 г. медицинское образование, после чего 9 лет работал в Рокфеллеровском университете. Став доктором философии в области биохимии, перешел в Женевский университет. Перреле тоже родом из Женевы; изучал там медицину и в 1969 г. получил докторскую степень. После этого некоторое время работал в Рокфеллеровском университете, затем стал сотрудником Женевского университета. Интересуется также орнитологией и ботаникой.

Hans Balsiger, Hugo Fechtig, Johannes Geiss "A Close Look at Halley's Comet" (ГАНС БАЛСИГЕР, ХЬЮГО ФЕХТИГ, ИОХАННЕС ГАЙС «Комета Галлея крупным планом») — вместе работали над планированием, осуществлением и анализом данных эксперимента «Джотто». Балсигер — профессор астрофизики Бернского университета, руководитель группы, работающей с ионным масс-спектрометром (IMS). Был также сотрудником университета Райса и Исследо-

вательской лаборатории фирмы Lockheed в Пало-Альто. Фехтиг — директор Института ядерной физики Макса Планка в Гейдельберге, почетный профессор Гейдельбергского университета, член группы, работающей с пылеударным анализатором (PIA). Был также сотрудником Калифорнийского университета в Сан-Диего, Кембриджской лаборатории ВВС США в Бедфорде (шт. Массачусетс) и Гарвард-Смитсоновской астрофизической лаборатории. Гайс — член группы, работающий с ионным масс-спектрометром IMS, директор Бернского физического института, профессор физики Бернского университета. Он также сотрудничает с Институтом аэронавтики Макса Планка в Линдау. Университетами штатов Чикаго и Майами, Годдардовским институтом космических исследований в Нью-Йорке и Космическим центром им. Джонсона в Хьюстоне.

Daniel Heyler, Cecile M. Poplin "The Fossils of Montceau-les-Mines" (ДЭНИЭЛЬ ЭЙЛЕР, СЕСИЛЬ М. ПОПЛЭН «Ископаемые организмы из Монсо-ле-Мина») — палеонтологи из Музея естественной истории в Париже (входящего в состав Национального центра научных исследований). Их объединяет интерес к ископаемым позвоночным верхнего палеозоя. Эйлер — специалист по ископаемым рыбам, амфибиям и окаменевшим следам четвероногих животных из отложенных континентальных бассейнов Западной Европы (прежде всего Франции). Поплэн изучает главным образом ископаемых рыб Северной Америки. Она занималась также изучением ископаемых рыб Европы и Китая и остатков примитивных млекопитающих из Монголии. К числу исследователей окаменелостей из Монсо, в настоящей статье не упомянутых, относятся Ж. Дубинжер, Ж. Ганд, Ж. Ланжио и М. Сотти.

Mitchell Glickstein "The Discovery of the Visual Cortex" (МИТЧЕЛЛ ГЛИКСТАЙН «Открытие зрительной коры») получил докторскую степень в области экспериментальной психологии в 1958 г. в Чикагском университете, после чего работал в Калифорнийском технологическом институте, Медицинской школе Станфордского университета, Медицинской школе Вашингтонского университета и в Университете Брауна. В настоящее время он профессор неврологии в медицинском колледже Лондонского университета и внештатный научный сотрудник Совета медицинских исследований Великобритании.

50 и 100 лет назад

SCIENTIFIC
AMERICAN

СЕНТЯБРЬ 1938 г. «Бессоница и замороженные медицинские советы привели к явному снижению здравого смысла американцев. Только этим можно объяснить резкое увеличение продажи производных барбитуровой кислоты. Как заметил один врач: «Их широкое распространение — величайшее бедствие последних лет». Эти лекарства называются «снотворными» и «не формирующими привыкания», а на деле являются «психотропными» и представляют собой накапливающиеся в организме яды. Все увеличивающаяся зависимость от них приводит к расстройству здоровья, а в некоторых случаях и к смерти».

«На поверхности Солнца, если рассматривать его в телескоп, отчетливо видны отдельные неоднородности, вроде пятен. Между тем там нет ничего твердого, жидкого или хотя бы «воздушного» (как легкое летнее облачко,

содержащее рассеянные капельки воды), — там только газ, в одних местах более горячий, в других — более холодный. Этот газ «пропитан» электронной «дымкой», поэтому «заглянуть» в глубь Солнца удастся лишь на сотни километров. Но эта дымка не может воспрепятствовать тому, что из более горячих глубинных слоев исходит большее количество радиации, чем из более прохладных. Именно поэтому мы и видим пятна».

«Заглянув в учебник геологии конца XIX в., вы найдете там упоминание о долинах на океанском дне. Лишь в последние годы благодаря данным, собранным главным образом Береговой и геодезической службой США, стало ясно, что в некоторых из этих подводных долин располагаются глубочайшие из провалов на поверхности Земли».

«Налицо пробуждение интереса к вращающемуся крылу. Эксперты военно-воздушных сил и артиллерии, а также другие военные специалисты сходятся на том, что применительно к

военным действиям вертолет имеет уникальные свойства. Фирма Kellett Autogiro Company уже приступила к производству нескольких вертолетов, причем не экспериментальных образцов, а настоящих боевых машин, которые пополняют армейские арсеналы».

«Если проводимые сейчас в Индии эксперименты окажутся успешными, то для связывания дорожного покрытия скоро будет использоваться смола, изготавливаемая из черной патоки, угольного дегтя и асфальта в присутствии кислот. Взаимодействие сахаров черной патоки и фенольных соединений, содержащихся в асфальте и дегте, дает нерастворимый в воде продукт, которым в жидком виде можно покрывать дороги и который затем застывает. Можно надеяться, что новое вещество будет дешевле асфальта».

SCIENTIFIC AMERICAN

СЕНТЯБРЬ 1888 г. «Рисунок внизу иллюстрирует новый вид городского рельсового транспорта, предложен-



Схема скоростного городского транспорта, приводимого в движение силой тяжести

ный Л.А. Томпсоном из Филадельфии. Его отличительная особенность — отсутствие локомотива. Благодаря этому рельсовый путь может быть сделан очень легким и не создающим препятствий для уличного движения. У каждой станции, как видно из рисунка, рельсы образуют две «горки». Когда вагон подъезжает к станции, установленное на нем специальное устройство входит в зацепление с тросом, с помощью которого вагон перевозится через первую горку. Здесь он останавливается для высадки и посадки пассажиров, после чего его завозят на вторую, большую горку. До следующей остановки вагон движется по длинному спуску под действием силы тяжести, которая сообщает ему высокую скорость».

«Успехи в производстве желатинобромидных чувствительных соединений позволяют сейчас фотографу делать снимки практически мгновенно и без всякого труда. Одна из новинок, в которой использован сухой процесс, — это исключительно простой и надежный аппарат, пользоваться которым может абсолютно каждый. Вы направляет аппарат на предмет, нажимаете пальцем кнопку и изображение готово. Другое удобство состоит в том, что, сделав сотню снимков, вы посылаете аппарат в адрес фирмы, которая выполняет всю оставшуюся работу для получения фотографий. «Кодак» — под таким названием выпускается этот аппарат — обещает сделать фотографирование общедоступным занятием».

«Почему панцирь омара при кипячении становится красным? Если говорить в общих чертах, то потому, что соли, от которых зависит окраска панциря, при воздействии горячей воды претерпевают химические изменения».

«В последнее время в газетах и журналах много писалось о марсианских «каналах». Менее всего вероятно, что по ним течет вода. Более правдоподобна версия о различиях в растительном покрове. Однако представляют ли собой каналы полосы растительности, а остальная поверхность бесплодную пустыню, или же большая часть растительности Марса имеет красный цвет и приближается по оттенку к осенним листьям? Если удастся заметить, что полосы на Марсе меняют свою окраску, нам придется принять гипотезу о растительной «природе» каналов, точнее, она останется единственной, не встречающей серьезных возражений».

Внимание инженеров!

Журнал «ТИИЭР»
 («Труды Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике» — перевод журнала
 Proceedings of the IEEE)

готовятся к печати тематические выпуски

ТИИЭР, т. 76, № 8 (август 1988)

Тематический выпуск

МАШИНОЕ ЗРЕНИЕ

В номер включены обзорные и оригинальные работы, дающие методическое изложение проблемы машинного (компьютерного) зрения, а также посвященные отдельным ее аспектам — теоретическим проблемам распознавания образов и восстановления формы объекта, реализации соответствующих алгоритмов, в частности в системах с параллельной архитектурой, описанию действующих экспериментальных систем. Объем 20 авт. л. Цена номера 3 р. 30 к.

Заказы принимаются до 15 января 1989г.

ТИИЭР, т. 76, № 9 (сентябрь 1988)

Тематический выпуск

НОВАЯ ЭЛЕКТРОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА

В выпуск включены работы по следующим трем направлениям: визуализация в медицине, прикладное неврально-управление, инвазивные и имплантируемые системы.

В первый раздел вошли статьи по ультразвуковой визуализации сердечно-сосудистой системы, эмиссионной и магнитнорезонансной вычислительной томографии, специализированным СБИС для визуализации медицинских объектов.

Статьи второго раздела освещают общие проблемы приема, передачи, обработки и использования нервных сигналов, вопросы переноса принципов устройства биологических систем (зрительной, слуховой, двигательной) на технические системы, в том числе для целей протезирования и коррекции функционирования органов.

Большая часть статей третьего раздела посвящена устройствам для восстановления и коррекции сердечной деятельности. Помещены также работы по системе регулирования параметров спинномозговой жидкости и по физическим методам разрушения камней в мочеполовых и желчных трактах. Объем 35 авт. л. Цена номера 3 р. 30 к.

Заказы принимаются до 15 февраля 1989г.

Журнал поступает в розничную продажу в Москве в следующие магазины: Московский Дом книги (пр. Калинина, 26, секция издательства «Мир»), магазин № 19 «Мир» (Ленинградский проспект, 78). Здесь москвичи могут оформить заказ на готовящиеся к печати номера. У иногородних читателей заказы на отправку отдельных номеров наложенным платежом принимает редакция журнала. Заказы следует присылать на **открытках отдельно на каждый номер** (с указанием требуемого количества экземпляров) не позднее указанного в объявлении срока по адресу: 129820, ГСП, Москва, И-110, 1-й Рижский пер., 2, редакция ТИИЭР.



НЕ СЧЕСТЬ У РОБОТА ПРОФЕССИЙ

Под редакцией П. Марша
Перевод с английского



История естествознания и техники богата примерами, свидетельствующими о неиссякаемом стремлении человека создать механизмы и устройства, подобные живым существам, которые могли бы служить либо забавными игрушками, либо надежными помощниками при выполнении сложной или опасной работы. В наши дни на смену симпатичным, но довольно неуклюжим и малозффективным автоматам прошлого пришли более простые по конструкции и очень практичные системы — роботы и манипуляторы, появление которых вызвано прежде всего насущными потребностями производства.

Современные робототехнические устройства — это не просто усовершенствованные варианты их примитивных предшественников; в их основе лежит принципиально новая технология, получившая развитие лишь во второй половине нашего столетия: информатика и вычислительная техника. В наши дни роботы проникли во все области человеческой деятельности: на производство, в сферу обслуживания, в повседневный

быт человека. Неоценимую помощь они оказывают при подводных работах, на атомных станциях, в космосе. Значительные перспективы открываются перед ними и в сфере образования.

Как прообраз будущего, роботы на протяжении десятилетий живут на страницах научно-фантастических произведений, их кинематографические прототипы поражают воображение людей, особенно молодежи. Но в наше стремительное время действительность нередко опережает самые смелые полеты фантазии. Именно в этом убеждает нас яркая и красочная книга, написанная группой американских и английских авторов. С ее страниц читателю открывается удивительный мир, населенный роботами, которые без усталости трудятся на конвейерах предприятий, занимаются подводными исследованиями, следят за радиационной обстановкой на атомных станциях, выполняют десятки других самых невероятных работ. Особенно поражают воображение роботы, используемые в космосе. Так, в книге рассказывается о чу-

до-устройстве, 11-метровой руке-манипуляторе, созданной канадской фирмой «СПАР аэроспейс», с помощью которой удастся снимать с орбиты спутники, вышедшие из строя или отработавшие свой век. Наделенные зрением, осязанием, слухом, роботы становятся надежными и терпеливыми сиделками у постели больных и инвалидов, поводырями слепых.

Прекрасные фотографии позволяют читателю буквально вочию представить себе уникальные устройства, которым в недалеком будущем суждено прочно войти в нашу жизнь.

Авторы ставят также проблемы социального и этического характера; только серьезно задумываясь над ними сейчас, мы сможем направить развитие робототехники в нужное русло, поставить роботы на службу человеку.

Книга адресована самому широкому кругу читателей: она, несомненно, заинтересует непрофессионалов, немало полезного найдут в ней и специалисты. Но прежде всего она предназначена молодежи, которой предстоит жить на Земле в XXI веке.

1987, 31 л., 7 р. 50 к.,

Эту книгу можно купить в Московском Доме книги
Адрес магазина: 121019 Москва, просп. Калинина, 26,
п/я 42, магазин № 200



Потери среди гражданского населения при нанесении ракетно-ядерных ударов по стратегическим силам противника

Новые оценки возможных потерь среди гражданского населения в результате нанесения ракетно-ядерных ударов одной из сверхдержав по стратегическим силам другой еще раз свидетельствуют о том, что эти потери будут огромными

ФРЭНК Н. ФОН ХИППЕЛЬ, БАРБАРА ДЖ. ЛЕВИ,
ТЕОДОР А. ПОСТОЛ, УИЛЬЯМ Г. ДОХЕРТИ

РАТИФИКАЦИЯ Договора между США и СССР о ликвидации ракет средней и меньшей дальности и очевидный прогресс на переговорах о сокращении стратегических наступательных вооружений, главной целью которых является 50%-ное сокращение числа боеголовок для ракет большой дальности, придала многим уверенность в том, что дальнейшее уменьшение арсенала ядерных вооружений возможно. Однако это уменьшение потребует от обеих стран пересмотра ряда военных задач, которые должны выполнять ядерные силы в случае войны.

Сокращение стратегических наступательных вооружений больше всего скажется на силах для нанесения удара по стратегическим базам и средствам нападения противника (контрсилового удара). Эти силы предназначены для уничтожения военного потенциала противника, в том числе его ядерных и обычных сил, а также их промышленной базы. Поскольку основную угрозу представляют стратегические силы противника, их рассматривают в качестве главных целей для таких ударов. Подобных потенциальных целей тысячи, поэтому для их поражения необходим большой ядерный арсенал.

Многие специалисты по вопросам обороны считают, что угроза уничтожения целого ряда военных объектов противника является более эффективным фактором сдерживания ограниченной агрессии, чем угроза нанесения ударов по городам, поскольку в

первом случае уменьшается вероятность того, что сокрушительному ответному удару подвергнутся города атакующей стороны, и такой довод, полагают они, вполне убедителен. Кроме того, страна, которая первая нанесет удар по военным объектам, может получить военное преимущество, уничтожив гораздо большее число боеголовок противника, чем было использовано ею для нанесения удара. Современные ядерные ракеты обеспечивают возможность получения такого преимущества при обмене ударами, поскольку они имеют касетные боевые части, каждая из которых способна поражать отдельную цель. К сожалению, представление о возможности добиться военного преимущества нанесением первого удара является источником нестабильности в кризисной ситуации: у каждой стороны появляется соблазн предвосхитить нападение другой в момент, когда ядерная война кажется неизбежной.

Этой опасной ситуации можно избежать при такой структуре ядерных сил, когда ни одна из сторон не сможет извлечь никаких преимуществ из первого удара. Наметившийся на переговорах вариант договора о сокращении стратегических наступательных вооружений (договора по ОСНВ) пока не обеспечивает такой возможности, поскольку он позволяет каждой из сторон иметь самые современные ракеты с касетными боевыми частями. Одним из способов обеспечения стабильности в кризисной ситуации является то, чтобы ограничен-

ные ядерные силы состояли из межконтинентальных баллистических ракет (МБР) с одной боеголовкой и пусковых установок, способ размещения которых обеспечивал бы их выживаемость. Однако такая структура ядерных сил несовместима со стратегией контрсилы.

Должны ли США и СССР полагаться на стратегию контрсилы для предотвращения ядерной войны? Действительно ли эта стратегия обеспечивает надежное сдерживание, угрожая военным, а не гражданским целям? Наши расчеты показывают, что ответ на эти вопросы скорее всего отрицателен. Они свидетельствуют о том, что массированный удар по стратегическим силам противника приведет к таким же огромным потерям среди мирного населения, что и при ударе по городам.

КАК НИ СТРАННО, при обсуждении политики в области ядерных вооружений вопрос о потерях среди гражданского населения в результате нанесения ударов по военным объектам стратегического назначения практически не затрагивается. Даже во время президентской кампании в 1980 г., когда проблема уязвимости американских МБР приобрела политическое значение, о возможных людских потерях в результате удара по местам размещения ядерного оружия вообще ничего не было сказано. Нам известен лишь единственный случай публичного обсуждения этого вопроса министерством обороны США в 1975 г. (см. Sydney

D. Drell, Frank von Hippel. Limited Nuclear War, "Scientific American", November, 1976). Здесь мы вновь обращаемся к этой проблеме и даем новые оценки потерь среди гражданского населения, которые могут иметь место в результате нападения США на советские стратегические силы и наоборот. При этом нам придется пересмотреть некоторые допущения, сделанные министерством обороны США при оценке таких потерь.

В наших расчетах мы исходили из того, что в США удар будет нанесен по 1215, а в СССР по 1740 военным объектам. Примерно по 100 целей у каждой из сторон — это шахтные пусковые установки (ШПУ) и центры управления стартовым комплексом. Разница в количестве целей объясняется тем, что Советский Союз имеет больше ШПУ, чем США. Остальные цели представляют собой базы для стратегических бомбардировщиков, подводные лодки с баллистическими ракетами, авианосцы, а также корабли с крылатыми ракетами большой дальности, оснащенными ядерными боеголовками. Мы исходили и из того, что первому удару подвергнутся как радиолокационные станции раннего обнаружения, так и центры управления и связи, вывод которых из строя обеспечит максимальную внезапность нападения и ослабит эффективность ответного удара. (Следует отметить, что некоторые специали-

сты в области военного планирования выступают против нанесения удара по центрам управления и связи, которые могут оказаться необходимыми для переговоров о прекращении конфликта.)

Список целей на территории США включает также склады ядерных боеприпасов и базы самолетов-заправщиков, предназначенных для дозаправки топливом американских бомбардировщиков на пути к целям в Советском Союзе и при их возвращении. К целям на территории СССР относятся расположенные вокруг Москвы пусковые противоракетные установки, базы для ракет промежуточной дальности на подвижных пусковых установках, а также бомбардировщики, оснащенные ядерным оружием, которые могут быть использованы для удара по объектам НАТО в Европе.

Многие из перечисленных целей расположены в крупных населенных пунктах или рядом с ними. (Об их приблизительном размещении известно из обширных источников, опубликованных министерством обороны США.) Например, в США самолеты-заправщики базируются в аэропортах близ Чикаго, Милуоки, Феникса и Солт-Лейк-Сити, а военноморские базы для судов с ядерным оружием на борту расположены в заливе Сан-Франциско и в Лонг-Биче около Лос-Анджелеса. Еще одну такую базу планируется построить на

острове Стейтен-Айленд в Нью-Йоркской гавани. Главные центры управления находятся в окрестностях г. Вашингтона (округ Колумбия), а радиопередатчики ВМС — в городах Джексонвилл, Сакраменто, Сан-Диего или их окрестностях. В СССР многие военные объекты стратегического назначения также находятся в населенных пунктах или вблизи них: Москва окружена подземными командными пунктами, в Ленинграде находится штаб Балтийского флота, Владивосток является портом приписки для подводных лодок с ядерным оружием на борту, а многие районы расположения пусковых установок для МБР находятся в густонаселенных западных районах страны.

Мы соотнесли виды ядерного оружия с каждой конкретной целью и классифицировали способ их использования в соответствии с типом цели. Шахтная пусковая установка МБР или пункт управления стартовым комплексом могут быть наиболее точно поражены боеголовками баллистических ракет, поскольку такие хорошо защищенные цели уничтожаются лишь мощным ядерным зарядом, взрывающимся не более чем в нескольких сотнях метров от них. Огненные шары таких взрывов будут неизбежно контактировать с землей, давая большое количество радиоактивных осадков. Стандартная практика военного планирования предписыва-



ВИД РАЗРУШЕННОГО ГАМБУРГА после его массовой бомбардировки зажигательными бомбами в июле 1943 г. Еще большие разрушения могут вызвать сильнейшие пожары в результате ядерных взрывов над современными городами. Огонь поразит и те районы, которые находятся за предела-

ми зоны, разрушенной взрывной ударной волной. При оценке потерь среди гражданского населения в результате ракетно-ядерных ударов по стратегическим силам США и СССР авторы учитывали вероятность возникновения таких «сверхпожаров».

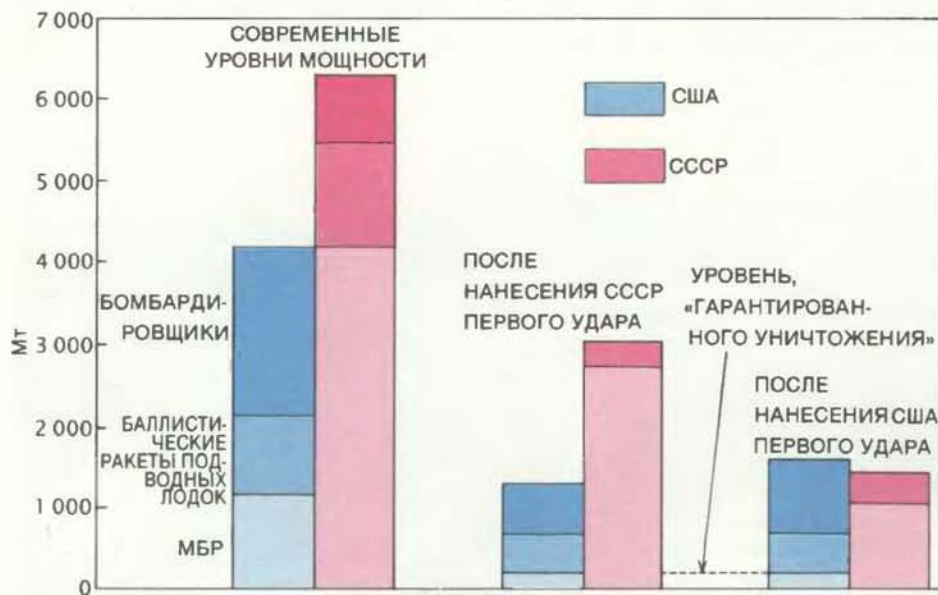
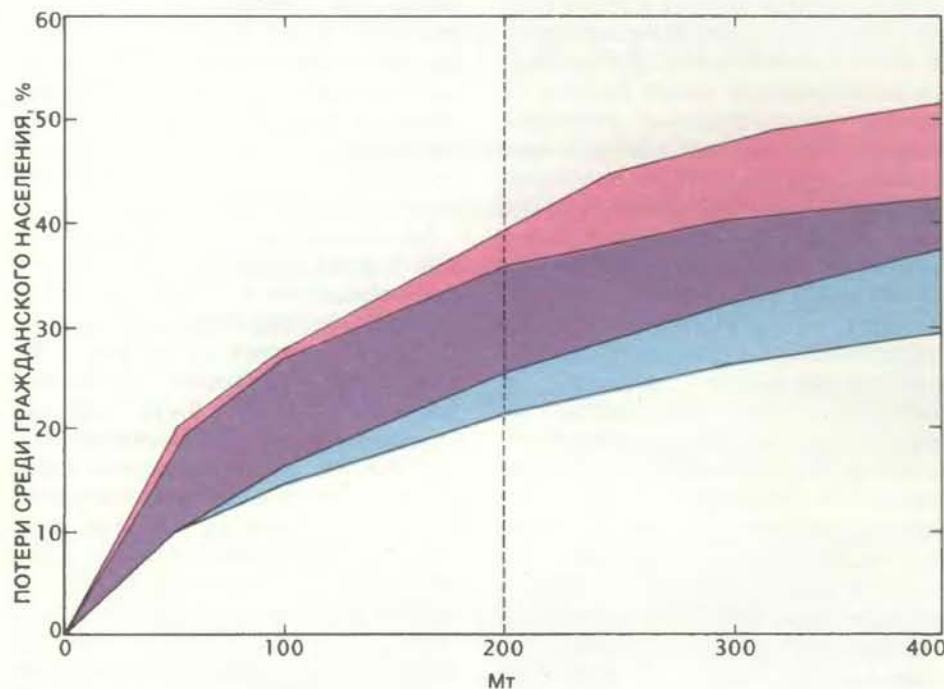
ет удар по таким объектам двумя ядерными боеголовками, на случай если одна из них не сработает.

Мы исходили из того, что удар по военно-воздушной базе будет произведен не только одной мощной боеголовкой, взрывающейся у поверхности земли или на некотором расстоянии от нее, но и примерно 15 боеголовками,

взрывающимися в воздухе. Все эти боеголовки могут быть доставлены к цели двумя баллистическими ракетами с разделяющимися головными частями, запускаемыми с подводной лодки. Дело в том, что значительная часть американских стратегических бомбардировщиков вместе с самолетами-заправщиками находится в со-

стоянии постоянной боевой готовности, чтобы тут же взлететь при оповещении о нападении. Наземный и несколько воздушных взрывов смогли бы поразить самолеты, все еще находящиеся на земле, а также те, которые только что взлетели. В своих расчетах мы допускаем, что советские базы с ракетами на подвижных пусковых установках подвергнутся такому же нападению.

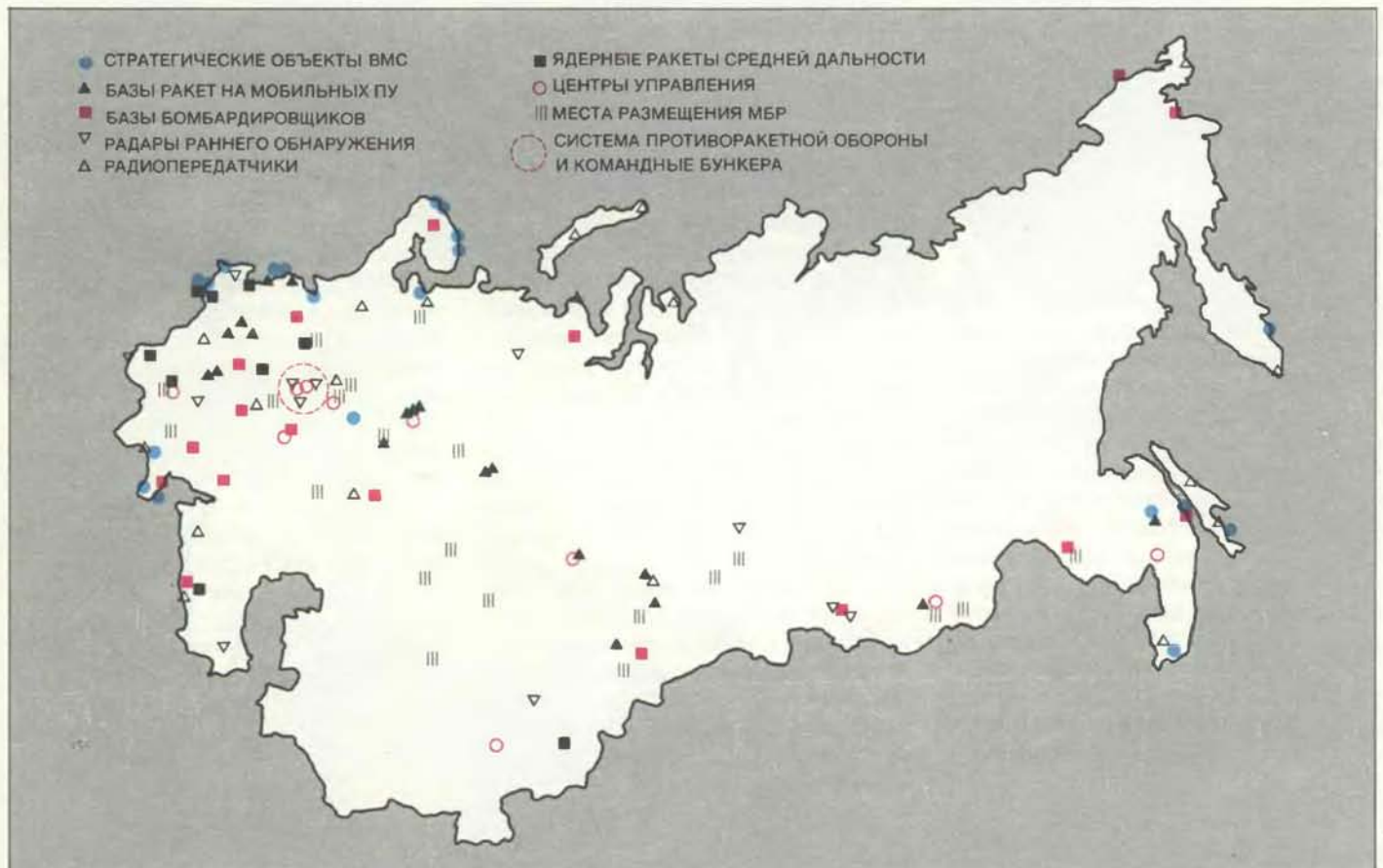
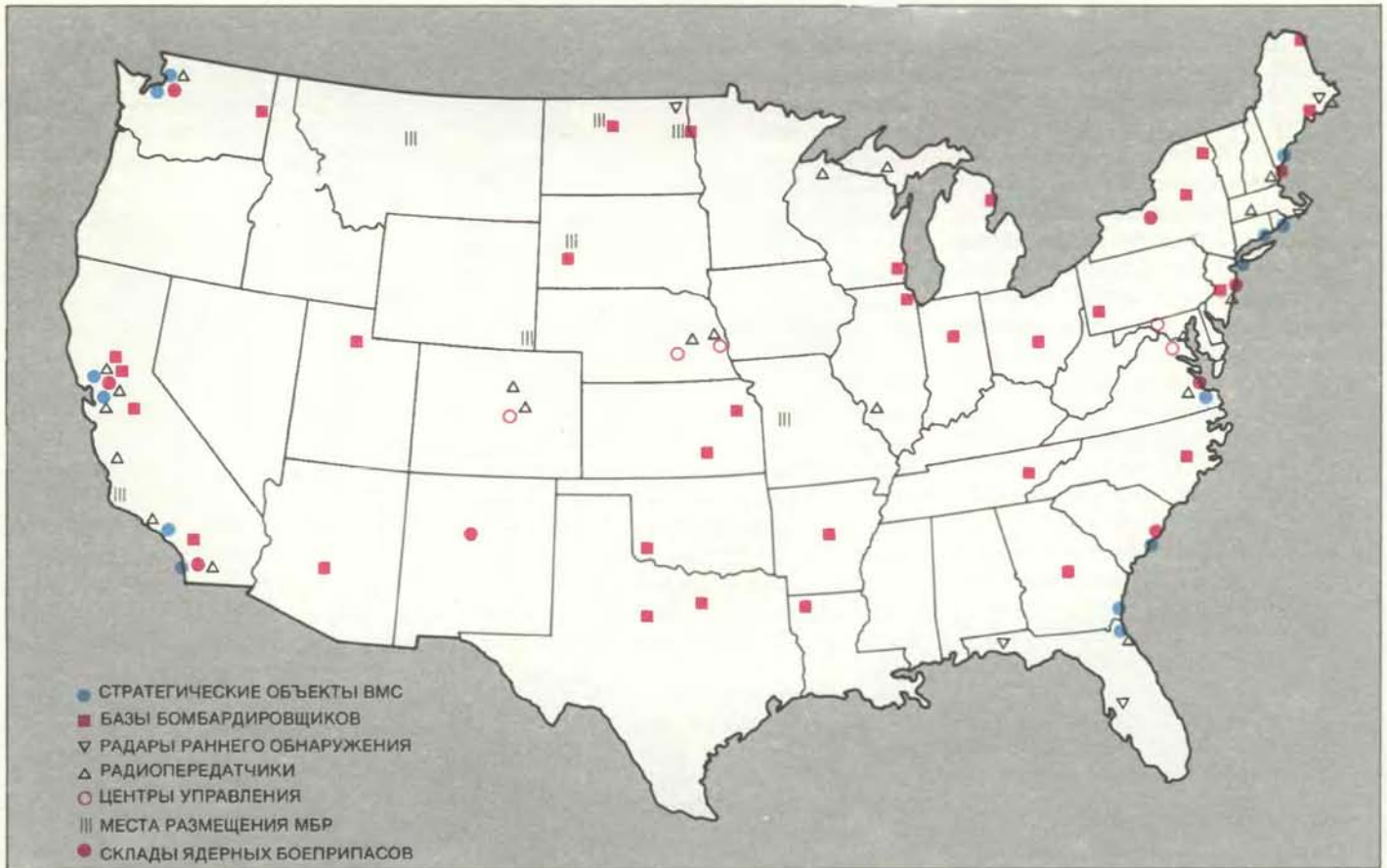
По нашим предположениям, для нанесения удара по стратегическим объектам США Советским Союзом будет использовано примерно 3 тыс. боеголовок общей мощностью около 1300 Мт, с противоположной же стороны — немногим более 4 тыс. боеголовок общей мощностью примерно 800 Мт. (1 Мт — это энергия, высвобождающаяся при взрыве 1 млн. т тротила). Такие удары возможны с каждой стороны даже после сокращений, предусматриваемых на переговорах по ОСНВ. Большое количество боеголовок и их меньшая мощность с американской стороны объясняются большим количеством ШПУ у Советского Союза и более низкой средней мощности американских стратегических боеголовок.



СКОЛЬКО ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ необходимо для того, чтобы заставить противника отказаться от нападения? Согласно критерию «гарантированного уничтожения», впервые сформулированному в конце 1960-х годов тогдашним министерством обороны США Робертом С. Макнамарой, способность при ответном ударе взорвать над городами Советского Союза ядерные заряды эквивалентной мощностью в 200 Мт может служить эффективным сдерживающим фактором. Расчеты авторов (верхняя часть рисунка) показывают, что с учетом гигантских пожаров такое нападение на США (синий) или Советский Союз (красный) приведет к быстрой гибели до 40% населения. Очевидно, что мощности стратегических арсеналов (нижняя часть рисунка) как США, так и СССР более чем достаточны для выполнения критерия «гарантированного уничтожения» даже после нанесения ядерного удара по их стратегическим силам по «наихудшему сценарию». Существование избыточного оружия оправдывают часто тем, что оно необходимо для нанесения ударов по военным объектам стратегического назначения.

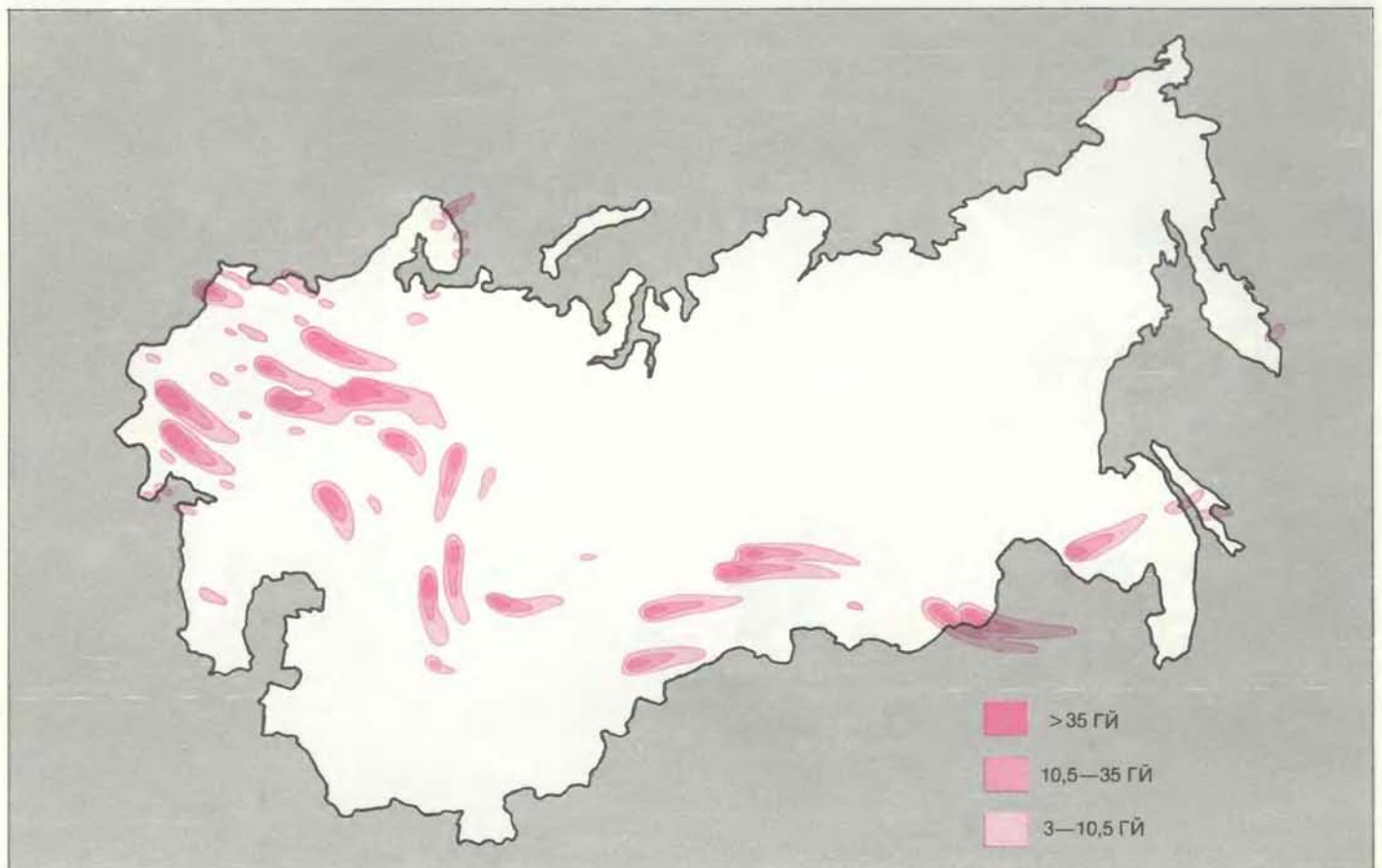
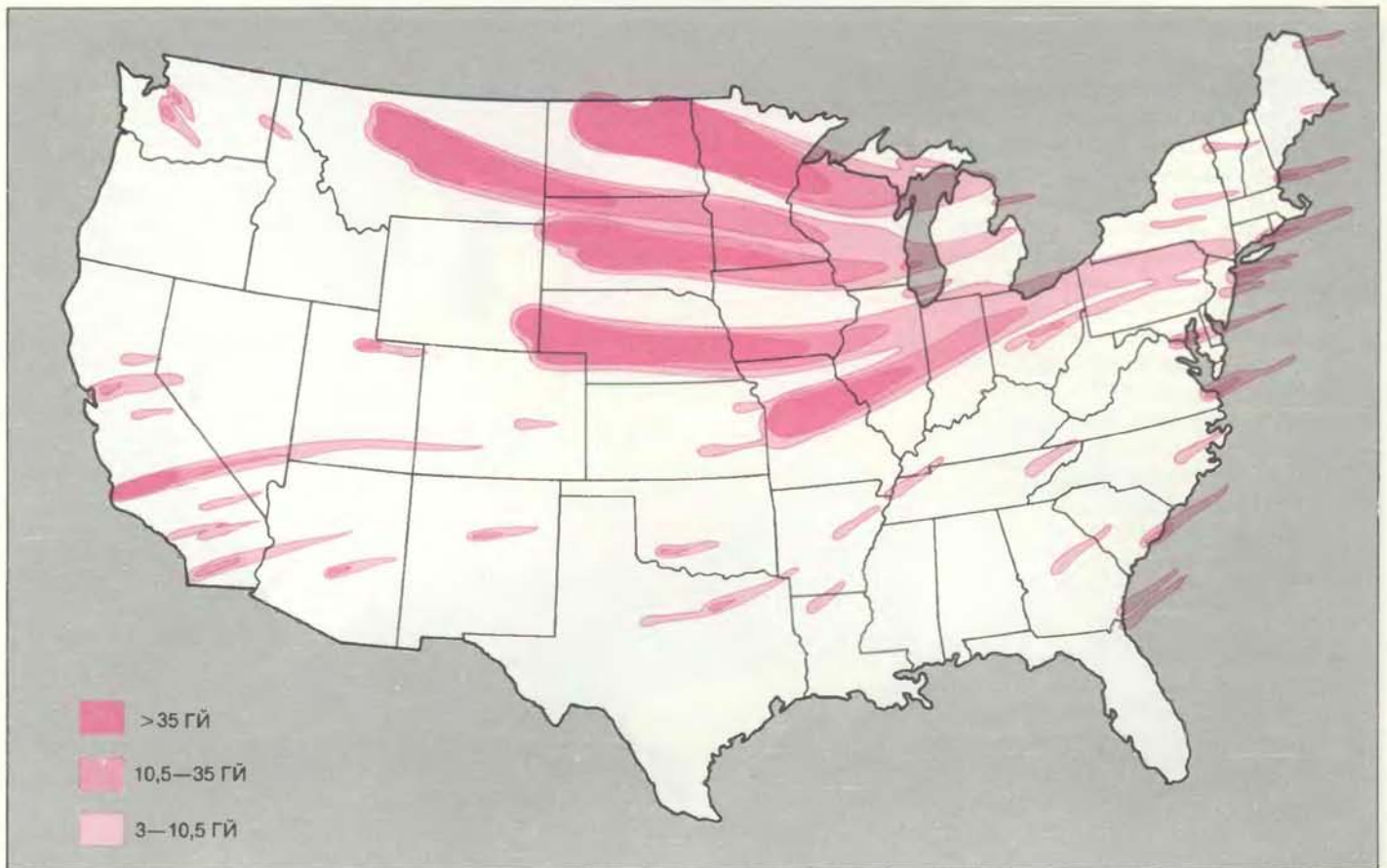
ПРИ ОЦЕНКЕ потерь среди гражданского населения, которое могло бы погибнуть или получить ранения в результате массированного нападения на стратегические объекты противника, мы учитывали лишь непосредственные поражающие факторы ядерных взрывов: ударную волну, световое излучение, вызывающее пожары, и радиоактивные осадки. Стандартный метод, используемый министерством обороны США и Федеральным агентством по управлению в чрезвычайной обстановке для оценки потерь от первых двух поражающих факторов, основан на экстраполяции последствий относительно слабого (0,015 Мт) взрыва над Хиросимой на значительно более мощные взрывы ядерных зарядов из современных стратегических арсеналов. Речь идет о модели экстраполяции, которую мы называем «моделью избыточного давления». В ней сделано допущение, что для данной величины избыточного давления во фронте ударной волны ядерного взрыва процент людских потерь будет таким же, как и в Хиросиме.

Людские потери в Хиросиме были обусловлены также огромным пожаром, который спустя 20 мин после взрыва охватил приблизительно круговую зону радиусом около 2 км. Площадь этой зоны сравнительно невелика, поэтому большинство людей, не погребенных под обрушившимися зданиями и не лишенных возможно-



ВОЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ стратегического назначения, а также стратегические средства большой и средней (в случае СССР) дальности многочисленны в обеих странах. Многие

из них расположены вблизи крупных городов. Вследствие этого ядерный удар только по стратегическим силам, а не по городам, приведет к гибели десятков миллионов людей.



РАДИОАКТИВНЫЕ ОСАДКИ в результате ядерного удара по военным объектам, показанным на предыдущем рисунке, приведут к тому, что миллионы людей получат смертельные дозы гамма-облучения. (Расчеты приведены для типичной схемы февральских ветров.) При средней смер-

тельной дозе облучения, равной 3,5 Гр, большинство людей, находящихся вне укрытий и в пределах внешних границ уровней радиации, заболеет тяжелой формой лучевой болезни. В пределах же внутренних границ погибнут даже те люди, которые были укрыты в подвалах без окон.

сти передвигаться, смогли покинуть ее до того, как там разбушевался пожар. Согласно новейшим исследованиям, выполненным Гарольдом Л. Броудом и Ричардом Д. Смоллом из компании Pacific-Sierra Research Corporation по заказу Управления ядерных боеприпасов, взрыв ядерных боеголовок над городами и пригородами в США и СССР может вызвать гораздо более разрушительные пожары, раздуваемые ветрами ураганной силы. Учитывая типичную мощность современного ядерного оружия (по меньшей мере в 10 раз разрушительнее того, которое было применено в Хиросиме), охваченная пожарами зона будет столь велика, что застигнутые в ней люди погибнут от воздействия высокой температуры, дыма и ядовитых газов. На этом основании один из авторов (Постол) в 1985 г. высказал мнение, что министерство обороны США и Федеральное агентство по управлению в чрезвычайной обстановке, возможно, серьезно недооценивает потенциальное количество жертв от действия непосредственных поражающих факторов ядерных взрывов.

Огромный пожар, который возникнет в результате ядерного взрыва, можно сравнить с огненным ураганом в Гамбурге после того, как в июле 1943 г. самолеты союзных войск сбросили на этот город огромное количество зажигательных бомб. Тогда подвальные укрытия не смогли защитить находившихся в них людей от смертельного воздействия окиси углерода и высоких температур, обусловленных плавившимися наверху обломками зданий. Хотя бомбежка Гамбурга не сопровождалась появлением ударной волны и проникающей радиации, площадь разрушенного района была около 12 км² (что примерно равно площади пожара в Хиросиме), а количество погибших оценивается в 50—60 тыс. человек, что сравнимо с потерями в Хиросиме.

Любые прогнозы относительно степени распространения городских пожаров, вызванных ядерными взрывами, содержат неопределенность, однако мы считаем, что вероятность возникновения смертоносных разрушительных пожаров (сверхпожаров) достаточно велика и поэтому должна учитываться при подсчете потерь, что и было сделано нами с использованием как упомянутой модели избыточного давления, так и нашей модели сверхпожаров. Полученные результаты определяют нижний и верхний пределы неопределенности.

ДРУГОЙ причиной гибели людей при ядерных взрывах являются радиоактивные осадки, т.е. частицы почвы и обломков, затачиваемые в

огненный шар приземного ядерного взрыва, которые выпадают на землю уже сильно загрязненные продуктами радиоактивного распада. Осадки, выпадающие на земную поверхность с наветренной стороны взрыва, образуют зону столь сильного гамма-излучения, что недостаточно защищенные люди погибают от лучевой болезни. При оценке потерь от радиоактивных осадков мы использовали правительственную компьютерную модель для прогнозирования зоны выпадения таких осадков и правительственную базу данных по схемам ветров и распределению населения. Было учтено также, что сопротивляемость организма человека воздействию ионизирующего излучения в условиях войны может быть гораздо ниже, чем принято считать. Это было выявлено в результате недавно проведенного повторного анализа данных по потерям в Хиросиме.

Со времени второй мировой войны при проведении правительственных анализов обычно исходили из того, что доза гамма-излучения, равная 4,5 Гр^{ем} (*Грей* — единица поглощенной дозы излучения, обозначается Гй; единица *рад*, более употребимая в США, составляет одну сотую Грея), поглощенная за время менее двух недель, составляет так называемую дозу LD-50, при которой у 50% облученных людей в течение примерно 60 суток развивается лучевая болезнь со смертельным исходом. Это предположение основано, главным образом, на результатах экспериментов на животных, однако оно, по-видимому, согласуется с данными о людских потерях в Хиросиме в результате облучения.

Однако исследования, проведенные несколько лет назад в Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса, показали, что оценки доз облучения, полученных жителями Хиросимы при взрыве атомной бомбы, чрезмерно завышены. Это заставило группу японских исследователей вновь проанализировать «историю» облучения более чем 3 тыс. жителей этого города, которые при взрыве не пострадали от сильной ударной волны или ожогов, но находились сравнительно недалеко от его эпицентра и поэтому подверглись непосредственному воздействию гамма-излучения. Исследователи использовали результаты Ливерморской лаборатории для определения доз облучения на каждого жителя Хиросимы и получили поразительно низкое значение LD-50, равное 2,5 Гй.

Состояние жертв Хиросимы, конечно, не улучшилось от того, что в последнее время их лечили от лучевой болезни в стерильных условиях и с введением больших доз антибиоти-

ков. Однако современные лекарства и больничный уход, вероятно, окажутся столь же недоступными для людей, которые, возможно, уцелеют после массированного ядерного нападения, сколь они были недоступны жителям Хиросимы, оставшимся в живых после атомной бомбардировки. Поэтому мы использовали значения LD-50, которые лежали в пределах от 2,5 до 4,5 Гй.

Число жертв при ядерных ударах зависит также от силы и направления ветра в момент удара, поскольку именно ветер рассеивает радиоактивные осадки. Мы рассматривали схемы ветров для каждого времени года и пришли к выводу, что наибольшие людские потери как в США, так и СССР могут быть в феврале, самом ветреном месяце. Дозы облучения от радиоактивных осадков могут быть несколько уменьшены при использовании убежищ.

Каждое убежище можно характеризовать так называемым коэффициентом защиты, показывающим, во сколько раз данное убежище позволяет снизить дозу облучения от радиоактивных осадков по сравнению с открытым воздухом. Мы исходили из того, что все население как в США, так и СССР можно разбить поровну на две группы, одна из которых будет проводить в подземных убежищах мало времени, а другая находиться там практически постоянно. Для первой группы средний коэффициент защиты будет равен примерно 3, а для второй — 10.

Противорадиационные убежища с относительно высокими коэффициентами защиты действительно существуют, однако они вряд ли способны уменьшить среднюю дозу облучения находящихся в них людей до уровней, существенно ниже тех, которые мы использовали в своих расчетах. Дело в том, что через несколько дней после ядерного нападения большинству людей придется покинуть убежища для пополнения запасов продовольствия или в поисках помощи, а даже непродолжительное пребывание за их пределами значительно увеличивает дозу облучения. В любом случае средние дозы облучения будут неизбежно повышаться по мере того, как люди начнут потреблять воду и пищу, зараженные радиоактивными веществами.

СОГЛАСНО нашим расчетам, в результате непосредственного воздействия — ударной волны, пожаров и радиоактивных осадков при нападении СССР на американские стратегические объекты может погибнуть 12—27, а при аналогичном ударе по советским объектам — 15—32 млн. человек. (Из тех, кто уцелеет в этом случае, еще 1—8 млн. человек умрет

впоследствии от рака, вызванного воздействием радиоактивных осадков.)

Нижняя граница людских потерь, определенная нами с использованием модели повышенного давления и исходя из дозы LD-50, равной 4,5 Гй, совпадает с результатами оценок, полученных в 1975 г. министерством обороны США. Верхняя же граница получена на основе модели «сверхпожаров» при LD-50, равном 2,5 Гй.

По нашим данным, количество погибших от ударной волны и пожаров примерно сравнимо с потерями от радиоактивных осадков. Хотя, как мы обнаружили, смертельным уровнем радиации будет подвержена относительно большая часть территории США по сравнению с СССР, цифры потерь от радиации в обеих странах будут сопоставимы, поскольку в Советском Союзе преобладающая часть осадков опустится на густонаселенную европейскую часть страны.

Нанесение ударов по ограниченной группе стратегических объектов, например по ШПУ, базам для бомбардировщиков и военно-морских сил, центрам управления и связи, складам оружия или ядерным средствам средней дальности, во всех случаях, кроме одного, приведет к гибели по крайней мере 1 млн. человек (см. рисунок ниже). Следовательно, даже при исключении одного или двух классов целей количество жертв все же останется на

многомиллионном уровне. По нашим расчетам, если из перечня объектов для потенциального нападения исключить ракеты средней дальности, которые должны быть ликвидированы в течение нескольких последующих лет, то людские потери СССР, например, уменьшатся лишь примерно на 10%. (Фактически же, последствия ликвидации ракет средней дальности в СССР будут почти сведены на нет заменой боеголовок «Трайидент-I» более мощными боеголовками «Трайидент-II» на американских подводных лодках с баллистическими ракетами.) С другой стороны, рассчитанные нами потери с обеих сторон будут значительно выше, если учесть другие классы возможных целей, имеющих военное значение.

Например, мы отдельно оценили потери среди гражданского населения в результате взрыва в воздухе боеголовки единичной мощностью 1 Мт при ударе по целям, составляющим группу из 101 предприятия, которые будут среди первоочередных целей при нападении на военно-промышленный потенциал США. Эти предприятия изготавливают системы наведения ракет, автоматическое авиационное оружие, радиолокационное оборудование, а также системы командного управления. По нашим данным, такой удар приведет к гибели 11—29 млн. человек. Причина таких

высоких потерь заключается в том, что большинство военно-промышленных целей расположено рядом с такими крупными городами, как Бостон, Детройт и Лос-Анджелес.

Наконец, следует также иметь в виду, что мы учитывали только потери, вызванные непосредственными поражающими факторами ядерных взрывов. Еще десятки миллионов людей могут погибнуть от облучения, голода и болезней, если (что представляется вероятным) после ядерного нападения США или СССР потерпят экономический крах. Народы всех других стран мира также станут косвенными жертвами многочисленных экономических и экологических последствий такого конфликта.

Полученные нами результаты вновь подтверждают точку зрения, высказанную более 25 лет назад председателем Объединенного комитета начальников штабов США генералом Лайманом Л. Лемнитцером в докладной записке президенту Джону Ф. Кеннеди по поводу американских планов ядерной войны: «Приходится сильно сомневаться в том, что Советский Союз сможет провести различие между глобальным нападением и ударом только по военным объектам... В результате выпадения радиоактивных осадков во втором случае, а также близкого расположения многих военных объектов и городов потери будут многомиллионными. Таким образом, ограничение ударов военными объектами, рассматриваемое в качестве гуманной меры, даст ничтожные практические результаты».

И тем не менее на протяжении последних двух десятилетий США и СССР непрерывно занимаются дальнейшим совершенствованием стратегии выбора целей, игнорируя то обстоятельство, что широкомасштабное применение ядерных средств против военных объектов качественно не отличается от их применения против гражданского населения. Ввиду тяжелой потери среди гражданского населения, которые повлекут за собой удары по стратегическим объектам противника, угроза их нанесения равносильна угрозе разрушения городов.

Совершенно очевидно, что от оружия, предназначенного для нанесения ударов по стратегическим объектам противника, лучше избавиться на основе договоров, чем путем его обобщенного применения. И тем не менее именно упование на эффективность контрсилловой стратегии препятствует соглашению о более значительном сокращении ядерных сил по сравнению с уровнями, которые в настоящее время рассматриваются на перегово-

КЛАСС ЦЕЛЕЙ

БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ
ДАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

БАЗЫ СТРАТЕГИЧЕСКИХ
БОМБАРДИРОВЩИКОВ

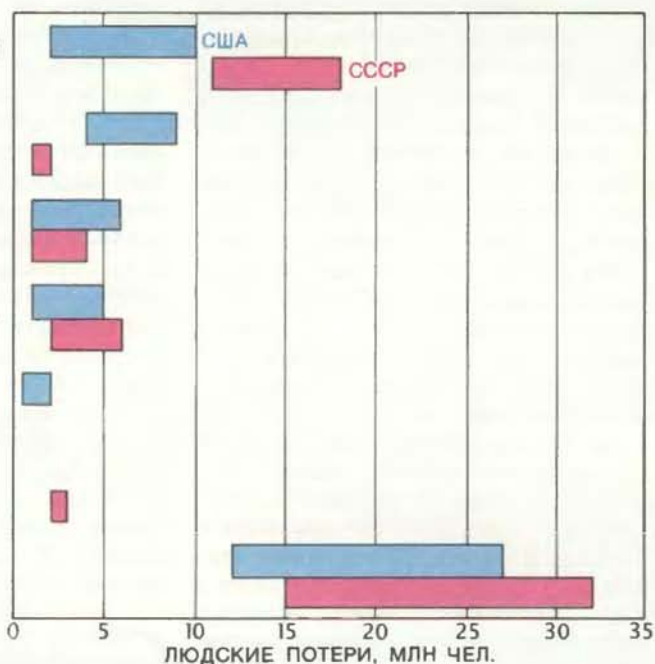
ВОЕННО-МОРСКИЕ БАЗЫ

ЦЕНТРЫ УПРАВЛЕНИЯ,
РАДАРЫ РАННЕГО ОБНАРУ-
ЖЕНИЯ, СИСТЕМЫ ПРО

СКЛАДЫ ЯДЕРНЫХ
БОЕПРИПАСОВ

РАКЕТЫ
СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ
И БОМБАРДИРОВЩИКИ

ВСЕ КЛАССЫ
ВМЕСТЕ ВЗЯТЫЕ



ПОТЕРИ СРЕДИ ГРАЖДАНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ, рассчитанные авторами, как прямое следствие ударов по различным классам средств стратегического нападения противника. Количество погибших при ударах по всем объектам не является суммой соответствующих показателей в случае ударов по отдельным их классам, поскольку имеет место некоторое перекрытие результатов по пораженным зонам, а также потому, что нижние и верхние значения диапазонов потерь относятся к разным месяцам года и разным видам нападений.

рах по ограничению стратегических наступательных вооружений.

ОТ РЕДАКЦИИ. Советскую концепцию и анализ некоторых военно-политических факторов, рассматри-

ваемых авторами, читатель найдет в ежегоднике «Разоружение и безопасность» (отв. ред. Е.М. Примаков, М., Издательство АПН, 1988, 800 с.), содержащем обширную библиографию.

сказались за немедленную ратификацию Монреальского протокола по веществам, разрушающим слой озона. Этот протокол, подписанный в прошлом году представителями 31 страны, определил меры по снижению выбросов ХФУ. Делегаты выступили также с предложением, пересмотреть протокол в 1990 г. с целью добиться практически полного прекращения выбросов наиболее разрушительных ХФУ к 2000 г.

Те, кто поддерживает международное соглашение по атмосфере, как Ф. Хейр, председатель канадской Комиссии по планированию климатической программы, видят в монреальском протоколе образец того, как бороться с угрозой потепления. Хейр предложил, чтобы в соответствующее соглашение был включен список веществ, которые не должны выбрасываться в атмосферу, и определены меры, ограничивающие использование угля в качестве топлива, чтобы уменьшить выброс в атмосферу диоксида углерода.

Однако, как указывают многие эксперты, одно дело призывать к сокращению выбросов ХФУ, и совсем другое — требовать от стран, особенно развивающихся, уменьшить потребление энергии. Представитель Индонезии предложил, чтобы расходы стран на защиту атмосферы были пропорциональны их «вкладу» в загрязнение.

Администрация Рейгана считает, что, прежде чем разрабатывать юридические основы решения проблемы, необходимо провести более тщательные наблюдения. В то же время Управление по охране окружающей среды, имея мандат конгресса, приступило к исследованиям региональных эффектов климатических изменений и мер по их ослаблению.

Некоторая неопределенность в отношении величины парникового эффекта может быть устранена в результате исследований НАСА по отысканию свидетельств возможного потепления. С. Расул, ведущий специалист НАСА по глобальным изменениям, пытается объединить усилия различных ведомств для анализа архивных данных, полученных с метеорологических спутников. Несмотря на то что дискуссии по поводу парникового эффекта продолжаются уже более десяти лет, никто, по словам Расула, так и не проанализировал до конца все имеющиеся данные. Предполагаемые изыскания, которые потребуют небольших финансовых затрат, будут направлены на поиск характерных меняющихся распределений температуры в атмосфере и океане. Эти исследования могут начаться уже осенью этого года.

Наука и общество

Ветры перемен

ОСНОВЫВАЯСЬ на свидетельствах ученых о том, что в первые десятилетия следующего века «парниковый эффект» может вызвать значительное потепление, делегаты 46 стран на Конференции по изменяющейся атмосфере в Торонто призвали немедленно приступить к разработке плана совместных действий. Участники конференции, ученые и политики, рекомендовали правительствам в качестве первоочередной меры снизить выброс диоксида углерода на 20% до 2005 г. (диоксид углерода считается основным виновником парникового эффекта).

Некоторые ученые утверждают, что потепление, вызываемое парниковым эффектом (который заключается в том, что газы, находящиеся в атмосфере в следовых концентрациях, препятствуют уходу инфракрасного излучения с поверхности Земли в космос), уже началось. Один из сотрудников Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) ищет свидетельства парникового эффекта в имеющихся данных наблюдений. Четыре самых теплых года из последних ста лет, охваченных наблюдениями, падают на 1980-е годы, а первые 5 месяцев 1988 г. стали наиболее жаркими пятимесячным периодом за всю историю наблюдений. Известный специалист по климату Дж. Хансен из Годдардовского института космических полетов НАСА заявил на заседании подкомиссии сената в Вашингтоне непосредственно перед конференцией в Торонто, что «с большой степенью уверенности» последнее потепление может быть отнесено на счет парникового эффекта.

Участники конференции не пришли к единому мнению относительно того, внес ли парниковый эффект вклад в потепление, отмеченное в 1980-х годах. Но они сошлись на том, что продолжающиеся выбросы газов, ответственных за парниковый эффект, делают потепление неизбежными.

Диоксид углерода, концентрация которого повышается на 0,4% в год вследствие сжигания ископаемого

топлива и сведения тропических лесов, ответствен за половину величины предсказываемого потепления. Среди других газов, вызывающих парниковый эффект, в первую очередь следует назвать метан, содержание которого в атмосфере возрастает еще быстрее, а также синтетические хладагенты и растворители, объединяемые под общим названием хлорфторуглеродов (ХФУ).

Специалисты сходятся на том, что, если выбросы этих газов не будут уменьшены, к середине следующего столетия можно ожидать потепления на 2—5°C. Невозможно сказать точно, какие климатические последствия для конкретных регионов повлечет за собой этот процесс (засуха этого года в США не обязательно связана с парниковым эффектом). Как показывают расчеты, климат во внутренних областях континентов может стать более сухим. Прогнозы обещают также повышение уровня моря на 30 см в ближайшие 50 — 100 лет.

Делегаты, собравшиеся в Торонто, подчеркивали, что ожидаемые быстрые изменения климата могут иметь далеко идущие последствия. Они окажут влияние на сельское хозяйство, леса и жизнь миллионов людей, живущих в дельтах рек. В результате наступления моря будут загрязнены источники пресной воды, играющие важную роль в жизнеобеспечении обитателей побережья.

Для того чтобы замедлить потепление и дать время обществу и экосистеме перестроиться, необходимо, как считают участники конференции, совершенствовать энергетику, добиваясь уменьшения выброса диоксида углерода. Делегаты также поддержали прежние требования о принятии мер по ХФУ. Помимо вклада в парниковый эффект, ХФУ, судя по всему, способствуют разрушению слоя озона, который защищает Землю от губительных ультрафиолетовых лучей. ХФУ, в частности, ответственны за образование озоновой «дыры», появляющейся каждый сентябрь над Антарктидой. В качестве первого шага на пути к решению этой проблемы делегаты конференции решительно вы-

Поиск антионкогенов

Некоторые гены, в норме подавляющие клеточный рост, в мутантной форме способствуют раку. Недавно удалось выделить первый из таких генов, который обуславливает предрасположенность к ретинобластоме — раку,

поражающему глаза

РОБЕРТ А. ВАЙНБЕРГ

ПРИЧИНЫ РАКА кроются в наших генах. Рак часто начинается с того, что канцерогенный агент — радиация или химическое вещество — повреждает какой-то важный ген в отдельной клетке. Затем мутантная клетка размножается, и ее потомки в конце концов образуют большой агрегат клеток, называемый раковой опухолью.

В последнее десятилетие эта общая схема начала проясняться и уточняться благодаря выявлению некоторых генетических мишеней канцерогенов — онкогенов. Онкоген, активированный в результате мутации, приводит к избыточной или несвоевременной пролиферации клеток; активация такого гена является одной из критических стадий в возникновении злокачественного роста многих типов.

Несколько лет назад был обнаружен совершенно другой тип «генов рака». Их действие в нормальных клетках состоит не в том, чтобы вызывать пролиферацию, а напротив, в том, чтобы подавлять ее. Если клетка утрачивает такие гены, снимаются нормальные ограничения ее роста и размножения. Такие генетически неполноценные клетки могут пролиферировать неконтролируемо, что тоже может приводить к раку. Открытие генов, подавляющих клеточный рост, углубляет понимание генетики рака и в то же время позволяет по-новому представить регуляцию роста и размножения нормальных клеток.

ЧТОБЫ разобраться в генах, подавляющих клеточный рост, необходимо начать с их антиподов — онкогенов, вызывающих размножение клеток. Когда онкогены, выделенные из опухолей, встраивают в нормальные клетки, последние приобретают ряд черт раковых клеток (см. статью: Р. Вайнберг. Молекулярные механизмы рака, «В мире науки», 1984, № 1). Эксперименты по переносу генов показали, что онкогены нарушают регуляцию роста клеток, в которые они введены, и, следовательно,

должны быть ответственны, по крайней мере частично, за аномальное поведение раковых клеток, из которых они выделены. Разнообразные исследования привели к выводу, что такие онкогены представляют собой измененные варианты нормальных генов, названных протоонкогенами, которые действуют как ключевые регуляторы роста в нормальных клетках. Какая-то из множества мутаций, случающихся в течение жизни организма, может превратить один из этих нормальных генов в злокачественный онкоген.

Возникновение одного онкогена необходимо, но далеко не достаточно для развития рака. Развитие опухоли — это многоступенчатый процесс. По-видимому, становление линии раковых клеток зависит, как минимум, от накопления мутаций, изменяющих ряд генов, в том числе онкогенов. Собственно злокачественный рост является результатом совокупного действия измененных генов.

На сегодняшний день онкогены удалось выявить, однако, только в 15—20% человеческих опухолей. Разумеется, возможно, что опухолевые клетки человека содержат и другие активированные онкогены, индуцирующие рост, которые не обнаружены просто из-за того, что существующие методы выявления таких генов довольно неэффективны. Но не исключено и то, что существует другой тип «генов рака», действующих по совершенно иным принципам и потому неуловимых. Например, если некоторые опухоли возникают из-за утраты генов, подавляющих клеточный рост, то влияние этих генов можно заметить, только когда они отсутствуют.

Есть и еще одно принципиальное различие между онкогенами и генами, подавляющими клеточный рост. Все изученные на сегодняшний день онкогены активируются вследствие соматических мутаций; т. е. генетические изменения происходят в том или ином органе-мишени, но не в половых клетках. Поэтому мутантные, акти-

вированные онкогены не наследуются. В противоположность этому мутантные формы генов, подавляющих рост, могут присутствовать в половых клетках — сперматозоидах или яйцеклетках — и передаваться из поколения в поколение. У ребенка, получившего от родителей мутантный ген, подавляющий клеточный рост, в ходе жизни будет повышен риск развития рака.

Ключом к механизму действия таких генов, подавляющих размножение клеток, стали исследования ретинобластомы — рака, поражающего глаза. Это довольно редкий вид рака: он встречается примерно у одного из 20 тыс. новорожденных и маленьких детей. Но ретинобластоме можно рассматривать как модель многих других, на первый взгляд не родственных видов рака. То, что мы узнали о гене, который вызывает это заболевание, уже позволило прояснить несколько существенных генетических проблем этиологии рака.

РЕТИНОБЛАСТЫ — это предшественники клеток сетчатки, светочувствительного слоя на задней стороне глаза. Специфические клетки, образующие ретинобластому, в норме должны становиться фоторецепторными клетками, называемыми колбочками. Как только ретинобласт достигает определенной стадии дифференцировки на пути превращения в специализированную клетку сетчатки, он перестает делиться и более не является мишенью для канцерогенеза. Этим, должно быть, объясняется возрастное распределение ретинобластомы, которая никогда не наблюдается у подростков и взрослых.

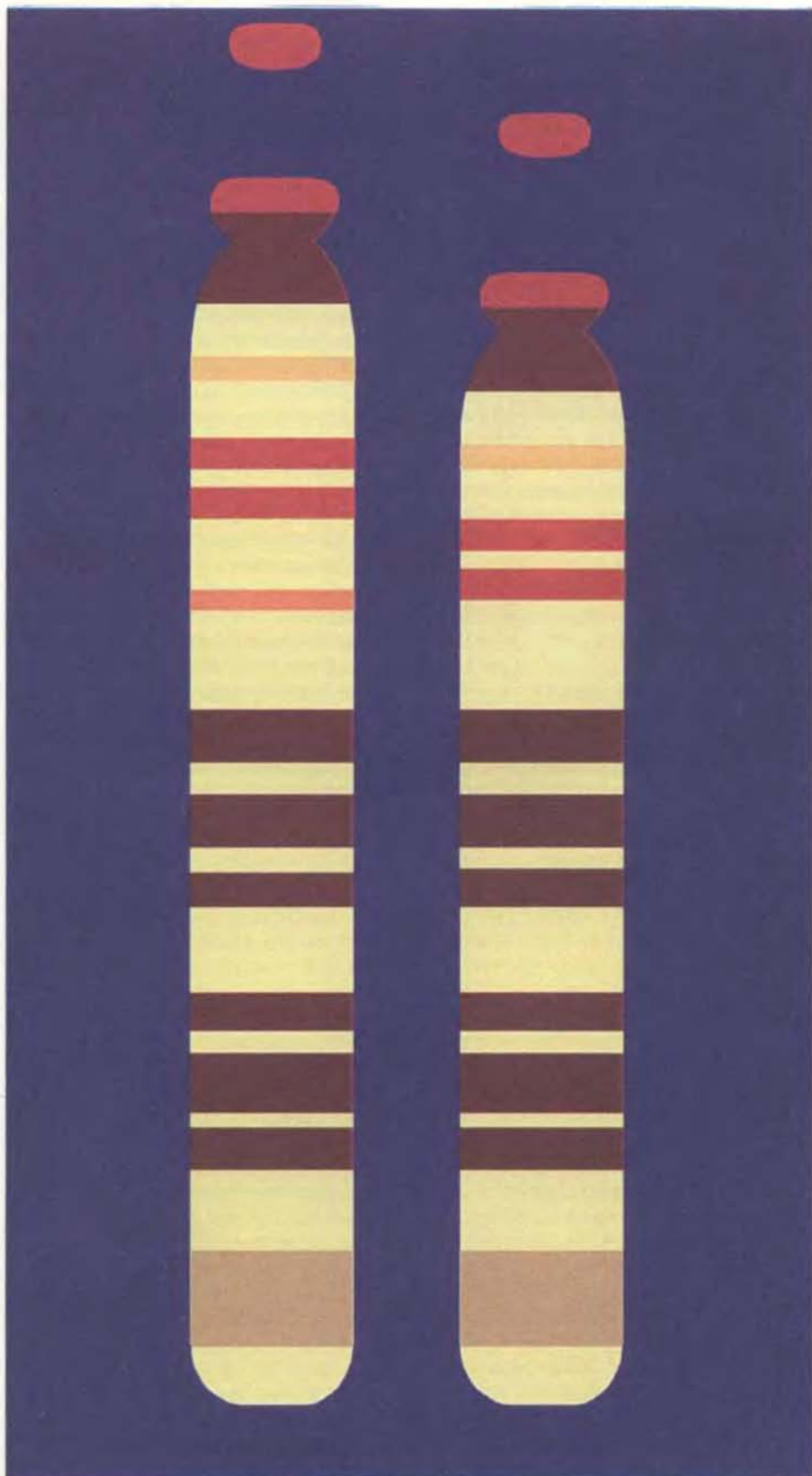
До середины XIX в. ретинобластома неизбежно приводила к смертельному исходу. Опухоль быстро распространялась в мозг, убивая ребенка. После того как в 1850 г. Герман Гельмгольц изобрел офтальмоскоп, появилась возможность «заглядывать» в глазное яблоко и обнаруживать опухоль, прежде чем она разрас-

тется и начнет проникать в соседние ткани. Благодаря ранней диагностике стало реальным лечение (состоявшее в хирургическом удалении пораженного глазного яблока), а это в свою очередь позволило выявить первые случаи семейной ретинобластомы. Многие пациенты доживали до зрелого возраста и имели детей, и оказалось, что примерно половина их заболевает этим, вообще очень редким видом рака. Ретинобластома продолжала встречаться и в своей спорадической форме, т. е. наблюдалась у детей, в семьях которых заболевание ранее не отмечалось.

К середине нашего столетия стало ясно, что две формы ретинобластомы представляют различные проявления одной и той же болезни. У генетиков это вызывало недоумение. Семейная форма заболевания была явно связана с передачей гена от родителей потомству, но казалось непонятным, как гены могут участвовать в развитии спорадического заболевания. А если они и в самом деле участвуют, то те же ли это гены, которые ответственны за развитие семейного заболевания, или каждая из форм определяется своими генами.

В 1971 г. А. Кнудсон-младший из Института по изучению рака в Филадельфии предложил простое генетическое объяснение этих, по-видимому, сложных явлений. Его гипотеза исходит из того, что мутантные гены у индивидуума могут появляться двумя путями, о которых я уже упоминал: по наследству от родителя или в результате соматических мутаций, которые случайно возникают в тканях во время жизни индивидуума. Кнудсон предположил, что возникновение обоих типов ретинобластомы связано с изменениями в одной и той же группе генов.

Изучив скорость, с которой болезнь возникает у младенцев, Кнудсон заключил, что все опухолевые клетки на самом деле содержат не один мутантный ген, а два. При семейной ретинобластоме, утверждал он, первая из двух необходимых мутаций присутствует в гене-мишени с момента зачатия, и поэтому она представлена во всех клетках тела ребенка, включая клетки сетчатки. Мутантный ген, который обуславливает подверженность к раку, может быть получен от уже имевшего генетический дефект родителя либо возникнуть в результате случайного генетического события при образовании родительской яйцеклетки или сперматозоида. Вторая необходимая мутация может быть соматической (тем самым локальной), возникнув в одном из многочисленных ретинобластов, который уже имеет врожденную мута-



СВЯЗЬ между участком хромосомы 13 и ретинобластомой впервые была выявлена Дж. Юнисом из Медицинской школы Миннесотского университета. Анализируя окрашивание хромосом ретинобластомных клеток, он заметил, что в них часто отсутствует сегмент длинного плеча хромосомы 13. На этом рисунке, выполненном с помощью компьютера, нормальная хромосома 13 (слева) сравнивается с аномальной хромосомой, впервые описанной Юнисом (см. следующую иллюстрацию). Часть большой светлой полоски, включающая оранжевую полоску, которая есть в нормальной хромосоме, в аномальном варианте отсутствует из-за делеции. (Красные овалы вверху соответствуют теломерам — концевым участкам хромосом, на микрофотографиях они часто выглядят не связанными с остальной частью хромосомы.)

цию. Кнудсон предположил, что в противоположность этому при несемейной, спорадической ретинобластоме обе необходимые мутации возникают соматически и локально в одной клетке сетчатки, потомки которой затем размножаются, образуя опухоль.

Сейчас ясно, что гипотеза Кнудсона была по своей сути правильной. В свое время она упорядочила данные по ретинобластоме, но оставляла нерешенными два важнейших вопроса. Первый: какова природа гена или генов, которые наследуются в мутантной форме от родителя либо изменяются за счет соматических мутаций? Участвует ли один ген или несколько разных генов? Второй: какие мутации создают аллели (специфические варианты гена), обуславливающие рак? Относятся ли они к мутациям того типа, которые вызывают излишнюю активность протоонкогенов, в результате чего получают онкогены? Или эти мутации, наоборот приводят к инактивации гена и потому прекращают его функционирование?

КЛЮЧОМ к решению этих загадок стало микроскопическое изучение хромосом, присутствующих в

нормальных и в ретинобластомных клетках. Если клетки фиксировать на ранних стадиях клеточного деления, их хромосомы можно разглядеть очень отчетливо. Хороший микроскопист может даже судить о детальной структуре отдельной хромосомы благодаря наличию характерных поперечных полос в определенных местах.

В опухолевых клетках хромосомы часто отличаются от хромосом нормальных клеток. Эти отклонения могут просто отражать генетический хаос, возникающий в опухолевых клетках в процессе их злокачественного перерождения. Однако иногда удается идентифицировать специфические хромосомные изменения, которые воспроизводимо наблюдаются во многих опухолях данного типа.

Именно так случилось в исследованиях Й. Юниса из Медицинской школы Миннесотского университета, который изучал клетки ряда различных ретинобластом. Обнаружилось, что в длинном плече (q-плече) одной из хромосом, а именно 13, часто бывают делеции: отсутствует та или другая полоса, в норме имеющаяся в этой хромосоме. Наиболее часто затрагивалась 14-я полоса. Корреляция между изменениями в области 13q14 и рети-

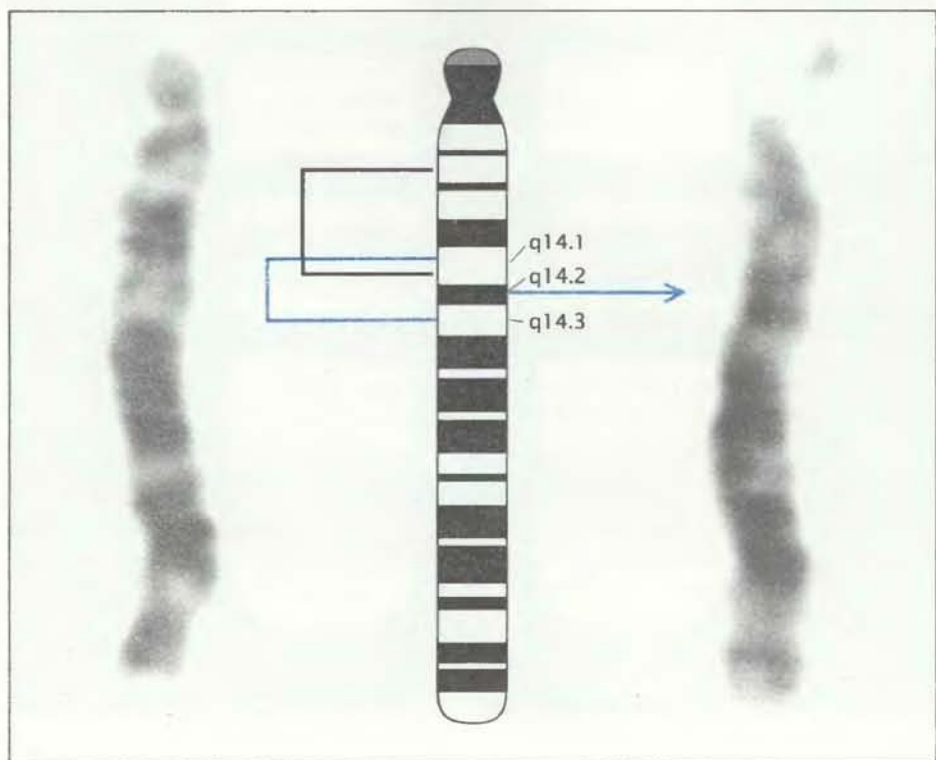
нобластомой наблюдалась слишком часто, чтобы ее можно было объяснить случайными генетическими событиями. Наоборот, казалось вероятным, что делеция обеспечивает какое-то преимущество в росте для клеток — прародительниц опухоли.

Эти результаты начали прояснять ответы на вопросы, не решенные гипотезой Кнудсона: они показали, что одним из мутационных событий, связанных с ретинобластомой, является делеция, которая, очевидно, может приводить к полной потере гена и тем самым к утрате какой-то важной функции. В ходе дальнейшего хромосомного анализа было обнаружено, что в некоторых случаях семейной ретинобластомы делеции в хромосоме 13 имеются не только в опухолевых, но и в нормальных клетках во всем организме больного ребенка и, кроме того, в клетках тела одного из его родителей. В случаях же спорадической ретинобластомы делеции строго ограничивались опухолевыми клетками. Иными словами, поврежденные хромосомы наблюдались именно в тех клетках, которые, по гипотезе Кнудсона, должны нести мутантные гены, ответственные за две формы ретинобластомы.

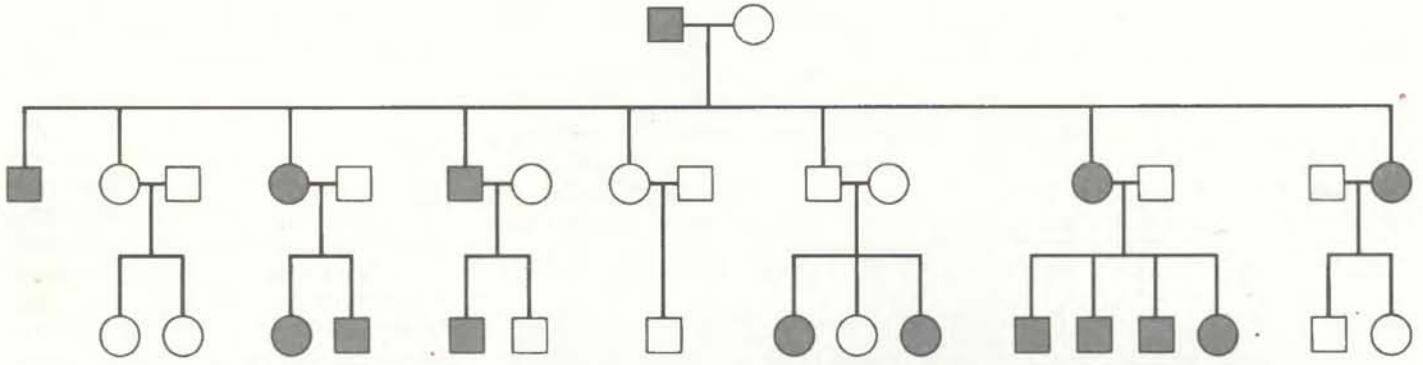
Ген хромосомы 13, который, очевидно, участвует в процессе возникновения этих опухолей, был назван *Rb*. Его удалось идентифицировать благодаря микроскопически видимым делециям, что на молекулярном уровне означает потерю сегмента ДНК, включающего сотни тысяч пар оснований. Однако такое сильное повреждение хромосомы — это только один из возможных мутационных механизмов инактивации гена *Rb*. Гораздо меньшие делеции, которые не влияют на микроскопическую структуру хромосомы, могут столь же эффективно нарушать функции гена. В самом деле, недавно показано, что бывает достаточно точковых мутаций, т. е. изменений, затрагивающих отдельные пары оснований в ДНК.

НА ЭТОЙ СТАДИИ исследований Один из двух кнудсоновских генов-мишеней был «привязан» к участку хромосомы 13, но природа второй мишени все еще оставалась неясной. Это мог быть другой ген на одной из 23 хромосом клетки, каждая из которых присутствует в двух копиях (исключение составляет пара половых хромосом, которые у мужчин разные). Альтернативно роль второй мишени для мутации могла играть копия исходно поврежденного гена хромосомы 13, находящаяся на неповрежденной гомологичной хромосоме.

При помощи искусных методиче-



МИКРОФОТОГРАФИИ нормального (слева) и аномального вариантов хромосомы 13 и схема нормальной хромосомы. Делеция, имеющаяся в аномальной хромосоме, показанной справа, на схеме обозначена голубой скобкой. Иная делеция, обнаруженная в хромосоме 13 в другом случае ретинобластомы, указана черной скобкой. Эти две делеции частично перекрываются, что позволило определить локализацию предполагаемого «гена ретинобластомы». Он расположен в пределах маленького участка полосы 13q14.1, поблизости от полосы 13q14.2; (q обозначается длинное плечо хромосомы; короткое плечо у хромосомы 13 крошечное — серый сегмент над перетяжкой).



РОДОСЛОВНАЯ семьи с семейной ретинобластомой, опубликованная Т. Дрейер с коллегами. Болевшие члены семьи обозначены серым (кружки — женщины, квадратики —

мужчины). Во втором поколении болезнь развивалась у пятерых. Один из незаболевших сыновей оказался носителем мутантной хромосомы 13, и две его дочери заболели.

ских приемов к 1983 г. были получены данные, свидетельствующие о том, что вторая генетическая мишень действительно находится на парной хромосоме 13. Доказательства были получены в результате непрямого генетического анализа, в котором следили за другим геном в составе хромосомы 13, удачно расположенным очень близко к гену *Rb*. Контролируя состояние такого маркерного гена, можно, как правило, предсказать судьбу тесно сцепленного с ним, но «невидимого» соседа. Р. Спаркс из Медицинской школы Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе обнаружил маркер для гена *Rb*; этот ген кодирует фермент, называемый эстераза D. Р. Годбут, Б. Гэлли и Р. Филлипс из Детской больницы в Торонто показали, что у некоторых больных ретинобластомой в нормальных клетках ген эстеразы D представлен двумя различными вариантами, находящимися в разных гомологичных хромосомах 13. А в опухолевых клетках тех же больных этот ген часто представлен идентичными копиями, что бывает, если один из двух аллелей (вариантов) был утрачен и затем заменен копией другого аллеля*.

Сам по себе ген эстеразы D не играет функциональной роли в ретинобластоме, но он легко выявляется и служит, таким образом, наблюдаемым представителем соседнего гена *Rb*. И коль скоро один из двух аллелей гена

эстеразы D утрачен и заменен копией другого, велика вероятность того, что такая же судьба постигла и расположенный рядом ген *Rb*. Логично было предположить, что, если вначале в клетке сетчатки имеется один нормальный и один мутантный вариант гена *Rb*, это может иногда заканчиваться появлением двух мутантных копий гена. Более детальный анализ подтвердил это предположение: опухолевые клетки действительно часто содержали две копии дефектного аллеля гена *Rb*. Это наблюдение стало главным ключом к разгадке второго этапа возникновения ретинобластомы. Он состоит в утрате оставшейся неповрежденной копии гена *Rb*.

Теперь гипотеза Кнудсона могла быть сформулирована иначе. Мишенями двух «выстрелов», необходимых для возникновения рака, являются две копии гена *Rb*. Каждое попадание выводит из строя одну копию гена, создавая неактивный вариант (нуль-аллель). У детей, родившихся с одним нормальным и одним дефектным аллелями гена *Rb*, из-за соматической мутации в одной из клеток сетчатки может утратиться неповрежденный вариант гена, что приведет к раку. У других, хотя и имевших от рождения две нормальные копии гена *Rb*, из-за редкой ошибки в какой-то клетке сетчатки в начале жизни может произойти утрата обеих копий, что окончится тем же результатом.

Дети, получившие от родителей мутантный ген *Rb*, совершенно нормальны, за исключением того, что у них резко повышен риск возникновения рака. Хотя они имеют только один нормальный аллель этого гена во всех клетках организма, эмбриональное развитие протекает без нарушений. Одного аллеля *Rb* явно достаточно для правильного выполнения функций гена; дефектный аллель *Rb*, содержащийся в каждой клетке, активно не нарушает развития. Иными словами, эта мутация рецессивна; она проявляется только, если уцелевший

неповрежденный аллель гена (являющийся «доминантным» на уровне клетки) утрачивается в той или другой клетке сетчатки.

ЕСЛИ инактивация гена, как в случае с *Rb*, приводит к неконтролируемому клеточному росту и образованию раковой опухоли, значит, данный ген в своем нормальном состоянии должен сдерживать клеточный рост. Можно, видимо, говорить о существовании целого класса генов, предназначенных для негативной регуляции нормального клеточного роста, которые я предпочитаю называть генами, подавляющими клеточный рост (growth-suppressing genes). Поскольку утрата этих генов может приводить к злокачественному росту и поскольку многие онкогены действуют диаметрально противоположным образом — индуцируя чрезмерный рост — такие гены, как *Rb*, стали называть антионкогенами или генами супрессии рака (tumor-suppressing genes). Эти термины, по-видимому, закрепятся, хотя они и неточны. Нормальная функция гена *Rb*, несомненно, состоит в общей супрессии роста; в образовании опухолей он участвует редко и «непреднамеренно».

Как бы то ни было, в термине «антионкоген» есть логика. Гены, подобные *Rb*, в неповрежденном состоянии вполне могут препятствовать действию онкогенов. Кроме того, раковая клетка, которая получает преимущество в пролиферации в результате появления онкогенов, активно индуцирующих клеточный рост, будет, вероятно, еще усиленнее размножаться, если избавиться от генов, которые до тех пор сдерживали это. Действительно, такой механизм возникновения рака может оказаться весьма распространенным, так как гораздо легче «сломать» ген грубым генетическим повреждением, чем дополнительно активировать ген путем тонких мутационных изменений.

Потеря антионкогенов — это, по-

* Явление, состоящее в замене одного аллеля гена на копию другого аллеля этого гена, называется геной конверсией. В многочисленных генетических исследованиях было показано, что очень часто наблюдается соконверсия, т. е. одновременное изменение двух и более соседних генов. Сококонверсия объясняется тем, что конверсия часто затрагивает не отдельные гены, а сравнительно протяженные участки хромосом. Это и позволило предположить, что в опухолевых клетках конверсия подвергается не только локус эстеразы D, но и соседний ген *Rb*. — Прим. перев.

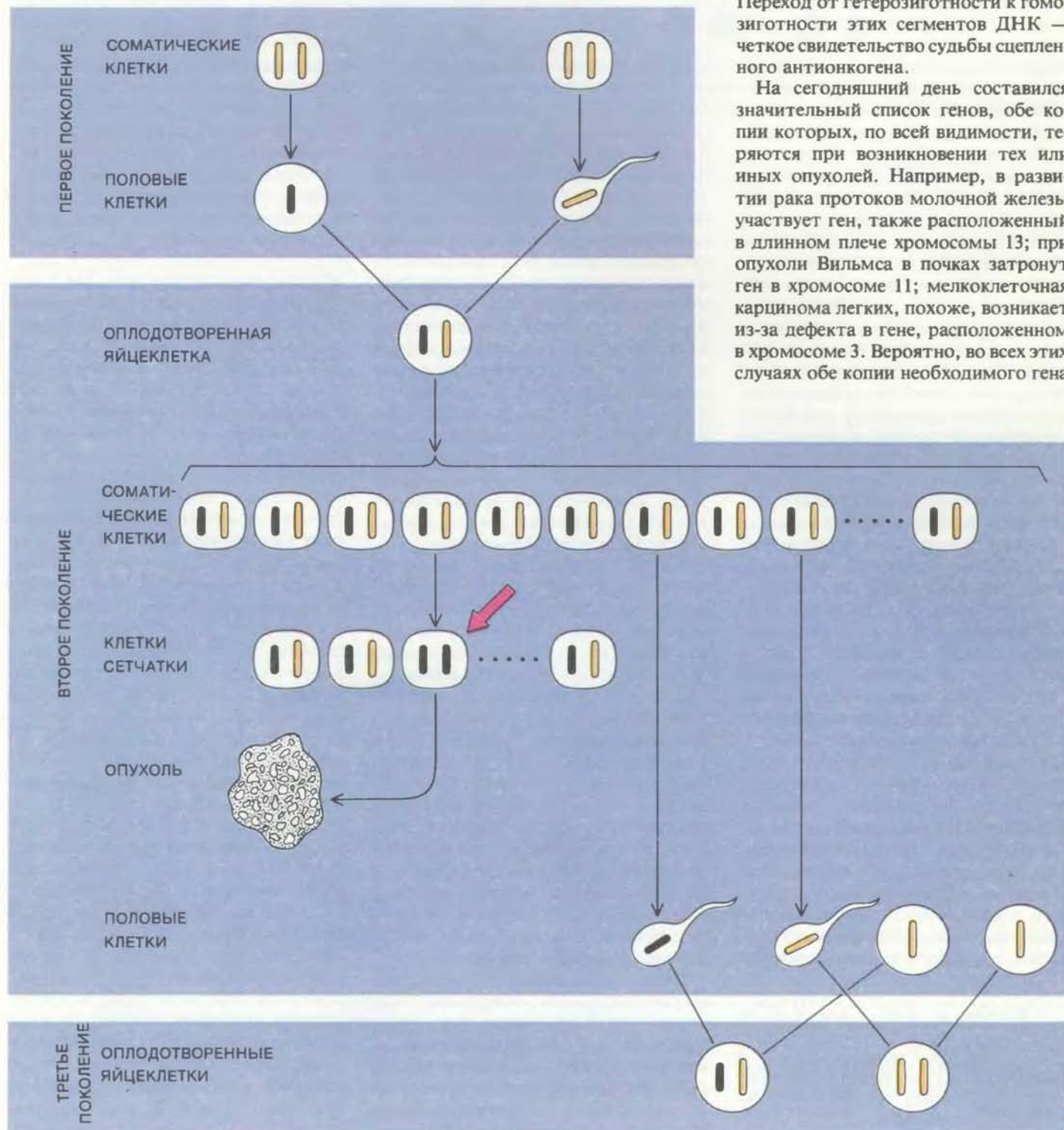
видимому, обычное явление в развитии рака. Анализ хромосом в различных опухолях часто выявляет характерные хромосомные aberrации. Иногда наблюдается исчезновение определенных сегментов хромосом. В других случаях для обнаружения потери специфических генов требуются

более тонкие методы генетического анализа.

Такие приемы генетического анализа, пионером применения которых был У. Кэйвини (сейчас он работает в Людвиговском институте онкологических исследований в Монреале), следуют в общих чертах тому же под-

ходу, который позволил проследить за геном *Rb*, анализируя судьбу близкого соседа — гена эстеразы *D*. В опытах Кэйвини сцепленными маркерами служили специфические последовательности ДНК, которые могут быть представлены различными вариантами (гетерозиготы) в нормальной ткани, и идентичными вариантами (гомозиготы) в опухолевой ткани. Переход от гетерозиготности к гомозиготности этих сегментов ДНК — четкое свидетельство судьбы сцепленного антионкогена.

На сегодняшний день составился значительный список генов, обе копии которых, по всей видимости, теряются при возникновении тех или иных опухолей. Например, в развитии рака протоков молочной железы участвует ген, также расположенный в длинном плече хромосомы 13; при опухоли Вильмса в почках затронут ген в хромосоме 11; мелкоклеточная карцинома легких, похоже, возникает из-за дефекта в гене, расположенном в хромосоме 3. Вероятно, во всех этих случаях обе копии необходимого гена



ГИПОТЕТИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ семейной ретинобластомы изображен на клеточном уровне. В первом поколении в результате случайного генетического события в хромосоме 13 яйцеклетки был утрачен участок, содержащий ген *Rb*. Сын получил от матери хромосому с делецией (черная), и она имела во всех клетках его организма, включая сетчатку. В младенчестве или раннем детстве у него в одной

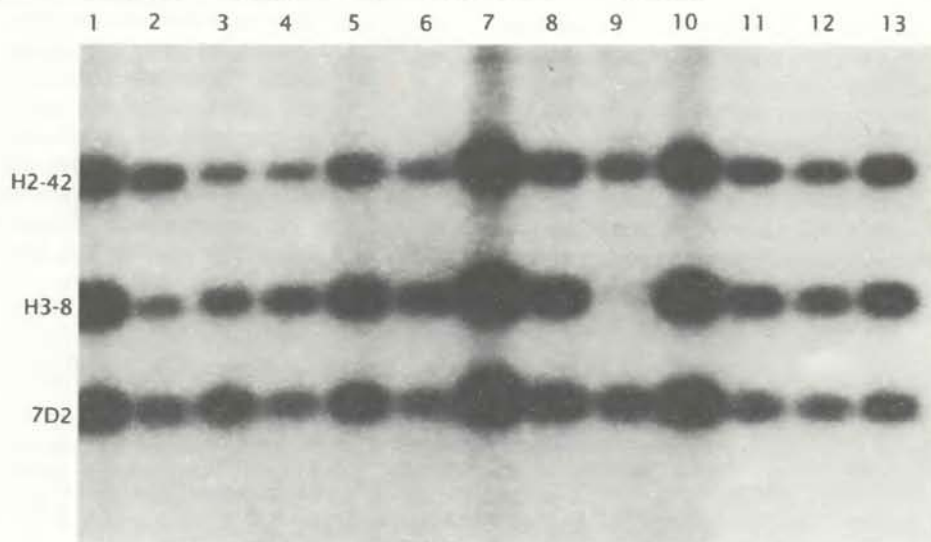
из клеток сетчатки произошла мутация, которая инактивировала вторую копию гена в парной хромосоме (стрелка), и это привело к развитию рака. Опухоль удалили и носитель делеции дожил до зрелого возраста. Поскольку половина его сперматозоидов содержала дефектный вариант хромосомы 13, примерно половина его детей унаследовала предрасположенность к ретинобластоме.

либо теряются, либо инактивируются в ходе развития клона злокачественных клеток. Наблюдаемая тканеспецифичность (т.е. связь между потерей определенных генов и типом опухоли) указывает на то, что в норме каждый из этих генов участвует в контроле размножения только немногих типов клеток организма.

Сначала казалось, что действие гена *Rb* тоже тканеспецифично и диапазон его ограничен канцерогенезом сетчатки. Однако тщательное клиническое обследование детей, страдавших семейной ретинобластомой, выявило, что в дальнейшем у них сильно повышен риск возникновения опухолей соединительной ткани, а именно остеосарком, которые возникают в клетках костной ткани. Другими словами, мутантный «ген ретинобластомы» обуславливает предрасположенность не только к ретинобластоме. Данные, полученные недавно, показали, что наблюдаемые изменения гена *Rb* столь же часты при остеосаркомах, как и при ретинобластомах, — даже у тех больных остеосаркомой, у которых никогда не было ретинобластомы. Во многих случаях остеосаркомы опухоль, по-видимому, возникла только вследствие соматических генетических событий, приведших к повреждению гена *Rb*.

Это еще одна загадка, ведь сетчатка и ткани, в которых возникает остеосаркома, имеют мало общего как в эволюционном смысле, так и в эмбриональном развитии. Возможно, некогда в процессе эволюции ранних многоклеточных предшественников человека, миллиард или больше лет назад, предшественник гена, который мы называем *Rb*, участвовал в регуляции размножения двух совершенно различных типов клеток и соответствующих тканей.

ТО, ЧТО аномальные свойства определенных опухолевых клеток могут быть связаны с потерей части необходимой генетической информации, получило подтверждение в совершенно независимых экспериментах, начатых Г. Харрисом из Оксфордского университета. В своей работе он применял методы, которые позволяли получать гибридную клетку путем слияния двух генетически различных клеток. Это достигалось при помощи агента, который вызывал объединение наружных мембран соседних клеток с образованием одной общей мембраны, окружающей ядра обоих партнеров. При этом два набора хромосом объединяются в один, содержащий вдвое большее, чем обычно, количество генетической информации. В таких опытах можно наблюдать, как сочетаются свойства



ПОИСК ГЕНА *Rb* начался с того, что Дряя проверял, какие фрагменты ДНК нормальной хромосомы 13 отсутствуют в ДНК из ретинобластом и потому могут входить в состав гена, делеция которого приводит к образованию опухоли. Главный результат представлен на этой электрофореграмме. Фрагменты нормальной ДНК H2-42 и 7D2 связались с комплементарными фрагментами во всех 13 препаратах ДНК, выделенных из 13 разных опухолей (о связывании свидетельствуют темные полосы), а для фрагмента H3-8 в препарате № 9 соответствующей последовательности нет. В данной опухоли участок хромосомы 13, представленный фрагментом H3-8, утрачен в результате делеции.

разных клеток после слияния. Нередко гены того или другого партнера доминируют, определяя свойства гибрида.

В последние два десятилетия в таких экспериментах обнаружилось удивительное явление: гибриды, образовавшиеся в результате слияния злокачественных, опухолевых клеток с нормальными клетками, часто ведут себя, как их нормальные родители, т.е. не образуют опухолей. Это противоречит тому интуитивному представлению, что вирулентные опухолевые клетки гораздо «сильнее» своих нормальных соседей.

Однако явление вполне объяснимо с той точки зрения, согласно которой аномальность опухолевых клеток может быть обусловлена утратой необходимого гена (или генов), подавляющего рост. Слившись с нормальной клеткой, опухолевая клетка получает от нее ген — регулятор клеточного роста, утраченный ранее при злокачественной трансформации. Вновь обретенный ген может восстановить контроль размножения клетки, давно такого контроля не имеющей.

Недавно Э. Станбридж из Медицинского колледжа Калифорнийского университета в Ирвине эффективно продемонстрировал восстановление контроля клеточного роста. Его группа экспериментировала с рядом различных опухолей, в том числе с опухолью Вильмса. Слияние клеток Вильмса с нормальными давало неканцерогенные гибриды.

Станбриджу с коллегами удалось

вести отдельную нормальную хромосому 11 человека в клетки опухоли Вильмса. Такие генетически обогащенные клетки претерпели обратную трансформацию к нормальному состоянию и утрачивали способность образовывать опухоли. Это даже более прямое, чем в случае слияния клеток, доказательство того, что злокачественный рост определяется отсутствием гена или генов, в норме имеющихся в хромосоме 11.

Результаты экспериментов с гибридными клетками и исследований Станбриджа убедительно поддержали идею о том, что утрата генетической информации может быть столь же важной для возникновения рака, как и появление сверхактивных онкогенов, вызывающих клеточный рост. Не исключено, что в будущем эта концепция откроет путь к методам лечения, основанным на введении определенных генов в лишённые их раковые клетки.

НЕСМОТЯ на эти важные достижения, до недавнего времени существование гена *Rb* оставалось теоретическим — оно было лишь логическим следствием описанных выше генетических феноменов. Конечная же цель в данном случае состояла в том, чтобы понять, каким образом этот и подобные ему гены ограничивают или подавляют клеточный рост. Самый прямой путь к этому — выделить ген при помощи молекулярного клонирования. Выделение *Rb* представлялось чрезвычайно сложным де-

лом: поскольку эффект гена заметен только в его отсутствие, трудно разработать метод анализа, который прямо показывал бы, является ли тот или иной кандидат из числа фрагментов ДНК искомым геном.

В 1983 г. Т. Дрия из Массачусетской клиники глазных и ушных болезней взялся за выделение гена *Rb* из хромосомы 13 человека. Ранее М. Лейлэнд и С. Лэтт из Бостонской детской

больницы получили коллекцию клонов ДНК, каждый из которых содержал случайный фрагмент какой-нибудь района нормальной хромосомы 13. Дрия скрупулезно проанализировал эту коллекцию в расчете на то, что один из фрагментов окажется поблизости от последовательности ДНК, составляющей ген *Rb*. Это была огромная работа; теперь-то известно, что на ген *Rb* приходится все-

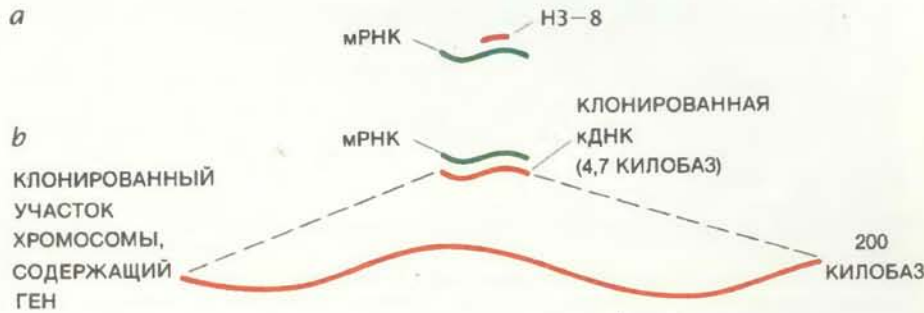
го лишь тысячная часть от всей ДНК хромосомы 13.

С каждым из фрагментов хромосомы 13, который играл роль пробы, проводилась гибридизация ДНК, выделенной из клеток ретинобластомы. Этим методом можно выявить в анализируемой ДНК сегмент, комплементарный данной пробе, или, наоборот, показать отсутствие гомологии. Последнее может быть в случае, если проба содержит ту часть хромосомы, в которой произошла делеция при возникновении опухоли.

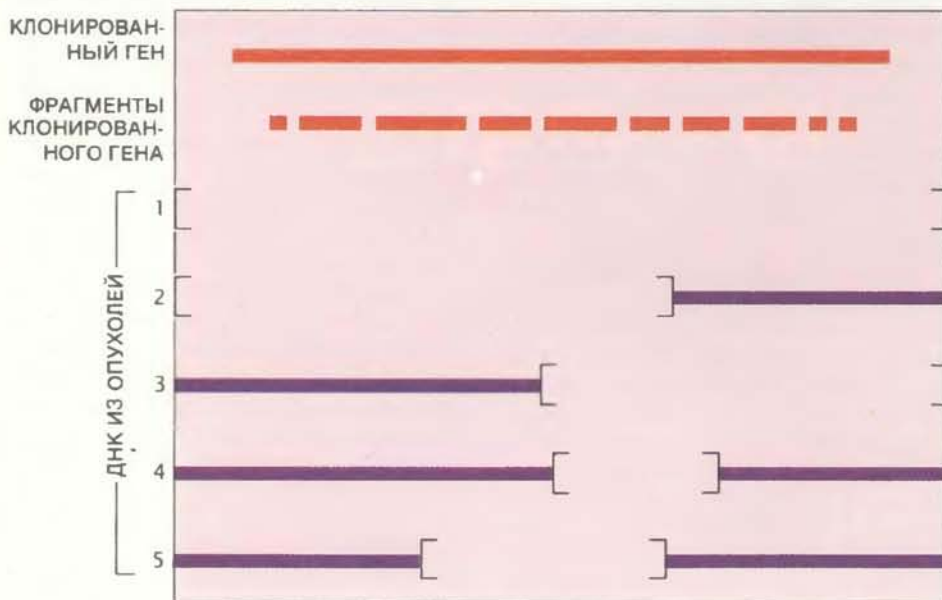
Колоссальный труд Дрия был вознагражден: выяснилось, что одна из клонированных проб соответствует сегменту хромосомы, который полностью отсутствовал в двух препаратах ретинобластомной ДНК из примерно 50 проверенных. Отсюда было еще далеко до утверждения, что клонированный фрагмент представляет собой хотя бы часть гена *Rb*. Но результаты по крайней мере четко свидетельствовали, что данный фрагмент представляет собой последовательность, которая находится в хромосоме рядом с геном *Rb* и которая вместе с ним была утрачена при возникновении делеции в ходе генетических событий, приведших к образованию опухолей, послуживших источником этих двух препаратов ДНК.

Оставалось установить точную взаимосвязь между клонированным фрагментом и предположительно сцепленным с ним геном *Rb*. Этим занялись Дрия с коллегами совместно с С. Френдом и другими сотрудниками моей лаборатории в Институте медико-биологических исследований Уайтхеда. Сначала было обнаружено, что клонированный фрагмент близок родственен одной из матричных РНК (мРНК), присутствующей в нормальных клетках сетчатки. Матричная РНК переносит информацию от активных генов, находящихся в ядре клетки, в цитоплазму, где эта информация реализуется аппаратом синтеза белков. Присутствие в клетках сетчатки мРНК, родственной клонированному фрагменту ДНК, означало, что данный фрагмент является частью гена, который активно экспрессируется в нормальных клетках сетчатки. В ретинобластомных же клетках (было проверено несколько опухолей) мРНК, родственную данному фрагменту, обнаружить не удалось. Это означало, что ген, с которого считывалась данная мРНК, в опухолевых клетках неактивен или отсутствует; такое «поведение» соответствовало тому, что ожидалось от гена *Rb*.

ОДНАКО нужны были доказательства, чтобы утверждать, что обнаружен действительно ген *Rb*.



СЕРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, приведших к клонированию и идентификации гена *Rb*. Матричную РНК нормальных клеток сетчатки зондировали с помощью фрагмента H3-8, который, как было показано, отсутствовал в ДНК из нескольких ретинобластом. Была обнаружена близкородственная ему мРНК (а); это свидетельствовало, что H3-8 является частью гена, активного в нормальных клетках сетчатки. Затем путем обратной транскрипции получили ДНК-копию (клон кДНК) данной мРНК (б). Эту кДНК в свою очередь использовали как пробу для анализа хромосомной ДНК, в результате чего нашли и клонировали длинную (200 тыс. пар оснований) последовательность ДНК, которая и представляла собой весь ген, ответственный за синтез мРНК предполагаемого гена *Rb*.



ДОКАЗАТЕЛЬСТВО того, что клонированный ген и есть ген *Rb*, заключалось в выявлении мишени хромосомных делеций, приводящих к ретинобластоме. Используя фрагменты клонированного гена как пробы, картировали делеции в ДНК, выделенных из опухолей. Делеции (1), которые приводили к утрате всего гена и соседних с ним последовательностей, были неинформативны. В случае тех делеций, когда терялась левая (2) или правая (3) часть гена и прилегающие слева (справа) последовательности, развитие рака можно было приписать повреждению либо клонированного гена, либо другого гена слева (справа) от него. Однако в некоторых опухолях (4, 5) делеция затрагивала только внутреннюю часть именно клонированного гена. Существование таких делеций доказывает, что клонированный ген и является той мишенью, инактивация которой приводит к развитию ретинобластомы и, значит, это действительно ген *Rb*.



ГЕН *Rb* кодирует белок, который обнаруживается в ядрах нормальных клеток сетчатки (слева), но не в клетках ретинобластомы (в середине). Белок, кодируемый онкогеном аденовируса *E1A*, вызывает злокачественную трансформацию зараженной клетки, связываясь в ней с белком-

мишенью, который оказался идентичным белку — продукту гена *Rb* (справа). Тот факт, что белок, отсутствие которого в клетках сетчатки приводит к раку, одновременно участвует в аденовирусной трансформации, указывает, что этот белок может быть важным регулятором роста.

Френд получил путем обратной транскрипции ДНК-копию найденной мРНК (кДНК) и используя ее в качестве пробы, обследовал и картировал весь район нормальной хромосомы 13, ответственный за синтез этой мРНК, — т. е. предполагаемый ген *Rb* — и затем клонировал его. Клонированный ген оказался очень большим: он состоит из 200 тыс. пар оснований. Методом гибридизации мы исследовали структуру этого большого хромосомного участка в препаратах ДНК, выделенных из 60 ретинобластом и остеосарком. Примерно для 30% препаратов были получены данные, свидетельствующие, что структура одной или обеих копий клонированного гена значительно изменена из-за делеций. (Более тонкие изменения в структуре ДНК, которые могут столь же эффективно инактивировать ген, при таком анализе не обнаруживались.)

Таким образом в различных, независимого происхождения опухолях клонированный ген часто выведен из строя. Но является ли этот ген геном *Rb*? Убедительные доказательства были в конце концов получены при анализе тонкой структуры различных делеций, затрагивающих клонированный сегмент (см. рис. на с. 22 внизу). Задача заключалась в том, чтобы показать, что клонированный ген представляет собой ген *Rb*, а не какой-нибудь другой ген справа или слева от него в хромосоме.

При некоторых из картированных делеций происходила потеря всего клонированного гена целиком. Они были неинформативны, поскольку не позволяли сделать окончательный вывод: могло оказаться, что клонированный ген утрачен вместе с какой-то другой рядом располагавшейся последовательностью, которая и содержала ген *Rb*. Три делеции, которые, по видимому, затрагивали правый конец

клонированного гена и соседствующую с ним ДНК, давали больше информации. Они говорили о том, что мишень делеции находится либо справа от клонированного гена, либо ею является сам клонированный ген. При других делециях, напротив, утрачивался левый конец клонированного гена и прилегающие слева последовательности. Поэтому казалось очень вероятным, что именно клонированный ген — мишень всех этих случайных делеций.

Окончательное подтверждение удалось получить, когда были обнаружены две делеции, которые и начинались, и заканчивались в пределах клонированного гена. Это однозначно доказывало, что случайные делеции, приводящие к ретинобластоме, затрагивают именно клонированный ген, а не соседние последовательности ДНК.

Наша работа была впоследствии воспроизведена и продолжена Вэнь Хва Ли из Медицинской школы Калифорнийского университета в Сан-Диего и Юэнь Кай Фуном и У. Бенедиктом из Медицинской школы Университета Южной Калифорнии. Полученные ими данные в совокупности доказывают, что клонированный ген действительно является нормальным геном *Rb*. Наиболее убедительны воспроизводящиеся результаты о повреждении этого сегмента ДНК при специфических делециях во многих различных, независимо возникших опухолях.

Окончательная идентификация клонированного гена будет состоять в функциональной проверке. Клоны ДНК, содержащие неповрежденные варианты предполагаемого гена *Rb*, нужно ввести в опухолевые клетки, не имеющие интактного гена *Rb*. Если в результате клетка, хотя бы частично, вернется в нормальное, незлокачественное состояние, это будет сильным

аргументом в пользу того, что клонированная ДНК содержит необходимую генетическую информацию, потеря которой вызывает рак. Такие эксперименты сейчас ведутся в нескольких лабораториях.

ВЫДЕЛЕНИЕ и клонирование супрессоров клеточного роста типа гена *Rb* открывает множество экспериментальных возможностей, ценных как в прикладном аспекте — в клинической практике, так и в фундаментальном — для решения научных проблем. В медицине пригодилась бы возможность использовать клонированные сегменты ДНК для анализа структуры родственных последовательностей в образцах ДНК из нормальных и опухолевых клеток и для обнаружения измененных вариантов таких генов, как *Rb*. Вспомним, что мутантные аллели *Rb* могут передаваться от пораженного родителя в среднем половине потомства. Клонированная ДНК-проба в принципе может выявить дефектные аллели *Rb* даже на ранних стадиях эмбрионального развития, что позволит предсказать риск возникновения рака в дальнейшем.

Наряду с клиническим применением, вырисовывается ряд проблем фундаментальной биологии. Ген *Rb* — первый из выделенных «генов рака», подавляющих клеточный рост. Опыт этой работы, наверное, облегчит поиск генов, действующих сходным образом и ответственных за контроль размножения у различных типов клеток. Такие гены стали известны благодаря их отсутствию в определенных опухолях. Но те из них, которые обнаружены к настоящему времени, — это, скорее всего, лишь верхушка айсберга. Онкогенов сейчас насчитывается уже более 50; о разнообразии компенсаторных генов негативной регуляции трудно даже гадать.

Особый интерес вызывает вопрос о том, каковы механизмы, при помощи которых эти гены ограничивают или прекращают нормальный клеточный рост. Несколько месяцев назад Ли и его коллеги сообщили, что ген *Rb* кодирует белок молекулярной массой 105 000, который обнаруживается в ядре клетки. Как известно, многие ядерные белки участвуют в регуляции экспрессии генов.

Существенное указание на то, что белок — продукт гена *Rb* действительно является регулятором, получено недавно в совершенно иных исследованиях, целью которых было выяснить, как происходит трансформация клеток, зараженных онкогенными вирусами. Установлено, что один из таких вирусов, аденовирус, вносит в клетки-мишени онкоген, обозначаемый *E1A*. Этот онкоген кодирует белок («онкобелок»), который перестраивает метаболизм клетки-хозяина, что приводит к злокачественной трансформации.

Как действует онкобелок? Сотрудники групп Э. Харлоу в Колд-Спринг-Харборской лаборатории в Нью-Йорке и Ф. Брантона в Медицинской школе Университета Макмастера в Онтарио обнаружили, что в клетке, трансформированной вирусом, белок — продукт вирусного онкогена взаимодействует с некоторыми белками клетки-хозяина. Предположительно это влияет на клеточные регуляторные механизмы так, что начинается трансформация.

Одной из мишеней вирусного онкобелка, с которой он образует комплекс, является клеточный белок молекулярной массой 105 000. Харлоу, П. Уайт и К. Бучкович обратили внимание на сходство в свойствах этого белка и белка, кодируемого геном *Rb*. Затем они совместно с Дж. Горовицем из моей лаборатории показали, что эти два белка на самом деле идентичны. Иными словами, белок — продукт гена *E1A* аденовируса вызывает злокачественную трансформацию клеток, взаимодействуя с тем же белком, который кодируется геном *Rb* и отсутствует в клетках ретинобластомы; возможно, образуя комплекс с клеточным белком, онкобелок таким образом инактивирует его. Поскольку известно, что белок, кодируемый геном *E1A*, служит прямым регулятором экспрессии генов, возможно, что и продукт гена *Rb* тоже непосредственно участвует в модуляции экспрессии генов.

Очевидно, детальное понимание регуляции клеточного роста будет достигнуто уже через несколько лет. Тогда станут, наконец, видны обе стороны медали: как «включается»

размножение клетки и как оно «выключается». Это углубит представление о природе рака, а также прольет свет на совершенно пока неясные ме-

ханизмы, обеспечивающие развитие оплодотворенной яйцеклетки в сложный организм, такой, как организм человека.

Наука и общество

Перспективы затуманились

МАЛО КТО сомневается, что достигнутые в последние годы успехи в понимании молекулярно-биологических основ многих заболеваний приведут в конце концов к разработке новых методов лечения. Однако, как правило, новые знания, прежде чем помочь собственно лечению болезни, вначале открывают пути ее предсказания, диагностики и слежения за развитием. В настоящее время методы диагностики и предсказания имеются для гораздо большего числа заболеваний, чем в прошлом. Обычным стал анализ липидного состава крови, позволяющий оценивать вероятность сердечно-сосудистых заболеваний; почти во всем мире проводится проверка новорожденных на фенилкетонурию (без лечения это заболевание приводит к тяжелой патологии центральной нервной системы).

Сейчас разрабатывается множество различных тестов, которые позволят заглядывать в будущее пациента. Это порождает массу вопросов юридического и этического свойства, которые только начинают рассматриваться специалистами. Например, по словам М. Шварца из Онкологического центра им. Слоана—Кеттеринга, стало возможным выявлять в крови антигены, характерные для клеток метастазирующих злокачественных опухолей, задолго — за месяцы и даже годы — до того как появятся клинические признаки метастазов. Но трудность состоит в том, как сообщить обследованному такое неприятное известие, особенно если грозящее метастазирование, скорее всего, неизлечимо, а пациенту объявили, что рак вылечен.

Часто тест помогает врачу прояснить прогноз и таким образом предположить, сколь активным должно быть лечение. Так, Управление по контролю качества медикаментов, пищевых продуктов и косметических средств США (FDA) сейчас рассматривает вопрос о применении диагностического теста, усовершенствовав-

шего регистрацию определенных хромосомных перестроек, часто наблюдающихся у больных хроническим миелоидным лейкозом. По мнению Шварца, еще важнее тесты, выявляющие повышенное содержание онкогенов (генов, участвующих в развитии рака) или же отсутствие антионкогенов (генов, подавляющих опухолевый рост); такие тесты позволяют предсказывать злокачественный процесс до появления его клинических признаков.

Но диагностическая информация может иметь весьма негативные последствия, если попадет, что называется, не в те руки. Пример тому — проверка на наличие антител против вируса, вызывающего СПИД.

Несмотря на все доказательства, что СПИД не передается при обычном контакте, положительная реакция крови при такой проверке часто служит поводом к дискриминации, а иногда и к насилию. «Соблюдение тайны в этой ситуации крайне важно», — говорит А. Браунштейн из Национального фонда по гемофилии. В этом учреждении многие заразились вирусом СПИДа от загрязненных препаратов крови. По мнению Браунштейна, существующая степень секретности в отношении данных медицинских обследований недостаточна: результаты анализов зачастую находятся в «полуобщественных» местах вроде поста медицинской сестры и обсуждаются медицинским персоналом.

Рядом юридических мер уже в законодательном порядке запрещена дискриминация людей, зараженных вирусом СПИДа. Адмирал Дж. Уоткинс, председатель президентской комиссии по СПИДу, в своем последнем докладе привел убедительные доводы в пользу того, что в федеральное законодательство следует ввести положения, исключающие дискриминацию зараженных СПИДом. Но по мнению Уоткинса могут и не прислушаться: в конгрессе сейчас рассматривается законопроект, который создаст основу для того, чтобы комитет

палаты представителей лишил конфиденциальности проверку на антитела к вирусу СПИДа. Если же законодательные акты, защищающие лиц — носителей вируса СПИДа, будут приняты, это откроет путь для аналогичных законов на случай других заболеваний.

Опасность того, что диагностический тест будет негативно использован, особенно велика, когда заболевание предсказывается за долгий срок до того, как оно проявит себя естественным путем; об этом говорил К.Во — специалист по медицинской этике из Иллинойского университета в Чикаго.

Велика потенциальная ценность тестов, выявляющих предрасположение к тому или иному заболеванию, так как они открывают возможность целенаправленной профилактики. Компания Focus Technologies, Inc. в Вашингтоне (округ Колумбия) в порядке эксперимента предложила более 600 сотрудникам местной телефонной фирмы пройти обследование при помощи ряда диагностических тестов и получить консультацию. Эта компания планирует проделать такую работу в более широком масштабе, однако предполагает использовать только те тесты, в связи с которыми можно указать соответствующие профилактические или паллиативные меры, например тесты на предрасположение к диабету и к сердечно-сосудистым заболеваниям.

Диагностические методы, основанные на анализе ДНК, порождают наиболее трудные проблемы, так как получаемые с их помощью данные нередко влияют на решение о рождении ребенка. В настоящее время эти методы применяются в очень ограниченном масштабе в немногочисленных медицинских центрах обычно по поводу ряда редких заболеваний, в том числе муковисцидоза, некоторых мышечных дистрофий, поликистоза почек. Результаты анализа используются в основном для того, чтобы помочь супружеским парам принять решение о зачатии ребенка, или же для пренатального выявления наследственного заболевания. Область применения этих методов может расширяться, поскольку установлена приблизительная локализация генов, играющих роль в таких часто встречающихся заболеваниях, как болезнь Альцгеймера, сердечно-сосудистые нарушения и даже некоторые психические заболевания. Как скоро войдет в практику генетическая проверка на подверженность этим заболеваниям, теперь уже вопрос времени.

Болезнь Хантингтона наиболее яркий пример того, как тягостно знать и

не иметь возможности помочь. Это разрушительное, смертельное неврологическое заболевание, начинающееся, как правило, в зрелом или пожилом возрасте, неизбежно развивается у людей, унаследовавших от родителей определенный дефектный ген. Диагноз ставится на основании анализа ДНК при помощи метода, в котором используется полиморфизм длины рестрикционных фрагментов. (см. статью: Р.Уайт, Ж.-М.Лалуэль. Картирование хромосом при помощи ДНК-маркеров, «В мире науки», 1988, № 4). Недавно несколько медицинских центров начали проводить проверку на болезнь Хантингтона. В Медицинском центре Бостонского университета 45 человек, для которых существует риск этого заболевания, так как им страдал кто-то из родителей, предпочли пройти генетическую проверку и получить соответствующую консультацию. Некоторые из консультировавших специалистов опасались, что сообщение о положительном результате анализа может побудить обследованного к самоубийству, но, к счастью, обошлось без таких трагических последствий. Правда, как сообщает президент фонда наследственных заболеваний Н.Векслер, ведущая подобную работу в Колумбийском университете, после генетического обследования некоторых супружеские пары развелись.

Генетический анализ сопряжен с труднейшим вопросом о сохранении тайны, например, в таком случае, когда кто-либо захочет скрыть положительный результат от своего супруга. «Общим правилом должно быть сохранение тайны», — считает Векслер. Но стоимость проверки и консультирования по поводу болезни Хантингтона достигает 4 тыс. долл. и страховые компании, вероятно, должны иметь сведения о результатах генетической проверки своих клиентов в случае иска на получение страховки. Более того, по словам Векслер, бывало, что страховая компания устанавливала более высокий страховой взнос на основании одного только подозрения на генетическое заболевание клиента — например, если становилось известно, что его отец или мать страдали этим заболеванием. Векслер считает страхование главной проблемой. Страховые компании со своей стороны претендуют на то, чтобы иметь доступ к данным любых диагностических проверок, которым подвергаются их клиенты. В противном случае, отмечает Р.Покорски из Lincoln National Life Insurance Co., клиенты с неблагоприятным прогнозом могут «перестраховаться», пользуясь состоянием своего здоровья в

корыстных целях. К.Во оспаривает эту точку зрения, утверждая, что большая часть медицинской информации об индивиде должна быть его личной тайной. В настоящее время страховые агенты подают запросы только о результатах анализа липидного состава крови, имеющего значение для развития сердечно-сосудистых заболеваний. Появление новых медицинских тестов, вероятно, приведет к пересмотру самой концепции страхования здоровья — таково мнение сотрудницы Американского фонда адвокатуры Л.Эндрьюс, которая изучает юридические аспекты медицинской генетики.

М. Ротстейн из Института юридических проблем здравоохранения в Хьюстоне предвидит еще одну область затруднений. Он отмечает, что целью проведенного в 1980 г. широко-масштабного обследования сотрудников ряда учреждений было выявить тех, кто может быть особо чувствителен к условиям на своем рабочем месте (например, к воздействию тех или иных химических веществ). Как полагает Ротстейн, компании будут стремиться к перспективным проверкам, дающим информацию о вероятных расходах на медицинские нужды сотрудников и потерях рабочего времени, связанных с состоянием здоровья. В этом таится возможность несправедливых решений, поскольку большинство медицинских тестов может давать ошибочные результаты. К.Во допускает, что в некоторых ситуациях следует отказаться от сохранения тайны. Вряд ли кто согласится, скажем, с тем, чтобы человек, которому грозит ранний инфаркт, работал пилотом. Но такие случаи должны быть исключением, а не правилом.

Конгресс еще не обращался к этим вопросам. «Важно убедиться, что законодатели подробно осведомлены», — подчеркивает Эндрьюс. По ее мнению, принятые в начале 1970-х годов законы о выявлении среди детей (в том числе новорожденных) серповидно-клеточной анемии, были плохо продуманы и во многом подорвали доверие к подобным обследованиям. В этих законах не удалось провести грань между носителями признака серповидноклеточности (т.е. теми, у кого дефектен только один аллель соответствующего гена) и действительно больными, что породило сомнение в достоверности данных таких обследований вообще. Это препятствует распространению проверки новорожденных на серповидноклеточность, хотя, согласно обзору, сделанному Национальными институтами здоровья, обследования помогли бы спасти многие жизни.

Космическая колористика

Визуальные наблюдения Земли из космоса обнаруживают невоспроизводимое, красочное разнообразие природных ландшафтов. Колористические эксперименты, проведенные на космических кораблях и долговременных орбитальных станциях, выявили интересные особенности как изучаемых природных объектов, так и цветового зрения человека

В. В. ВАСЮТИН, А. А. ТИЩЕНКО

ПО СЛОВАМ космонавтов, наибольшее впечатление от полета в космос производят яркие и красочные виды земного ландшафта, восходов и заходов Солнца — зрелище неповторимое и не воспроизводимое никакими техническими средствами. Описание необычайно ярких и сочных цветов природных образований и явлений входит в комплекс задач программы наблюдений космонавтов. Не удивительно поэтому, что, начиная с первых полетов человека в космос, наряду с традиционными исследованиями зрительного восприятия проводится изучение цветового зрения.

С появлением в начале 70-х годов пилотируемых орбитальных станций, сделавших реальными длительные полеты, стало возможным проведение детальных исследований цветового зрения человека и восприятия им визуальной информации. К этому времени в Советском Союзе специалистами авиационно-космической медицины были обобщены данные по особенностям функционирования зрительного анализатора человека в кратковременном космическом полете. Эксперименты, выполненные на кораблях серии «Восход» и «Союз» с 1965 по 1969 г., показали, что в первые сутки полета острота зрения космонавтов несколько ухудшается, а с цветовым зрением происходят интересные явления. Например, было отмечено снижение на 20—25% субъективной яркости цвета, особенно в красной области спектра.

Наиболее удивительным является свойство зрения «решать» сложные задачи распознавания, обнаружения и особенно выделения нужной информации на фоне помех. Это свойство часто называют константностью зрения. Среди многих видов константностей, таких как восприятие глубины

пространства и ориентация в пространстве, большое значение имеет константность восприятия цвета при изменении спектра освещения. Это свойство позволяет, кроме того, отсеивать вуализирующие помехи атмосферной дымки, теневые накладки, блики и т. п., и в этом главное преимущество визуально-инструментального способа дистанционных наблюдений.

При проведении наблюдений Земли из космоса особое значение имеет вопрос о наглядном, простом и естественном представлении потребителю информации, получаемой дистанционными методами. Естественно поэтому, сколь велика роль визуализации сложных видов информации и ее «приспособление» к зрению потребителя. Именно эту задачу и призвана решать колориметрия, нацеленная на преобразование передаваемой из космоса фотографической и спектрометрической информации к нормализованной цветной информации, наиболее приспособленной для восприятия потребителем.

Однако проблема представления информации, получаемой при наблюдениях Земли из космоса, не исчерпывается традиционными вопросами колориметрии, в частности измерения цвета. Для ее комплексного рассмотрения необходимо параллельно проводить исследования зрения человека, цветовых индикационных признаков природных образований и соответствующих их зависимостей от наиболее важных параметров внешней среды. Необходимо также вести последовательную разработку и усовершенствование специальных дистанционных колориметрических методов и средств наблюдений. Вот такой круг вопросов и определяет колористический подход к проблеме.

Основу космической колористики, таким образом, составляют: изучение цветового зрения человека в космиче-

ском полете и разработка приборов его контроля, создание и совершенствование дистанционных визуальных и автоматических колориметров, изучение цветовых индикационных признаков природных объектов и явлений, а также оптическая метрология, включая изучение спектров излучений и погрешностей измерения спектральных характеристик.

ПРОБЛЕМА реализации визуально-инструментальных наблюдений в космосе, в частности колориметрических наблюдений, заключалась в том, чтобы научить космонавтов преодолевать сложившийся цветовой стереотип — «бытовое» отношение к цветовой информации, вошедшее в привычку, — и в сложных условиях космического полета как бы раскладывать свои подсознательные цветовые ощущения на отдельные компоненты — цветовой тон, насыщенность и яркость. Первым, кто в совершенстве овладел этим искусством, был космонавт А. Н. Березовой, проводивший наблюдения на орбитальной станции «Салют-7» в 1982 г. Следует отметить, что не каждый способен к такой работе: для этого нужны природные способности и определенные навыки. Необходимо уметь хорошо различать цвета, обладать хорошей цветовой памятью и высокой зрительной работоспособностью. Сочетание этих свойств служит основой для успешного выполнения колориметрических дистанционных наблюдений. Условия же проведения таких наблюдений с космического корабля весьма специфичны. Например, освещение природного ландшафта как Солнцем, так и светящимся приземным слоем атмосферы имеет сложный и необычный характер. К тому же в результате быстрого относительного перемещения космического корабля угол, под которым наблюдается объект и фаза

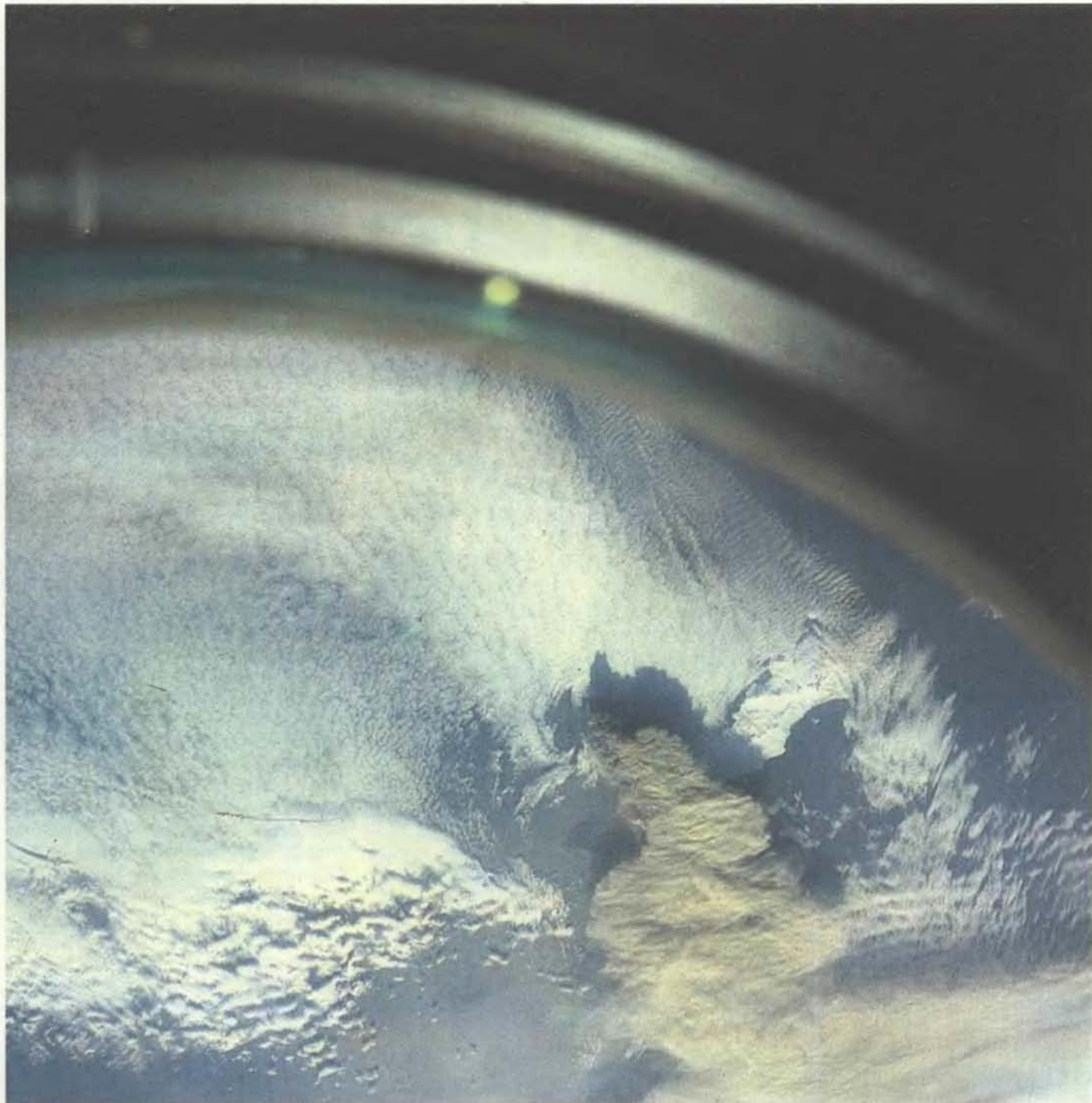
его освещения, постоянно меняются. Проведению наблюдений препятствует также целый ряд помех, например очень яркие облака и вуализирующая атмосферная дымка. Поэтому даже опытные летчики, побывав в космосе, отмечают весьма непривычный характер земного ландшафта и неповторимость его окраски.

Для эффективной реализации дистанционных исследований необходима высокая пространственная и спектральная разрешающая способ-

ность зрения. При наблюдениях с орбиты глаз человека может достаточно уверенно различать шоссе, дороги, корабли, улицы городов, лесные просеки и т. п. По наблюдениям одного из авторов — В.В. Васютина — распознавание деталей ландшафта и сравнительно небольших объектов существенно зависит от продолжительности наблюдения. При этом замечено, что «настройка» глаза на рассматривание мелких деталей осуществляется за несколько секунд. При переводе взгляда

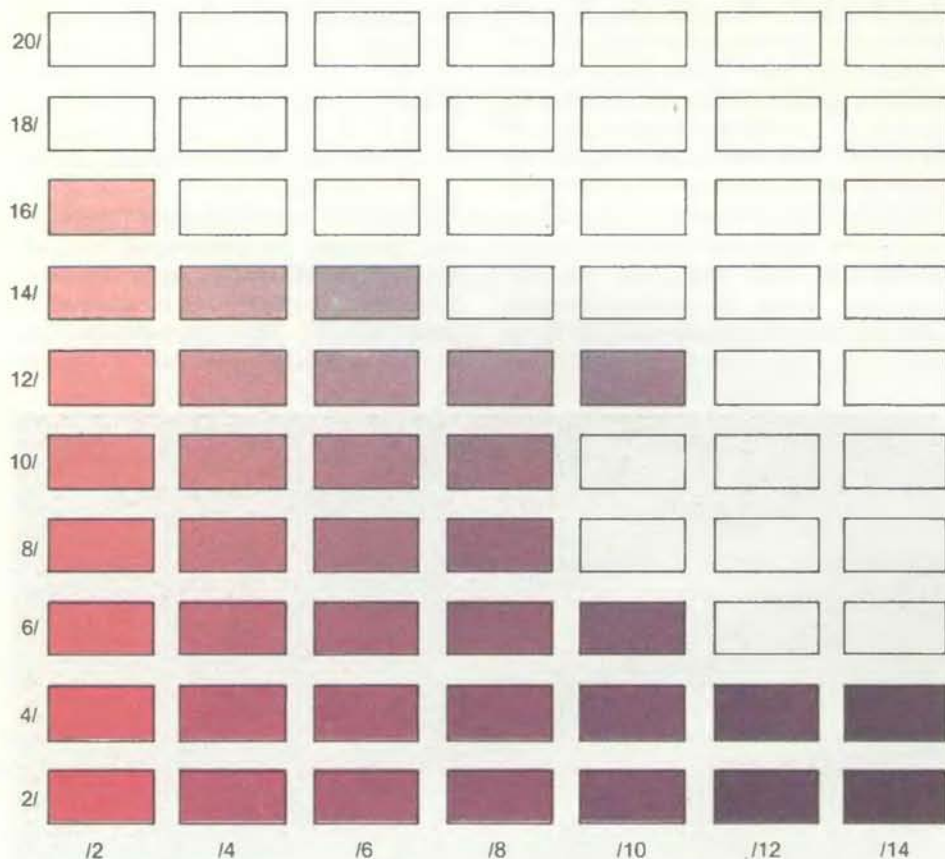
на другую область происходит расфокусировка зрения. Например, овражная сеть при наблюдении эрозии почв сельхозугодий начинает различаться через 3—5 с. Этот эффект позволил уточнить методику наблюдения подобных образований.

Глаз, не обладающий высокой спектральной разрешающей способностью, не сможет выявить объекты с различной структурой поверхности, характерной для растительности, водной среды, пустыни и других



НАЧАЛО ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА АЛАИД на о. Атласова (Курильские острова). На снимке, сделанном космонавтами В.В. Коваленком и В.П. Савиных в апреле 1981 г. с борта орбитальной станции «Салют-6», виден дымовой шлейф

(справа внизу), исходящий из конуса вулкана высотой 2339 м. Цветовой индикатор шлейфа дает важную информацию для вулканологов, в частности, позволяет выявить химический состав газов, исходящих из недр Земли.



АТЛАС ЦВЕТА АЦ-1000, разработанный во Всесоюзном институте метрологии им. Д.И. Менделеева, содержит 1000 эталонных образцов на 37 картах (страницах). На каждой странице атласа представлен один цветовой тон с образцами красок различной насыщенности и яркости. По условным цифровым обозначениям красок специалист на Земле восстанавливает цветовую картину и как бы видит ее глазами космонавта. Точность измерения по цветовому тону с помощью атласа составляет 4—5 нм, что близко к пороговому значению цвето-различения.

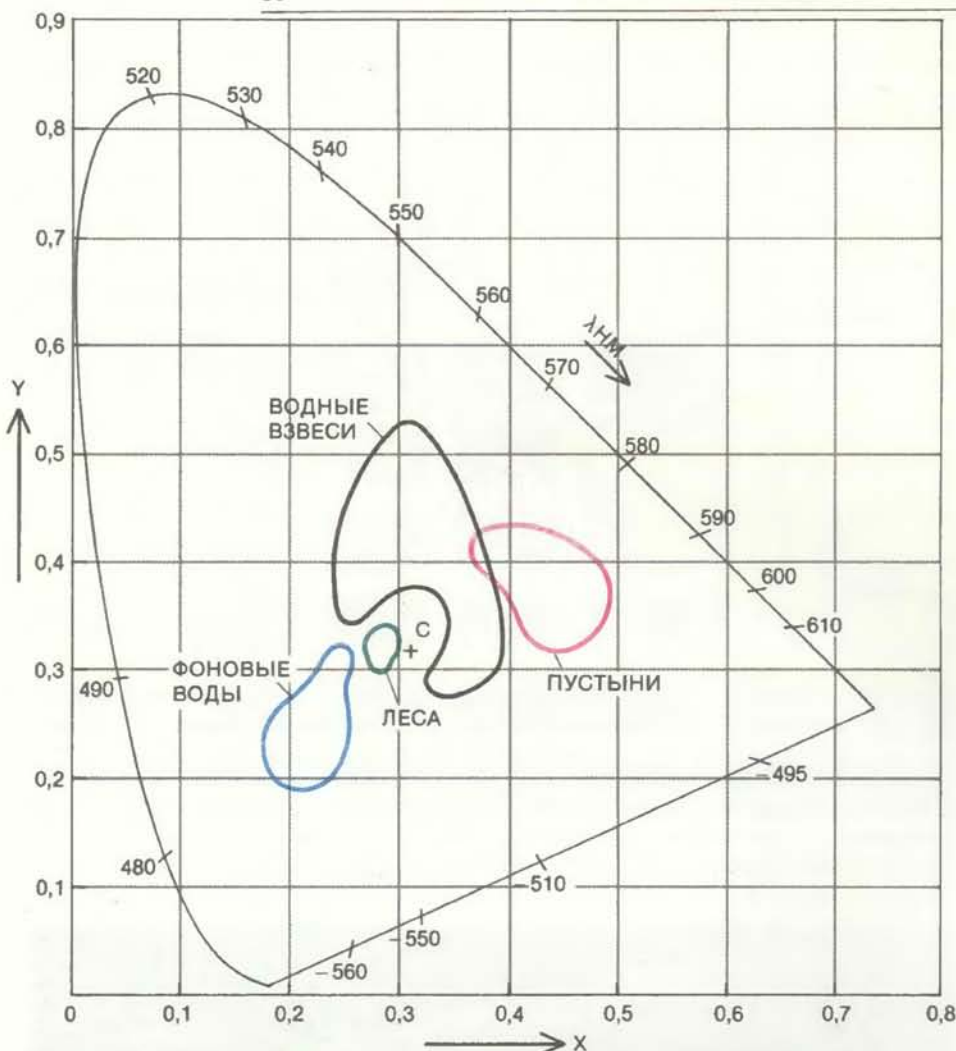


ОСНОВОЙ ВИЗУАЛЬНОГО КОЛОРИМЕТРА «ЦВЕТ-1» является специальная съемочная кассета с эталонными образцами цвета, которые вводятся в поле зрения визира фотоаппарата. Оптическая система прибора позволяет видеть в поле зрения визира фотоаппарата природный объект одновременно с эталонными цветами. Регулируя цветовой тон насыщенность и яркость эталонов, наблюдатель добивается их совпадения с цветом наблюдаемого объекта.

ландшафтов. Поэтому естественно, что к зрению космонавтов предъявляются очень высокие требования. Если водителю автомобиля требуется различать лишь цвета светофоров, то космонавт должен как минимум различать оттенки цвета, например оттенки зеленого цвета хвои сосны и ели. Цветовая палитра природы имеет бесконечное разнообразие. Так, цвет неба в разную погоду и при различных углах возвышения Солнца меняет свои оттенки, при этом цветовые тонкие индикаторы неба несут определенную информацию об атмосфере, ее чистоте и влажности. Указанные параметры по-своему проявляются в цвете, и эти проявления должен различать космонавт.

ПРИ ПРОВЕДЕНИИ визуально-инструментальных исследований Земли из космоса большую роль играют не только возможности человека, но и технические факторы. К наиболее существенным из них относятся ориентация космического аппарата и оптические характеристики его иллюминаторов. Для проведения наблюдений Земли предпочтительной является орбитальная и гравитационная ориентация объекта, когда космический аппарат своими иллюминаторами обращен к Земле. Для наблюдения какого-либо района Земли космонавт имеет очень мало времени. Всего за 40—60 с он должен по характерным ориентирам на полете отыскать нужный район, подготовить и направить на него регистрирующую аппаратуру и затем отметить время выполнения каждой съемки, с тем, чтобы потом специалисты смогли по баллистическим данным рабочего витка космического аппарата воспроизвести полную «геометрию сцены» — углы, высоты и дальности визирования, а также углы освещения объекта Солнцем. Второй важный фактор — это наличие специальных иллюминаторов, не искажающих спектр регистрируемого оптического излучения. Ведь космонавту часто необходимо наблюдать объекты, имеющие еле заметную цветовую окраску.

К самой аппаратуре дистанционного зондирования, используемой для проведения визуально-инструментальных исследований, предъявляется целый ряд требований. Перечислим лишь некоторые из них: простота в обращении, высокая надежность, быстрая подготовка к работе, небольшая масса, малое энергопотребление, малые габариты, высокое геометрическое и спектральное разрешение. Неудивительно, что первыми такими средствами были фотоаппараты и атласы цвета.



НА ЦВЕТОВОМ ТРЕУГОЛЬНИКЕ показан цветовой разброс типичных природных образований по обобщенным наблюдениям, выполненным советскими космонавтами с орбитальных станций. Несмотря на бесконечное цветовое разнообразие земного ландшафта, генерализация и осреднение его текстуры приводят к локализации цвета типичных природных образований (пустыни, леса, океанские фоновые воды, районы с дислокациями взвесей в океане и т.п.).

впоследствии целой серии дистанционных колориметров, АЦ-1000 сохраняет свою эффективность по сей день. Дело в том, что атлас цвета — универсальный инструмент. Он применим для самых неожиданных случаев. Например, в 1983 г., во время выполнения космонавтами А.П. Александровым и В.А. Ляховым на станции «Салют-7» технического эксперимента под названием «Электротопограф» сероватые образцы покрытий материалов выставлялись через шлюзовую камеру в открытый космос. После их экспонирования в космическом вакууме космонавты обнаружили, что все они приобрели разную окраску. Постановщики эксперимента из Института физики АН УССР и один из авторов — А.А. Тищенко — предложили новую методику количественного контроля этих образцов по атласу АЦ-1000 с последующим получением спектрально-яркостных характеристик материалов. В результате было

существенно ускорено выполнение интересного эксперимента.

В период с 1980 по 1983 г. в Госцентре «Природа» был разработан портативный визуальный колориметр «Цвет-1» (см. рисунок на с. 28). В 1983 г. космонавты В.А. Ляхов и А.П. Александров провели эксперименты с использованием этого прибора на борту станции «Салют-7». Основой прибора является специальная съемная кассета с эталонными образцами цвета, которые вводятся в поле зрения визира серийного фотоаппарата. Наблюдая через визир природный объект, оператор с помощью трех рукояток подбирает к видимому в окуляр цвету объекта соответствующий эталон с идентичным цветовым тоном, насыщенностью и яркостью. После того как операция подбора окончена и произведена съемка объекта, положения рукояток, которые оцифрованы в условном коде, записываются в журнале визуальных наблюдений и затем

эти данные передаются в сеансах связи на Землю.

Преимущество визуального колориметра перед атласом в том, что достигается большая точность измерения. Кроме того, с атласом трудно работать у иллюминатора: освещение, идущее от иллюминатора, затемняет рабочее поле атласа, который необходимо держать перед глазами. При этом сложно добиться достаточного освещения на красках атласа. В «Цвет-1» эталоны цвета подсвечиваются независимым, стандартизованным и стабилизированным источником освещения.

В тот же период был разработан автоматический фотоэлектрический колориметр «Цвет-2», который широко использовался при проведении самолетных исследований, синхронизированных по времени с наблюдениями, выполняемыми с орбитальной станции.

ПЕРВЫЕ космические колористические эксперименты предполагалось провести с целью изучения цвета океана. Вначале казалось, что отработать колориметрические методы и средства проще всего на протяженных малоизменчивых во времени объектах, к тому же занимающих большую часть поверхности Земли. После проведения ряда самолетных экспедиций исследователи были несколько озадачены тем, что морская поверхность даже в одном районе каждый раз выглядит по-разному. Море поражало разнообразием оттенков.

Удивительные морские пейзажи наблюдали первые космические «долгожители» на станции «Салют-6» — Г.М. Гречко, В.В. Коваленок и В.В. Рюмин. Кстати, именно «долгожители» стали выполнять систематические визуально-инструментальные наблюдения. Ведь только через две-три недели «открываются» глаза на тонкости ландшафта, и зрение адаптируется к условиям пребывания на орбите. Объекты наблюдения были весьма необычными, например, огромные одиночные валы длиной в сотни километров, следы на воде прошедших тайфунов, в точности повторяющие их размеры, а также характерные особенности дна океана. И всякий раз океан привлекает взгляд постоянной изменчивостью и очень красивыми, яркими и насыщенными цветами.

Первые систематические наблюдения океана из космоса были проведены В.В. Коваленком во время второй экспедиции на станции «Салют-6» в 1978 г. Он же был инициатором привлечения океанологов к этим исследованиям, тем более что хозяйственные потребности судоходства и морского

рыболовства направляли исследования в практическое русло. Результаты не заставили себя ждать: в отмеченных космонавтами точках океана рыбопоисковые суда стали подтверждать высокую биопродуктивность, а судам давались из космоса рекомендации по обходу ледовых полей и районов с большим волнением. Наблюдения В.В. Коваленка и послеполетные оценки цвета вод океана по атласу цвета легли в основу первых целевых колористических экспериментов на борту станции «Салют-7», проведенные космонавтами А.Н. Березовым и В.В. Лебедевым. Они были первыми, кто прошел специальную подготовку по колористике, и не только теоретическую, но и практическую на самолете-лаборатории. Черное, Каспийское, Японское и Охотское моря были для них океанологическими полигонами.

Через месяц после старта в бортовом дневнике А.Н. Березового появились первые зарисовки поверхностных структур океана. За 211 суток, которые космонавт провел на орбите, им было зафиксировано более 20 типичных поверхностных структур, характерных для океанических горизонтальных и вертикальных течений и разного рода циркуляций вод, а также связанных с концентрацией органических и неорганических взвесей в толще океанских вод. На эти структуры накладываются отпечаток волнение и ветровые потоки. Среди выявленных структур многие раньше не наблюдались.

За время проведения первой основной экспедиции на станции «Салют-7» было проведено около 150 цветовых измерений океана. При этом были зарегистрированы поверхностные образования размером от 10 до 500 км с контрастом цветового тона объекта и фоновых вод в среднем около 10 нм. Нанесенные на цветовой треугольник результаты этих наблюдений позволили выявить три существенные области — фоновые сине-голубые воды, зеленые и бурые воды, богатые фитопланктоном различного вида.

Типичным примером колориметрических экспериментов, проведенных А.Н. Березовым, являются наблюдения океана близ побережья Аргентины. В этих наблюдениях изучались цветовые контрасты океанских течений, которые представляют собой малококонтрастные объекты с несколько различным температурным и солевым составом вод самого течения и окружающего фона. Изучение структурных особенностей течений и их временная динамика — важный объект исследований океанологов. Течения существенно влияют на температурный баланс системы океан—атмо-

сфера и определяют погоду в отдельных регионах и далеко за их пределами. Визуально течения хорошо просматриваются из космоса. При этом можно различить не только русло самого течения, но и разного рода внутренние структуры и меандрированные ответвления (см. рисунок на с. 29).

Измерения цвета вод Тихого океана, выполненные космонавтами Л.Д. Кизимом, В.А. Соловьевым и О.Ю. Атьковым в 1984 г., позволили составить карту-схему его цветового районирования всего за две недели. Для составления такой карты с использованием судовых океанологических средств и шкалы Фореля—Уле по стандартизированному белому погружаемому диску Секки потребовалось бы от 5 до 10 лет, при этом число типизированных градаций вод весьма ограничено.

В ходе колористических экспериментов исследовались не только типичные контрасты поверхностных аномалий океана, но также оценивалось время для их наблюдения с орбиты. С этой целью на орбитальных станциях была выполнена серия специальных наблюдений под названием «Динамика». Методика их выполнения заключалась в регистрации времени обнаружения объекта на подлете, появления цветовых признаков, засеч-

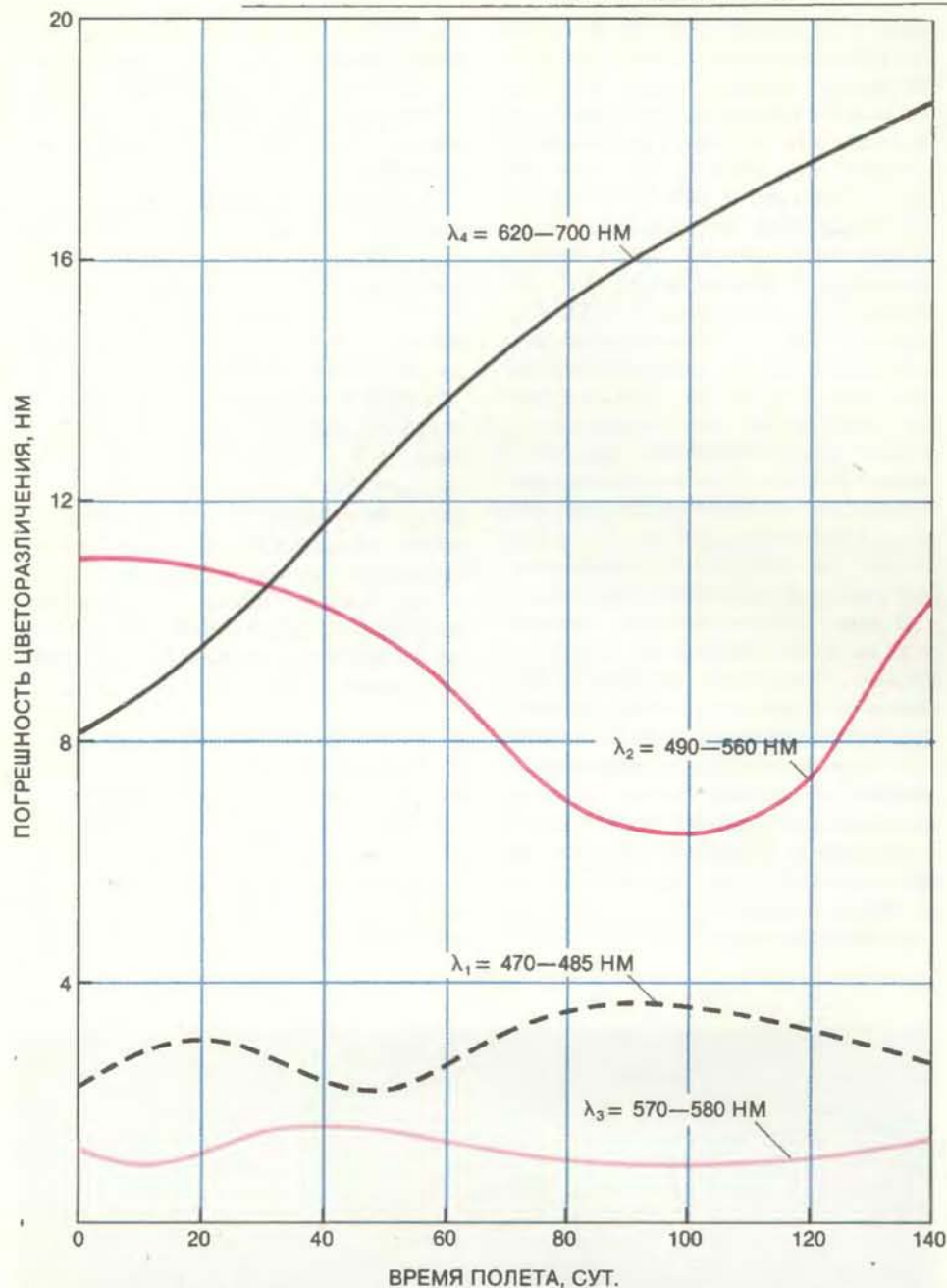
ка времени пролета объекта в надире с регистрацией цвета объекта и фона. Затем отмечались те же фазы наблюдения на отлете вплоть до того момента, когда объект становился неразличим.

Полученные результаты (см. рисунки на с. 34) оказались неожиданными. При достаточно высоком полном цветовом контрасте время, в течение которого объект можно было наблюдать на поверхности океана, достигало 3—4 мин. А особо контрастные объекты на суше, например оазисы в пустыне, видны даже в течение 5—6 мин., т.е. практически от горизонта до горизонта. В то же время фото- и телерегистрация этих объектов эффективна лишь в пределах $+45^\circ$ от надире при резерве времени 1,5—2 мин. В этом и заключается главное преимущество визуальных наблюдений, основанное на «преодолении» зрением атмосферных помех.

ПРЕДМЕТОМ исследований практически во всех колориметрических экспериментах были особенности цветового зрения в длительном космическом полете. Это связано прежде всего с необходимостью оценки точности визуальных цветовых измерений. Для оценки так называемой аб-



РИСУНОК, выполненный пастелью по результатам наблюдений А.Н. Березового с использованием атласа цвета АЦ-1000. Показана южная оконечность о. Мадагаскар. Возле побережья видна биопродуктивная зона с выраженным зеленым цветом. Преобладающие в этом районе течения огибают с востока южную часть острова, вследствие чего возникают вихреобразные циклонические образования. Они в свою очередь приводят к вертикальной циркуляции, вовлекая в круговорот нижние слои водных масс с другим составом минеральных взвесей, которые и придают кольцам контрастный цветовой оттенок. Встречное движение вод с повышенной концентрацией биогенных веществ, вероятно, приводит к развитию планктона, который заметен в виде зеленых колец на границе взаимодействия вод.



КАЧЕСТВО ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ космонавта существенно зависит от длительности его пребывания в космосе. На рисунке показана зависимость погрешности цветоразличения в различных областях спектра от длительности пребывания в космосе. Приведены усредненные данные по оценке качества цветового зрения для нескольких экипажей, выполнявших полеты различной длительности.

солютной погрешности цветоразличительной способности зрения космонавтов была использована специальная тестовая таблица из 30 цветных наклеек 10 цветовых тонов (с 3 градациями насыщенности и яркости для каждого цвета). Космонавт должен был с помощью атласа цвета или визуального колориметра определить цвет каждого контрольного поля тестовой таблицы. Каждое поле таблицы, как и каждое поле прибора, было метрологически аттестовано. Путем сопоставления этих двух значений тона определялась абсолютная по-

грешность измерений (см. рисунок на с. 33). Тестовые сеансы в ходе полета выполнялись неоднократно, поскольку выявить закономерности можно было лишь при достаточном объеме статистических данных.

Значительный интерес представляют результаты такого исследования, проведенного в длительном космическом полете. Особенно детально цветное зрение контролировалось в полете, выполненном А.А. Волковым и одним из авторов (В.В. Васютиным). Космонавты стартовали 17 сентября 1985 г. на корабле «Союз Т-14» и вско-

ре произвели стыковку с орбитальной станцией «Салют-7», на которой продолжал работать В.П. Савиных. Наибольшие трудности были связаны с контролем зрения на первых витках полета. В последующем контроль зрения проводился один-два раза в месяц. В ходе выполнения наблюдений был получен уникальный материал. Его обработка и дополнение данными других полетов, всего около 500 измерений, позволили построить обобщающий график (см. рисунок на с. этой странице) спектральной зависимости погрешности цветоразличения в сопоставлении с данными для среднего наблюдателя, полученными на Земле в лабораторных условиях. На основе этих результатов были выявлены определенные закономерности. Одна из них состоит в устойчивом уменьшении погрешности цветоразличения в синей области спектра. Эта закономерность открывает перспективу эффективного проведения визуальных исследований океана.

Вторая особенность спектральной чувствительности зрения заключается в стабильности и высоком уровне чувствительности в зеленовато-синей (около 490 нм) и в оранжево-желтой (около 580 нм) области спектра. Анализ закономерностей искажения цвета образца при изменении его видимого размера показывает, что указанные цвета дают минимальную погрешность цветоразличения. Наконец, эти цвета представляют большой интерес для природоведов, поскольку им соответствуют океанические, лесные и пустынные ландшафты.

Следующей спектральной особенностью зрения, выявленной в космических экспериментах, является цикличность в показаниях погрешности оценки зеленого цвета. Зеленый цвет для космонавтов — особый цвет. Именно по нему достаточно точно проверяется качество их цветового зрения. Некоторые космонавты после полета рассказывали, что не видели зеленых массивов. Леса — весьма капризный объект для наблюдения, ведь насыщенность соответствующего им зеленого цвета находится на грани порогового различия глаза. Так, при проведении одного из колористических экспериментов в космосе В.В. Васютин сообщил на Землю координаты цвета лесного массива на фоне пустыни на средиземноморском побережье Ливии. Эти координаты соответствовали серовато-лиловому цвету. Однако при последующем, более внимательном наблюдении цвета этого леса он был все же отождествлен с зеленым, но очень малой насыщенности. К тому времени космический стаж космонавта составлял около месяца.

И наконец, красная область спектра. Погрешность цветоразличения красного цвета на Земле не всегда удовлетворительна, в космосе же она еще хуже. Тем не менее в контрастных сочетаниях точность определения цвета малонасыщенных бурых участков поверхности большого размера у космонавтов достаточно высока.

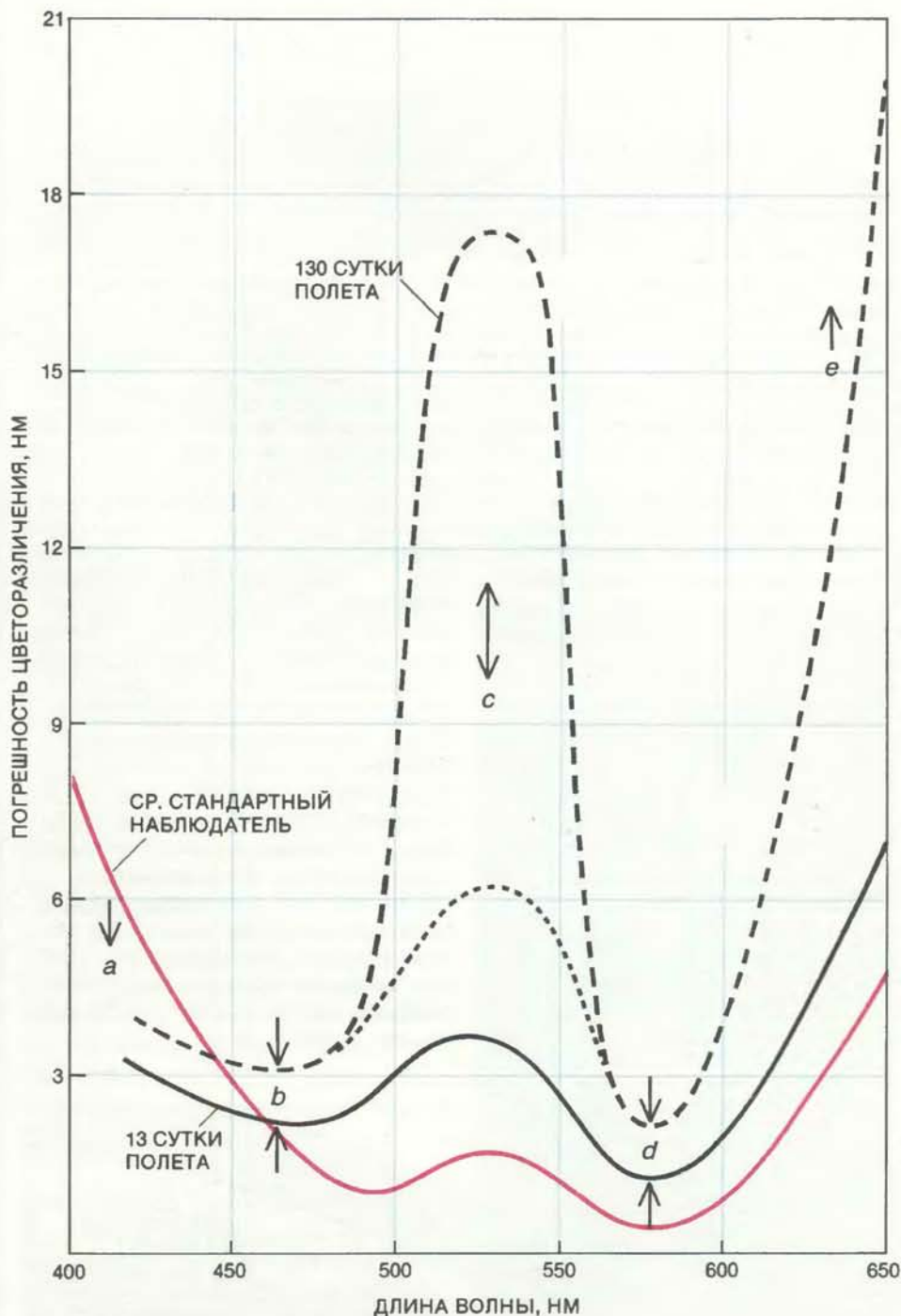
Вышеизложенные данные относятся к наблюдению образцов цвета размером 4×4 см с расстояния около 1 м, при подсветке тестовой таблицы и атласа цвета бортовым источником света с цветовой температурой около 5000°C . Реально же приходится наблюдать природные объекты в других условиях освещения как по интенсивности, так и по спектру. Следует отметить, что спектры отраженного излучения при разных углах возвышения Солнца и состояниях атмосферы еще недостаточно изучены. Повышенная способность цветоразличения реальных природных объектов определяется, однако, не только зрением, но и определенным эффектом усиления цветового контраста. Все космонавты отмечают яркие и насыщенные цвета, видимые из космоса. Чем обусловлено это явление, пока еще неясно. Определенную роль здесь могут играть так называемые оптические атмосферные линзы, а также люминесцентный эффект, связанный с ультрафиолетовым облучением. В этой связи интересные данные были получены весной 1982 г. в эксперименте, проведенном одновременно на станции «Салют-7» и на самолете лаборатории «АН-30», над одним из полигонных участков северного Каспия. Экипажу станции — В.В. Лебедеву и А.Н. Березовому — было дано задание наблюдать весеннее «цветение» планктона в районе Кизлярского залива и Аграханского полуострова.

В середине мая экипаж станции сообщил об интенсивных зеленых полосах у Аграханского полуострова, параллельных береговой черте, 20 мая аэровизуальная экспедиция вылетела в Астрахань на топографическую съемку дельты реки Волги и подспутниковые наблюдения указанного участка. Одному из авторов (А.А. Тищенко) удалось детально обследовать интересующий район с самолета и сделать измерения цвета многоступенчатых, убывающих по насыщенности от берега зеленых полос шириной около 400 м, эквидистантных к береговой черте. Контраст каждой ступени был в пределах одного порога цветоразличения. Вернувшись из экспедиции 30 мая в Москву и выйдя в связь с космонавтами Лебедевым и Березовым, Тищенко попросил их по свежим следам уточнить цветовые координаты

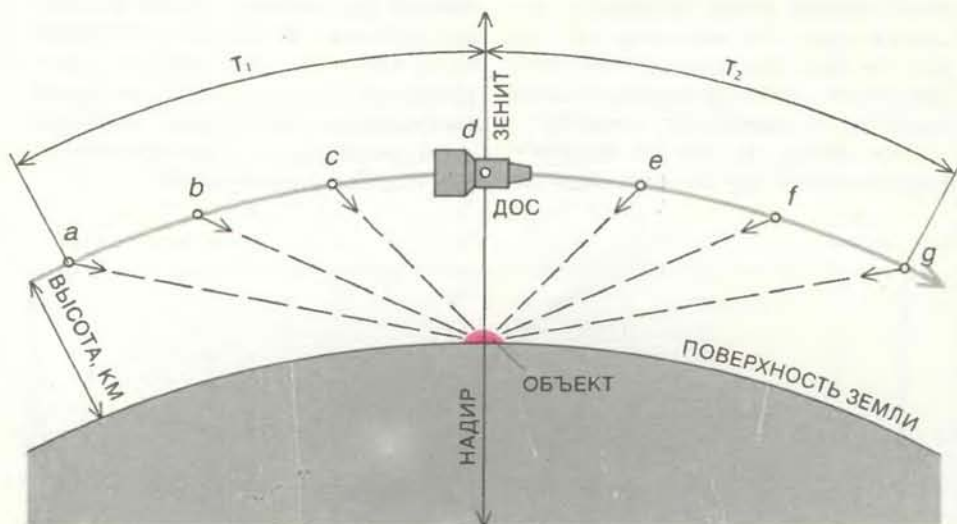
ярких зеленых полос. Интересно, что экипаж точно сообщил цвета этих полос. Но видимые ими яркость и контрастность полос были существенно выше, чем отмеченные с самолета.

Этот эффект «усиления» яркости и контрастности потом неоднократно

удалось подтвердить путем повторных наблюдений разными космонавтами. При этом наблюдения проводились по одним и тем же цветовым контрольным природным образованиям, выбранным в качестве стабильных цветовых ориентиров.



СРЕДНЯЯ АБСОЛЮТНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (в зависимости от длительности пребывания космонавта на орбите) определялась как разница длин волн эталонных тестовых образцов и накрасок атласа цвета. Полученные данные усреднялись по результатам контроля зрения космонавтов. Из графика видны особенности цветового зрения в длительном космическом полете в сравнении с усредненной кривой спектральной погрешности для «стандартного» наблюдателя, полученной на Земле в лабораторных условиях. На графике область *a* соответствует некоторому улучшению цветового зрения в синей области; *b* и *d* — практически неизменному цветовому зрению в зелено-голубой и желтой области соответственно; *c* — область невыясненных циклических ухудшений цветового зрения в зеленой области; *e* — область существенного ухудшения цветового зрения в красной области.



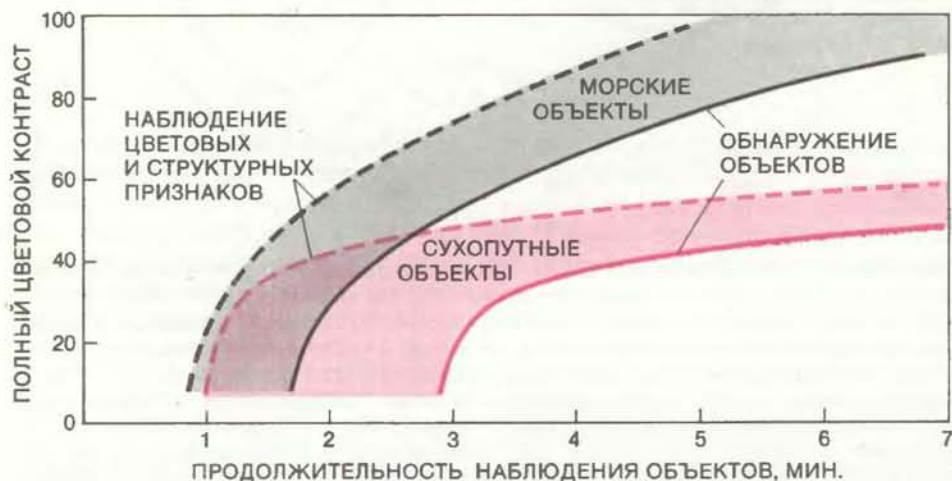
ПРОЦЕСС ОБНАРУЖЕНИЯ природных объектов при проведении визуально-инструментальных исследований можно разделить на несколько фаз: *a* — обнаружение объекта по форме и яркостному контрасту; *b* — распознавание структуры объекта; *c* — различение цветовых признаков; *d* — надир; *e* — исчезновение цветовых признаков; *f* — исчезновение структурных признаков; *g* — пропадание видимости объекта. При достаточно высоком полном цветовом контрасте время наблюдения объекта на поверхности океана составляет 3—4 мин, а на суше (при наблюдении особо контрастных объектов) — 5—6 мин.

КАКОВО значение выполненных колористических исследований? Прежде всего на их основе были разработаны новые способы получения спектральной дистанционной информации. Ввиду ряда преимуществ эти способы представляют большой интерес как с научной, так и с экономической точки зрения.

Важно и вспомогательное значение космической колористики в дополнение к фотографическим и спектральным средствам дистанционного зондирования. Исследование качества цветового зрения со своей стороны преследует цель повышения эффективности работы космонавта на орбите. В частности, появилась возможность сформировать новые спе-

цифические, отличные от медицинских, инженерно-психологические требования для успешного выполнения природоведческих задач. Причем эти требования дифференцированы для различных видов природных объектов (водные, лесные, геологические и т.п.). Первые визуальные колориметрические замеры цветовых параметров малоизученных природных объектов позволили уточнить и конкретизировать требования к дистанционным спектрометрам и фотосистемам.

Вместе с тем необычные условия пребывания человека в космосе и выявленные при этом новые факторы его жизнедеятельности позволяют раскрыть неизведанные способности самого человека.



ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЯ объекта определяется полным цветовым контрастом и существенно зависит от характера отражения от объекта (зеркальное отражение — от морских объектов, диффузное — от сухопутных).

Вниманию инженеров!

З. Бенявски УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Перевод с английского

В книге известного американского специалиста в области механики горных пород дается ясное изложение современного состояния проблемы управления горным давлением при разработке месторождений полезных ископаемых. Рассматривается широкий круг вопросов управления состоянием пластов и выработок при добыче угля и руд, проведения и обеспечения устойчивости подземных выработок для добычи нефти и хранения радиоактивных отходов с высоким уровнем активности, а также обсуждаются наиболее важные аспекты проектирования в горном деле. Значительное внимание уделяется проблемам упрочнения пластов при помощи анкеров, устойчивости целиков, управления пластами при добыче лавами, горных ударов — их механизму и способам управления в условиях удароопасности, а также управления пластами при проектировании и сооружении стволов. Важным является рассмотрение в книге взаимосвязи различных видов исследований — геологических, геофизических и геомеханических.

Для исследователей и горных инженеров, занимающихся подземной разработкой, добычей нефти и строительством, а также для студентов горных вузов.

1990, 17 л. Цена 3 р. 70 к.

На книги, выходящие в 1990 г., магазины научно-технической литературы принимают заказы с апреля-мая 1989 г. Издательство заказы не принимает



Наука и общество

Кремниевые менестрели

В ЛЮБОЕ ВРЕМЯ дня и ночи целая система компьютеров готова усладить ваш слух серенадой. Достаточно набрать соответствующий номер телефона и вы услышите в трубке мелодию в стиле регтайм, импровизацию на пятиструнном банджо и джазовый шлягер. Такая система «обслуживала» даже тех, кто звонил за счет вызываемого абонента.

Вот уже в течении двух лет фирма Bellcore в г. Морристаун (шт. Нью-Джерси) финансирует такие компьютерные концерты. С какой целью? «Существуют исследовательские проекты, представляющие несомненную культурную ценность, но не дающие никакой прибыли, — утверждает научный сотрудник фирмы Питер С. Лангстон, затеявший все это дело, — и это один из них». По словам Стюарта Фелдмана, под руководством которого работает Лангстон, в данном проекте удачно сочетаются совершенные средства программного обеспечения компьютеров и новейшие способы передачи звука.

Лангстон рассуждает просто: фанатику рок-музыки, которого заставляют слушать Бетховена, или же любителю классической музыки, на которого обрушивается «Лед Зеппелин», может и не понравиться то или иное компьютерное произведение, однако им придется признать, что это все же музыка, а не какофония. Лангстон использует несколько общих структур в виде простых алгоритмов, присущих любой музыке. При наложении таких алгоритмов на фрагменты хаотического шума краткие интервалы приобретают музыкальное звучание даже при отсутствии в них содержания или темы. Это было скромное начало того, что теперь называют «музыкальной фантазией Питера».

Итак, мы набираем телефонный номер. «Привет, — раздается в ответ голос автомата. — Говорит Эдди, Ваш телефонный приятель по компьютерной музыке. Уверен, что Вам понравится то, что Вы услышите». После того как слушатель выбирает короткий, средний или длинный вариант произведения, Эдди передает дальнейшие переговоры с клиентом своей напарнице, Иди, которая просит называть ее просто «мамой». Затем идет целый набор «музыкальных» интерлюдий продолжительностью от 10 с до 2 мин. Все они исполняются «напрямую», т. е. без предварительной записи на пленку — сразу же после соединения абонента включаются музыкальные синтезаторы в лаборатории Лангстона.

Между отдельными музыкальными пассажами Иди непринужденно вставляет пояснительные замечания о данном произведении. «Один из этих пикантных отрывков основан, — шепчет она, — на введении восьмитоновой темы, а затем мы слышим постепенное ее развитие, и так до тех пор, пока все произведение не начинает звучать в полную силу». Ритмический рисунок этих пассажей на основе случайных чисел более характерен для дискотек, чем для исследовательских лабораторий.

Эксперименты Лангстона предназначены главным образом для слушателей, звонящих на саму фирму Bellcore. Они могут прослушивать музыкальные произведения по телефонным линиям, включенным в экспериментальную абонентскую систему, управляемую компьютером. До сих пор Иди устраивала концерты почти для 10 тыс. абонентов из восьми стран мира. Однако Лангстон не намерен программировать систему на запись реакции слушателей до тех пор, пока он не усовершенствует музыкальное мастерство Иди.

«Помимо расширения исследований по телефонной системе и программному обеспечению компьютеров, Иди еще и укрепляет репутацию фирмы в глазах заказчиков, и это несмотря на проводимые нами столь нетрадиционные работы», — считает Фелдман. Он согласился даже на то, чтобы Иди «обслуживала» и тех, кто звонил за счет вызываемого абонента, чтобы она могла нести в массы слово, вернее, музыку. (Печально, однако, что, как только фирма узнала об интересе, проявленном журналом Scientific American к Иди, она сразу же отказалась от системы обслуживания тех, кто звонит за счет вызываемого абонента.)

Все падают

СОГЛАСНО официальной статистике, в США ежегодно в результате падений на лестницах получают ушибы или травмы 2,6 млн. человек. Больше вреда причиняют только автомобили. Вот почему последние два года Национальный научный фонд платит некоторым сотрудникам Технологического института шт. Джорджия за то, что те падают с лестниц. По словам Д. Хайд, которая вместе с Дж. Темплером курирует проект, их цель — изучить, как ушибаются люди на ступеньках и как сделать лестницы безопасными.

Испытуемые, одетые в костюмы на толстой подкладке и противоудар-

ные шлемы и для страховки «подвешенные» на ремнях, ходят вверх и вниз по лестнице из 12 ступеней. Когда испытуемый пересекает световой луч перед одной из ступенек, та ломается. Фотокамера, снабженная стробоскопом, запечатлевает падение. «Мы хотим получить данные для создания компьютерной модели, — замечает Хайд. — Тогда мы сможем выяснить, как падают люди и с какой силой». А это, в свою очередь, позволит придумать, как сделать ступеньки менее опасными.

Хайд и ее сотрудники уже ищут материалы, которые могут смягчить удар падающего тела и при этом не настолько «упруги», чтобы идущий по лестнице человек терял равновесие. Исследователи изучают материалы, применяемые для защиты крыльев автомобилей, в пуленепробиваемых жилетах и гимнастических матах, а также новые виды пенопласта, разработанные в Технологическом институте шт. Джорджия. «Но это может быть и что-нибудь простое, вроде коврового покрытия с мягкой подложкой», — говорит Хайд.



ИСПЫТУЕМЫЙ, поднимающийся по лестнице в лаборатории Технологического института шт. Джорджия. Когда он пересекает луч света, направленный на фотоэлемент, ступенька лестницы «ломается»; одновременно включается стробоскопическая камера. (Светлые пятна на фигуре испытуемого — отражатели.)

Книги издательства „Мир“

М. О’Доноху
КВАРЦ

Перевод с английского



Одна из книг геммологической серии английского издательства «Батеруорс», посвященной описанию драгоценных и поделочных камней. В ней рассматриваются кристаллические и массивные минералы семейства кварца, вопросы генезиса этих минералов в земной коре, основные сведения о химии кристалла, его полиморфизме, особенностях структуры, кристаллографии и ряде физических свойств, среди которых наибольшее внимание уделено цвету и оптическим характеристикам. Описываются важнейшие месторождения минералов кремнезема и приводятся специфические черты минералов кремнезема для каждого из месторождений. Значительное внимание уделяется вопросам определения природного или искусственного происхождения образцов различных разновидностей кварца.

Для геммологов, минералогов, геологов, ювелиров, работников музеев, реставраторов и коллекционеров.

1990, 11 л. Цена 95 к.

На книги, выходящие в 1990 г., магазины научно-технической литературы принимают заказы в апреле—мае 1989 г. Издательство заказы не принимает.



Фабрика инсулина

Бета-клетки поджелудочной железы можно назвать фабрикой для производства инсулина. Применение новейших методов исследования позволило получить представление об образовании этого гормона и поступлении его в кровь

ЛЕЛИО ОРСИ, ЖАН-ДОМИНИК ВАССАЛЛИ,
АЛЕН ПЕРРЕЛЕ

КАЖДАЯ клетка в организме человека представляет собой своего рода химическую фабрику. Среди множества продуктов, производимых клетками «на экспорт», особое место занимают гормоны — белки-посредники, которые переносятся кровью и передают определенные инструкции от места своего образования к клеткам в других участках организма, где они регулируют те или иные клеточные функции. Гормоном является и инсулин, главная роль которого заключается в контроле поступления глюкозы, служащей основным источником энергии в организме, из кровяного русла в клетки, где глюкоза «сгорает». При недостатке инсулина снижается способность организма обеспечивать поступление глюкозы в клетки и в результате она накапливается в крови, что приводит к состоянию, известному под названием диабет (точнее, к диабету типа I, или инсулинзависимому диабету). Без лечения диабет сопровождается серьезными нарушениями в почках, глазах и кровеносных сосудах и заметно сокращает продолжительность жизни.

В связи с важностью инсулина весьма значителен интерес к механизмам его образования и поступления в кровоток. Наша лаборатория в Женевском университете в течение 20 лет занималась в основном изучением «фабрики инсулина». Цели исследования были шире, чем просто изучение образования, созревания и секреции этого гормона. Инсулин представляет собой белок, так что описание его производства может служить моделью секреторного пути многих белков, образующихся в различных клетках в разных частях организма.

Где же образуется инсулин? Частичный ответ на этот вопрос был получен сто лет назад. В 1889 г. два немецких физиолога Йозеф фон Меринг и Оскар Минковски в ставших классическими экспериментах показали, что удаление поджелудочной железы (эта брюшная железа выделяет в кишеч-

ник пищеварительные ферменты) приводит к развитию диабета. В дальнейших исследованиях, осуществленных в первой четверти нашего века, выяснилось, однако, что не всякое повреждение поджелудочной железы вызывает диабет: если остаются нетронутыми мелкие скопления особых клеток, не содержащих пищеварительных ферментов, то диабет не развивается. Эти скопления были открыты в 1869 г. немецким медиком Паулем Лангергансом и известны под названием «островки Лангерганса».

Загадочный фактор, предотвращающий развитие диабета и образующийся, как можно было думать, в островках Лангерганса, получил название инсулин (от лат. *insula*, что значит «остров»). Выделить сам инсулин удалось только в 1921 г. Ф. Бэнтингу, Ч. Бесту и их коллегам Дж. Маклеоду и Дж. Коллипу в Торонтском университете. В 1922 г. чистый инсулин впервые использовали для лечения юношеского диабета.

В начале нашего столетия было с определенностью установлено, что инсулин образуется именно в островках Лангерганса. Поджелудочная железа содержит около миллиона этих структур, рассеянных по всему органу, но по массе они в совокупности составляют не более 1% общей массы железы. Несмотря на столь малое содержание, островки Лангерганса играют важную роль в регуляции метаболизма. Помимо инсулина, они производят еще три белковых гормона: глюкагон, эффект которого противоположен действию инсулина (он повышает концентрацию сахара в крови); панкреатический полипептид, регулирующий секрецию пищеварительных ферментов клетками поджелудочной железы; соматостатин, подавляющий секрецию всех гормонов, образующихся в островках Лангерганса.

В каждом островке Лангерганса около 3000 клеток, производящих гормоны. При помощи антител к определенным гормонам, меченных

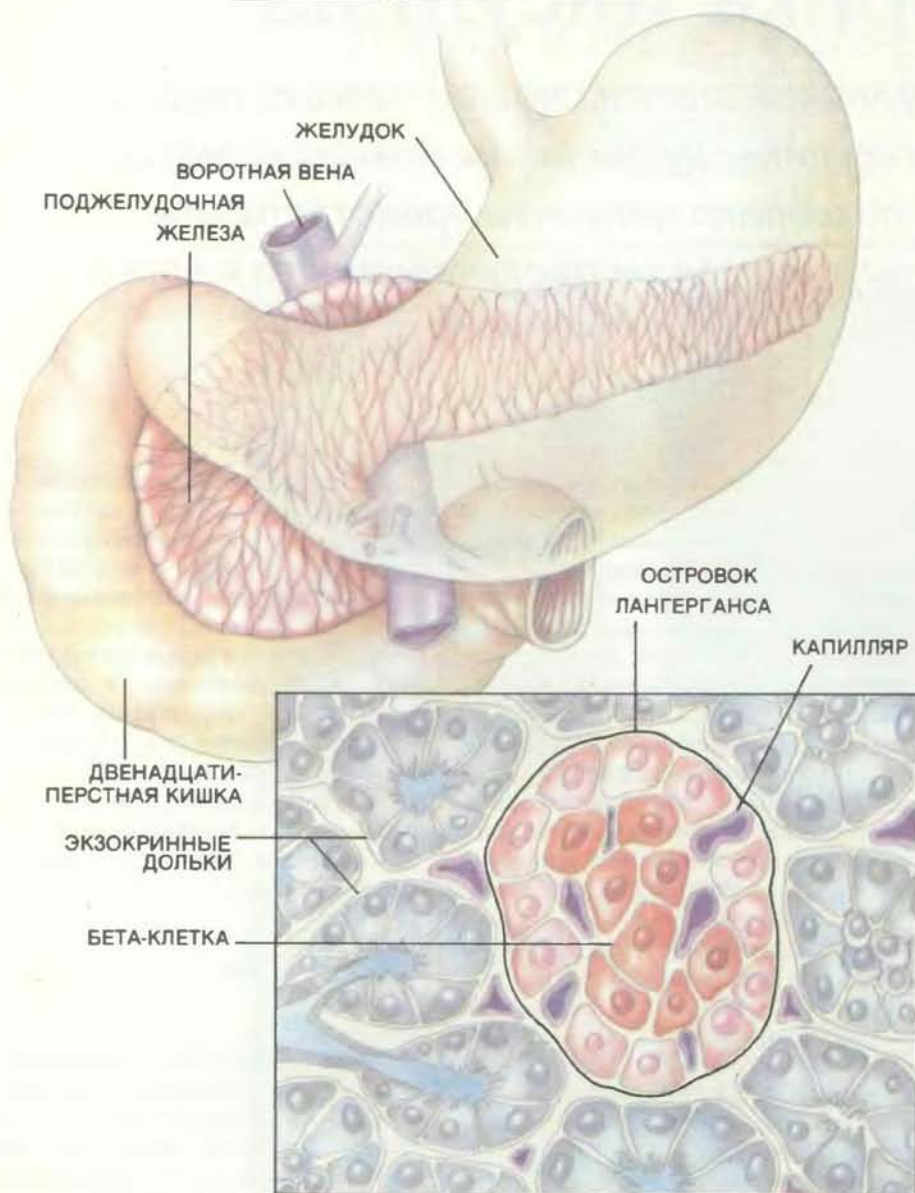
флуоресцирующими молекулами, было показано, что каждый из гормонов образуется в «своих» особых клетках. Инсулин образуется в так называемых бета-клетках, составляющих более 70% всех клеток островков Лангерганса. Эти клетки секретируют инсулин непосредственно в кровяное русло. Такой тип секреции получил название эндокринного. (Существует также секреция в протоки; так секретируются, например, пищеварительные ферменты поджелудочной железы в кишечник. Этот путь называется экзокринным.)

Синтез белка

Синтез любого белка начинается с того, что в клеточном ядре активируются гены, кодирующие структуру данного белка. Активация гена означает, что происходит транскрипция определенных последовательностей ДНК: синтезируются их РНК-копии. Эти РНК созревают, т.е. подвергаются процессингу*. Зрелые информационные, или матричные РНК (мРНК) транспортируются в цитоплазму клетки. Там они используются как матрицы для синтеза белков: специальные клеточные органеллы, называемые рибосомами, собирают из аминокислот белковую цепь, последовательность которой соответствует заложенной в мРНК информации.

Молекула инсулина состоит из двух аминокислотных цепей, А и В, соединенных дисульфидными мостиками. Как происходит сборка этого белка, было установлено в 1960-е годы благодаря основополагающим работам Д. Стейнера и его коллег в Чикагском университете. Бета-клетки островков Лангерганса инкубировали с аминокислотами, меченными радиоактив-

* См. статью: Дж. Дарнелл-младший. Процессинг РНК, «В мире науки», 1983, № 12. — Прим. ред.



ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА, расположенная «под» желудком, большей частью своих клеток производит пищеварительные ферменты, которые поступают в кишечник путем экзокринной секреции, т.е. через протоки. Кроме того, по всей железе рассеяно около миллиона так называемых островков Лангерганса (в рамке), в которых образуются гормоны, в том числе инсулин (его синтезируют бета-клетки) и глюкагон. Гормоны секретируются эндокринно, т.е. непосредственно в кровеносные капилляры. Кровь из капилляров собирается в воротную вену и оттуда гормон разносится по всему организму.

ным изотопом. Клетки, синтезируя белки, включали в них меченые аминокислоты, так что за белками можно было проследить по радиоактивной метке. При помощи метода хроматографии удалось разделить, проанализировать и идентифицировать меченые белки. Было показано, что инсулин синтезируется в форме более крупного белка-предшественника, которому дали название «проинсулин». Молекула проинсулина состоит из цепей А и В, последовательно соединенных короткой цепочкой аминокислот, называемой пептидом С. В итоге работ Стейнера с коллегами и ряда других исследователей, изучавших обра-

зование секретируемых белков, составилась следующая общая картина.

На самом деле рибосомы синтезируют даже не проинсулин, а еще более крупную молекулу-предшественник, названную «препроинсулин», которая представляет собой проинсулин с короткой дополнительной аминокислотной последовательностью на одном конце. Рибосомы, на которых собирается препроинсулин, прикреплены к поверхности плоских мембранных мешочков или цистерн, соединенных друг с другом в распределенную по всей цитоплазме непрерывную извилистую структуру, называемую эндоплазматическим ретикуломом. Ри-

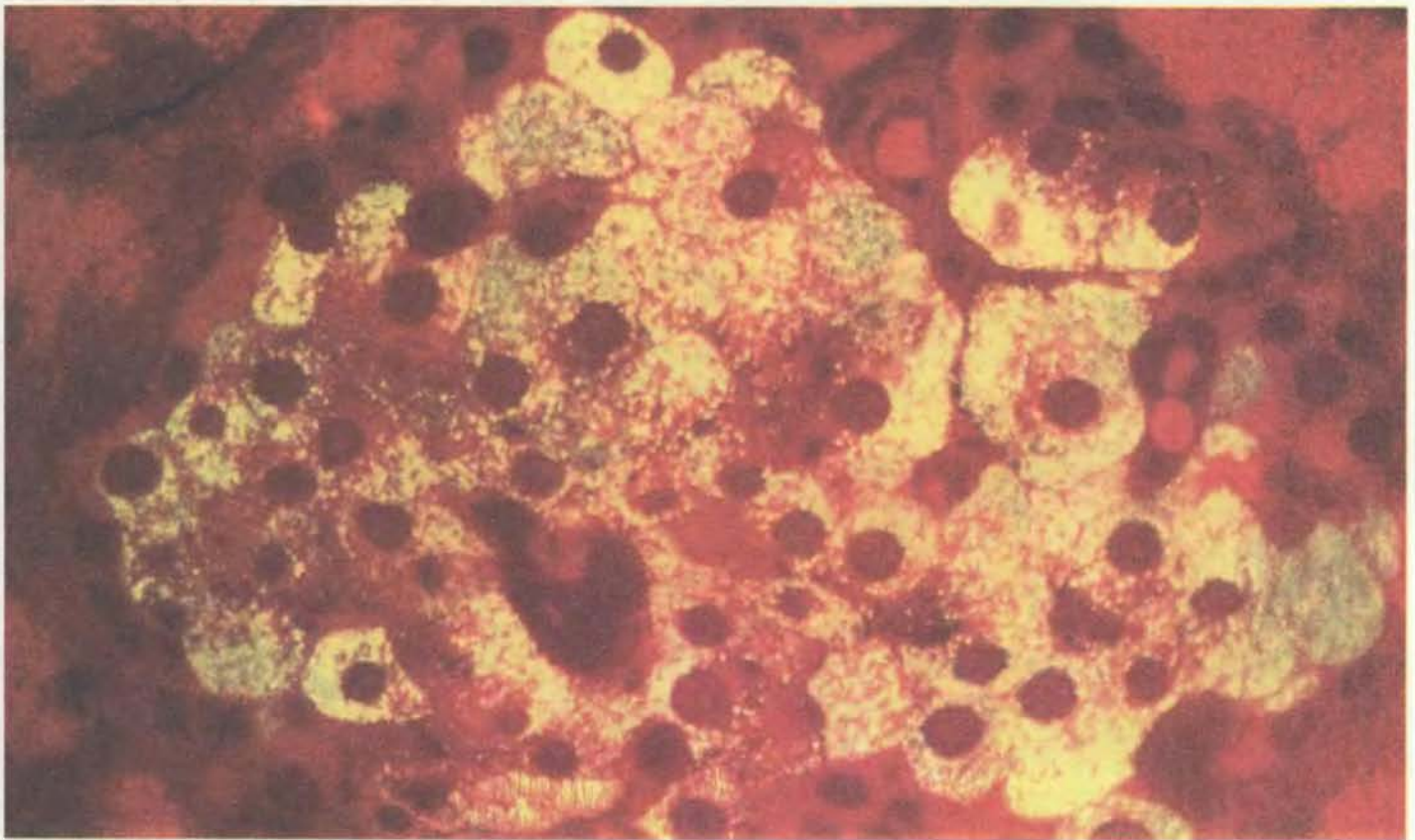
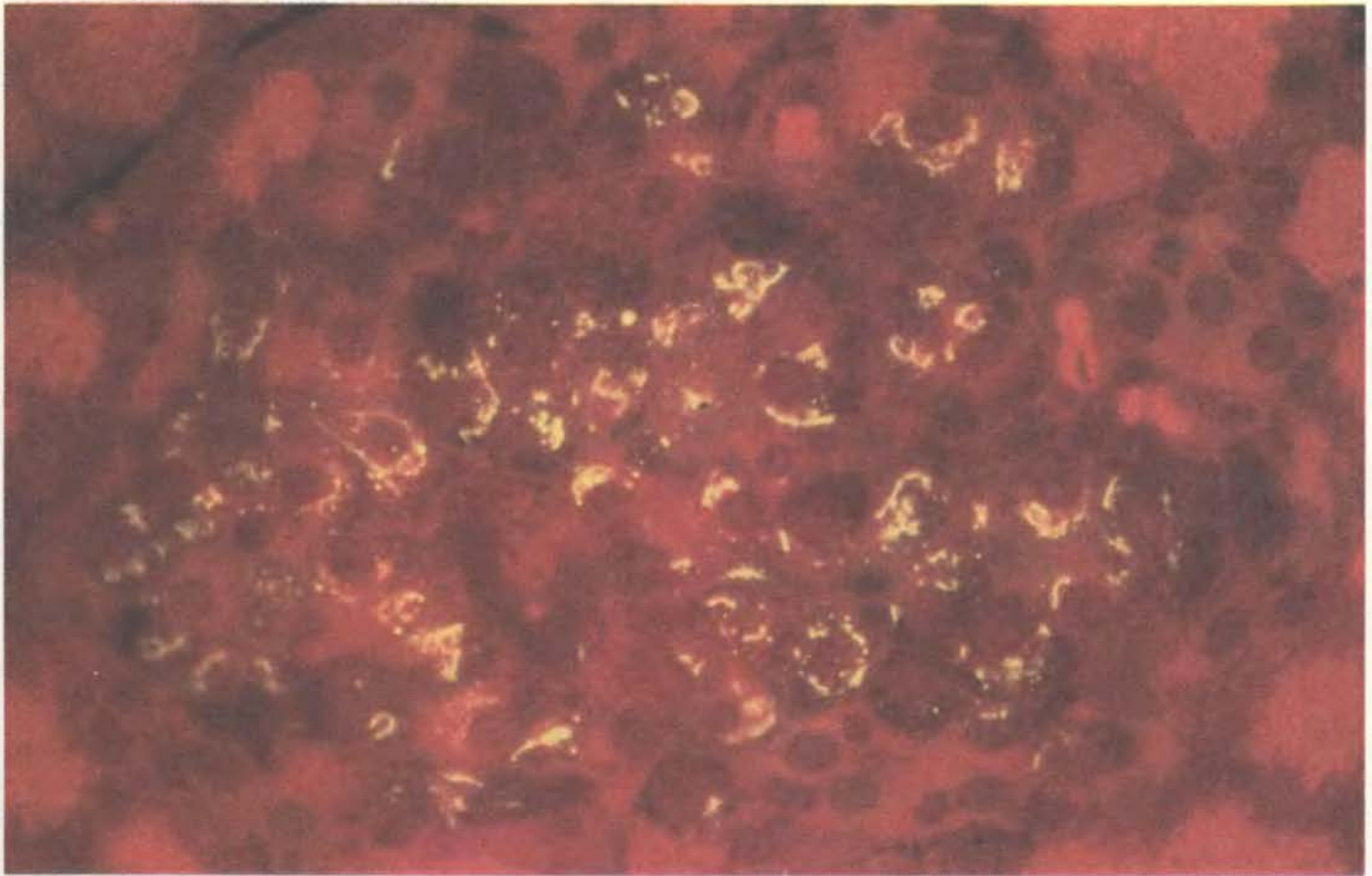
босомы, унизывающие эндоплазматический ретикулум, делают его похожим на бусы, в связи с чем такая структура часто называется гранулярным эндоплазматическим ретикуломом (ГЭР).

Дополнительная аминокислотная последовательность препроинсулина направляет образующийся белок с рибосомы сквозь мембрану ГЭР. Как только молекула препроинсулина достигает просвета (т.е. внутренней полости) ГЭР, дополнительная последовательность отщепляется специальными ферментами. В результате ферментативного расщепления препроинсулина в ГЭР остаются молекулы проинсулина, включающие в себя обе цепи будущего инсулина и пептид С, связывающий конец одной цепи с началом другой. Как мы увидим ниже, пептид С в конце концов удаляется и образуется зрелый инсулин (см. рисунок на с. 41).

Радиоавтография

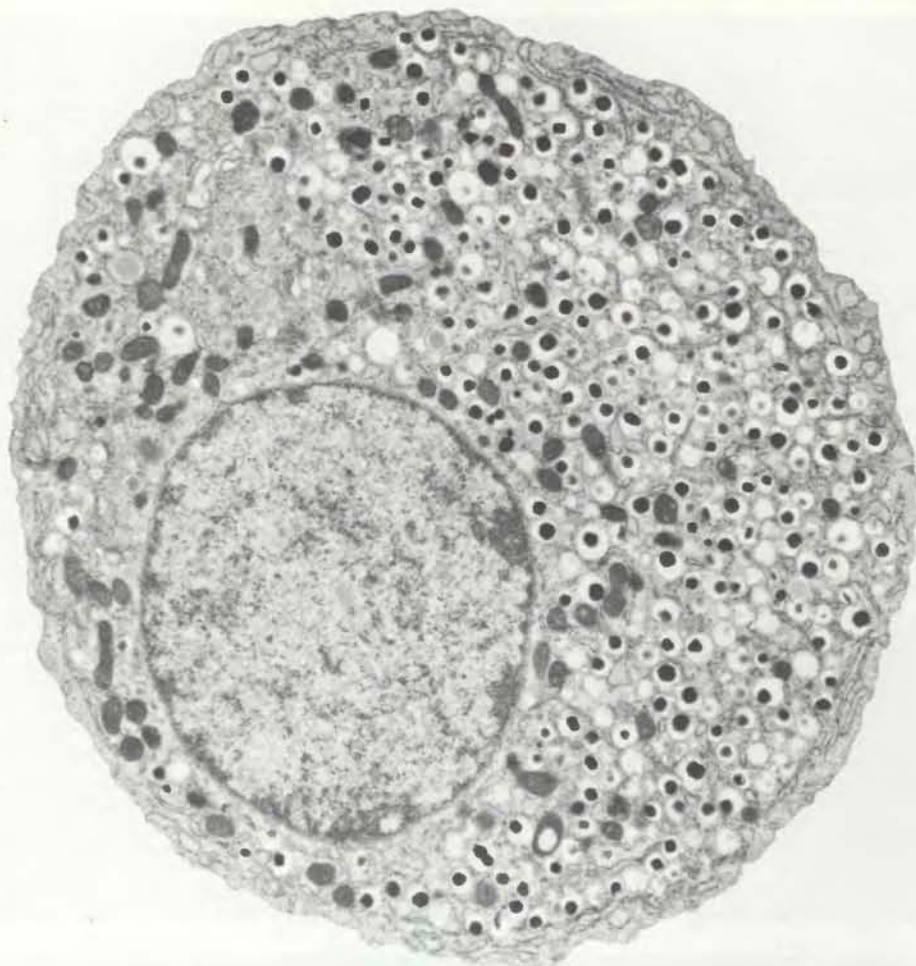
Чтобы определить точное местонахождение белков в бета-клетках после их синтеза в ГЭР, метод радиоактивного мечения понадобилось дополнить методом радиоавтографии с высоким разрешением, который разработали в 60-е годы Дж. Паладе и Л. Каро, работавшие тогда в Рокфеллеровском институте медицинских исследований. Ткань инкубировали с мечеными аминокислотами и через различные интервалы времени делали тонкие срезы клеток, покрывая их чувствительной фотоземлемой, так что можно было сопоставить локализацию радиоактивной метки и расположение структурных деталей клеток, выявляемое при помощи электронного микроскопа. На каждой стадии проводили также химический анализ состава белков.

В таких опытах нами было установлено, что уже через 5 мин инкубации большая часть метки оказывается внутри ГЭР. Хроматографический анализ новообразованных меченых молекул показал, что они преимущественно проинсулином. Следовательно, дополнительная цепочка аминокислот отщепляется от препроинсулина практически сразу после его образования. Через 15 мин инкубации большая часть метки обнаруживается в другом участке бета-клеток, а именно в комплексе Гольджи. Далее мы подробнее опишем функции аппарата Гольджи. Сейчас же отметим, что этот комплекс, как и ГЭР, состоит из мембранных цистерн, но они не несут рибосом и не соединяются, а располагаются друг над другом, как стопка блинов.



ПРОИЗВОДСТВО ИНСУЛИНА осуществляется специализированными бета-клетками, которые образуют в поджелудочной железе небольшие скопления, называемые островками Лангерганса. Здесь приведены микрофотографии двух серийных срезов одного островка (увеличение $\times 1100$). Один из них (*вверху*) обработан моноклональными антителами к проинсулину, меченными желтым флуоресцентным красителем. Видно, что проинсулин локализо-

ван вокруг клеточных ядер (*темно-красные пятна*). Это позволяет предположить, что он находится в аппарате Гольджи, который, как считается, сортирует белки и направляет их в соответствующие участки клетки. Другой срез (*внизу*) обработан флуоресцирующими антителами к инсулину. Инсулин распределен по клетке шире, что указывает на его связь с секреторными гранулами, переносящими гормон от аппарата Гольджи к клеточной мембране.



ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОФОТОГРАФИЯ БЕТА-КЛЕТКИ, нагруженной инсулином (увеличение $\times 6500$). Многочисленные округлые везикулы с черными пятнышками внутри — это неокаймленные секреторные гранулы, в которых хранится инсулин, готовый к выделению из клетки при повышении концентрации глюкозы в крови. Кроме ядра (*большое сферическое тело*), другие участки клетки, участвующие в производстве инсулина, на этом снимке не видны.

Примерно через час инкубации новообразованные молекулы покидают комплекс Гольджи и переходят в небольшие круглые мембранные везикулы, распределенные в цитоплазме между комплексом Гольджи и клеточной мембраной. Анализ содержимого этих, как их еще называют, секреторных гранул показал, что в них находится уже зрелый инсулин, т.е. к этому времени соединительный пептид высвобождается из проинсулина и образуется двухцепочечная молекула собственно инсулина.

Комплекс Гольджи

Где же в точности проинсулин превращается в инсулин? Представляется весьма вероятным, что это превращение осуществляется в комплексе Гольджи или в секреторных везикулах. При электронно-микроскопическом анализе бета-клеток с достаточно большим увеличением в непосредственном окружении стопок Гольджи

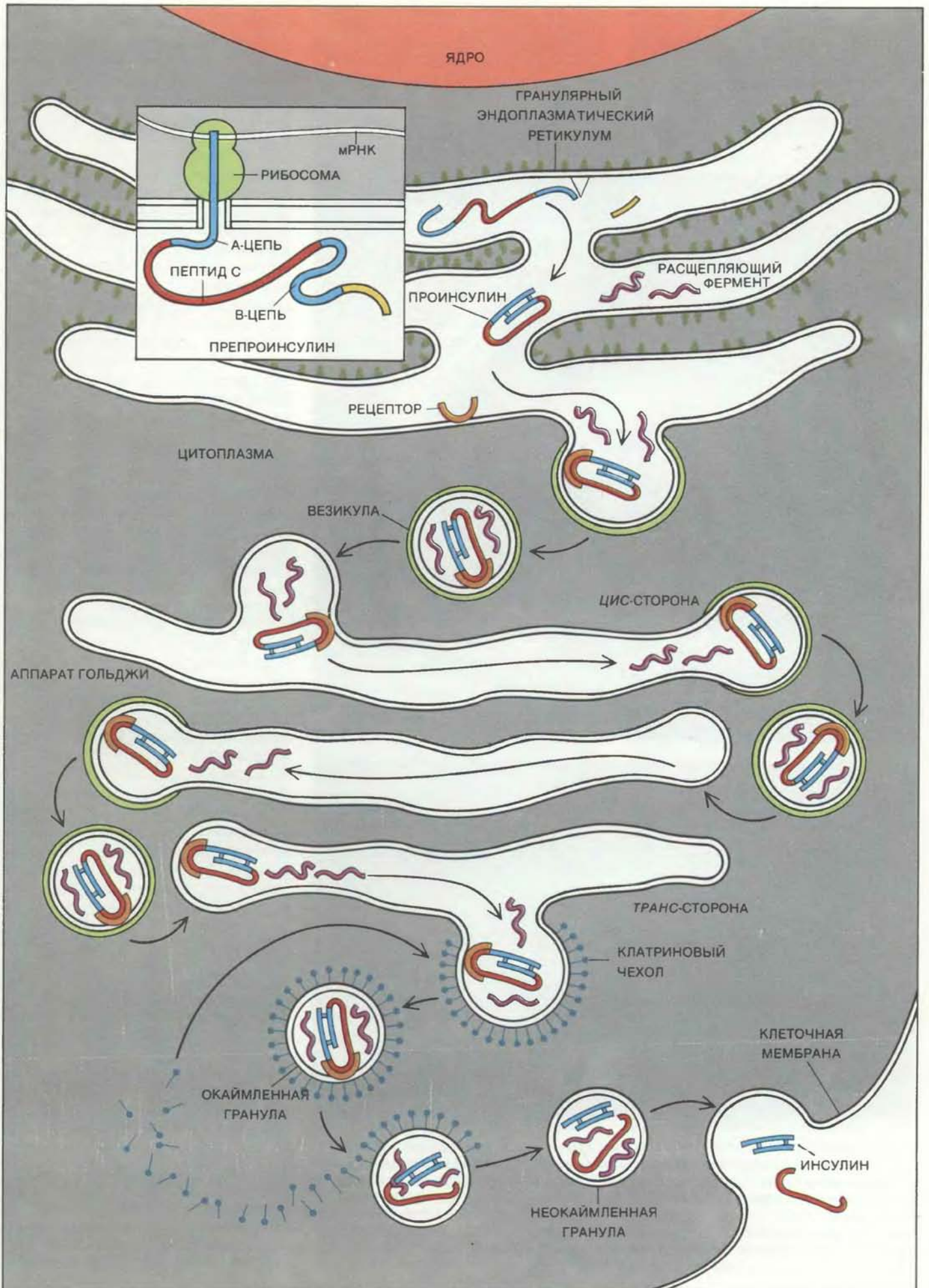
выявляются два различных типа секреторных гранул. Одни из них получили название «окаймленные» из-за наличия мохнатого чехла поверх наружной мембраны. Этот чехол со-

КОНВЕЙЕР фабрики инсулина начинается в ядре бета-клетки, где происходит транскрипция (копирование) гена, кодирующего первый предшественник гормона — пропроинсулин. Продукт транскрипции, мРНК, выходит в цитоплазму и там, используя ее как матрицу, рибосомы гранулярного эндоплазматического ретикулума (ГЭР) собирают из аминокислот молекулы пропроинсулина. Пропроинсулин проникает во внутреннее пространство ГЭР. При этом от него отщепляется короткая концевая последовательность (*желтая*); тем самым пропроинсулин превращается в проинсулин, молекула которого состоит из двух цепей, А и В, инсулина (*синие*) и соединяющего их пептида С (*красный*). Проинсулин, возможно, связанный с рецепторами (*оранжевые*), и ферменты для его расщепления (*малиновые*) переносятся в составе мелких везикул от ГЭР к ближайшей к нему (*цис*) стороне стопки цистерн Гольджи. В пределах комплекса Гольджи белки транспортируются внутри везикул, которые отпочковываются от краев одной цистерны и сливаются со следующей. Эти везикулы имеют характерную оболочку (*зеленая*). На противоположной (*транс*) стороне стопки цистерн отпочковываются везикулы, имеющие клатриновый чехол (*голубой*). В этих везикулах, называемых окаймленными секреторными гранулами, происходит ферментативное расщепление проинсулина на пептид С и инсулин, что сопровождается потерей клатринового чехла. В результате появляются неокаймленные гранулы, в основном содержащие готовый к секреции инсулин. Когда к бета-клетке поступает соответствующий сигнал, неокаймленные секреторные гранулы сливаются с клеточной мембраной, и гормон изливается наружу.

стоит из белка клатрина, который часто имеет отношение к перемещению мембранного материала, в частности, к отшнуровыванию сегментов мембран, о чем пойдет речь ниже. Окаймленные секреторные гранулы равномерно заполнены умеренно плотным белковым материалом. Эти гранулы располагаются в непосредственной близости от аппарата Гольджи и иногда удается наблюдать, как они действительно отпочковываются от локально расширившихся цистерн комплекса Гольджи.

Гранулы второго типа гораздо более многочисленны и распределены по всей цитоплазме клетки. Их белковое содержимое более плотное, чем в окаймленных гранулах, и отделено от внутренней поверхности мембраны везикулы светлым пространством. Эти гранулы не имеют клатринового чехла, потому и называются неокаймленными. Поскольку окаймленные гранулы находятся вблизи аппарата Гольджи и наблюдается их отпочковывание от его цистерн, а неокаймленные гранулы локализованы на большем удалении от комплекса Гольджи, можно предположить, что первые являются предшественниками вторых.

Это предположение подтверждается результатами ряда экспериментов. Как показывает радиоавтографический анализ, меченые белки накапливаются в окаймленных гранулах примерно на 30 мин раньше, чем в неокаймленных. Более того, по данным химического анализа к моменту максимального накопления радиоактивного белка в окаймленных гранулах примерно 50% проинсулина превращается в инсулин. Другими словами, превращение проинсулина в инсулин происходит, по всей видимости, в окаймленных гранулах.



Недавно это было прямо показано в решающих экспериментах, которые мы провели совместно с О. Мадсенем из Исследовательской лаборатории Хагедорна в Гентофте (Дания) и М. Сторчем из клиники Фрайбергского университета (ФРГ). В наших экспериментах сочетались электронная микроскопия

с высоким разрешением и прицельное мечение белков. Антитела к проинсулину метили очень мелкими частицами золота, которые благодаря большой электроноплотности контрастно выделяются на электронных микрофотографиях (см. рисунок на с. 44). Тонкие срезы бета-клеток инкубировали с ме-

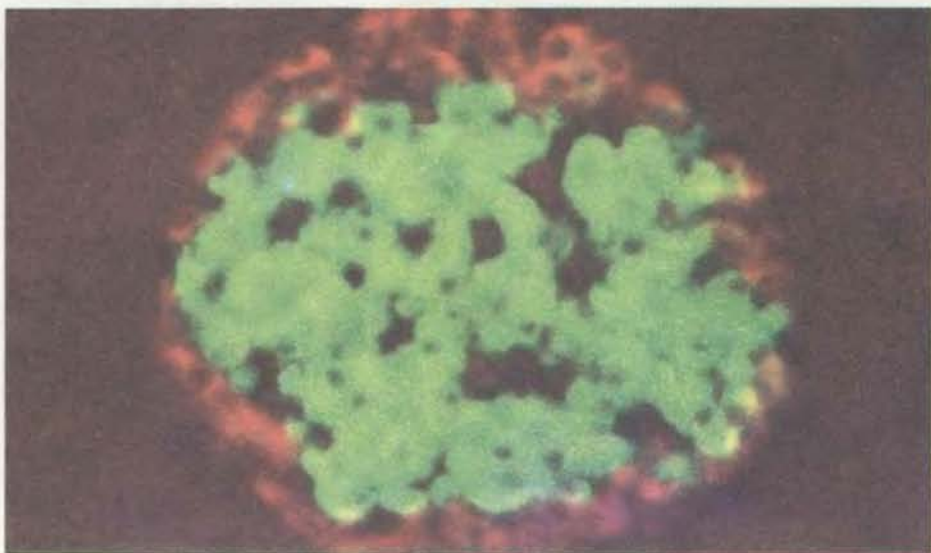
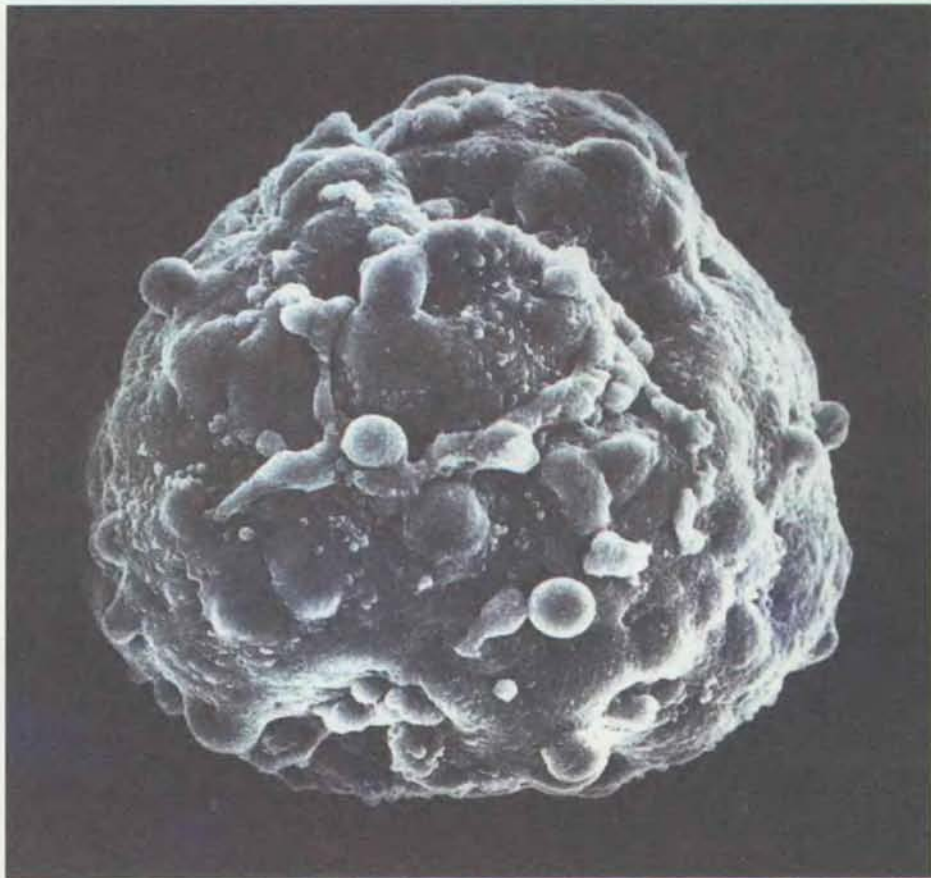
ченными золотом антителами, и проинсулин выявлялся в двух участках клетки: в стопках цистерн Гольджи и в окаймленных гранулах. Неокаймленные гранулы практически не содержали проинсулина.

Дополнительное подтверждение было получено в других экспериментах такого типа, в которых использовались антитела к инсулину, а не к проинсулину. Как показали эти опыты, зрелый инсулин отсутствует в комплексе Гольджи, в небольшом количестве имеется в окаймленных везикулах и больше всего его в неокаймленных гранулах. Следовательно, окаймленные гранулы являются основным местом превращения проинсулина в инсулин, и по мере потери гранулами клатринового чехла это превращение завершается.

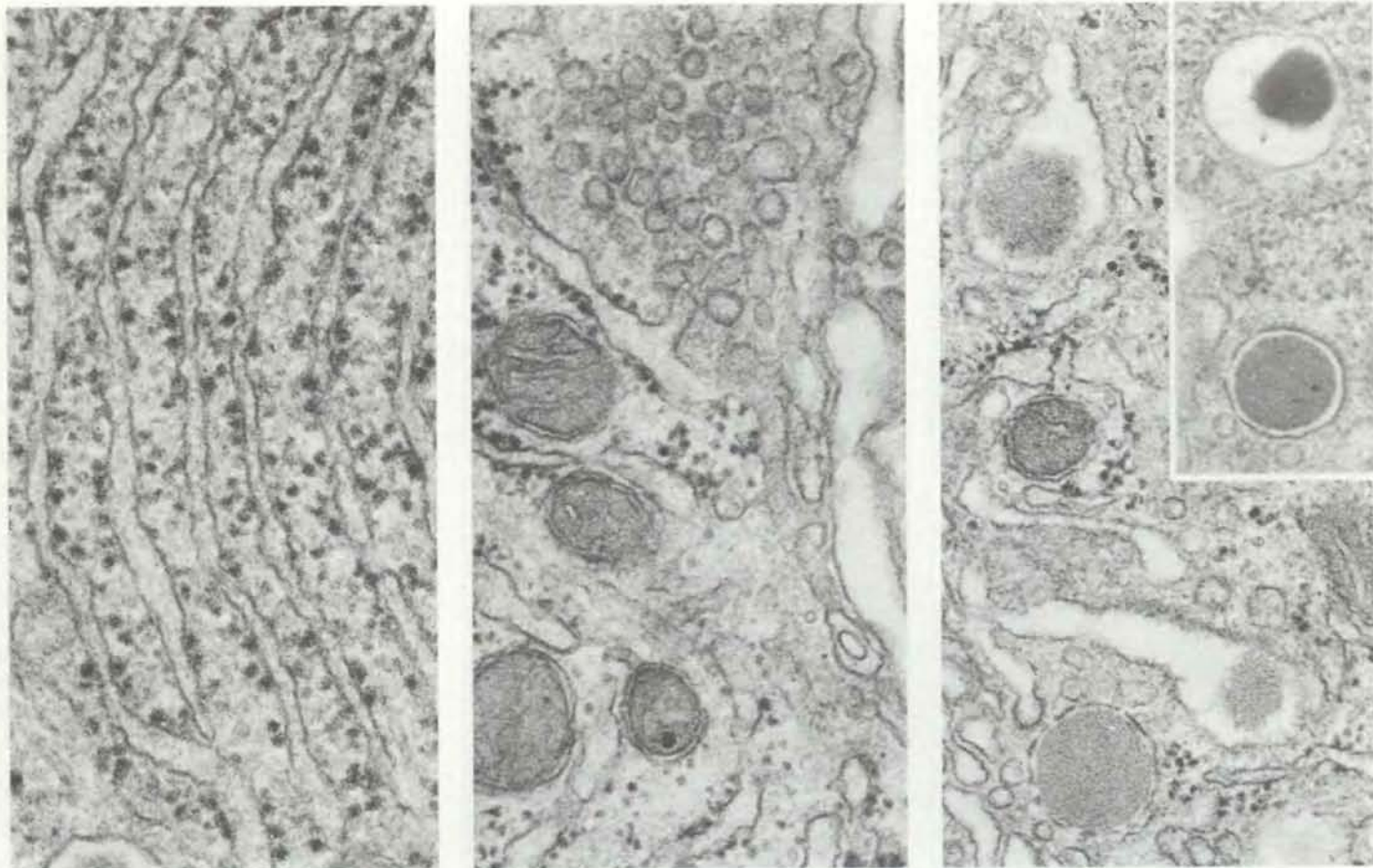
Хотя цистерны Гольджи сами по себе и не содержат инсулина, но прохождение молекул проинсулина через стопки цистерн Гольджи должно быть критической стадией всего процесса, поскольку именно из аппарата Гольджи проинсулин переходит в окаймленные секреторные гранулы, где происходит уже само превращение его в инсулин. Роль аппарата Гольджи становится яснее, если рассмотреть механизм транспорта белков через эту органеллу.

Существует постоянный поток мелких везикул, отделяющихся от эндоплазматического ретикулума и переносящих разнообразные новообразованные белки к комплексу Гольджи. Достигая стопки цистерн, везикулы сливаются с мембранами цистерн, ближайших к ГЭР. Эту сторону стопки называют *цис*-стороной (от лат. *cis*, что значит «на той же стороне, что и ...»). На противоположной стороне стопки, получившей соответственно название *транс*-стороны (от лат. *trans*, т.е. «через»), в цистернах наблюдаются луковичеобразные или расширяющиеся выросты, имеющие клатриновый чехол; часто в них заметно электроноплотное белковое содержимое. Эти выросты могут отшнуровываться, образуя окаймленные секреторные гранулы.

Механизм, с помощью которого проинсулин, равно как и другие синтезируемые в ГЭР белки, проходит стопки цистерн Гольджи от *цис*- до *транс*-стороны, в настоящее время усиленно изучается. Недавно мы в сотрудничестве с Дж. Ротманом из Принстонского университета показали, что перенос между последовательными цистернами в комплексе Гольджи осуществляется с помощью микровезикул, сходных с везикулами, переносящими белки от ГЭР к *цис*-стороне стопки цистерн Гольджи. Со-

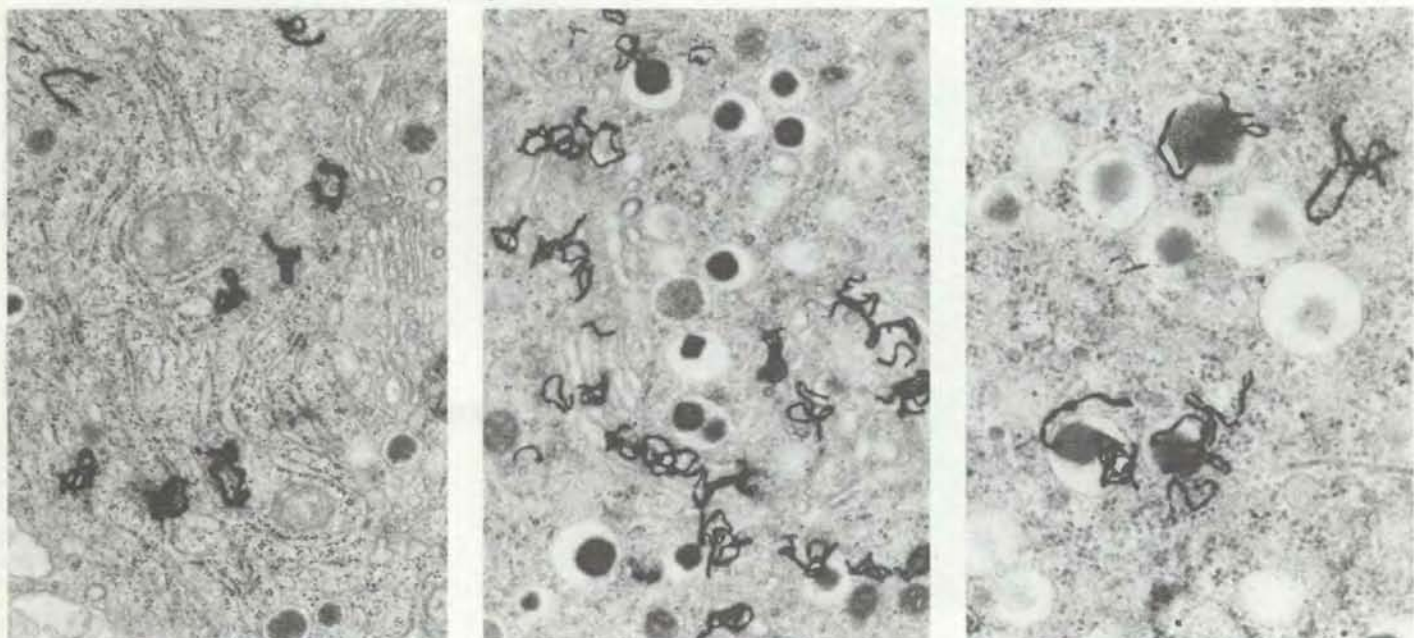


ОСТРОВЕК ЛАНГЕРГАНСА, наблюдаемый при помощи сканирующего электронного микроскопа, имеет вид овального тельца с неровной поверхностью (вверху, увеличение $\times 960$). Меченные флуоресцентным красителем антитела к различным гормонам выявляют их локализацию в определенных клетках (внизу, увеличение $\times 525$). Инсулин (зеленые пятна) образуется в бета-клетках, главным образом в центре островков. Клетки, производящие глюкагон (красные пятна), располагаются по периферии островка, так же как и клетки, синтезирующие панкреатический полипептид и соматостатин (не видны).



ЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОФОТОГРАФИИ (увеличение $\times 81\,400$) показывают последовательные «цехи» фабрики инсулина. Слева: гранулярный эндоплазматический ретикулум (ГЭР), где синтезируется препроинсулин (черные точки — это рибосомы). В середине: мелкие везикулы, содержащие проинсулин, отпочковывается от ГЭР и мигрируют к цистернам

Гольджи (в верхней части снимка). Справа: окаймленная гранула (темное плотное тельце в нижней части снимка), отпочковывается от цистерны на транс-стороне аппарата Гольджи. На врезке в правом верхнем углу показаны окаймленная и неокймленная гранулы.



МЕТОД РАДИОАВТОГРАФИИ позволил проследить путь новосинтезированных белков. Бета-клетки инкубируют с аминокислотами, мечеными радиоактивным изотопом. Меченые аминокислоты включаются в новосинтезированные белки. Через различные промежутки времени делают тонкие срезы клеток и наносят на них фотоэмульсию, содержащую кристаллы бромистого серебра в желатине. В

тех местах, где расположилась радиоактивная метка, появляются черные «треки». Через 5 мин инкубации большая часть метки обнаруживается в ГЭР (слева), еще через 10 мин — в зоне Гольджи (в середине), через час — в секреторных гранулах (справа). Анализ показал, что превращение проинсулина в инсулин происходит между аппаратом Гольджи и конечными секреторными гранулами.

гласно современным представлениям, транспорт белков через аппарат Гольджи заключается в том, что микровезикулы, содержащие белок, отпочковываются от конца одной цистерны, перемещаются к следующей и сливаются с ней, и этот процесс повторяется до тех пор, пока содержимое микровезикулы не достигнет *транс*-стороны стопки. Как и у окаймленных секреторных гранул, мембрана микровезикул покрыта чехлом, но он образован не клатрином; сейчас еще не известны ни его состав, ни функция.

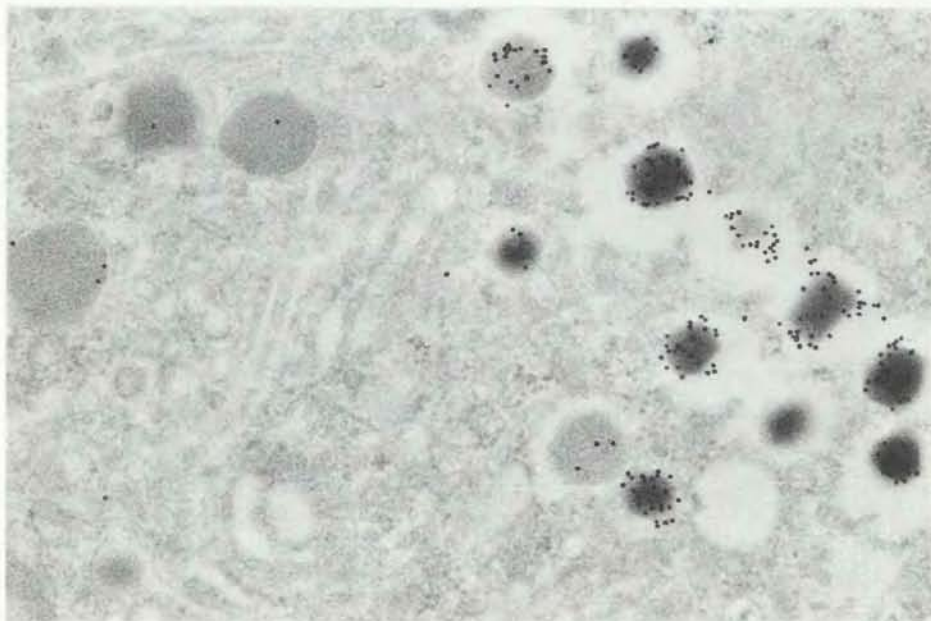
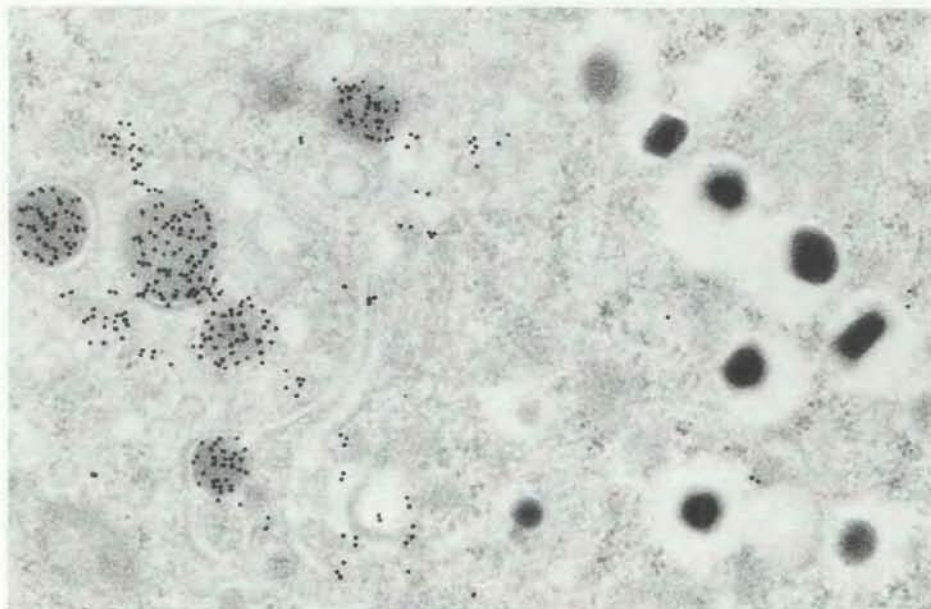
Адресная сортировка

Как мы уже упоминали, в аппарат Гольджи попадает из ГЭР множество белков, и каждый из них должен быть с большой точностью отправлен в определенный участок клетки. Чтобы представить себе всю сложность этого процесса, следует иметь в виду, что в бета-клетках, помимо инсулина, предназначенного для секреции в кровяное русло, одни белки посылаются в клеточную мембрану, а другие — в различные органеллы. Кроме того, некоторые белки, направляемые в

клеточную мембрану, поступают к своей цели, судя по всему, постоянно, вне зависимости от каких-либо специфических стимулов; они называются нерегулируемыми, или конститутивными. Но есть регулируемые белки, которые секретируются только в ответ на соответствующие стимулы; например, инсулин выделяется из бета-клеток под влиянием глюкозы. Аппарат Гольджи осуществляет транспортировку белков обоих типов.

Как предполагается, правильное функционирование такой адресной системы обеспечивается тем, что аппарат Гольджи снабжен рецепторами, специфичными к регулируемым белкам. Хотя существование таких рецепторов пока не доказано, нам представляется вероятным, что рецепторы на внутренней поверхности мембран *цис*-цистерн связывают проинсулин и в таком виде гормон переходит в *транс*-цистерны. По мере накопления там проинсулина выросты *транс*-цистерны отпочковываются и превращаются в окаймленные секреторные гранулы. Основанием для этой гипотезы послужили результаты электронно-микроскопического анализа, показавшего, что в цистернах Гольджи проинсулин располагается вдоль внутренней мембраны, а в секреторных гранулах он равномерно распределен по всему внутреннему пространству везикулы. Можно думать, что в гранулах проинсулин отделяется от рецепторов и тем самым от мембран гранул.

Весьма интересные данные, освещающие проблему сортировки белков в аппарате Гольджи, получены недавно Сяо Пин Х. Муром, М. Уокером и Р. Келли из Калифорнийского университета в Сан-Франциско и Ф. Ли. Они экспериментировали с культурами эндокринных клеток из гипофиза. В эти клетки, которые в норме секретируют аденокортикотропный гормон (АКТГ), ввели ДНК, кодирующую проинсулин. В результате клетки приобрели способность производить проинсулин наряду с АКТГ. Мур с коллегами установили, что АКТГ, как и проинсулин, секретируется регулируемым образом. Совместно с этими исследователями мы показали, что в эндокринных клетках гипофиза, содержащих ДНК для синтеза проинсулина, АКТГ и инсулин оказываются в одних и тех же секреторных гранулах. Иначе говоря, аппарат Гольджи в этих клетках не различает АКТГ и проинсулин, направляя оба белка по одному пути. Это, с одной стороны, говорит о том, что и другие клетки, кроме бета-клеток поджелудочной железы, снабжены рецепторами, отбирающими белки в секреторные гра-



МЕСТО ПРЕВРАЩЕНИЯ проинсулина в инсулин было установлено путем обработки тонких срезов одной и той же бета-клетки антителами, мечеными мелкими частицами золота (*черные точки*), к проинсулину (*вверху*) и инсулину (*внизу*). Проинсулин выявляется в комплексе Гольджи и в окаймленных секреторных гранулах, а инсулин — в основном в неокймленных и лишь в незначительном количестве в окаймленных. Следовательно, расщепление проинсулина начинается в окаймленных гранулах и завершается по мере потери ими клатринового чехла. (Увеличение $\times 39\,400$).

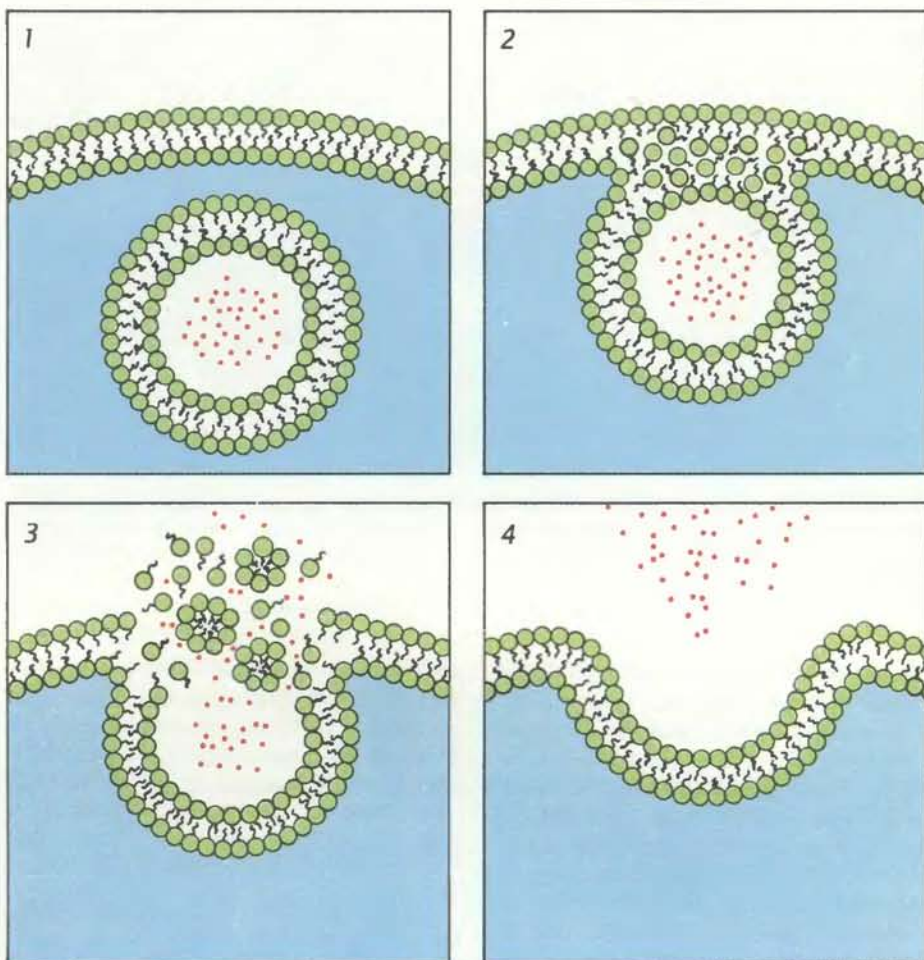
нулы, а с другой — явно свидетельствует, что один и тот же рецептор может узнавать различные регулируемые белки.

Главными проблемами на сегодня остаются идентификация гипотетических рецепторов в аппарате Гольджи и локализация того участка белковой молекулы, с которыми эти рецепторы взаимодействуют. Первым шагом к решению этих проблем явились исследования, осуществленные нами в сотрудничестве с Ш. Пауэллом, Ч. Крэйком и Муром. Мы модифицировали ДНК, кодирующую проинсулин, и вводили эту измененную ДНК в бета-клетки, которые в результате производили «мутантный» проинсулин. Мы показали, что делеция пептида С не искажает сортировку проинсулина в секреторные гранулы. В настоящее время мы изучаем влияние делеций в других участках молекулы проинсулина, чтобы установить, какой домен (или домены) молекулы определяет процесс сортировки.

Регулируемые против нерегулируемых

Резонно задать вопрос: действительно ли упомянутые выше нерегулируемые, конститутивные белки проходят тот же путь, что и проинсулин? В сотрудничестве с группой Мура мы проследили путь одного такого белка — гемагглютинина, конститутивно поступающего к клеточной поверхности. Гемагглютинин синтезируется бета-клетками, когда они заражены вирусом гриппа. Новосинтезированный гемагглютинин транспортируется в клеточную мембрану, где он включается в формирующиеся новые вирусные частицы, покидающие клетку и заражающие потом другие клетки.

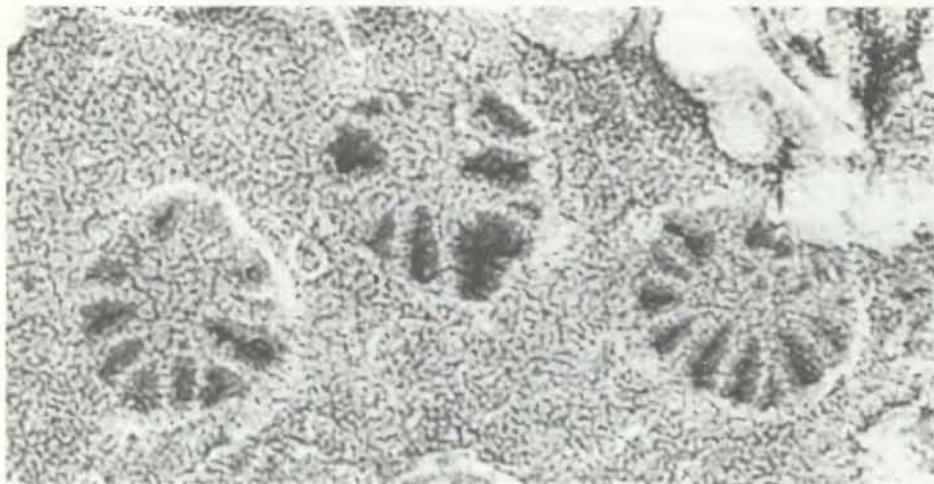
Проследив локализацию одновременно проинсулина и гемагглютинина, мы точно установили, на каком этапе расходятся секреторные пути регулируемых и нерегулируемых белков. Нам удалось показать, что в большинстве цистерн аппарата Гольджи присутствуют оба белка, но в расширенных участках *транс*-цистерн, где концентрируется проинсулин, гемагглютинин не содержится. Затем гемагглютинин обнаруживается не в окаймленных гранулах, а в гладких прозрачных везикулах, перемещающихся к клеточной мембране. Эти эксперименты позволяют считать, что в бета-клетках *транс*-цистерны Гольджи являются тем местом, где проинсулин отсортировывается от конститутивного белка гемагглютинина.



СЕКРЕЦИЯ ИНСУЛИНА происходит путем экзоцитоза: мембрана окаймленной секреторной гранулы сливается с наружной мембраной бета-клетки. В результате инсулин оказывается вне клетки, не нарушая целостности ее мембраны.



ЭКЗОЦИТОЗ хорошо виден на этой электронной микрофотографии (увеличение $\times 71\ 000$). Одна секреторная гранула (левая) готова слиться с мембраной бета-клетки и высвободить свое содержимое во внеклеточную среду. Правая гранула уже открылась наружу и секреция инсулина произошла. Из каждой секреторной гранулы выделяется около 800 тыс. молекул инсулина. В результате постоянного слияния гранул с клеточной мембраной увеличивалась бы поверхность бета-клеток, если бы не противодействующий процесс эндоцитоза: участки мембраны впячиваются внутрь клетки, отпочковываются в виде везикул и отправляются внутрь клетки.



ФЕНЕСТРЫ (поры) в стенках капилляров закрыты диафрагмами, напоминающими окна-розетки готических соборов. Предполагается, что инсулин, выделившийся из бета-клеток, попадает в кровяное русло через клинообразные щели в этих диафрагмах. (Увеличение $\times 270\,000$).

Вернемся теперь к образованию инсулина. Как указывалось выше, чтобы в окаймленных гранулах образовался инсулин, из проинсулина должен быть выщеплен соединительный пептид. Соответственно на каждую молекулу инсулина образуется молекула пептида С, которая вместе с инсулином переносится секреторными гранулами. Вполне вероятно, что и сами ферменты, расщепляющие проинсулин, которые тоже синтезируются рибосомами в ГЭР, следуют тем же путем, что и проинсулин от ГЭР через стопки Гольджи в окаймленные секреторные гранулы. Но если эти ферменты находятся в присутствии проинсулина постоянно, почему же они расщепляют его только по достижении окаймленных гранул? Что активирует расщепляющие ферменты именно на последней стадии секреторного пути?

В сотрудничестве с Р. Андерсоном из Научно-исследовательского медицинского центра Техасского университета в Далласе мы недавно вплотную подошли к ответу на этот вопрос. Нами обнаружено, что, во-первых, при переходе от окаймленных гранул к неокймленным существует градиент рН, а именно, содержимое гранул постепенно становится все более кислым, и, во-вторых, этот градиент отрицательно коррелирует с количеством проинсулина в гранулах. Можно с уверенностью предположить, что одним из важных факторов в активации ферментов, расщепляющих проинсулин, является закисление содержимого в окаймленных гранулах. Действительно, один из ферментов, участвующих, как считается, в расщеплении проинсулина, достигает максимальной активности именно при кислых значениях рН — по крайней мере *in vitro*. Бо-

лее того, щелочные соединения, накапливающиеся в гранулах и нейтрализующие их содержимое (например, хлористый аммоний), подавляют расщепление проинсулина.

Секреция инсулина

До сих пор мы рассматривали производство инсулина внутри бета-клетки: синтез проинсулина, превращение его в проинсулин, путешествие того через комплекс Гольджи и расщепление с образованием инсулина в секреторных гранулах. Обратимся теперь к секреции новообразованного инсулина.

Вместе с пептидом С и остаточным количеством нерасщепленного проинсулина инсулин запасается в зрелых неокймленных гранулах, готовый к секреторному ответу на соответствующие стимулы, в частности на повышение концентрации глюкозы в крови. Не все количество гормона, образующееся в бета-клетках, в конечном счете секретируется. По пути к клеточной мембране, где происходит секреция, некоторые гранулы сливаются с органеллами, называемыми лизосомами, в функции которых входит уничтожение всевозможных внутриклеточных отходов. Это приводит к полной деградации содержащегося в гранулах инсулина. Причины такого, казалось бы, неэкономичного процесса пока совершенно непонятны. Зачем часть синтезируемого инсулина разрушается в той же клетке, где он образовался? Быть может, при помощи лизосомальной деградации регулируется количество инсулина, доступное для секреции, или же таким путем уничтожаются дефектные гранулы; но чтобы обсуждать эти предположения, нужны дальнейшие исследования.

Инсулин, предназначенный для секреции в кровяное русло, должен преодолеть два непроницаемых барьера: мембрану гранулы и внешнюю мембрану самой бета-клетки. Природа решила эту проблему просто и в то же время хитро. С помощью электронного микроскопа можно наблюдать, что, когда секреторная гранула оказывается в непосредственной близости к границе бета-клетки, происходит слияние мембраны гранулы с клеточной мембраной. Благодаря этому процессу, который называется экзоцитозом, мембрана гранулы становится частью клеточной мембраны, а содержимое гранулы изливается во внеклеточное пространство. Важно, что при слиянии мембран не нарушается целостность клетки. Все клетки, секретирующие белки, выделяют их путем экзоцитоза.

Коль скоро все время происходит слияние мембран гранул с клеточной мембраной, поверхность клетки должна постоянно увеличиваться, но этого не наблюдается — значит, существует противодействующий процесс. Действительно, каждый акт экзоцитоза приводит в действие обратный процесс — эндоцитоз, который состоит в том, что происходит впячивание сегментов клеточной мембраны и отщуровывание их с образованием везикул, направляющихся затем в различные участки клетки для повторного использования или деградации содержащегося в них материала.

Остается ответить на вопрос, каким образом выделившийся во внеклеточное пространство инсулин попадает в кровяные сосуды, которым он разносится по всему организму к различным клеткам-мишеням. Бета-клетки в островках Лангерганса окружены густой сетью капилляров. Чтобы достичь кровяного русла, инсулин должен пересечь тонкие стенки (эндотелий) капилляров. В эндокринных железах, в том числе в поджелудочной железе, клетки эндотелия капилляров пронизаны многочисленными кольцевыми порами, или фенестрами (от лат. *fenestra* — «окно»), каждая пора покрыта тонкой диафрагмой.

В сотрудничестве с Э. Бирер мы применили усовершенствованный метод замораживания—скальвания в сочетании с электронной микроскопией и получили полное фронтальное изображение поверхности клеточной мембраны эндотелия. Оказалось, что каждая пора похожа на окно-розетку готического собора: диафрагма состоит из пучков тонких фибрилл, расходящихся от центральной зоны и ограничивающих клинообразные просветы. Заманчиво предположить, что эта структура служит динамическим регулятором проникновения гормонов через стенку капилляра.

Итак, мы описали путешествие инсулина внутри бета-клетки от места его синтеза — гранулярного эндоплазматического ретикулума до места выделения — клеточной мембраны. Решающую роль в этом путе-

шествии играют аппарат Гольджи и окаймленные секреторные гранулы, где происходит сортировка и созревание белка. Такое представление сейчас уже не вызывает сомнений. И хотя на многие вопросы ответов пока

еще нет, накопившаяся за последние годы информация об общей планировке и устройстве главного конвейера фабрики инсулина открывает путь к пониманию секреции гормонов и молекулярных механизмов ее регуляции.

Наука и общество

Подготовка менеджеров

КНАЧАЛУ нынешнего учебного года представителями делового мира и преподавателями Массачусетского технологического института был составлен учебный план в соответствии с экспериментальной программой подготовки менеджеров, которым будет присуждена ученая степень магистра наук. На основе этой программы в институте надеются усовершенствовать методы, используемые компаниями для управления производством.

В течение двух лет, включая время летних каникул, первым 20 выпускникам университетов и колледжей предстоит прослушать курсы лекций как по техническим, так и коммерческим дисциплинам с акцентом на проблемах управления производством. Наряду с регулярным посещением занятий в Слоуновской школе менеджеров и технического факультета в самом институте они будут участвовать в семинарах, на которые будут приглашаться руководители предприятий, а также посещать сами предприятия.

В конце обучения слушателям предстоит защитить дипломные проекты, которые в течение полугода они будут готовить на соответствующих предприятиях. Темы этих проектов, как отмечает Г. Кент Боуэн, один из руководителей программы, преподающий на техническом факультете, будут отвечать реальным условиям; например, одна из них будет связана с сокращением времени доставки изделия потребителю. В определении тем примут участие представители промышленных предприятий, профессорско-преподавательского состава и сами слушатели. «Мы надеемся, — добавляет он, — что молодые люди смогут оценить свои возможности и способности для успешного продвижения по службе на производстве».

Итак, положение в этой области должно измениться. За последние годы менее 5% выпускников высших американских коммерческих школ поступили на работу в сферу управления производством. На долю же консультативных фирм и инвестиционно-

учредительских банков приходилось примерно 20% выпускников названных школ.

По мнению руководителей коммерческих школ, дело не в том, что молодые специалисты, получившие ученую степень в области управления производством, стремятся в основном к финансовой деятельности. Немного найдется таких фирм, в которых руководители производства продвигались бы по службе столь же быстро, как те, кто работает в области финансирования и реализации продукции. В 1950-х годах путь к успешной карьере для высших управленческих кадров проходил через производство, отмечает Арнольдо Хакс, заместитель декана Слоуновской школы. «Возможно, что в конечном счете нам удастся восстановить это положение», — говорит он.

Промышленность также занята поиском путей совершенствования управления производством. «Мы изыскиваем средства, которые могли бы повысить нашу конкурентоспособность», — говорит Уильям Хансон, вице-президент фирмы Digital Equipment в Мэйнарде (шт. Массачусетс), ведающий вопросами производства. Девять корпораций во главе с такими фирмами, как Boeing, Digital Equipment и Kodak, договорились о выделении персонала и около 30 млн. долларов на реализацию указанной программы Массачусетского технологического института. Эти деньги предназначены для покрытия расходов на обучение слушателей и выплаты им ежемесячных стипендий. Они также пойдут на финансирование научно-исследовательских работ, выполняемых группой, в состав которой входит около 30 преподавателей институтских факультетов по подготовке инженерных и административных кадров. В этих работах будут исследоваться производственные проблемы, выбранные по согласованию с промышленными предприятиями.

Изучение в рамках одной программы проблем производства и управления — дело, безусловно, не новое. Корнелльский университет в 1985 г. впервые ввел небольшой (продолжи-

тельностью пять семестров) курс, по окончании которого слушатели получили степень магистра. Обычно программы по техническим проблемам ориентировали слушателей лишь на освоение нескольких коммерческих курсов, в то время как в школах этого профиля от обучающихся обязательно требовалось углубленное изучение какой-то одной производственной проблемы, в рамках которой рассматривались все операции и процедуры, от поточной сборки до взаимоотношений с потребителями.

Однако, по словам Боуэна, руководители технического факультета Массачусетского института и Слоуновской школы менеджеров считают, что усилия по налаживанию связей между технологией и управлением «не попали в цель». Даже инженеры, имеющие степень магистра, «перегружены отчетностью и общими вопросами управления и все более оторваны от решения вопросов, связанных непосредственно с производством», — заявляет далее Боуэн. Вот почему четыре года назад декан технического факультета начал кампанию в поддержку программы, которая реализуется в настоящее время.

Хотя одна программа мало что меняет, «мы надеемся, что за ней последуют и другие мероприятия подобного рода», — говорит Хансон. По его словам, программа Массачусетского института «потребуется от Digital Equipment затрат многих миллионов долларов в течение пяти лет, однако с учетом масштабов проблемы это не так уж и много».

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

Издательство «Мир» не занимается рассылкой и продажей книг и не собирает предварительные заказы на свои книги. Все заказы следует направлять в книжные магазины.



Комета Галлея крупным планом

Армада космических кораблей, направленных на встречу с кометой два года назад, передала на Землю прекрасные снимки и ценные научные данные, которые служат источником важной информации о природе нашей космической гостьи

ГАНС БАЛСИГЕР, ХЬЮГО ФЕХТИГ,
ИОХАННЕС ГАЙС

МАРТ 1986 г. надолго останется в нашей памяти: именно тогда произошло одно из самых знаменательных событий в истории науки о планетах. Целая армада космических зондов (два из них японских, два советских и один европейский) встретила с кометой Галлея. Их цель была беспрецедентна по своей значимости: проанализировать газы и пыль в непосредственной окрестности кометы и сфотографировать ее ядро — крохотное твердое тело, скрытое внутри головы кометы. И все это впервые.

Комета Галлея не только самая знаменитая и исторически самая важная из комет, но и наиболее подходящая для таких встреч. В противоположность кометам, появление которых регистрируется первый раз, комета Галлея имеет достаточно хорошо известную орбиту, что дает возможность направить зонд близко к ядру и получить тем самым ценную информацию. Более того, интенсивное выделение газа и пыли из кометы заставляет предположить, что она сохранила довольно много своих первоначальных ледяных и пылевых компонент. Другими словами, комета, возможно, состоит из первозданного материала и отражает, таким образом, условия, имевшие место при возникновении Солнечной системы. Кометы с меньшими периодами обращения, чем у кометы Галлея, у которой он составляет около 77 лет, чаще подвергаются эрозии из-за солнечного излучения, когда они пролетают мимо Солнца. Поэтому они с меньшей вероятностью представляют собой окно в далекое прошлое.

Предприятие увенчалось полным успехом: японские аппараты «Сакигаке» и «Суисеи» провели измерения в районе ударной волны перед ядром, советские станции «Вега-1», «Вега-2» проникли на расстояние 9000 км от ядра, а европейский аппарат «Джот-

то» приблизился к ядру на расстояние 600 км. Огромные усилия и финансовые средства, вложенные в эти проекты, оправдали себя: исследователи разных стран провели непосредственные измерения физических и химических процессов, порождающих явления, которые сопровождают движение кометы во внутренних областях Солнечной системы. За два года ученые обработали и проанализировали огромное количество полученной информации.

В ДАННОЙ статье мы в основном рассмотрим результаты, полученные с помощью аппарата «Джотто», так как они нам известны лучше и этот зонд пролетел ближе всего к ядру кометы Галлея. Данные, полученные с других аппаратов, также важны для построения полной картины кометных явлений, поскольку они дополняют информацию с «Джотто». Так что мы включим эти результаты в наше изложение там, где сочтем нужным.

Необходимым условием успеха полета «Джотто» был правильный выбор его траектории, которая должна была проходить как можно ближе к ядру; в то же время исключалось разрушающее влияние газа и пыли на сам зонд и на устойчивость его движения. Обдуманый риск, на который пошли специалисты, планировавшие полет «Джотто», оказался оправданным. Именно в течение нескольких минут непосредственно перед наибольшим сближением «Джотто» с ядром были проведены самые важные измерения. На таком близком расстоянии от ядра молекулы, из которых состоят пыль и газы, в большой степени сохранили свою первоначальную форму, не изменившись со времени образования самой кометы.

По существу, полет «Джотто» представлял собой путешествие назад во времени к моменту возникновения комет. Как и когда они возникли? Со-

гласно господствующей теории Солнечная система, включая кометы, начала зарождаться примерно 4,6 млрд. лет тому назад, когда Вселенная была на одну треть моложе ее теперешнего возраста. Межзвездное вещество (возможно, в форме темных молекулярных облаков) достигло такой плотности, что начался гравитационный коллапс. При коллапсе угловой момент сохранился, так что появился вращающийся диск из вещества. Солнце и планеты сформировались постепенно в результате процесса аккреции вещества.

Широко признанная схема возникновения комет была разработана в 1950 г. голландским астрономом Яном Оортом. Орбиты долгопериодических комет и то количество газа, которое они испускают, находясь близко к Солнцу, позволили Оорту предположить, что эти тела, самые маленькие в Солнечной системе, первоначально образовывались в больших количествах в области внешних планет, за пределами орбиты Юпитера.

Многие из комет затем вырвались в межзвездное пространство в результате возмущений их орбит, вызванных внешними планетами. Однако некоторое число комет осталось в облаке, лежащем в пределах от 0,5 до двух световых лет от Солнца, на краю гравитационной сферы действия Солнца. Так называемое кометное облако Оорта на протяжении миллиардов лет подвергалось возмущениям из-за гравитационного влияния проходящих звезд, которые либо выбрасывали кометы в межзвездное пространство, либо переводили их на орбиты, проходящие относительно близко к Солнцу. В результате солнечной радиации и солнечного ветра (потока заряженных частиц, испускаемого Солнцем) у комет развиваются кома — сферическое облако газа и пыли — и хвост. Пылевые частицы комы и хвоста рассеивают свет, а мо-

лекулы газа, возбуждаемые солнечной радиацией, начинают светиться. Источником газа в коме и хвосте, возможно, служат льды, состоящие из летучих веществ, которые комета

впитала и сохранила на протяжении миллиардов лет. Когда комета проходит мимо Солнца, льды со стороны, освещенной Солнцем, сублимируются и образуется газовая смесь, ко-

торая затем расширяется в межпланетное пространство, входя в состав комы и хвоста. Молекулы в этой смеси постепенно диссоциируют и ионизируются (теряют внешний электрон)



КОМЕТА ГАЛЛЕЯ, сфотографированная 19 марта 1986 г. с острова Реюньон в Индийском океане. Самое яркое место — кома (облако газа и пыли, окружающее ядро). Позади комы находится прямой, голубоватый ионный хвост и искривленный пылевой хвост. Ионный хвост возникает в ре-

зультате взаимодействия кометного газа и солнечного ветра (потока заряженных частиц, летящих от Солнца); пылевой хвост образуется под воздействием светового давления на частицы кометной пыли.

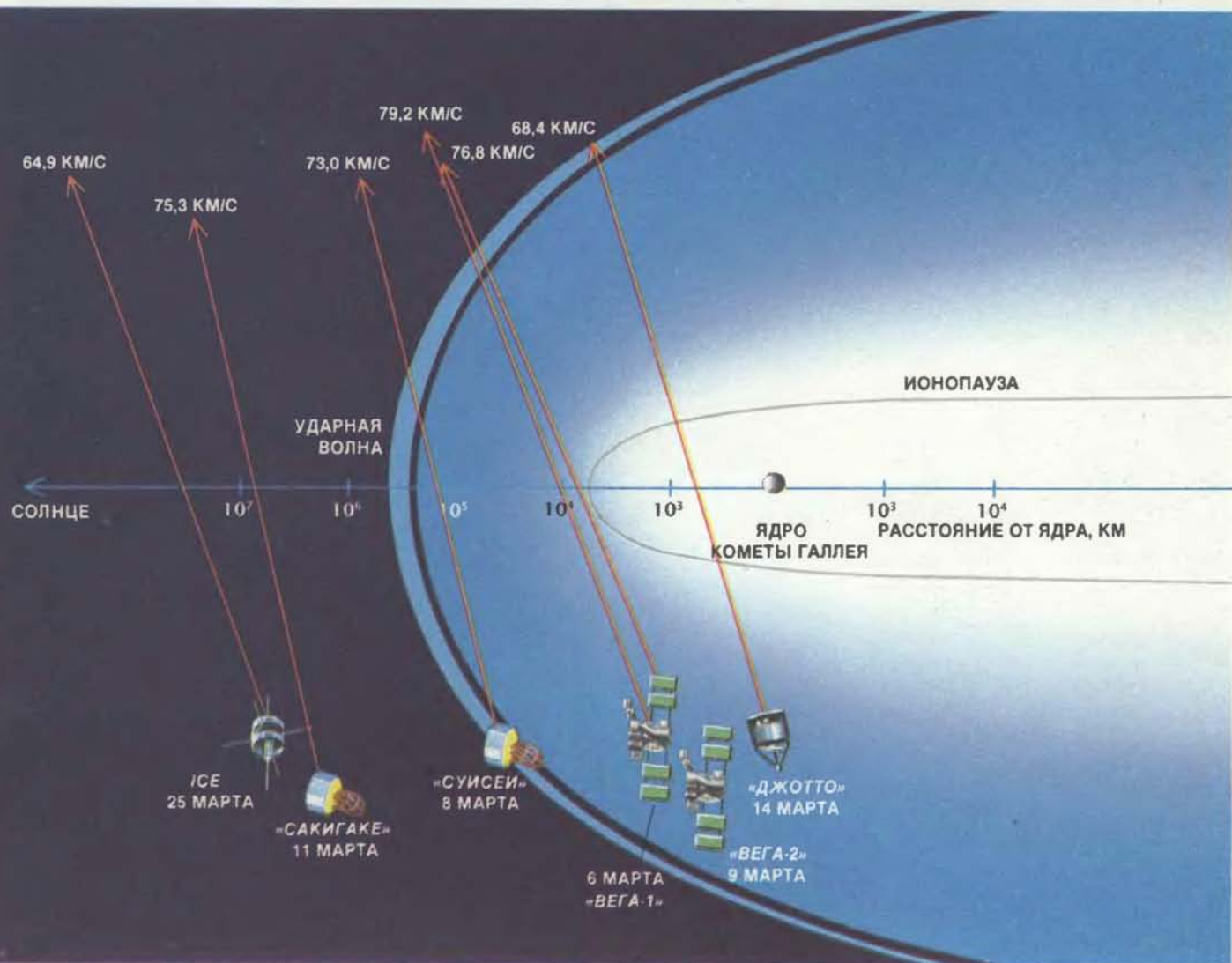
под действием ультрафиолетового излучения. В результате появляется газ из электрически заряженных частиц, называемый плазмой.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, кома представляет собой смесь нейтрального и ионизованного газов. Внутренняя кома, расположенная ближе к ядру, состоит в основном из нейтральных молекул и атомов. Чем дальше от ядра, тем больше в коме ионов. Каждый вид молекул или атомов имеет свое время ионизации и удаляется от кометы с характерной скоростью; в результате каждая частица достигает характерного расстояния, на котором происходит ионизация. Например, атомарный водород, который возникает при диссоциации молекул воды, движется с относительно большой скоростью и, таким образом, остается нейтральным до расстояний в

10 млн. км от ядра. Как только нейтральные атомы и молекулы превращаются в ионы и электроны, они попадают под действие электрических и магнитных полей, индуцируемых солнечным ветром. В своей основе правильные объяснения взаимодействия плазмы солнечного ветра и плазмы кометы были даны немецким астрофизиком Людвигом Бирманом в 1951 г., шведским физиком Ханнесом Альфвеном в 1957 г. и позднее многими другими. Теперь их предположения получили непосредственное подтверждение в результате наблюдений, сделанных пятью аппаратами, исследовавшими комету Галлея, и американским аппаратом «Международный кометный зонд» (International Cometary Explorer, ICE), который осенью 1985 г. пролетел через хвост кометы Джакобини-Циннера (см. статью Джон К. Брандт, Мал-

колм Б. Ниднер-младший. Структура хвостов комет, «В мире науки», 1986, № 3).

Точные данные, собранные этими зондами в непосредственной близости от комет, позволяют перейти от общих соображений к количественным оценкам. Для изучения взаимодействия плазмы кометы и солнечного ветра — взаимодействия, подобного тому, которое играет важную роль в эволюции атмосфер планет и их спутников, на «Джотто» было установлено несколько приборов (см. рисунок на с. 52). Приборы JPA, RPA и EPA измеряли энергию и направления движения частиц, а приборы IMS и NMS идентифицировали различные классы частиц. На борту был также установлен магнитометр (MAG), который измерял возмущения межпланетного магнитного поля, вызванные кометой. Кроме того, магнитометр



ШЕСТЬ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ пролетели мимо кометы Галлея в марте 1986 г. Четыре из них — советские «Вега-1» и «Вега-2», японский «Суисеи» и европейский «Джотто» — прошли мимо освещенной стороны ядра на расстояниях от 600 до 150 000 км. Сделаны первые фотографии ядра, исследованы газ и пыль, летящие с кометы, и

изучено взаимодействие между кометой и солнечным ветром. Кроме того, аппараты «Сакигаке» (Япония) и ICE (США) собирали данные в солнечном ветре, обтекающем комету Галлея. Только «Джотто», который был оснащен пылезачитным экраном, проник внутрь ионопаузы, окружавшей область чисто кометного газа вокруг ядра.

регистировал электромагнитные волны, возникающие в результате столкновения солнечной плазмы и плазмы кометы.

НАЧИНАЯ с расстояния 8 млн. км от ядра кометы, прибор IMS зарегистрировал протоны, отличные от тех, которые находятся в солнечном ветре; величина скорости протонов в этой области указывала на то, что присутствующие в ней частицы представляют собой недавно ионизованные атомы водорода из комы кометы. Магнитное поле солнечного ветра уносит эти протоны от Солнца по спиральным траекториям. То же относится и к более тяжелым ионам, возникающим из-за фотоионизации. По мере того как солнечный ветер подлетает к комете, его кинетическая энергия переходит в кинетическую энергию все большего числа частиц, многие из которых имеют довольно большую массу. Этот перенос энергии называется массовым нагружением, и за счет него скорость солнечного ветра постепенно уменьшается.

На расстоянии 1,1 млн. километров от ядра детектор частиц и магнитометр зарегистрировали, как и предполагалось, ударную волну, возникающую вследствие взаимодействия плазмы солнечного ветра и плазмы кометы: скорость ионов в солнечном ветре уменьшилась, а их температура (характеризующая то, насколько скорости отдельных ионов отличаются в целом от средней скорости всех ионов) сильно возросла. Толщина ударной волны — расстояние, на котором скорость ионов солнечного ветра уменьшается, а их температура возрастает, — составляла 40 000 км.

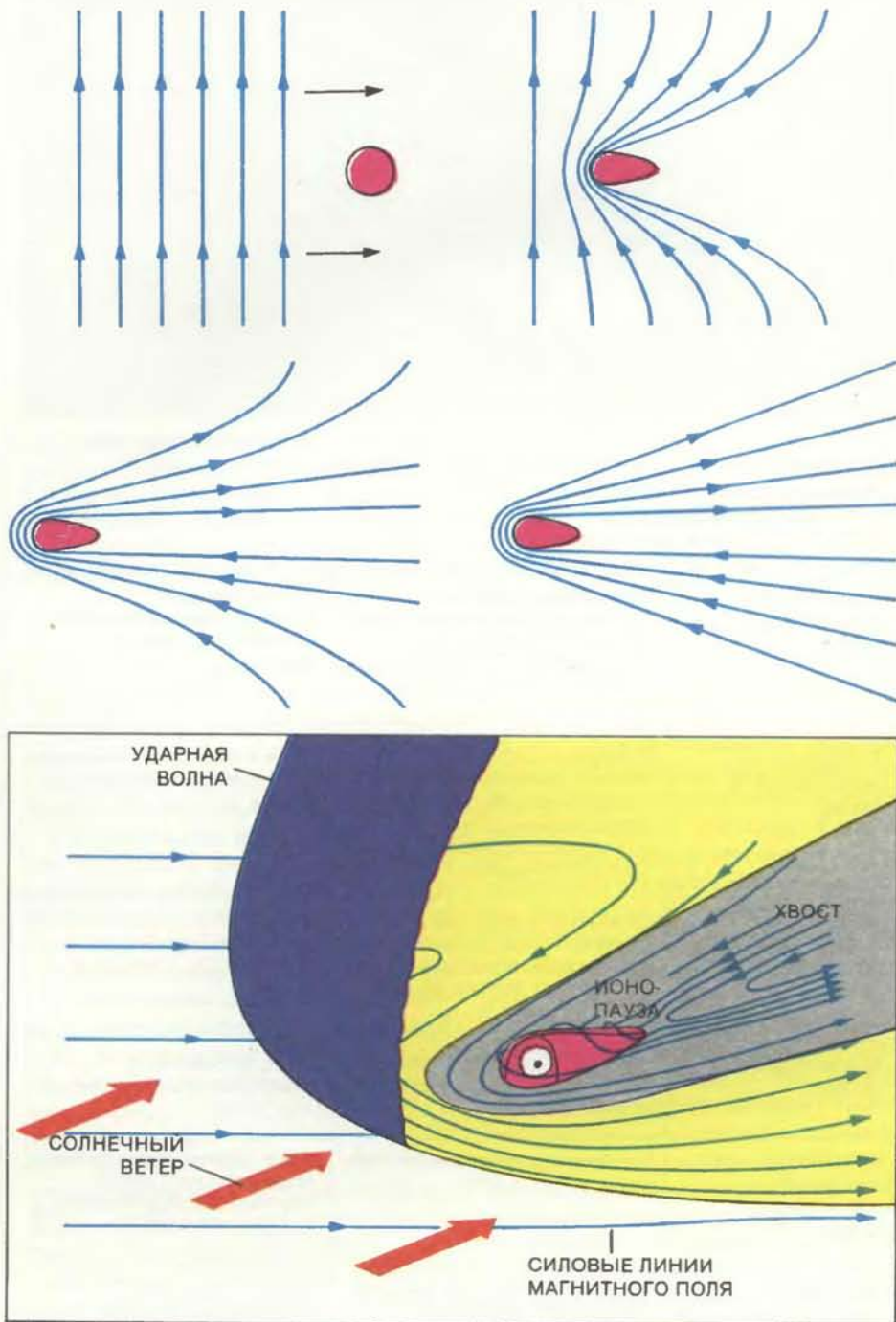
Ударная волна не образует четко выраженной границы между солнечным ветром и кометными ионами; просто здесь солнечный ветер становится турбулентным. Последний барьер, который препятствует солнечному ветру проникнуть ближе к ядру, создается медленно движущимся газом кометных молекул и ионов в так называемой ионопаузе. Ни ионы солнечного ветра, ни их магнитное поле не могут преодолеть этот барьер и проникнуть за его пределы в чистый кометный газ, и они скапливаются перед этим барьером. Поэтому по мере приближения к ионопаузе магнитное поле возрастает: прибор MAG на «Джотто» зарегистрировал максимум напряженности магнитного поля величиной 60 нанотесла (нТ) на расстоянии 16 000 км от ядра. (Для сравнения сила межпланетного магнитного поля вне комы составляла 8 нТ, а сила магнитного поля Земли в районе полюсов равна примерно 60 000 нТ.)

Поскольку магнитные силовые ли-

нии не могут «просочиться» сквозь ионопаузу, они обтекают ее. Этот эффект создает ионный хвост, состоящий из ионов солнечного ветра и кометных ионов, летящих вдоль вытянутых силовых линий.

«Джотто» — единственный аппарат, проникший сквозь ионопаузу в кометную ионосферу. На расстоянии примерно 4600 км от ядра кометы приборы «Джотто» зарегистрировали падение магнитного поля практически до нуля и уменьшение температуры примерно от 2000 К

(градусов Цельсия относительно абсолютного нуля) до приблизительно 300 К (что примерно соответствует комнатной температуре). Это падение напряженности поля и температуры свидетельствует о наличии ионопаузы. До полета никто не мог предсказать положение этой границы между турбулентной смесью ионов солнечного ветра и кометных ионов, с одной стороны, и чистой холодной кометной ионосферой — с другой; значения величин, определяющих положение этого разрыва, не были известны.



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ между кометой и солнечным ветром. Магнитные силовые линии, «вмороженные» в солнечный ветер, не могут проникнуть сквозь ионопаузу, так что они сгущаются перед ней и обтекают ее (вверху). Со стороны ядра, обращенной от Солнца, образуется ионный хвост. В нижней части рисунка приведено трехмерное изображение этого взаимодействия, полученное по данным наблюдений во время пролета «Джотто».

БЛАГОДАРЯ чувствительным приборам на борту «Джотто» и тому, что он пролетел чрезвычайно близко от ядра, этот аппарат внес особенно значительный вклад в определение состава нейтральных и ионизованных газов в коме. Измерения газовых компонент чрезвычайно важны, так как доля летучих веществ в яд-

ре, возможно, составляет половину или более всей массы кометы. Такие вещества в значительной степени потеряны планетами земной группы, Луной и метеоритами.

Во время полета «Джотто» через кому прибор NMS определил, что газ выделяется из ядра кометы в количестве примерно 20 т в секунду. Для

сравнения масса кометы составляет примерно 100 млрд. тонн. Хотя анализ и интерпретация данных еще далеки от завершения, многие из «родительских», или начальных, видов молекул уже определены. На основе совокупности результатов, полученных прибором NMS (который измерял относительное содержание нейтральных молекул), прибором IMS (определявшим относительное содержание ионов) и оптическими инструментами (включая комплекс оптической аппаратуры OPE, различные приборы на «Веге», на околоземных спутниках и на Земле), можно заключить, что газ состоит примерно из 80% водяного пара, 10% монооксида углерода, 3% диоксида углерода, 2% метана, менее 1,5% аммиака и 0,1% цианистоводородной кислоты. Приборами RPA, NMS, IMS, а также приборами на «Веге» были зарегистрированы некоторые более тяжелые ионы, но природа соответствующих родительских молекул еще не определена.

Измерения содержания монооксида углерода прибором NMS дали особенно интересный результат: его содержание по отношению к другим газам возрастает с увеличением расстояния до ядра. Это означает, что либо монооксид углерода выделяется из ядра кометы неравномерно, либо относительно большое количество этого газа выделяется маленькими частицами пыли по мере того, как они нагреваются Солнцем. Последнее объяснение предполагает, что монооксид углерода исключительно хорошо удерживается частицами пыли, возможно, в виде больших молекул или полимеров.

Измерения содержания изотопов прибором NMS показали, что относительные концентрации изотопов серы и кислорода согласуются (в пределах точности эксперимента) с их содержанием на Земле и в метеоритах. Водяной пар, испускаемый кометой Галлея, так же как вода на Земле и в метеоритах, содержит тяжелый водород в больших пропорциях, чем межзвездный газ.

В КАЧЕСТВЕ образца другой, нелетучей части вещества кометы может служить кометная пыль. Частицы пыли, первоначально замороженные в лед кометного ядра, отделяются от него в результате сублимации льдов и увлечения газом. Траектории частиц внутри комы определяются начальным направлением, в котором они покидают ядро (направлением потока газа), и направлением светового давления Солнца.

Для самых маленьких частиц — диаметром меньше 1 мкм — световое давление превалирует над гравитационным притяжением. Эти частицы

НАЗВАНИЕ ПРИБОРА	НАЗНАЧЕНИЕ	РУКОВОДИТЕЛЬ, ВЕДУЩИЙ ИНСТИТУТ
Камера «NMC»	Сфотографировать ядро, газ и пыль с высоким разрешением	Х. Уве Келлер, Институт астрономии Макса Планка в Линдау
Нейтральный масс-спектрометр (NMS)	Определить состав, плотность и скорость нейтральных газов и низкоэнергетических ионов	Дитер Кранковский, Институт ядерной физики Макса Планка в Гейдельберге
Ионный масс-спектрометр (IMS)	Определить состав, плотность, энергию и угловое распределение ионов в солнечном ветре и в плазме кометы	Ганс Балсигер, Бернский университет
Пылевой масс-спектрометр (PIA)	Определить состав и массу частиц в пылевой оболочке кометы	Йохен Киссель, Институт ядерной физики Макса Планка в Гейдельберге
Система детектирования бомбардировки пылевых частиц (DID)	Определить концентрацию и распределение масс пылевых частиц	Дж. Энтони Макдоннел, Университет Кента
Плазменный анализатор 1 (JPA)	Определить энергию и угловое распределение ионов с высоким временным разрешением; определить состав отдельных ионов	Алан Джонстон, Маллардская лаборатория космических наук в Лондоне
Плазменный анализатор 2 (RPA)	Определить энергию и угловое распределение электронов с высоким разрешением по времени; определить состав холодных скоплений ионов	Анри Реме, Центр изучения космического излучения в Тулузе
Анализатор высокоэнергетических частиц (EPA)	Определить энергию и угловое распределение высокоэнергетических частиц (с энергией больше 20 кэВ)	Сьюзан М. П. Маккенна-Лолор, Колледж Св. Патрика в Мейноте
Магнитометр (MAG)	Измерить магнитное поле с высоким разрешением по времени	Фриц М. Нойбауэр, Кельнский университет
Комплекс оптической аппаратуры (OPE)	Измерить распределение газа и пыли (CN и OH)	Анни Шантал Левасер-Регур, Национальный центр научных исследований в Верьер-ле-Буисоне
Комплекс радиоаппаратуры (GRE)	Измерить плотность пыли и газа вдоль траектории космического аппарата	Питер Эденхофер, Университет Бохума

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ, установленных на борту аппарата «Джотто» (Европейское космическое агентство), с указанием их названия и назначения, а также ответственного научного руководителя.

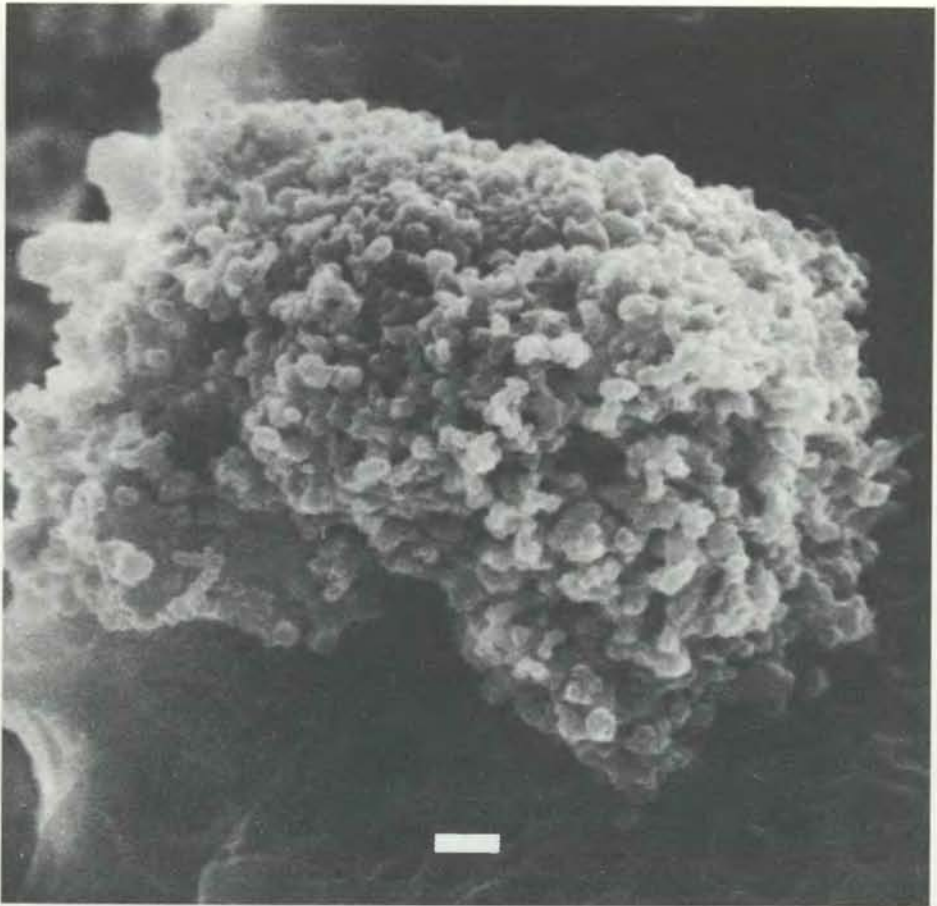
уносятся от кометы, образуя пылевой хвост, хорошо видимый у многих комет. Для более крупных частиц гравитационное притяжение Солнца больше, чем световое давление, так что частицы остаются вблизи орбиты кометы. Так как частицы испускаются ядром в разных направлениях, они вращаются вокруг Солнца с разными скоростями. С течением времени формируется мощный поток частиц, который рассеивается вдоль орбиты. Так образуется метеорный поток. Такой поток больше известен под названием метеорного дождя из-за того, как он выглядит при входе в атмосферу Земли. Некоторые частицы сохранялись в атмосфере. Одно время их «вылавливали» в стратосфере; они дали исследователям первую информацию о составе и структуре кометной пыли.

С метеорным потоком кометы Галлея Земля встречается два раза в год, поэтому дважды в год возникают соответствующие метеорные дожди: Ориониды в октябре и эта-Аквариды в мае.

При пролете «Джотто» сквозь кому пыль покидала ядро со скоростью от 3 до 10 т в секунду. Эта оценка основана на измерениях (с помощью прибора DID) размера и массы пылевых частиц, с которыми сталкивался аппарат, и на измерении при помощи прибора GRE замедления скорости полета зонда. Если комета теряет такое количество своей массы только на протяжении нескольких месяцев, при прохождении вблизи Солнца, то на каждом витке орбиты она должна терять около 100 млн. тонн. Так как масса кометы составляет примерно 100 млрд. тонн, она еще вернется к нам несколько сотен раз!

Пылеударные анализаторы на борту «Джотто» (PIA), «Веги-1» и «Веги-2» анализировали химический состав тысяч пылевых частиц диаметром от 0,1 до 10 мкм. Пыль представляет собой смесь легкого вещества, состоящего из водорода, углерода, азота и кислорода, и тяжелого каменистого материала, состоящего в основном из магния, кремния, железа и кислорода.

В разных частицах пыли соотношение легкой и каменистой компонент сильно колеблется. Удивительным было то, что легкая компонента сохраняется достаточно долгое время при нагревании пылевых частиц Солнцем. Очевидно, некоторая часть легкой составляющей находится в форме полимеризованных органических соединений, действуя, по-видимому, как клей, который связывает мелкие частицы в более крупные. Чрезвычайно малый размер пылевых частиц, а также



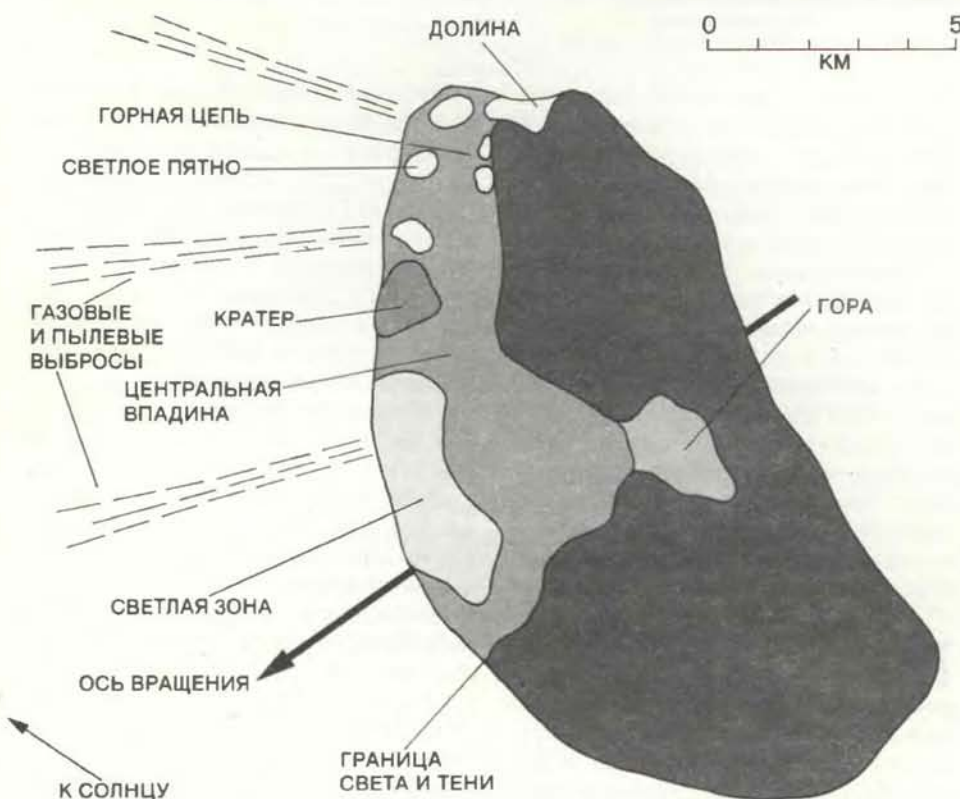
ЧАСТИЦА БРАУНЛИ — это частица пыли, найденная в атмосфере Земли и, возможно, попавшая в нее из пыли, выброшенной кометой в межзвездное пространство. Состав частиц Браунли соответствует составу каменистой компоненты пылевых частиц кометы. Из-за своей рыхлой структуры они имеют довольно низкую плотность (примерно 1 г/см^3), несмотря на каменистый состав. Белая полоска внизу соответствует расстоянию в 1 мкм ($1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$).

их физические и химические характеристики напоминают некоторые модели, описывающие межзвездную пыль (см. статью: Дж. Мейо Гринберг. Межзвездная пыль: строение и эволюция, «В мире науки», 1984, № 8).

Относительное содержание изотопов химических элементов — углерода, магния, кремния и железа — в кометной пыли полностью согласуется с относительным содержанием этих изотопов в целом в Солнечной системе. Точно такое же согласование было обнаружено и в отношении газовой фазы. Это указывает на то, что пыль в комете Галлея образовалась из того же материала, что и остальная Солнечная система.

БЕЗ СОМНЕНИЯ, кульминацией полета «Джотто» к комете Галлея явилось его сближение с источником газа и пыли — самим ядром. До полетов к комете Галлея ядро еще не фотографировали, поскольку ядра относительно малы и скрыты комой. Тем не менее исследования кометных ком позволили получить значительное количество информации и о ядрах.

Полеты к комете Галлея блестяще подтвердили основные положения общепринятой модели кометного ядра — модели «грязного снежного кома». Эта модель была разработана 40 лет назад американским астрофизиком Фредом Л. Уипплом. В качестве первого допущения он принял, что ядро представляет собой твердое тело, состоящее из водяного льда, других веществ в форме льда и частиц пыли. Уиппл предположил, что ядро — это не плотный объект, а рыхлая структура. Он далее предположил, что сторона ядра, обращенная к Солнцу, равномерно испускает газ и пыль с большой площади. Снимки с «Джотто» подтвердили основные черты модели Уиппла, но и обнаружили некоторые неожиданные факты. Так, поверхность кометы Галлея не однородна, а содержит большое количество углублений. Яркие джеты, или потоки газа и пыли, вырываются с поверхности ядра. Более того, данные химического анализа, полученные «Джотто» и «Вегами», показывают, что в действительности ядро состоит из трех компонент: льдов, каменистых



ЯДРО КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ, сфотографированное многоканальной камерой с борта аппарата «Джотто». Изображение получено наложением шести фотографий. Цвет введен искусственно. Внизу показаны характерные области ядра.

составляющих и огнеупорных легких веществ, которые, возможно, содержат полимеризованные органические соединения.

По фотографиям были установлены размеры ядра: примерно $16 \times 8 \times 8$ км. По форме ядро напоминает земляной орех или картофелину. На основе снимков с «Джотто» и «Веги-1» была построена трехмерная модель ядра кометы Галлея; объем ядра составляет примерно 500 км^3 . Если принять во внимание, что масса ядра равна 100 млрд. тонн, то плотность лежит в пределах от 0,1 до 0,3 г/см³.

Площадь поверхности ядра оказалась в четыре раза больше, чем думали раньше. Это означает, что альbedo ядра (отраженная доля падающего света) значительно ниже, чем первоначально предполагалось. Низкое альbedo (4%) говорит о том, что комета Галлея является самым темным из всех известных тел Солнечной системы.

Другим удивительным фактом является то, что джеты испускаются с относительно небольшой части (примерно 10%) общей площади поверхности ядра. Около 90% площади поверхности ядра во время наблюдений было неактивно. Большая часть поверхности ядра покрыта твердым слоем неизвестной структуры и толщины. До полетов к комете было известно, что джеты — это источники газа и пыли, но их ключевая роль была понята только на основе анализа снимков с космических аппаратов. Теперь считается, что практически весь газ и вся пыль испускаются из ядра в виде джетов.

КОНЕЧНОЙ ЦЕЛЬЮ анализа газа и пыли в коме является определение химического состава ядра. Химический состав комы не обязательно тот же, что у ядра, так как состав газа и пыли, вырывающихся из ядра в виде джетов, может зависеть от условий в месте образования джетов. Тем не менее смесь элементов, которые содержались в веществе, испускавшемся кометой во время пролетов «Веги-1», «Веги-2» и «Джотто», дала ценную информацию о составе ядра, и на ее основе уже можно сделать некоторые выводы.

Во-первых, содержание летучих элементов оказалось значительно выше, чем на Земле и в метеоритах. Это согласуется с гипотезой о том, что кометы образовались в отдаленных холодных областях солнечной туманности.

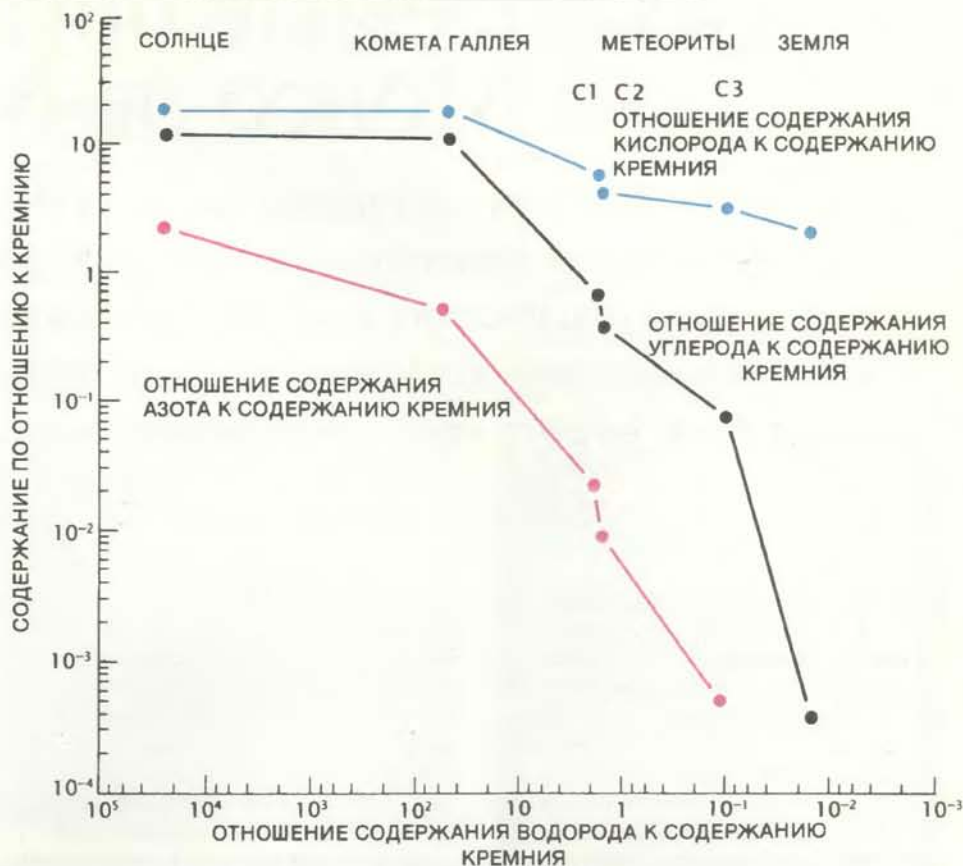
Во-вторых, примечательным является относительное содержание углерода, азота и молекул, включающих эти элементы. В богатой водородом среде солнечной туманности проявляется тенденция к образованию таких соединений, как метан и аммиак, в ко-

торых углерод и азот связаны с атомами водорода, т. е. их содержание уменьшается. Было удивительно, что в веществе, выбрасываемом кометой, относительное содержание этих двух соединений сравнительно невелико. Вместо этого значительная часть углерода присутствует в форме оксидов (связана с атомами кислорода), а азота содержится гораздо меньше, чем ожидалось. Это указывает на то, что химические реакции в солнечной туманности не слишком сильно изменили углерод- и азотсодержащие молекулы.

В сущности, эти данные напоминают то, что можно было бы ожидать в плотных межзвездных облаках, где из-за низких температур механизм химических реакций необычен. В этих межзвездных облаках нейтральные молекулы не могут непосредственно взаимодействовать друг с другом. Химическая природа процессов при этом определяется в основном реакциями между нейтральными молекулами и малыми количествами ионов. Как следствие этого, в газовой фазе облаков азот обнаруживается в основном в молекулярной форме, углерод — в форме монооксида углерода или родственных соединений, а молекулы жидкой фазы богаты дейтерием (тяжелым изотопом водорода).

Эти особенности химического состава ярко выражены в смеси летучих веществ в комете Галлея. В воде кометы содержится дейтерия на 5-10% больше, чем в целом в межзвездной среде. Группа ученых, занимавшихся интерпретацией данных, зафиксированных прибором NMS, обнаружила, что большое количество углерода содержится в виде монооксида углерода. Малое относительное содержание азота отражает ту особую химическую форму, которую он принимает в межзвездных облаках. Молекулярный азот трудно связывается или переводится в жидкое состояние; или этот азот был потерян кометой, или же он с самого начала не входил в состав ее вещества.

Эти данные — после уточнения и дальнейшего анализа — должны помочь нам узнать происхождение Солнечной системы. По крайней мере во внешних областях Солнечной системы физические и химические процессы были настолько слабо выраженными, что химические связи более «старые», чем Солнце, «пережили» формирование солнечной туманности (и, конечно, формирование кометы Галлея). Следовательно, знание химической природы комет позволяет установить связь между Солнечной системой и ее древним предком — безымянным и темным давно рассеявшимся межзвездным облаком.



ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ основных элементов в веществе, испускаемом кометой Галлея в сравнении с их содержанием в других телах. Отношение массы пыли к массе газа в источнике (самой комете) принималось равным 2:1. Относительное содержание элементов в комете близко к их содержанию на Солнце, чего нельзя сказать о Земле и трех классах метеоритов, известных как углистые хондриты. Этот результат подтверждает гипотезу о том, что комета состоит из очень примитивного материала, из которого исчезли только летучие элементы: водород и азот.

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ отметим, что результаты, полученные зондами, которые были посланы к комете Галлея, представляют собой важный шаг вперед в нашем понимании природы комет и Солнечной системы в целом. В дальнейшем, безусловно, должны быть запущены зонды к другим коме-

там. В частности, данные, переданные «Джотто» из глубины комы кометы Галлея, показывают целесообразность организации проекта по доставке образцов кометного вещества на Землю для последующего анализа современными лабораторными методами.

Подписка на журнал

В МИРЕ НАУКИ

принимается во всех отделениях «Союзпечать».

Цена одного номера 2 р., цена подписки
на квартал — 6 р., на год — 24 р.,
индекс журнала 91310

по «Каталогу газет и журналов зарубежных стран»,
раздел «Переводные научные и научно-технические
журналы».



Ископаемые организмы из Монсо-ле-Мина

Около 300 млн. лет назад часть материка, где сейчас располагается центральная Франция, лежала на экваторе.

Палеоэкологическая картина того давно ушедшего мира восстановлена сейчас по хорошо сохранившимся окаменелостям из богатейшего «месторождения» ископаемых остатков

ДЭНИЭЛЬ ЭЙЛЕР, СЕСИЛЬ М. ПОПЛЭН

ОКОНЧАНИЕ палеозойской эры около 300 млн. лет тому назад ознаменовалось большими переменами. Завершался каменноугольный период (карбон) — тот самый, когда материки в виде нескольких массивов суши были скучены возле экватора, а жаркий, насыщенный влагой воздух благоприятствовал произрастанию заболоченных лесов, от которых остались залежи каменных углей. Земля стояла на пороге пермского периода, когда влажному жаркому климату предстояло смениться климатом попрохладнее и посуше, а пресмыкающимся — первым отдаленным предкам млекопитающих — суждено было приступить к заселению континентов.

Территория центральной Франции в те времена представляла собой расчлененную, всхолмленную местность. Холмы, поросшие гигантскими папоротниками и хвойными деревьями, перемежались с низинами, испещренными реками, озерами и лагунами. По суше ползали и карабкались многоножки, скорпионы, насекомые, земноводные, напоминавшие саламандр, и пресмыкающиеся; воды кишели червями, ракообразными, моллюсками, примитивными акулами и костными рыбами. Когда все эти твари погибали, тела их опускались на дно болотных водоемов, где сохранялись и в конце концов окаменевали.

Некоторые из этих окаменелых остатков растений и животных были извлечены на свет божий в 19-м столетии в Монсо-ле-Мине — каменноугольном бассейне северо-восточнее Центрального массива (палеозойского горного поднятия примерно того же возраста, что и Аппалачи). И все-таки подлинных масштабы давно известной залежи окаменелостей стали ясны каких-то 10 лет назад — тогда, когда угольные пласты Монсо стали разрабатывать открытым способом. Сейчас многие палеонтологи сходятся во мнени-

нии, что эти богатейшие находки — одно из самых крупных открытий минувшего десятилетия. Предвидя неминуемое разрушение залежи, к угольному разрезу поспешили местные палеонтологи-любители. Они проводили там все выходные дни, торопясь уберечь ископаемый материал от угрожающей ему землеройной техники.

В сотрудничестве с Палеонтологическим институтом Музея естественной истории в Париже и Музеем естественной истории в Отене (недалеко от Монсо) они собрали 7 тыс. сланцевых плит и более 100 тыс. желваков, в большинстве которых содержались окаменелые остатки организмов. Сведения о местонахождении и расположении каждого из найденных желваков подробно и тщательно записывались, чтобы впоследствии, после определения окаменелостей, можно было восстановить картину их пространственного размещения в захоронениях. Такие способы ведения раскопок столь древних отложений были тогда применены впервые.

Сейчас брошенная выработка уже завалена пустой породой, а огромная работа по изучению спасенных окаменелостей продолжается до сих пор. Из собранных желваков вскрыта примерно четверть, и из числа вскрытых почти в 22 % обнаружены хорошо сохранившиеся окаменелые животные. Степень сохранности многих образцов оказалась превосходной; были среди них и такие животные, как нимфы насекомых и черви с мягкими покровами, в ископаемом состоянии встречающиеся нечасто. Усилия по изучению находок поддержал Национальный центр научных исследований (НЦНИ), а координацией работ занимались авторы статьи. Благодаря этим усилиям для исследования окаменелостей удалось собрать группу специалистов из разных стран. Исследователи смогли воссоздать основные особенности обитавших на

месте раскопок животных и растений и условий их существования. На сегодняшний день выявлены и определены почти 300 видов растений (включая определенные по остаткам пыльцы) и около 30 родов животных, представляющих 16 классов.

Изученные окаменелости соответствуют отрезку геологического прошлого, охватывающего конец каменноугольного периода и начало пермского. В то время господствовавший ранее в районе Монсо тропический климат начал уступать место климату более умеренному; эти перемены сопровождалась преобразованиями растительности и животного мира, сделавшими их лучше приспособленными к более засушливому климату. Таким образом, накопившиеся в те времена осадки и окаменелости представляют собой летопись, в которой зафиксирована последовательность видов живых существ в течение одного из критических периодов истории Земли.

ОКАМЕНЕЛОСТИ бассейна Монсо — это либо отпечатки на сланцевых плитах, возникшие при расплющивании растений и животных толщами ила, либо желваки. Процесс образования желваков пока что не вполне понятен; полагают, однако, что организм может выступать в роли некоего «ядра», вокруг которого скапливается тонкий ил, впоследствии превращающийся в желвак. Подобные окаменелости известны и из других раскопов — как однообразных (как, например, знаменитый Мейсон-Крик близ Чикаго), так и более поздних (как триасовый раскоп на Мадагаскаре и меловой в штате Сеара в Бразилии). Ископаемые остатки в желваках более объемны и потому дают более ясное представление о форме и строении тел организмов.

Количество животных сильно меняется от группы к группе. Впрочем,

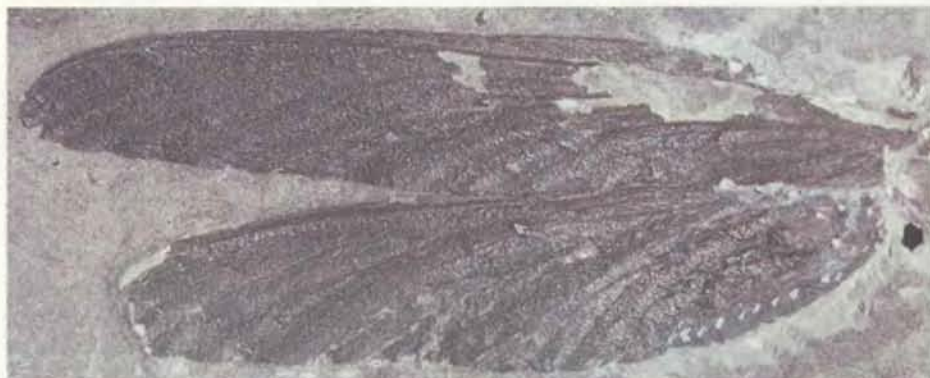
о численности животных, населявших в свое время территорию бассейна, по этим данным судить нельзя. Причин тому несколько. Во-первых, «мягкотелые» животные сохраняются обычно намного хуже животных, обладающих какими-либо твердыми частями (скажем раковиной или внутренним скелетом). Во-вторых, вскрышные работы велись так быстро, что собрать все окаменелости не удалось. И наконец, угольный разрез представляет собой всего лишь часть целого геологического бассейна. Тем не менее число, разнообразие и степень сохран-

ности находок ставят Монсо-ле-Мин в один ряд с другими богатейшими раскопами — уже упомянутым раскопом в Мейсон-Крике и раскопом в Бер-Галче, шт. Монтана, фауна которого примерно на 15 млн. лет старше.

В Монсо нижние слои отложений соответствуют верхнему карбону. Начался каменноугольный период 345 млн. лет назад и продолжался около 65 млн. лет. Именно ему современный мир обязан запасами угля. Затем последовал пермский период, начавшийся 280 млн. лет назад и продолжавшийся 50 млн. лет. Климат в

это время сделался прохладнее и суше, в связи с чем образование угля замедлилось. Вот почему каменные угли пермского возраста редки. Переход от карбона к перми не ознаменован никаким геологическим катаклизмом и соответственно не отмечен и никакой стратиграфической границей. Для датирования слоя осадочной породы этой переходной эпохи приходится обращаться к палеонтологии (и в особенности к палеоботанике).

Возраст отложений в Монсо удалось установить не столько по ископаемой фауне, сколько по ископаемой



ЖИВОТНЫЕ, жившие 300 млн. лет назад, сохранились в виде окаменелостей, найденных в раскопе Монсо-ле-Мин. Передние и задние крылья (вверху слева) принадлежат вымершему насекомому *Microdictya heyleri*. Нимфа таракана (внизу слева) — одна из множества найденных в раскопе нимф насекомых. Онихофора (вверху справа) — необычное животное, обладающее особенностями как кольчатых червей, так и членистоногих. Палеозойский скорпион (внизу справа) похож на своих нынешних потомков; на окаменелости можно различить жало и капсулу, содержащую яд.



ОТКРЫТАЯ ВЫРАБОТКА в Монсо-ле-Мине (примерно в 300 км к юго-востоку от Парижа) обнажила угленосные пласты, содержащие ископаемые остатки многочисленных организмов. За два года местные палеонтологи-любители извлекли из карьера около 7 тыс. сланцевых плит и 100 тыс. желваков.

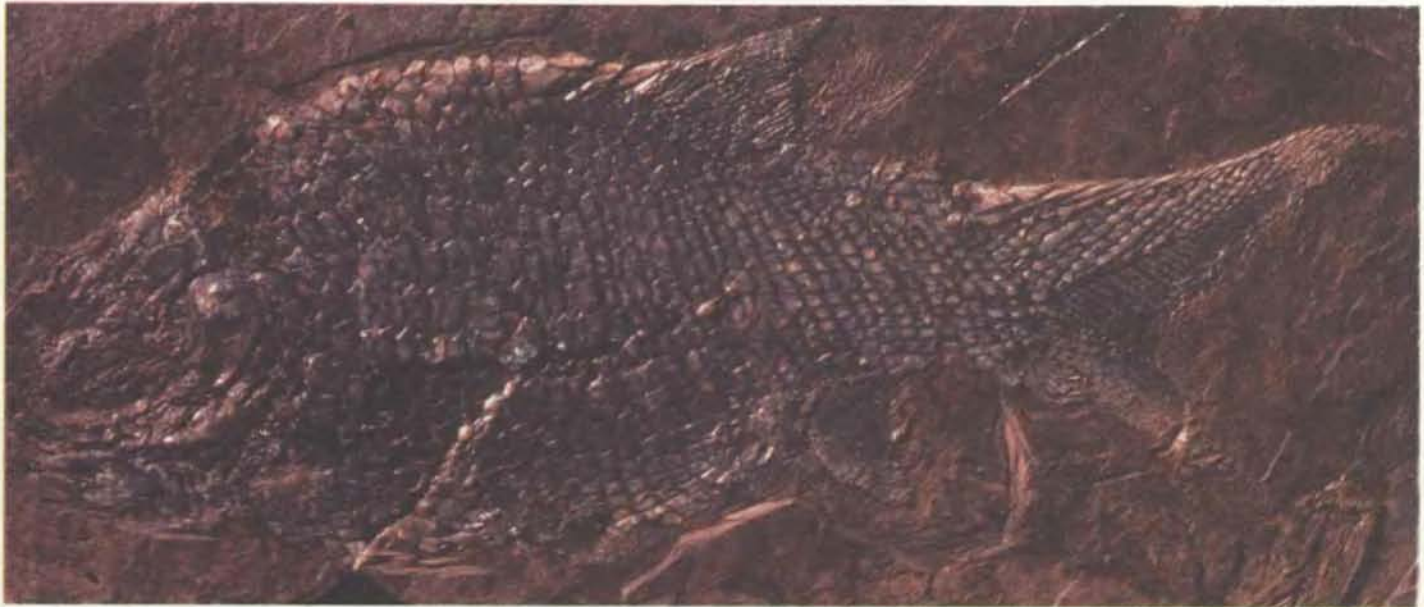


КАЛАМИТЫ (слева), напоминавшие современные хвощи, в карбоновом лесу достигали высоты деревьев. Ни цветков, ни семян у них не было и воспроизводились они при помощи спор. Гигантский семенной папоротник (справа) воспроизводился с помощью крошечных семяподобных образований — семяпочек.

флоре. Нижние слои отнесены к стефанскому ярусу (верхнему ярусу карбоновой системы), а верхние — к отенскому (нижнему ярусу пермской системы). Прослеживаемая во всей толще отложений Монсо эволюция флоры свидетельствует о том, что на стыке каменноугольного и пермского геологических периодов произошло изменение климата.

Осадочные породы разреза Монсо изобилуют ископаемыми остатками растений. Почти 300 видов принадлежат к древним группам, предшествовавшим обычным ныне семенным растениям. Некоторые походят на гигантские хвощи и папоротники (в карбоновом лесу это были настоящие деревья). В Монсо от этих растений осталось несколько стволов (лежавших там же, где они некогда упали) и множество листьев. Воспроизводились они посредством спороношения. Весьма распространенные в те времена растения из рода *Alethopteris* тоже напоминали гигантские папоротники, однако для воспроизводства они располагали семяподобными органами — семяпочками. Растения этой группы, существовавшие главным образом в карбоне и перми, известны под названием семенных папоротников. Значение их для понимания эволюции семенных растений очень велико. В то же самое время существовали и более эволюционно продвинутые растения — такие, например, как появившиеся в верхнем карбоне первые хвойные деревья. По мере перехода ко все более молодым слоям в Монсо наблюдается постепенное вытеснение хвойными растениями прочих групп, что, по-видимому, указывает на установление в соответствующее время более сухого и прохладного климата.

СРЕДИ ПРОЧИХ групп найденных в Монсо ископаемых животных своей высокой численностью и хорошей сохранностью резко выделяются членистоногие. К концу каменноугольного периода этот тип уже разветвился примерно на полдюжины примитивных классов. Наиболее многочисленны, конечно же, членистоногие водные: на одних только ракообразных приходится 43 % изученных к настоящему времени окаменелых остатков членистоногих. Ископаемых ракообразных изучали С. Секретан из Музея естественной истории в Париже, Ф. Шрам из Музея естественной истории в Сан-Диего и У. Рольф из Университета Глазго. Среди ископаемых набралось 2 тыс. экземпляров синкарид — примитивных существ, похожих на креветок и доживших до наших дней, и остракод (ракушковых раков) — крошечных рачков с двустворчатыми раковинка-



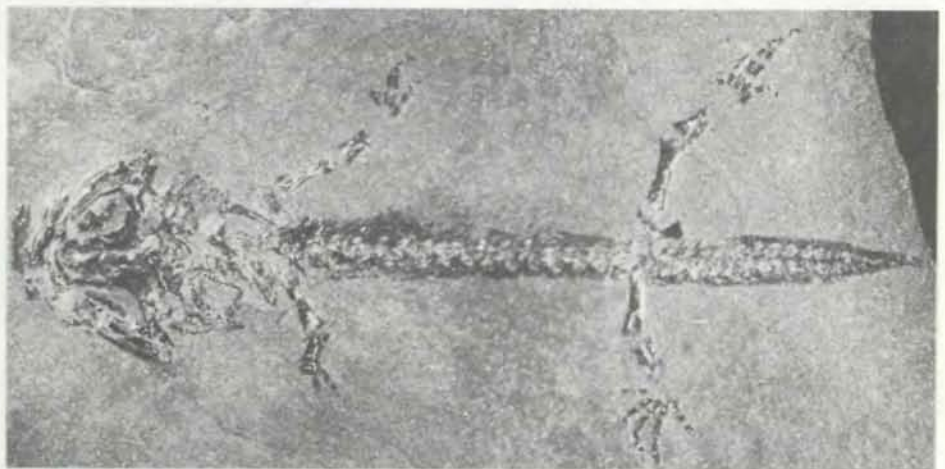
ИСКОПАЕМЫЕ ЛУЧЕПЕРЫЕ РЫБЫ были известны из отложений Отенского бассейна; позднее похожие окамене-

лости нашли и в Монсо (примерно в 50 км от Отена). Озера обоих бассейнов, по-видимому, некогда соединялись.

ми, также существующих по сию пору и в соленых, и в пресных водах. Р. Фей из французского Бюро геологических и минералогических исследований изучил остатки других ракообразных с двусторчатыми раковинами — эстерий.

Внимание специалистов сразу же привлекли найденные в отложениях Монсо остатки зутикарциноидов — представителей редкой группы водных членистоногих, внешне напоминающих хвостатых многоножек. Находки эти впоследствии привели к обнаружению ископаемых представителей того же самого рода (*Sottyxerxes*) в Мейсон-Крике. Найдены в Монсо и 45 окаменелых мечехвостов — уже определенных, но пока не изученных (к этой же группе принадлежат и современные мечехвосты).

Среди наземных членистоногих из отложений Монсо можно встретить представителей основных групп, существующих и поныне. Это многоножки, исследованные Дж. Олмондом из Кембриджского университета, а также пауки и скорпионы. Ископаемых скорпионов изучал один из авторов (Эйлер), а также его коллега из Музея естественной истории в Париже — М. Вашон. У многих из этих скорпионов прекрасно сохранились жала и капсулы, в которых находился яд. Найденны были и наземные членистоногие из вымершей группы артроплеврид. Они похожи на огромных мокриц и известны исключительно из отложений каменноугольных бассейнов карбонового возраста. Пять ископаемых особей из Монсо, исследованных Д. Бриггсом из Бристольского университета, — это самые мелкие и наиболее сохранные из известных в



ОКАМЕНЕВШИЕ СЛЕДЫ (вверху) древнего земноводного или пресмыкающегося. Хвост животного оставил бороздку. В отложениях каменноугольного периода найдено целое скопление личинок древнего земноводного — брахиозавра (в середине). Длина личинки, напоминающей головастика современной амфибии, — 2 см. Остатки брахиозавров повзрослее — с отросшими конечностями (внизу) — в Монсо находят чаще. Длина изображенного экземпляра — 7 см.

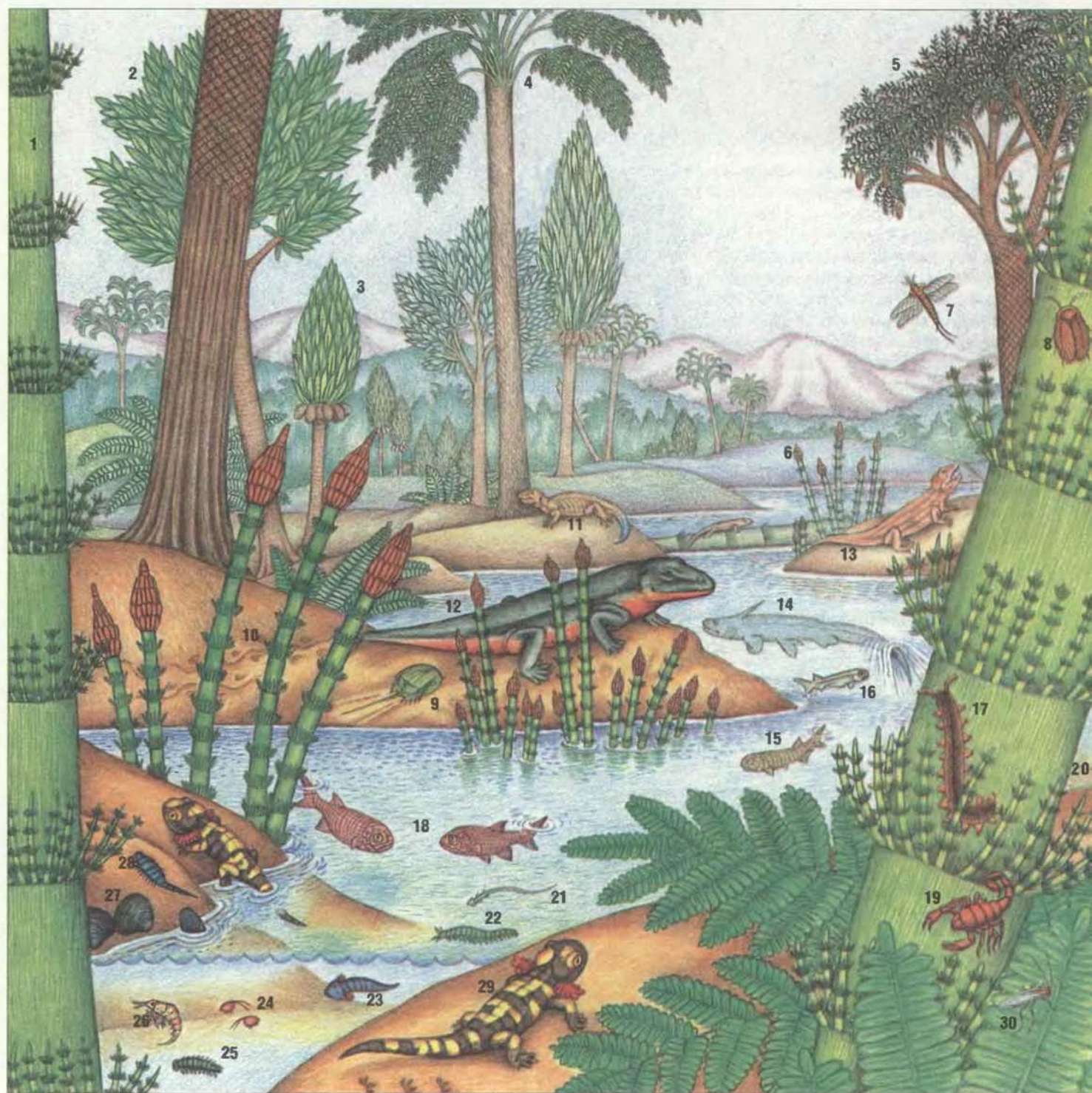
настоящее время экземпляров артроплеврид; они, судя по всему, принадлежат к неизвестному ранее виду.

Поражают своим разнообразием ископаемые насекомые (их изучением занимался Л. Бернхам из Гарвардского университета). Первое появление насекомых в палеонтологической летописи приурочено к нижним слоям верхнего карбона, т. е. к времени, отстоящему от нас примерно на 320 млн. лет. И все же в отложениях Монсо (а самые древние из них захватили времена лишь на 20 млн. лет

позже) насекомые уже представлены восемью отрядами. Эти находки относятся к тем временам, когда мир населявших сушу растений и прочих наземных живых существ становился все более и более разнообразным, и приоткрывают завесу, скрывавшую один из существенных этапов эволюции насекомых. В Монсо собрано множество остатков неполовозрелых насекомых; на многих из них сохранились следы развивавшихся крыловых зачатков. Есть основания полагать, что ведущееся в настоящее время изу-

чение этих нимфальных форм поможет пролить свет на эволюцию крыльев насекомых.

Поразительным открытием стало обнаружение двух окаменелых онихофор — животных, с виду напоминающих крупных гусениц. В наше время они исключительно редки и водятся в Центральной Америке, Карибском бассейне и Индо-Австралийском регионе. На установление их родства изведено изрядное количество чернил; дело в том, что они наделены чертами, роднящими их как с кольчатыми



РАЗНООБРАЗНЫЕ ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА населяли в конце каменноугольного периода жаркую, сырую местность, лежавшую там, где теперь находится Центральный массив

(Франция). Вся эта область была покрыта холмами, усеяна озерами и изрезана реками. Ископаемые остатки позволяют предположить, что животные и растения жили в эстуа-

червями, так и с членистоногими, и одно время считались вероятными предками всех членистоногих. Теперь гипотеза эта, судя по всему, отброшена. Как бы то ни было, онихофоры — это подлинные живые памятники раннего палеозоя: строение их в течение почти 500 млн. лет подверглось, по всей видимости, лишь незначительным изменениям.

Среди прочих беспозвоночных были и двусторчатые моллюски (их изучал К. Бабен из Брестского университета). Все эти животные, остат-

ков которых в отложениях Монсо найдено великое множество, принадлежат к одному-единственному виду — *Anthraconaia lusitanica*. В свое время он расселялся по Европе очень широко — от территории современной Польши до Иберийского полуострова. Этот моллюск — одно из тех классических ископаемых, по которым содержавшие их слои отложений разреза Монсо удалось отнести к верхнему карбону. Куда необычнее была другая находка — остатки многощетинковых кольчатых червей (животных с сегментированным телом, обладавших, как правило, торчащими из каждого сегмента мясистыми лопастевидными отростками). Тела их целиком состояли из мягких тканей, но благодаря исключительно благоприятным условиям «хранения» внутри желваков до нас дошли 72 экземпляра.

НАЙДЕННЫЕ В Монсо ископаемые позвоночные принадлежат по меньшей мере к четырем классам: костных рыб, хрящевых рыб, земноводных и пресмыкающихся. Наиболее многочисленны рыбы. Челюстножаберные рыбы относятся к древнейшим челюстноротым в этой палеонтологической летописи. Эти загадочные рыбы напоминают как лучеперых, так и акул. Плавники их поддерживались острыми колючками, и тому, кто попытался бы их заглотить, они пришлось бы не по вкусу. Примерно 250 млн. лет тому назад эти рыбы исчезли, не оставив потомков.

Вторая группа рыб — акулородные (ксенакантиды), дальние родственники предков современных акул. В конце карбона и начале перми эти пресноводные хищники в большом количестве рыскали по водоемам каменноугольных топей. Для своего времени они были гигантами: их длина достигала 3 м. Те же, что найдены в Монсо, довольно невелики — не больше метра. Многочисленные заостренные зубы выдают в них завзятых охотников. На затылке у них имеется очень прочный зубчатый шип — скорее всего, он служил орудием защиты.

Третья группа рыб — лучеперые, представленные в Монсо восемью видами. Внешне они напоминают своих отдаленных потомков (таких, например, как карпы, сардины и тунцы), но обладают множеством примитивных черт. К числу последних относятся особенности строения черепа, а также наличие покрова из толстых, покрытых эмалью чешуй, который, должно быть, придавал этим рыбам весьма грозный вид.

Ископаемые земноводные из отложений Монсо похожи на мелких сала-

мандр. В одном месте из породы была извлечена целая группа окаменелых личинок с жабрами, походящих на головастиков современных амфибий. Куски более крупных скелетов, найденные в других местах разреза Монсо, принадлежали, по-видимому, взрослым животным — вроде тех, что известны из других захоронений того же возраста. Все прочие находки остатков костей земноводных и пресмыкающихся в разрезе Монсо очень немногочисленны.

При всем при том этим существам удалось-таки оставить множество отпечатков лап, которые сохранились на сланцевых плитах. Такими следами отмечены древние береговые линии озер и лагун и речные русла. В отличие от остатков животных, подчас уносимых далеко от того места, где они поначалу лежали, следы со дня своего возникновения остаются на одном месте. На них можно различить отпечатки пальцев и когтей, а также извилистые борозды, пропавшие тащившимися по грязи хвостами, когда животные пробирались к воде. Коллекция следов четвероногих животных из отложений Монсо показывает, что там сосуществовали земноводные и пресмыкающиеся множества видов. Число отпечатков, однако, ничего не говорит о действительной численности популяции того или иного вида: в самом деле, всего лишь за день одно-единственное животное могло наследить весьма изрядно.

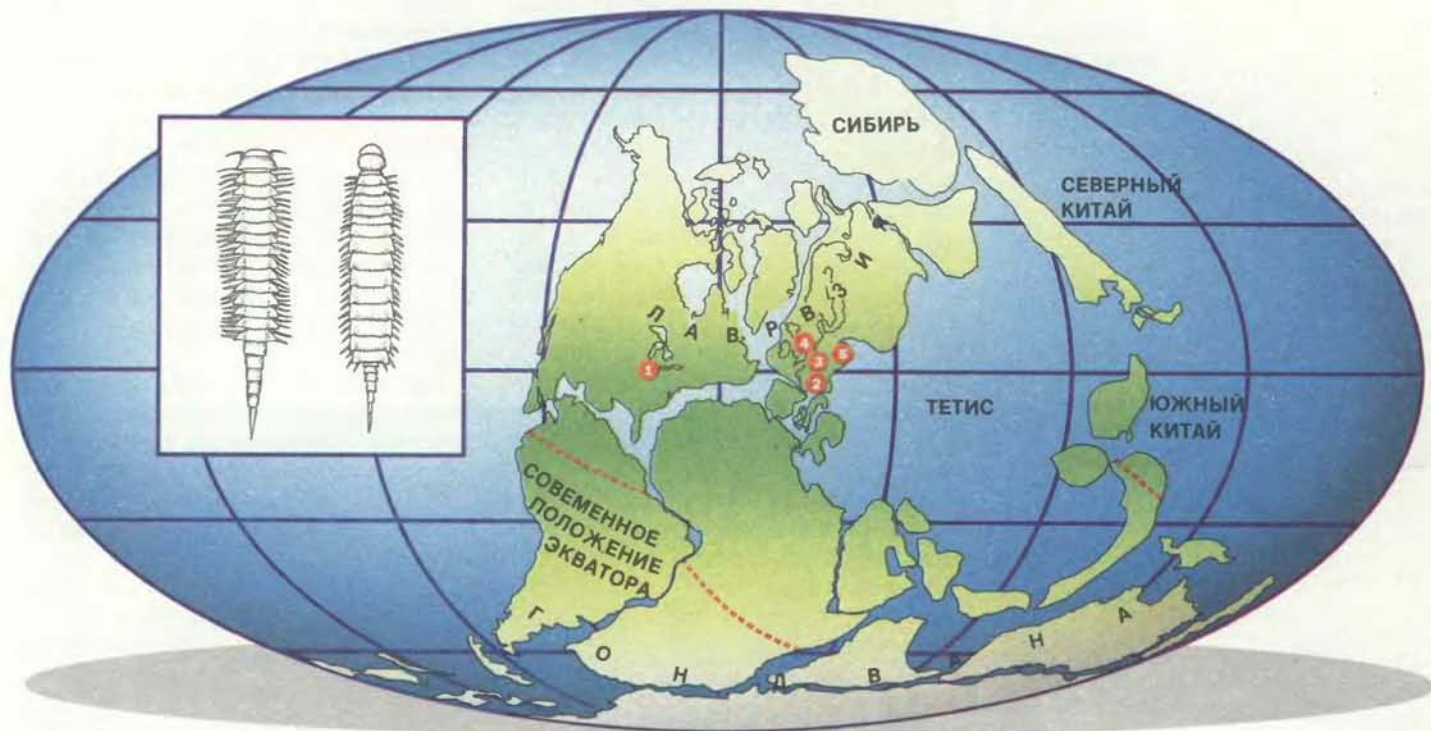
Отпечатки оставляли не только животные. Наши коллеги нередко находили также отпечатки капель дождя, окаменелые отметины ряби, оставленные текущей водой, и трещиноватые узоры рассыхающейся глины. Все это — важные признаки особенностей климата: они указывают на то, что засушливые периоды чередовались с периодами дождей. Такого рода окаменелости хранят следы изменений, происходивших за очень небольшое время — сезон, неделю, а то и одни сутки.

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЛА собой среда обитания тех растений и животных, остатки которых найдены в Монсо? Фаунистические свидетельства на этот счет противоречивы. Многие из обнаруженных животных — такие, например, как многощетинковые черви и некоторые из водных членистоногих — существовали, подобно их ныне живущим потомкам, в соленой воде. Кроме того, окаменелости, сходные с найденными в Монсо, обнаружены и в заведомо морских отложениях в Мейсон-Крике. Тем не менее другие водные животные характерны для озерных местообитаний — вообще говоря, пресноводных. Онихофо-



1. *CRUCICALAMITES* (ГИГАНТСКИЙ ХВОЩ)
2. *CORDAITES* (ДРЕВНЕЕ ГОЛОСЕМЕННОЕ РАСТЕНИЕ)
3. *SIGILLARIA* (ПЛАУН)
4. *PECOPTERIS* (СЕМЕННОЙ ПАПОРОТНИК)
5. *LEPIDODENDRON* (ПЛАУН)
6. *STYLOCALAMITES* (ГИГАНТСКИЙ ХВОЩ)
7. *MICRODISTYA HEYLERI* (ВЫМЕРШЕЕ НАСЕКОМОЕ)
8. ТАРАКАН
9. МЕЧЕХВОСТ
10. СЛЕДЫ НАЗЕМНОГО ЧЕТВЕРОНОГО ЖИВОТНОГО
11. *STEREORACHIS DOMINANS* (ПРЕСМЫКАЮЩЕЕСЯ)
12. *ACTINODON FROSSARDI* (ЗЕМНОВОДНОЕ)
13. *CALLIBRACHION GAUDRYI* (ПРЕСМЫКАЮЩЕЕСЯ)
14. *XENACANTHUS* (АКУЛОПОДОБНАЯ РЫБА)
15. *SOMMENTRYA* (ЛУЧЕПЕРАЯ РЫБА)
16. *ACANTHODES* (ЧЕЛЮСТНОЖАБЕРНАЯ РЫБА)
17. ОНИХОФОРА
18. *AUDUELLA BLAINVILLEI* (ЛУЧЕПЕРАЯ РЫБА)
19. *BUTHISCORPIUS* (СКОРПИОН)
20. *VOTRYOCOCUS* (БАКТЕРИЯ)
21. *SAURAVUS SAMBRAYI* (ПРЕСМЫКАЮЩЕЕСЯ)
22. МНОГОЩЕТИНКОВЫЙ ЧЕРВЬ
23. ГОЛОВАСТИК ЗЕМНОВОДНОГО *BRANCHIOSAURUS*
24. ОСТРАКОДА (РАКУШЕЧНЫЙ РАЧОК)
25. АРТРОПЛЕВРИДА
26. *PALAEOCARIS* (СИНКАРИДА)
27. *ESTHERIA* (РАКООБРАЗНОЕ С ДВУСТВОРЧАТОЙ РАКОВИНОЙ)
28. *KOTTIXERXES GEREM* (ЭУТИКАРЦИНОИД)
29. *BRANCHIOSAURUS* (ЗЕМНОВОДНОЕ)
30. *APSIDONEURA SOTTUYI* (НАСЕКОМОЕ)

рии. На приведенном здесь воображаемом пейзаже масштаб животных и растений не соблюден.



МАССИВЫ СУШИ в позднем карбоне лежали значительно южнее, чем в настоящее время, и были объединены в составе двух праматериков: Лавразии (расколовшейся впоследствии на Северную Америку, Европу и основной массив Азии) и Гондваны (распавшейся позднее на Африку, Антарктиду, Австралию, Южную Америку и Индию). В те времена участки суши, где сейчас находятся Мейсон-Крик (1), Монсо-ле-Мин (2), Саарский бассейн (3), Великобритания (4) и Чехия (5) (места палеонтологических раскопов), находились поблизости от экватора. Мейсон-Крик был ближе к Европе, чем в наши дни, что и объясняет сходство его иско-

паемой фауны с ископаемыми фаунами Европы. Открытие в отложениях Монсо-ле-Мина нового вида эутикарциноидов — *Sottyxerxes multiplex* (в квадрате слева) побудило палеонтологов вновь пересмотреть окаменелости из Мейсон-Крика, среди которых были распознаны остатки членистоногих родственного вида — *Sottyxerxes piekoe* (в квадрате справа). На карте территория нынешнего Китая разделена на северный и южный блоки; согласно другой гипотезе, выдвинутой недавно палеоботаниками, эти блоки состыковались гораздо раньше — уже в начале каменноугольного периода.

ры в наши дни встречаются в сырых тропических лесах по берегам рек, а современные земноводные живут исключительно в пресных водах. Окаменелые остатки артроплеврид и эстерий известны из отложений европейских и североамериканских пресноводных бассейнов карбонового возраста. Наконец, не приходится сомневаться в том, что многоножки, пауки, скорпионы, насекомые и пресмыкающиеся — это животные в основном наземные.

Разобраться в такой запутанной картине природных условий окрестностей Монсо помогла все та же неприметная ракушка *Anthraconaia*. В Монсо обе створки раковины этого ископаемого моллюска обычно находят вместе — они бываю соединены замком. Замочное соединение непрочное, и его сохранность говорит о том, что раковины погибавших моллюсков перед захоронением нигде не перемещались. Не исключено даже и то, что в условиях быстрого накопления осадков неожиданному захоронению подвергались живые моллюски. Малые размеры находимых животных вкупе с продолговатой формой их раковин свидетельствуют о некоторой

обедненности местообитаний кормом. Высокая скорость осадконакопления и малокормность — признаки того, что окрестности Монсо лежали в эстуарии, где потоки пресной речной воды чередовались с солонатоводными приливами.

Набор ископаемых остатков водных животных проливает кое-какой свет и на современную ему географию более обширных регионов. Ископаемые рыбы из Монсо — близкие родственники тех, что извлечены из отложений озерных бассейнов расположенного неподалеку (менее чем в 200 км) Центрального массива. Временами все озера наверняка соединялись (вероятно, при разливах), что позволяло водным животным переселяться из одного места в другое. Когда же в очередной раз вода спадала, озера вновь разъединялись. Геолог, ведущий изыскания 300 млн. лет спустя, никаких видимых следов столь незначительных событий заметить не может, но палеонтологические свидетельства заставляют предположить, что различные водные местообитания должны были каким-то образом сообщаться между собой.

Коль скоро окрестности Монсо бы-

ли усеяны озерами, то где же было море? Большинство геологов считают, что в конце каменноугольного периода море находилось намного южнее Монсо. Чем же в таком случае объяснить, что в отложениях Монсо и Центрального массива находят морских животных? Возможно, разгадка такова: некоторые озера были солеными, ибо представляли собой остатки шельфовых морей, затоплявших всю область до того, как уровень океана понизился.

Ископаемая летопись Монсо содержит ясные указания на произошедший за охваченный ею период заметный климатический сдвиг. Сравнение с отложениями того же возраста из других мест свидетельствует о том, что явление это не было ни сугубо местным, ни региональным. Палеонтологический материал из Мейсон-Крика говорит в сущности о том же. Там сохранились отложения эстуарного бассейна, напоминающего Монсо, а обнажения охватывают пласт от вестфальского яруса включительно (этот ярус несколько старше древнейших слоев разреза Монсо) вплоть до нижней перми. Окаменелости из сходных раскопов, расположенных на тер-

риториях Великобритании, Чехии и Саарского бассейна в Германии, подтверждают все ту же гипотезу о климатическом сдвиге.

КАК ЖЕ ПОЛУЧИЛОСЬ, что в местах, ныне столь удаленных одно от другого, находят ископаемые остатки примерно одинаковых живых существ? Причина становится понятной при нанесении всех этих мест на палеогеографическую карту, отображающую расположение материков в конце каменноугольного периода. В ту пору Европа, Северная Америка и значительная часть Азии находились в составе одного массива суши, именуемого геологами Лавразией. Неширокое море (Тетис) отделяло Лавразию от Гондваны — обширного праматерика, состоявшего из будущих южных материков. Атлантического океана не существовало, отчего Мейсон-Крик был к Европе куда ближе чем в наше время; кроме того, места всех раскопов располагались поблизости от экватора. Вот этими-то обстоятельствами и объясняется «климатическое сходство» их ископаемых фаун.

С тех пор Лавразия и Гондвана удалились друг от друга и раскололись на современные материка. Между Европой и Северной Америкой пролегал Атлантический океан. А самое главное — материка переместились к северу (Австралия и Антарктида — исключение: они сместились к югу). Из-за этого экватор попал уже не на Лавразию, а на Гондвану, и в пермское время проходил южнее места раскопа Мейсон-Крик, Центрального массива, Саарского бассейна и территории современной Чехии. Такая последовательность событий объясняет наблюдаемую по отложениям Монсо картину изменения климата.

Теперь Монсо вместе с Мейсон-Криком и с раскопами в Чехии числится среди типовых, показательных раскопов, предназначенных для пояснения палеонтологической истории Лавразии на рубеже карбона и перми. Впереди, однако, еще много работы. Чердаки Музея естественной истории в Отене загромождены ящиками, в которых покоятся тысячи еще не вскрытых желваков. Изучение этого материала позволит составить весьма точное представление о существовавших в тех местах условиях жизни, осадконакопления, захоронения остатков организмов и образования окаменелостей. Поможет оно и выявить особенности строения организмов, что необходимо для восстановления эволюционной истории различных видов (а таких сведений об обсуждаемом периоде истории Земли исключительно мало). Может статься,

палеонтологи найдут остатки животных, известных по другим раскопам, но не встретившихся ранее в Монсо; такие находки обогатили бы наши по-

знания в палеогеографии. Всякое новое открытие будет что-то добавлять к нашим представлениям о развитии жизни на Земле.

Вниманию читателей!

Ф. Фогель, А. Мотульски

ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

В 3-х томах
Перевод с английского

Книга двух известных генетиков из ФРГ и США является фундаментальным учебником по генетике человека, охватывающем практически все основные направления этой области науки. Это издание может служить учебным пособием для студентов, начинающих изучать генетику человека, а также справочником для специалистов.

Содержание. Том 1: история изучения генетики человека; цитогенетика; законы наследственности. Том 2: молекулярная генетика; механизмы наследственных болезней обмена; популяционная генетика человека; механизмы мутагенеза. Том 3: эволюция человека; генетика поведения; практическое использование результатов генетических исследований в настоящем, перспективы

на будущее.

Из рецензий: «Уникальная сводка самых современных, тщательно разработанных и критически осмысленных данных о генетике человека. Без преувеличений можно утверждать, что аналогичных изданий до сих пор не было» (проф. Ю.П. Алтухов); «Хотя в последние годы в стране было издано несколько книг по медицинской генетике, перевод книги Фогеля и Мотульского, учитывая ее полноту, современность и высокий профессионализм, внесет очевидный вклад в развитие генетики человека и медицинской генетики в СССР» (акад. АМН СССР Н.П. Бочков, проф. Е.К. Гинтер).

Для генетиков, молекулярных биологов, антропологов, врачей, а также для студентов — медиков и биологов.

1989-1990, 98 л. Цена 8 р. 10 к. за комплект.

Чтобы получить все три тома этой книги вы должны направить заказ в магазин научно-технической литературы до конца 1988 г.

Издательство заказы не принимает



Плазменное напыление покрытий

Горячая, высокоскоростная струя плазмотрона может расплавить и напылить порошок практически любой керамики или металла, сформировав покрытие для защиты от коррозии, износа или высоких температур

ГЕРБЕРТ ГЕРМАН

В 1970 г. студенческий проект, которым я руководил, привел к счастливому случаю. Задание студента состояло в изучении свойств оксида алюминия — огнеупорной (теплозащитной) керамики, которую нужно было расплавить и быстро отвердить. Перед ним возникли две проблемы — нагреть вещество до температуры значительно выше температуры его плавления — 2000 °С, и затем очень быстро охладить. В качестве источника тепла студент использовал плазмотрон — устройство, изобретенное в 50-е годы и применявшееся в промышленности для расплавления металлов и керамик и формирования из них покрытий. Для быстрой кристаллизации оксида алюминия он собирался напылить тонкий слой расплавленного материала на холодную основу.

План удался во всех деталях, кроме одной. Когда порошкообразный оксид алюминия вводился в горячую высокоскоростную струю плазмотрона, порошок плавился и двигался по направлению к образцу из стали, который был сделан шероховатым для удержания покрытия после его формирования. На образце расплав быстро охлаждался, образуя твердое покрытие. Однако мы хотели исследовать свойства самой керамики, без какой-либо основы. Но оказалось, что керамику невозможно было сколоть, используя даже зубило! Так мы столкнулись с плазменным нанесением покрытий, с известной, но еще в значительной степени не отработанной технологией.

С тех пор в руководимой мною и во многих других лабораториях эта техника нанесения покрытий интенсивно изучается. Теперь мои студенты и я напыляем плазмой покрытия из керамики, металлов и даже полимеров. Мы делаем это на воздухе, в вакууме и под водой, используя ручные плазмотроны и плазмотроны, которыми опери-

руют антропоморфные роботы с электронной системой управления. Деятельность лаборатории отражает всю широту возможных случаев применения этой технологии в промышленности. В авиационных двигателях плазменно-напыленные металлические покрытия защищают лопатки турбин от коррозии в высокоагрессивной среде, а для других деталей плазменно-напыленная керамика служит для тепловой защиты. Плазменные покрытия также используются в двигателях внутреннего сгорания, в энергетических установках, в изделиях машиностроения и многих других областях, где технология предъявляет жесткие требования к материалам. По мере ужесточения этих требований, а также с развитием теоретических основ и накоплением практического опыта в плазменном напылении область применения данной технологии, безусловно, будет расширяться.

Плазменное напыление — не единственный способ получения защитных покрытий. В качестве альтернативы может рассматриваться ряд технологий — от таких простых, как гальваника, до более сложных — таких как осаждение из паровой фазы, в которой материал покрытия испаряется и затем атомарно конденсируется на основе. Однако при плазменном напылении могут плавиться и применяться различные материалы, включая тугоплавкие керамики; производительность процесса может быть чрезвычайно высокой (в некоторых случаях более 20 кг/ч). Эта технология также обеспечивает меньший риск деградации покрытия и основы по сравнению с многими другими высокотемпературными процессами, что связано с инертностью газа, используемого для получения плазменной струи, и с тем, что основа может оставаться достаточно холодной. Кроме того, плазмотрон может быть намного больше краскораспылителя.

С 1970 г. многие элементы технологии плазменного напыления претерпели изменения, однако основные черты конструкции плазмотрона в основном остались прежними. Он состоит из двух электродов — конически заостренного катода, размещенного внутри цилиндрического анода, который за катодом расширяется наподобие сопла. Инертный газ, обычно аргон с примесью водорода, пропускается через пространство между электродами, где он ионизируется, образуя плазму. По трубке порошкообразный напыляемый материал направляется в струю плазмы, образующуюся в сопле. Вода, циркулируя через отверстия в аноде и катоде, предотвращает перегрев и плавление электродов.

Плазмотрон начинает работать тогда, когда импульс тока возбуждает дугу в межэлектродном пространстве (создаст электропроводимый канал в газе). Как только дуга зажглась, устанавливается постоянный ток величины несколько сот ампер при напряжении 50 В или около того. При установлении дуги электроны отрываются от атомов газа. Электроны и образующиеся положительные ионы ускоряются, направляясь соответственно к аноду и катоду. Эти быстро движущиеся частицы соударяются с другими нейтральными атомами и молекулами, вызывая диссоциацию молекул на составляющие их атомы и ионизуя последние. Так газ в дуге превращается в скопление ионов и высокоэнергетических электронов, т. е. в плазму. Поток газа между электродами вытягивает дугу в направлении своего движения от одного электрода к другому так, что она выносится из сопла плазмотрона в виде плазменного факела.

Большая часть электрической энергии, потребляемой плазмотроном (обычно от 20 до 80 кВт), в основном расходуется на освобожденные элект-

троны, а не на положительные ионы. В разреженных плазмах, таких как светящийся газ в неоновых лампах, соударения между энергетическими электронами и медленно двигающимися ионами редки, и таким путем передается малая часть энергии. Положительные ионы сохраняют небольшую скорость, и плазма, даже несмотря на подвод энергии, остается холодной. Однако плазма, генерируемая плазмотроном, имеет приблизительно в 1000 раз большую плотность, чем плазма низкого давления в неоновой трубке. Частые соударения приводят к тому, что энергия электронов передается положительным ионам, которые ускоряются до тех пор, пока плазма не достигнет некоторого равновесия. В результате образуется термическая плазма, в которой энергия электронов переходит в энтальпию, или тепловое содержание. Высокая энтальпия обусловлена высокой температурой, кото-

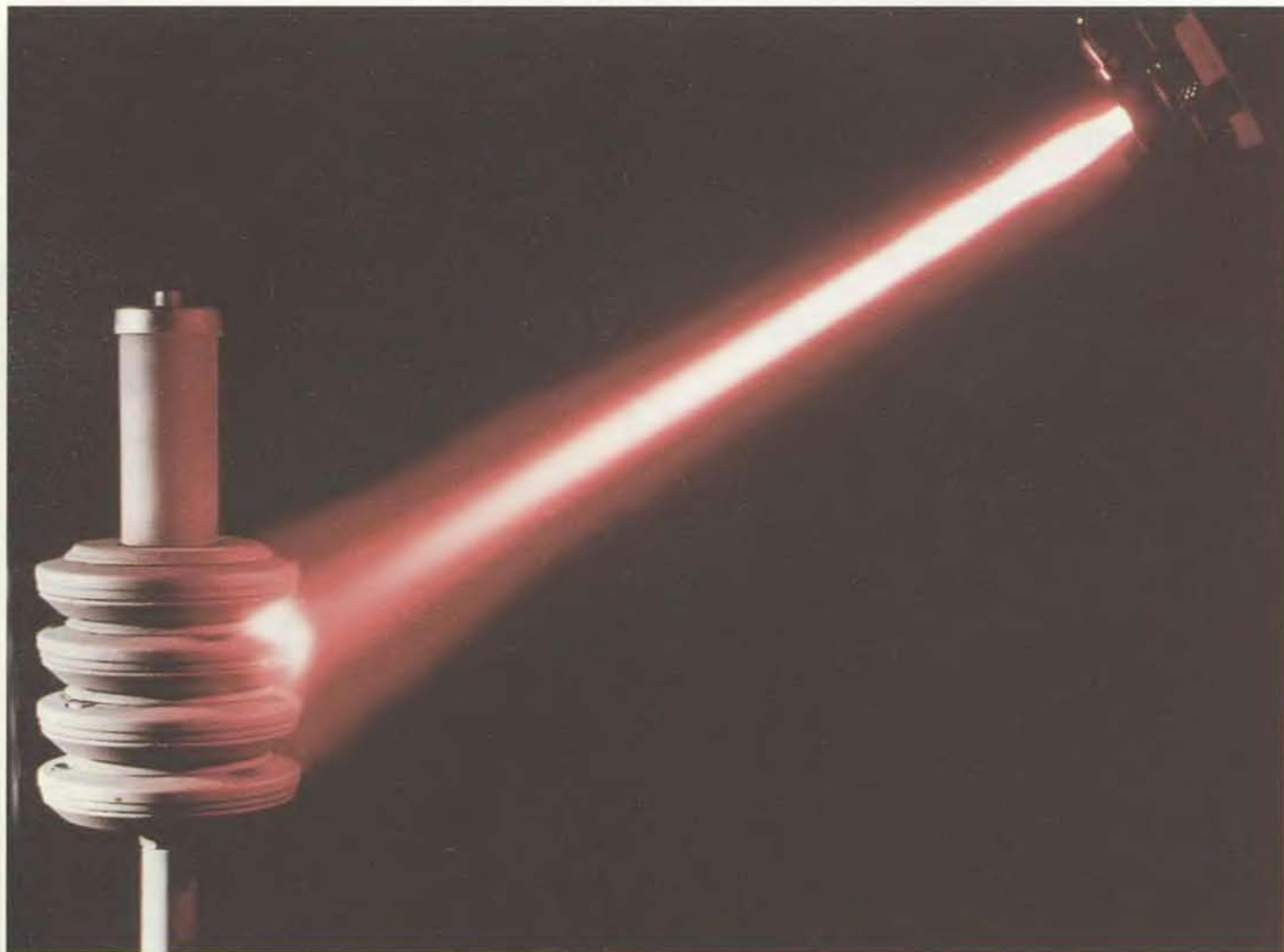
рая в плазмотроне может достигать 15 000 °С.

Помимо энтальпии, обусловленной высокой температурой, плазма содержит энтальпию, связанную с ионизацией атомов газа и (как первой необходимой ступенью для некоторых газов) диссоциацией молекул на составляющие их атомы. Плазма водорода, молекулы которого должны диссоциировать на два составляющих их атома, прежде чем они будут ионизованы, имеет большую энтальпию при данной температуре, чем плазма аргона, в которой атомы независимы с самого начала. Таким образом, добавление водорода в аргон повышает мощность плазмотрона и его способность плавить тугоплавкие материалы за счет увеличения теплового содержания факела.

Высокая температура плазмы приводит к высокому давлению, создание которого дополняется двумя эффектами, связанными с электропровод-

ностью плазмы. Вблизи водоохлаждаемых стенок анода в плазме существует слой более холодного газа, который не ионизован и, стало быть, не является электропроводящим. Наличие неэлектропроводного слоя ограничивает столб плазмы, стягивая к центру канала силовые линии электрического поля, идущие через плазму от электрода к электроду. Этот эффект, называемый термическим пинчем, дополняется магнитным пинчем. Электрическое поле, пронизывающее струю плазмы, связано с магнитным полем, которое окружает и стягивает струю. Оба эти эффекта увеличивают давление, температуру и скорость плазмы. В зависимости от конструкции и мощности плазмотрона, а также от расхода газа в факеле могут достигаться сверхзвуковые скорости.

Порошкообразный напыляемый материал доставляется в поток газом, например аргоном, и инжектируется в струю либо внутри сопла, либо



ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ вольфрама на медные диски с целью получения покрытия на «мишенях» рентгеновских аппаратов; при бомбардировке электронами мишени становятся источником рентгеновских лучей. Электрическая дуга в плазмотроне генерирует струю, ионизуя аргон и превращая его в плазму. Вольфрамовый порошок инжекти-

руется в струю в сопле плазмотрона, где ионы и электроны плазмы рекомбинируют. Струя, имеющая температуру около 15 000 °С, плавит частицы и направляет их на мишень. В данном случае напыление осуществляется при пониженном давлении в атмосфере, не содержащей кислорода, чтобы исключить загрязнение металла.

сразу за срезом анода. То, что происходит далее, определяется условиями напыления, однако в общем виде представляется достаточно просто. В факеле частицы ускоряются и плавятся под действием высокой температуры и, вероятно, дополнительно за счет тепла, выделяемого при рекомбинации ионов и при образовании молекул на поверхности частиц. Расплавленные капли оседают на поверхность основы (подложки), затвердевают и закрепляются на ней, формируя толстое прочно сцепленное с основой защитное покрытие.

Успешная реализация процесса, однако, возможна лишь при соблюдении ряда требований. Для того чтобы расплавиться, частицы должны забрать достаточное количество тепла от наиболее горячей области факела — вблизи торца анода, но не слишком много, чтобы они не испарялись. В то же время капли не могут слишком долго пребывать в факеле; они должны двигаться достаточно быстро, чтобы деформироваться и растечься при ударе об основу, и, затекая в тре-

шины, плотно закрепиться на ее поверхности.

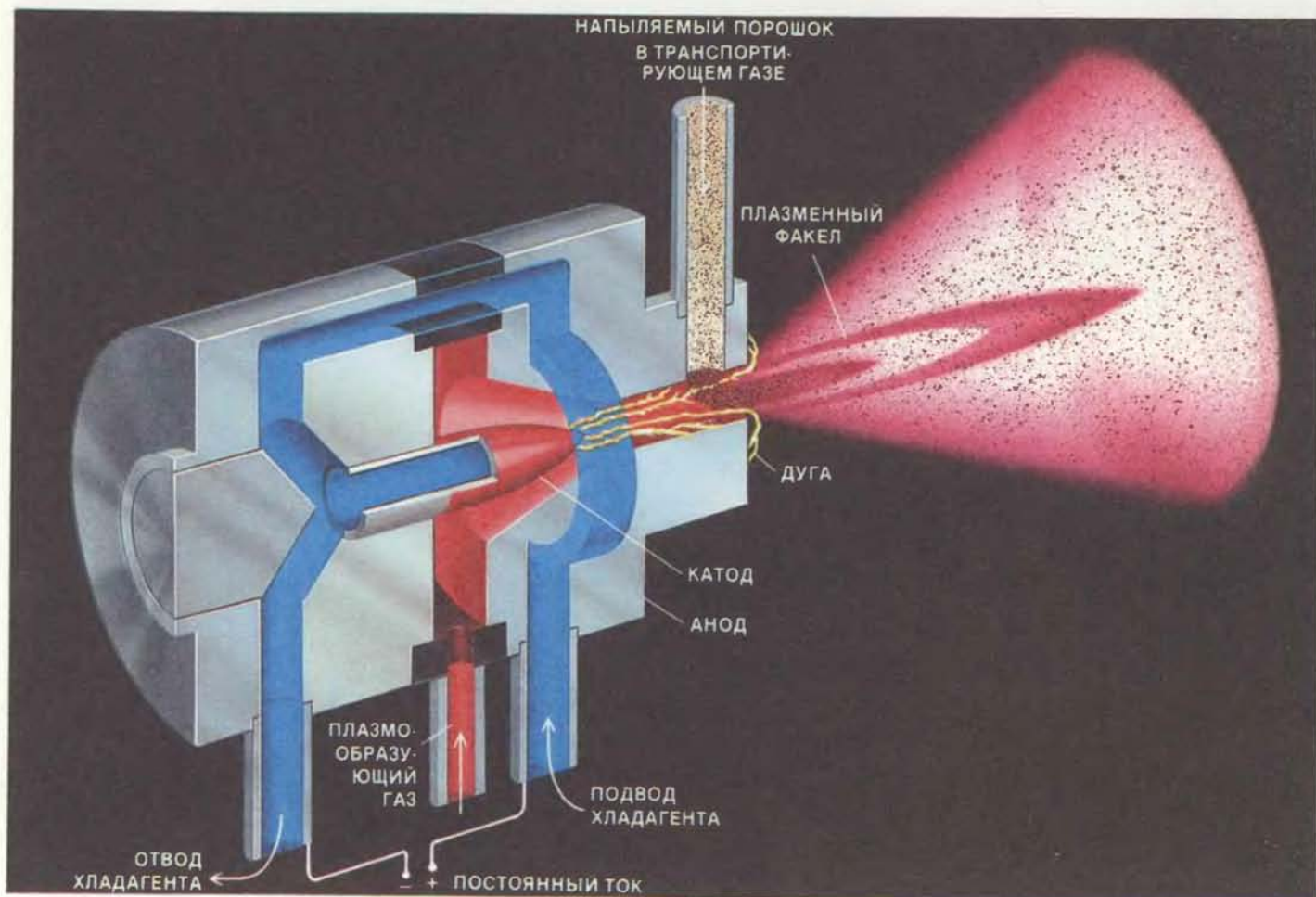
Нагрев и ускорение частиц зависят от очень многих факторов. Ключевую роль играют тепловое содержание и скорость плазменной струи. Они являются отражением таких характеристик плазмотрона, как его геометрия и мощность, а также состав и расход плазмообразующего газа. В свою очередь, насколько эффективно данная струя плавит и ускоряет порошок, зависит от вида напыляемого материала, размера и формы его частиц. Для каждого данного плазмотрона и напыляемого материала существует оптимальный размер частиц. Частицы, имеющие размер значительно меньше идеального, будут перегреваться и испаряться, а те, которые значительно превосходят его, останутся нерасплавленными и могут выпадать из факела или отскакивать от основы.

На плавление и напыление частиц влияет также то, каким образом они подаются в струю. Давление транспортирующего газа должно быть достаточным, чтобы частицы были вве-

дены в струю, но не пролетали ее насквозь. Угол инжекции также имеет существенное значение: при инжекции вдоль потока уменьшается его возмущение вводимыми частицами и увеличивается скорость последних, в то время как инжекция навстречу потоку увеличивает время нагрева порошка в нем.

Если напыление проводится на воздухе, частицы начинают охлаждаться и замедляться уже на выходе из струи плазмы при соударении с молекулами воздуха. Поэтому один из важнейших параметров, от которого зависит качество наносимого покрытия, — это расстояние от плазмотрона до покрываемой поверхности; при напылении на воздухе оно, как правило, лежит в пределах от 5 до 10 см.

До недавнего времени подбор этих и многих других параметров для получения качественного покрытия осуществлялся наугад. В настоящее время в различных лабораториях предпринимаются попытки разработать теоретические основы создания систем плазменного напыления, для чего



ПЛАЗМОТРОН ионизует поток газа и обеспечивает инжекцию порошка напыляемого материала в факел. Инертный газ (красный), чаще всего аргон, проходит через пространство между коническим катодом и кольцевой поверхностью анода. Здесь газ ионизуется с помощью дуги, образуемой между катодом и анодом, к которым подводится по-

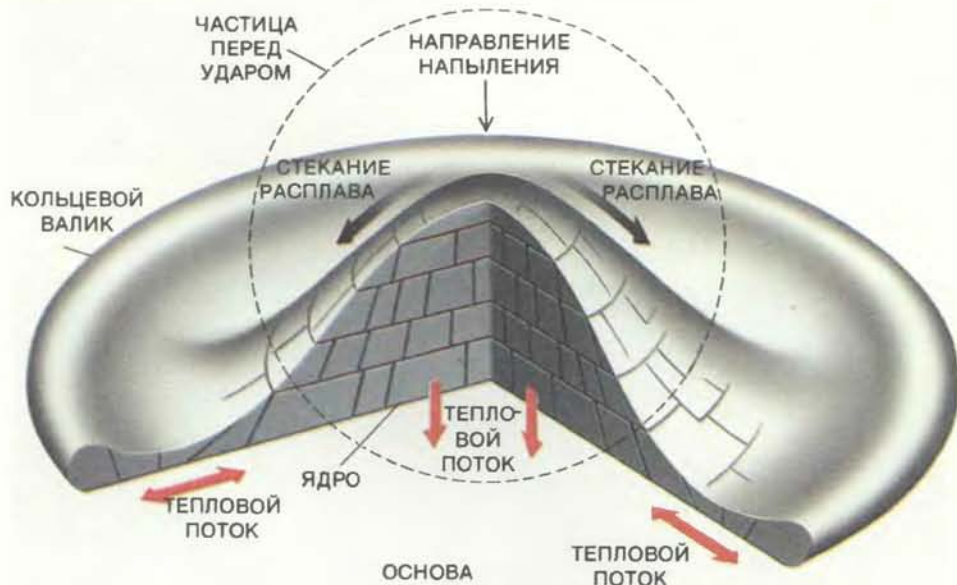
стоянный ток. Плазменная струя проходит через сопло, где в нее вводится напыляемый материал в виде порошка, доставляемого транспортирующим газом (желтый). Охлаждающая вода (голубой) циркулирует в плазмотроне, предохраняя его от плавления.

проводятся фундаментальные исследования взаимодействия частиц с потоком плазмы. В университете Лиможа, например, Пьер Фоше и его коллеги исследовали скорости газа и частиц в струе. Эти и другие подобные исследования основаны на измерении доплеровского смещения частоты отраженного от движущихся частиц лазерного излучения; по величине этого смещения и определяют скорость частиц.

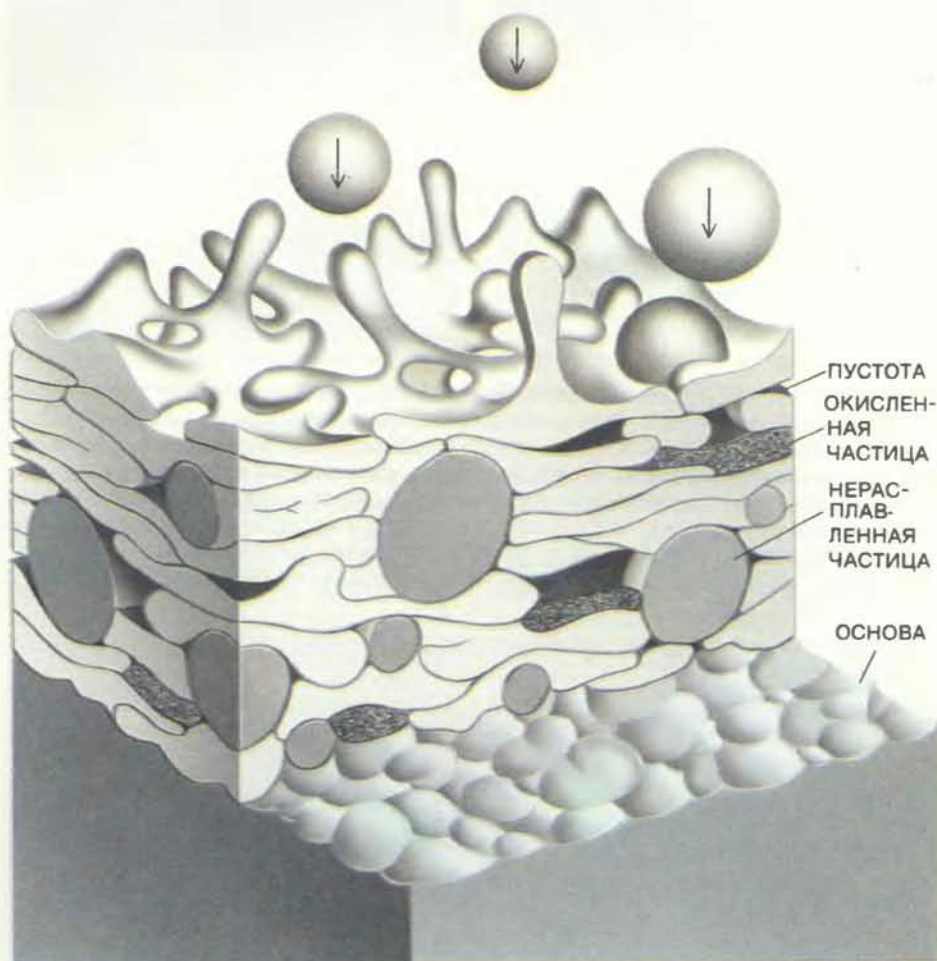
Для измерения скорости самого газа группа исследователей в Лиможе «засеивала» в факел мельчайшие частицы оксида алюминия диаметром около 3 мкм. При этом исходили из допущения, что столь малые частицы быстро ускоряются и оказывают малое воздействие на поток газа и, стало быть, могут использоваться для достоверной индикации поведения газа. С помощью лазерного зондирования нагруженного потока исследователи установили, что струя из их плазмотрона истекала со скоростью около 600 м/с (почти вдвое больше скорости звука), но затем непрерывно замедлялась.

Группа тех же исследователей изучала также поведение частиц больших размеров, типичных для многих напыляемых материалов — от 18 до 46 мкм. Они заметили, что более крупные частицы значительно медленнее реагируют на ускоряющее воздействие газа и достигают меньших максимальных скоростей. В то же время все частицы, получив ускорение, затем теряют скорость медленнее, чем сам газ. На расстоянии приблизительно 7 см от сопла плазмотрона частицы диаметром 18 мкм достигали максимальной скорости 260 м/с и затем еще 15 см двигались со скоростью более 200 м/с.

КОГДА быстро двигающаяся капелька напыляемого материала попадает на основу, она ударяется о поверхность, которая обычно имеет шероховатость после предварительной абразивоструйной обработки или шлифовки. Частицы затвердевают в микроскопически неровных образованиях шероховатой поверхности, сцепляясь с ее неровностями. Этот «дождь» из частиц падает с частотой, возможно, миллион в секунду, образуя покрытие со скоростью, которая зависит от размера покрываемой площади и скорости перемещения плазмотрона. Чтобы лучше понять процесс, мы изучали под микроскопом все покрытие и отдельные «чешуйки» — одиночные капли, затвердевшие на поверхности. Для изучения внутренней структуры частиц и покрытий мы использовали просвечивающий электронный микроскоп, а



ЧЕШУЙКА, образующаяся в результате растекания и затвердевания микроскопической капли напыляемого материала при ударе о поверхность. Автор и его коллеги изучали отдельные чешуйки с помощью растрового и просвечивающего электронных микроскопов. Форма поверхности и ориентация внутренних кристаллических зерен говорят о том, что при затвердевании частицы отвод тепла в толщу покрываемого изделия начинается в центре. С затвердевшего ядра стекает расплав, образуя при затвердевании кольцообразный валик.



ФОРМИРОВАНИЕ плазменно-напыленного покрытия происходит хаотически. Расплавленные частицы разбрызгиваются и растекаются при ударе о мишень, вначале закрепляясь на неровностях шероховатой поверхности, а затем соединяясь одна с другой. Пустоты в слоях покрытия образуются в результате захвата воздуха. Некоторые частицы перегреваются в потоке и окисляются, а другие могут оставаться нерасплавленными в покрытии.

для выявления общих профилей и текстур — растровый электронный микроскоп.

С помощью просвечивающего электронного микроскопа было замечено, что внутренняя структура каждой чешуйки — мозаика из кристаллических зерен — содержит много трещин, сви-

детельствующих о том, что каждая частица затвердевает очень быстро, возможно, в миллионную долю секунды. Исходя из ориентации зерен и общей формы застывших капель, мы составили описание процесса. После соударения капля растекается по поверхности основы, которая отводит

тепло, так что фронт кристаллизации движется вверх внутри частицы. При этом формируется низкий бугорок застывшего вещества, с которого стекает оставшийся расплавленным материал, образующий после затвердевания выпуклый ободок.

В результате этого процесса, повторенного миллионы раз, образуется слой напыленного материала, который может иметь толщину от 10 мкм до нескольких сантиметров, достаточную для его отделения от основы и последующего использования. Однако обычно поверхность основы делают шероховатой, благодаря чему покрытие прочно сцепляется с материалом, на который оно наносится. Другие процессы, которые значительно меньше поняты, также могут обеспечивать хорошее сцепление плазменно-напыленных покрытий с поверхностью основы. Некоторые покрытия образуют с основой химические связи, а металлические покрытия могут образовывать связь, если тепло плазменного напыления (при отсутствии воздушного охлаждения деталь может нагреваться до 473 К) способно привести к интердиффузии атомов покрытия и основы.

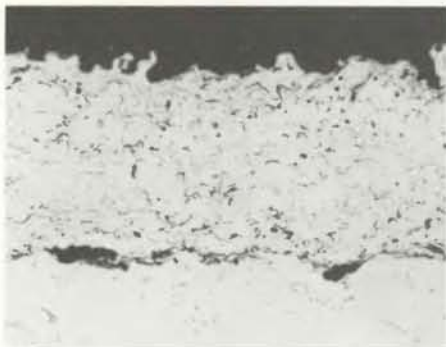
Силы, соединяющие вместе отдельные затвердевшие частицы покрытия, являются предметом интенсивного научного исследования. Сейчас по крайней мере ясно, что последовательно укладываемые частицы связываются механически. В металлических покрытиях может также иметь место взаимная диффузия, а в некоторых керамических покрытиях образование напыленного материала может быть связано с процессом, аналогичным так называемому спеканию.

МИКРОФОТОГРАФИИ, показывающие поверхность плазменно-напыленного материала, пригодного в качестве высококачественного покрытия, могут привести в недоумение. Керамические покрытия, как правило, содержат множество дефектов. Они пронизаны трещинами, образующимися при охлаждении покрытий, и усеяны полостями, заполненными воздухом. Такие неоднородности могут оказаться роковыми для покрытия при действии механических напряжений. Если они имеются на всем покрытии, то это делает его также непригодным в качестве защиты от коррозии.

Как ни странно, но пористость в то же время необходима для выполнения одной из важнейших задач плазменно-напыленных керамических покрытий, а именно тепловой защиты, которая изолирует металлические детали газовых турбин и других типов двигателей от воздействия очень вы-



ПЛАЗМЕННО-НАПЫЛЕННОЕ КЕРАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ из оксида алюминия, увеличенное в 2500 раз сканирующим электронным микроскопом. Частицы, образовавшиеся после удара и затвердевания капель на поверхности, покрыты сетью трещин, возникших при охлаждении и сжатии частиц. Такие трещины могут упрочнять керамические покрытия, так как они останавливают рост других трещин, образующихся при нагружении.



ПОПЕРЕЧНЫЕ СЕЧЕНИЯ плазменно-напыленных покрытий отражают влияние среды, в которой производилось напыление. Изображения увеличены в 200 раз; слева — напыленный на сталь в воздухе сплав кобальта, хрома, алюминия и иттрия, справа — то же в вакууме. Покрытие, напыленное в вакууме (в действительности — при пониженном давлении атмосферы инертного газа), более плотно и однородно, чем покрытие, напыленное в воздухе; оно содержит поры и имеет включения окислов. В вакууме капли летят быстрее и при ударе о поверхность расплющиваются сильнее, поэтому воздух не попадает в покрытие и не реагирует с ним.



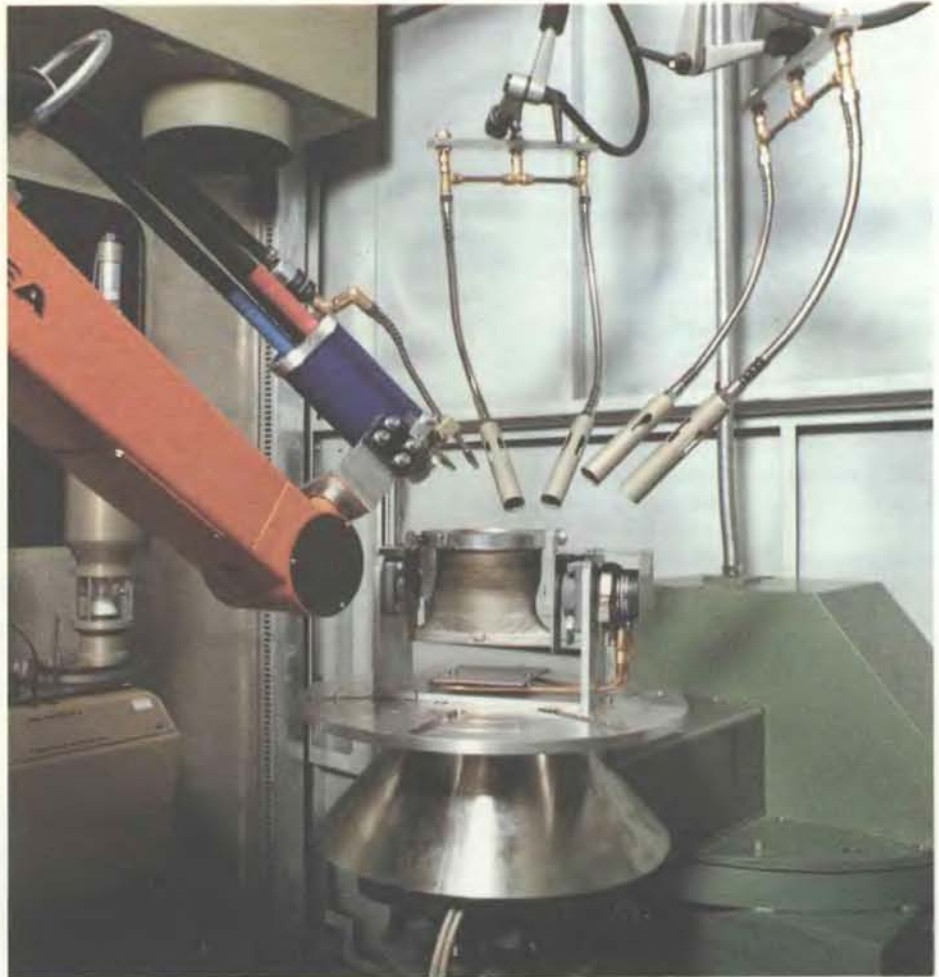
КРЫШКА ПОРШНЯ (поперечное сечение) с толстым слоем (2,5 мм) плазменно-напыленного покрытия из керамики — сплава диоксида циркония и оксида иттрия. Данное покрытие является теплозащитным. Оно позволяет увеличить рабочую температуру двигателя, предохраняя его металлические детали от перегрева. При повышенной температуре двигатель работает эффективнее.

соких температур. Пористость, как известно, улучшает изоляционные свойства керамики. Более того, поскольку керамика хрупка, поры не ослабляют материал, а, напротив, делают его более прочным, благодаря тому что они препятствуют развитию трещин, которые неизбежно образуются при нагружении. Таким образом поры дают возможность теплозащитным покрытиям противостоять механическим напряжениям, которые возникают вследствие циклически повторяющихся изменений высоких температур, например в камере сгорания двигателя.

Функция теплозащитных покрытий фактически состоит в том, чтобы увеличить допустимые рабочие температуры. Эффективность любого теплового двигателя возрастает с увеличением температуры горения. Однако авиационные турбинные двигатели уже работают при температурах, которые достигли предела работы жаростойких сплавов, из которых изготавливаются камеры сгорания, лопатки турбин и другие детали, работающие в условиях высоких температур. Одним из путей преодоления возникшего барьера является замена металлических деталей на детали из тугоплавких керамики. Однако хрупкость керамики и трудность изготовления высококачественных керамических деталей препятствуют реализации этой цели.

В то же время, действуя как теплоизоляция, поверхностный слой керамики толщиной в четверть миллиметра или более может защитить металлические детали двигателя, когда их рабочие температуры повышаются. Теплозащитные покрытия, изготавливаемые обычно из оксидов на основе диоксида циркония, в настоящее время используются в горячих трактах авиационных двигателей, газовых турбинах морских судов и больших стационарных газовых турбинах, вырабатывающих электроэнергию. Поршневые крышки, гильзы цилиндров и выхлопные трубы больших дизелей энергетических установок, кораблей и локомотивов также должны покрываться слоем керамики плазменным напылением для достижения более высоких температур и, как ожидается, повышения эффективности работы системы в целом.

В двигателе рабочие детали испытывают повторяющиеся циклические изменения температуры от комнатной до, возможно, 1000 °С, что приводит к возникновению напряжений вследствие огромной разницы в степени сжатия или расширения керамики и находящегося под ней металла при изменениях температуры. Наличие пустот в теплозащитных покры-



РУКА РОБОТА (оранжевый) с плазмотроном (синий), готовым к напылению теплозащитного покрытия на деталь авиационного двигателя. Четыре сопла направляют струи холодного воздуха на металл, защищая от перегрева. Плазменное напыление нашло широкое применение в авиационной промышленности. Фотография сделана фирмой Plasma-Technik Sulzers (Швейцария).

тиях, препятствующих развитию трещин, делает их приемлемыми для использования в таких режимах. За счет способности удерживать смазку поры также придают требуемые качества ряду покрытий, предназначенных для защиты от износа, таких как слой алюминий-титанового оксида, которыми покрыты многие поршневые кольца. В то же время поры могут быть вредными для многих металлических износостойких покрытий, а также для покрытий против коррозии или окисления.

Одним из способов получения беспористого покрытия является напыление в камере, из которой удален воздух, а содержится только атмосфера плазмообразующего газа при низком давлении. Плазменное напыление в таком вакууме исключает возможность попадания воздуха в покрытие и образования пор; кроме того, не испытывая сопротивления воздуха, напыляемые капли осаждаются при больших скоростях, чем при напылении на воздухе, и поэтому они сильнее расплющиваются при соуда-

рении с поверхностью основы. В результате плазменное напыление в вакууме дает плотное, свободное от пор, покрытие. Эта технология позволяет напылить такие металлы, как цирконий, титан, ниобий, которые окисляются при нагреве в воздухе, а также нагреть чувствительные к окислению металлические покрытия и основу до такой температуры, при которой прочное сцепление обеспечивается за счет взаимной диффузии.

Одной из широко распространенных областей использования напыления в вакууме является создание тонких металлических покрытий толщиной около 0,08 мм для защиты лопаток турбин от окисления. Такие покрытия обычно получают из сложного сплава никеля, кобальта, хрома, алюминия и иттрия. Тот же сплав иногда используется и в качестве первого слоя покрытия многих деталей двигателя с последующим нанесением на него керамического теплозащитного слоя. В этой роли сплав обеспечивает защиту металла детали от окисления, а также поглощает часть на-

пращений, которые возникают вследствие разности коэффициентов термического напряжения детали и керамического покрытия.

КАК любая простая и многоцелевая технология, плазменное напыление стимулировало создание широкого разнообразия технических средств. Для его осуществления на разработке оборудования для плазменного напыления сосредоточили свои усилия многие фирмы в различных странах мира. Так, в Чехословакии был создан мощный (250 кВт) и высокопроизводительный плазмотрон, в котором водяные вихри вокруг внутренней полости сопла охлаждают его и сжимают факел. Швейцарская компания Plasma-Technik Sulzers разработала автоматические системы, способные обеспечивать сложные перемещения плазмотрона и детали и напылять покрытия на поверхности деталей сложной конфигурации, таких как лопатки турбин. В отделе Metco американской корпорации Perkin-Elmer в Уэстбьюри (шт. Нью-Йорк) создан плазмотрон с перемещаемым катодом, что позволяет регулировать мощность плазмотрона путем изменения характеристик дуги вместо введения дополнительного плазмообразующего газа — водорода. Налажен также выпуск устройств для подачи нескольких порошков в плазмотрон с постепенной заменой одного порошка другим в процессе напыления; такие устройства используются в тех случаях, когда требуется получить покрытие с переменными по толщине свойствами. Некоторые разработчики пытаются создать плазмотрон принципиально иной конструкции, в котором вместо обычной дуги в качестве источника плазмы используется быстро изменяющееся электрическое поле, генерируемое высокочастотным индуктором. Эти так называемые ВЧ-плазмы получают без электродов, чем обеспечивается возможность устранения загрязнения покрытий продуктами их эрозии.

Исследователи также применяют плазменное напыление для получения новых материалов. Компания General Electric использует плазменное напыление в вакууме для изготовления сложных деталей авиационных двигателей путем нанесения жаростойких сплавов на удаляемую модель. Другие компании используют одновременное напыление керамических частиц или волокон и порошка металла для получения прочного, твердого композиционного материала (керамические частицы, диспергированные в металлической матрице). В совместной программе Научно-исследовательской лаборатории ВМС США и

фирмы Metco мои коллеги и я получили плазменным напылением из порошка толстую пленку высокотемпературного сверхпроводника, имея в виду, что наша работа в будущем может сыграть важную роль в производстве сверхпроводящих устройств.

В то же время мы и другие исследователи постоянно углубляем наше понимание основных элементов рассматриваемой технологии — механизма формирования плазменной

струи, взаимодействия между плазмой и напыляемым порошковым материалом, осаждения, затвердевания и формирования структуры материала, а также поведения покрытий в рабочих условиях. С помощью создания хорошей теоретической основы мы можем надеяться на получение плазменно-напыленных покрытий, удовлетворяющих самым жестким требованиям промышленности.

Наука и общество

Патенты на живые организмы

НА ОКРАИНЕ Вашингтона расположено Патентное бюро США. В его хранилищах на длинных полках в ящиках находится более 4 млн. 750 тыс. патентов, выданных начиная с 1790 г. В последние годы это почтенное учреждение стало патентовать получаемые с помощью генетической инженерии новые виды живой материи — от простейших микроорганизмов до млекопитающих. Хотя судебные органы признают такие патенты вполне законными, на Капитолийском холме не утихают оживленные дискуссии относительно правомерности патентования живых биологических структур. В свою очередь компании, владеющие такими патентами, обеспокоены тем, что существующее законодательство не гарантирует полной защиты их прав.

Ставки в этих дебатах чрезвычайно высоки. «Такие патенты крайне важны и для фармацевтической промышленности, и для биотехнологии», — заявил Д. Магфорд, заместитель главного консультанта фирмы Schering-Plough в Мадисоне (шт. Нью-Йорк). «Свыше 1,7 млрд. долл. затрачено на биотехнологические исследования, а результатами могут легко воспользоваться другие», — добавил Дж. Ратмани, исполнительный директор фирмы Amgen в Таузанд-Оксе (шт. Калифорния), одновременно являющийся председателем Ассоциации промышленной биотехнологии. Он заявил, что компании, разрабатывающие продукты на основе метода рекомбинантной ДНК, в значительной степени полагаются на патенты как на средство защиты своих материальных затрат.

В прошлом Патентное бюро, как

правило, неохотно соглашалось на патентование живых организмов. Но в 1980 г. Верховный суд вынес решение о выдаче патента сотруднику фирмы General Electric А. Чакрабартти на новый вид бактерий, способный перерабатывать нефтяные пленки. Это решение создало прецедент в правовой практике и стимулировало увеличение капиталовложений в коммерческие исследования в области генетической инженерии. Оно показало, что компании могут получить право на владение результатами своего труда. «Решение в отношении Чакрабартти способствовало тому, что потребителям была предложена новая продукция и это повлияло на наше решение об открытии компании Genentech», — заявил Ратманн.

Хотя теоретически решение по делу Чакрабартти открыло дорогу для патентования любых форм живой материи за исключением человека, Патентное бюро продолжало действовать с осторожностью. В 1985 г. Совет по решению спорных вопросов и установлению приоритетности в открытиях при Патентном бюро вторично подтвердил, что все растения могут быть запатентованы. Спустя два года заявка на устрицу с множественными наборами хромосом положила начало патентованию высших форм жизни. Упомянутый совет вновь заявил, что Патентное бюро может выдать патент на этот организм. (Однако в действительности заявка не была удовлетворена на том основании, что в данном случае нет изобретения как такового.) В апреле прошлого года Патентное бюро выдало первый патент на «трансгенные виды млекопитающих, кроме человека» исследователям из Гарвардского университета, запатентовавшим линию мышей, несущих ген человека.

В результате принятых решений патентование форм жизни обрело законное право, так заявил Р. Адлер, юрист фирмы Finnegan, Henderson, Farabow, Garrett & Dunper в Вашингтоне. Тем не менее это не остановило сторонников движения за охрану животных, некоторые фермерские союзы и борцов за охрану окружающей среды в их стремлении убедить конгресс запретить патентование животных. Многие обеспокоены моральной стороной патентования форм жизни; другие спрашивают, не придется ли фермерам платить пошлину за владение потомством запатентованных животных. Есть и такие, которые опасаются, что распространение в окружающей среде новых организмов может привести к серьезным экологическим нарушениям. Хотя конгресс уже проводил заседания по вопросу о патентовании форм жизни, призывы объявить мораторий на патентование организмов находят слабую поддержку.

Конгресс тем не менее пытается разрешить ряд других проблем. В июле подкомитет по вопросам судопроизводства и гражданским свободам при палате представителей одобрил предложение члена палаты Р. Кастенмайера (депутат от шт. Висконсин) об освобождении фермеров и научных работников от уплаты пошлин за использование потомства запатентованных животных. В другом законопроекте Кастенмайер предложил, чтобы министерство сельского хозяйства США и Агентство по охране окружающей среды дали разрешение всем желающим на производство трансгенного крупного рогатого скота или на то, чтобы выпускать генетически измененных животных в окружающую среду.

С началом патентования биотехнологических изобретений возник и ряд других вопросов. Большой частью патенты, выданные компаниям, использующим методы рекомбинантной ДНК, в основном связаны с уникальными процессами, а не с готовой «продукцией», такой как животные и другие организмы. По словам А. Купера, помощника генерального советника Ассоциации компаний, занимающихся биотехнологическими разработками, владельцы патентов предпочли бы иметь исключительные права скорее на продукцию, чем на какой-либо процесс, поскольку в продукции гораздо легче выявить и доказать недоработки, чем в процессе. Но до сих пор многое в генетической инженерии нацелено на удешевление и упрощение производства известных лекарственных препаратов, например инсулина, по сравнению с традиционными способами их получения; поэтому боль-

шинство компаний владеет патентами на процессы.

Не удивительно, что компании с подозрением смотрят на разрабатываемые их конкурентами процессы для производства тех же самых продуктов. Примечательна в этой области, пожалуй, продолжающаяся полемика между компанией Amgen и фирмой Genetic Institute, Inc. в Кембридже (шт. Массачусетс). На основе метода рекомбинантной ДНК Amgen создала организм, который производит эритропоэтин — белок, стимулирующий образование эритроцитов. За три месяца до того, как Amgen получила патент на свое изобретение, Genetic Institute, Inc. был выдан патент на обычный процесс получения эритропоэтина и на сам белок-продукт. Каждая из организаций теперь претендует на обладание исключительным правом на производство эритропоэтина.

Патенты на процессы стали предметом и международных взаимных претензий. В то время как патенты на продукцию получают за пределами США такую же защиту, что и внутри страны, патенты на процессы этой защиты не имеют. Используя, как выразился Купер, «уловку» в законодательстве США, иностранные компании на своих промышленных предприятиях могут применять запатентованный в США процесс и продавать получаемую продукцию в США, не платя никакой пошлины. Ввиду большого количества патентов на процессы, «рассматриваемый вопрос исключительно важен в биотехнологии», — замечает Магфорд. По словам Ратманна, то, на что у американских исследователей уходит пять лет, в другой стране может быть реализовано в считанные дни.

Только в случае если какая-либо американская компания сумеет доказать, что иностранный импортер наносит «экономический вред» стране, Международный торговый комитет воспрепятствует ввозу данной продукции. Однако, как считает Купер, доказательство экономического ущерба — дело не легкое. Кроме того, такая компания в США не получит никакой денежной компенсации, даже если ущерб доказан. Конгресс пытается обеспечить защиту патентов на процессы еще со времен администрации Джонсона; возможно, соответствующий закон вступит в силу в этом году. Законодательные органы надеялись, что законопроект будет представлен президенту в начале сентября.

По мере того как конгресс и судебные органы решают различные проблемы в связи с биотехнологией, Патентное бюро сталкивается со своими

трудностями. Количество заявок в этой области столь велико, что бюро не может с ними справиться, и подаателям заявок приходится ждать выдачи патента более четырех лет. Эта проблема обострилась после того, как многие эксперты, призванные рассматривать заявки в области биотехнологии, перешли на работу в частные фирмы. Патентное бюро также находится под обстрелом критики со стороны конгресса за попытки создания компьютеризованного банка патентных данных, поскольку временные и денежные затраты на эти цели превысили предусмотренные бюджетом.

Хотя и медленно, но Патентное бюро все же идет правильным курсом; так считают многие специалисты. По словам Магфорда, бюро значительно продвинулось вперед, создав группу специалистов, компетентных в вопросах биотехнологии, и организовав набор и обучение новых экспертов. Бюро предложило также, чтобы заявки по биотехнологии включали описание последовательностей ДНК, характеризующих геном организма, и в форме, пригодной для считывания компьютером, предпочтительно на флоппи-дисках. Это даст возможность экспертам автоматизировать проверку генетического сходства организма, описываемого в заявке, и тех, что уже запатентованы. А пока эксперты вручную проверяют копии патентов, хранящихся в традиционных деревянных ящиках.



«КОРОБКИ ИЗ-ПОД БАШМАКОВ», в которых хранятся патенты в Патентном бюро США; первые патенты, как известно, действительно хранились в коробках из-под обуви.

Открытие зрительной коры

Изучение последствий ранений в голову во время русско-японской войны многое дало для определения зрительного центра мозга и описания его организации

МИТЧЕЛЛ ГЛИКСТАЙН

ЧЕЛОВЕК с совершенно здоровыми глазами может ослепнуть, если у него будут повреждены задние отделы мозга. Объясняется это просто: в самых задних (затылочных) долях обоих полушарий головного мозга расположен главный центр зрения — так называемая первичная зрительная кора. При поражении этой коры мозг не может воспринимать подавляющее большинство сигналов, поступающих от глаз.

Такое объяснение, может быть, и простое; однако доказать, что отдельный участок коры (т. е. слоя серого вещества, покрывающего полушария головного мозга) отвечает за зрительное восприятие, было отнюдь не просто и для этого потребовалось более века. В захватывающей истории открытия первичной зрительной коры бывали и остроумные решения, и тонкие наблюдения, и безумные идеи, и горькие разочарования. Важен итог: по мере изучения зрительной коры углублялось понимание того, как работает мозг и как видит человек.

Когда мы смотрим на какой-нибудь предмет, исходящие от него лучи света формируют на сетчатке его перевернутое изображение. Сетчатка располагается на задней поверхности глазного яблока и представляет собой сложную структуру из фоторецепторов и соединенных с ними нервных клеток. В сетчатке изображение предмета переводится на язык нервных импульсов, которые по зрительным нервам, как по проводникам, передаются в мозг (см. рисунок на с. 74). Вначале эти импульсы попадают в латеральные колленчатые тела — парные скопления нервных клеток в глубинных отделах головного мозга. От правой стороны поля зрения сигналы поступают в латеральное колленчатое тело левого полушария, а от левой стороны поля зрения — правого.

В каждом из полушарий сигналы от латерального колленчатого тела идут в затылочные доли того же полушария, а именно в первичную зрительную кору. Здесь происходит первичная обработка зрительного образа, а затем переработанная информация поступает в другие отделы мозга.

Эти отделы, в свою очередь, осуществляют дальнейшую обработку информации, интерпретируют ее и используют для регуляции движения глаз или конечностей.

ПЕРВЫЕ исследования, которые в дальнейшем привели к открытию первичной зрительной коры, начались в конце XVIII в. — примерно за 50 лет до того, как клетка была признана основной структурной и функциональной единицей живого организма и более чем за 100 лет до описания особых свойств нейронов (нервных клеток), являющихся основными элементами головного и спинного мозга. Не обладая всеми этими знаниями, исследователи того времени не могли хорошо понимать, как работает мозг, однако они многое сделали в изучение его внешнего строения.

Так, в 1783 г. шотландский анатом Александр Монро-сын опубликовал книгу, в которой тщательно (и очень красиво) изображались основные отделы мозга, в том числе серое вещество коры больших полушарий и более глубоко расположенное белое вещество. Однако в этой книге кора была представлена как сплошной однородный слой серого вещества. Сегодня известно, что на самом деле кора разделяется на слои, различающиеся по типу содержащихся в них нервных клеток и расположению как самих этих клеток, так и их аксонов (длинных отростков, отходящих от клеточных тел и служащих проводниками нервных сигналов), образующих нервные волокна.

Представления о коре головного мозга как однородной структуре оказались устаревшими уже тогда, когда была опубликована книга Монро. За 7 лет до ее появления итальянец Франческо Дженнари, двадцатичетырехлетний студент, изучавший медицину в Пармском университете, начал подробное исследование головного мозга. Он замораживал мозг с помощью льда, изучал его поверхностное строение, а затем рассекал для того, чтобы описать не только поверхностные, но и глубинные структуры. В 1782 г. Дженнари суммировал свои наблюде-

ния в монографии под названием *De Peculiari Structura Cerebri*, которая была опубликована знаменитым издателем и книгопечатником Джамбаттистой Бодони.

В этой книге, которая в то время не привлекла особого внимания, Дженнари отметил, что кора не является однородной. Он обнаружил, что серое вещество разделено белым слоем (на разрезах этот слой выглядит, как полоска), идущим параллельно поверхности мозга.

Находка Дженнари удивила его самого. Он писал: «Никто из анатомов, кого я когда-либо читал, не говорил о том, что в мозге, кроме коркового и мозгового вещества, есть еще одно вещество, которое я называю третьей субстанцией мозга». («Мозговое вещество» — это белое вещество, лежащее ниже коры. Сегодня мы знаем, что оно состоит в основном из нервных волокон, покрытых беловатым слоем так называемого миелина. «Третья субстанция», или пучок Дженнари, очевидно, также состоит из миелинизированных аксонов, передающих сигналы в пределах затылочной доли.)

Дженнари не только обнаружил пучок миелинизированных нервных волокон, носящий ныне его имя, и тем самым указал на неоднородность структуры коры, но также увидел, что в различных отделах мозга кора выглядит по-разному. Так, белая полоска, которая «иногда имеет вид одиночного пучка, а иногда двух отдельных параллельных пучков», плохо заметна в передних отделах мозга, но «становится все более отчетливой в задних отделах» и, в частности, в

РУССКО-ЯПОНСКАЯ ВОЙНА, эпизод которой изображает эта гравюра на дереве, выполненная в 1904 г., дала материал для понимания обработки зрительной информации у человека. Японский врач Тацудзи Иноэ обследовал солдат, получивших пулевые ранения в голову, и соотносил область поражения с возникшим дефектом зрения. Таким путем он определил, как различные участки поля зрения проецируются на главный зрительный центр мозга — первичную зрительную кору.

области, в которой, как мы теперь знаем, расположена первичная зрительная кора. Из примечания к книге видно, что впервые Дженнари увидел эту полосу 2 февраля 1776 г.

Таким образом, с помощью простейших методов, задолго до появления методов окрашивания, открывших эру микроскопического исследования мозга, Дженнари положил начало учению об архитектонике головного мозга, т.е. о локальных особенностях в строении коры. Однако, поскольку Дженнари был мало известен ученому миру, его заслугу в открытии изменчивой белой полосы в коре признали лишь век спустя.

Тем временем два других ученых назвали (или были названы) первооткрывателями белой полосы в коре. Профессор анатомии Гёттингенского университета Самуэль Томас Зоммеринг заявил, что он описал эту полосу за 4 года до Дженнари в книге, опубликованной в 1778 г. Действительно, в книге Зоммеринга упоминался некий пучок, но, во-первых, он был описан как желтоватый, а во-вторых, он был обнаружен в мозжечке. На самом деле в данном отделе мозга такого пучка нет. Вероятно, Зоммеринг либо увидел один из слоев серого вещества, покрывающего мозжечок, либо имел дело с артефактом применявшихся им методик.

Несмотря на заявление Зоммеринга, честь открытия полосы в головном мозге была отдана выдающемуся французскому анатому Феликсу Вик д'Азиру. В 1786 г., т.е. через 4 года после появления монографии Дженнари, Вик д'Азир описал белую полосу и ее расположение в замечательном фундаментальном труде по анатомии "Traité d'Anatomie". В связи с большим авторитетом этого ученого структура стала известна под названием полосы Вик д'Азира. Лишь в 1982 г. австрийский анатом Генрих Оберштейнер, обратив внимание на даты публикаций Дженнари и Вик д'Азира, пересмотрел их роль и с тех пор белая полоска вновь называется пучком Дженнари.

Сегодня Дженнари — один из наиболее цитируемых анатомов всех времен. Однако это имя неизвестно большинству населения его родного города и даже большей части студентов университета, где он сделал свое открытие. Более того, до 1983 г., когда я начал читать лекции в Пармском университете, очень мало было написано о жизни Дженнари. В связи с этим я совместно с Джакомо Риццоллатти из Института физиологии человека взялся за изучение биографии Дженнари.

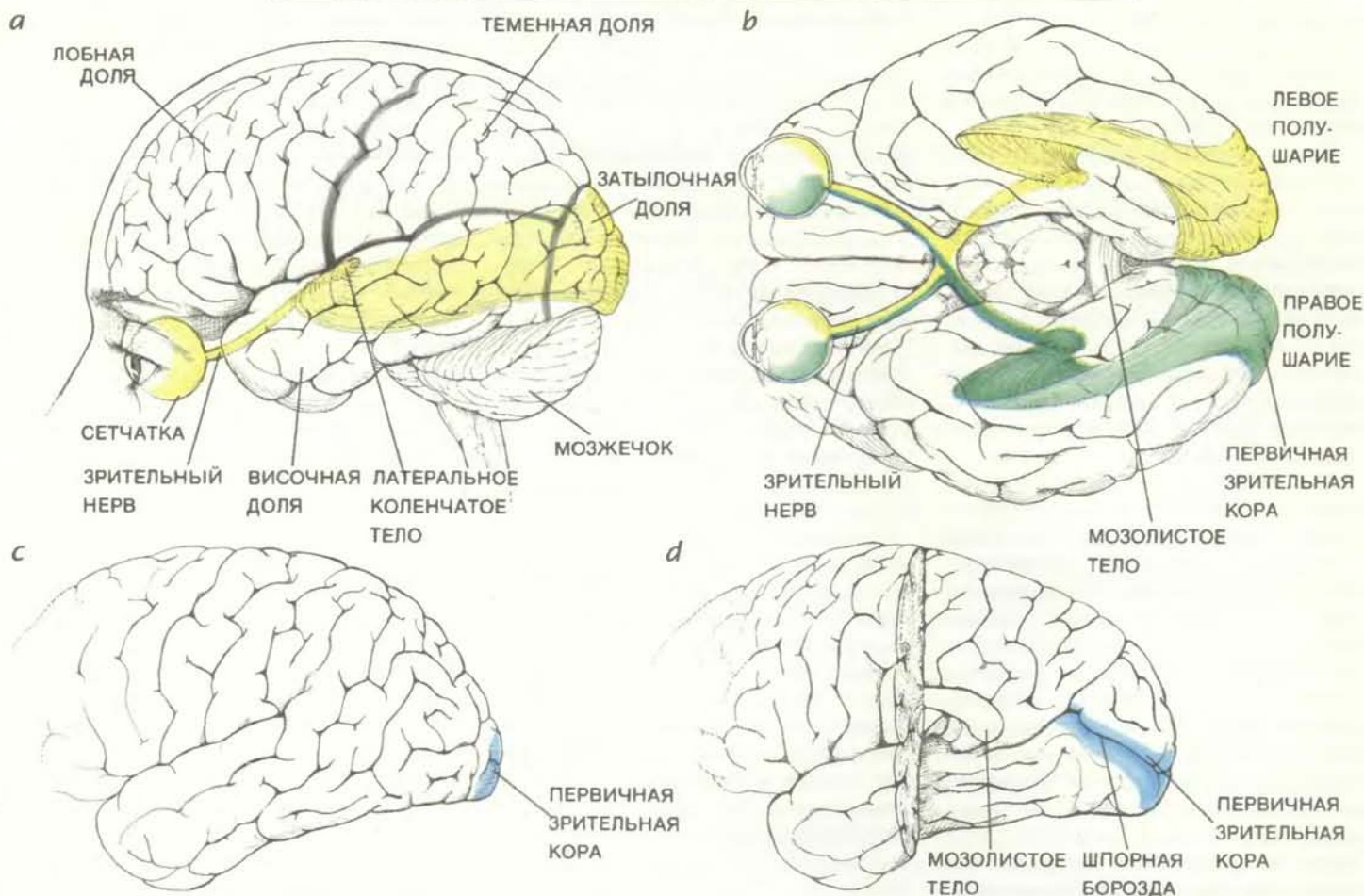
Мы узнали, что он родился в маленькой деревне Матталето, что на-

ходится в предгорьях Апеннин в 25 км от Пармы. В 1776 г. он закончил медицинскую школу и, желая устроиться в корпорацию врачей, занялся как врачебной практикой, так и анатомическими исследованиями. Результатом их и явилась его книга. Через год после выхода в свет этого труда он получил стипендию для продолжения исследований в университете, однако ничего больше не опубликовал. Жизнь Дженнари была полна несчастий и лишений (отчасти из-за неудержимой страсти к игре в карты), и умер он больным и нищим в 45 лет.

Пока Дженнари не потерял себя, он был удивительно талантливым ученым. Так, он понял, что структурные различия, обнаруженные им в коре, отражают различия функциональные. Однако узнать, в чем же эти функциональные различия заключаются, Дженнари не смог.

ВСКОРЕ после опубликования книги Дженнари начались серьезные экспериментальные исследования с целью понять деятельность коры головного мозга. В этих опытах, проводившихся на животных, обычно делалось определенное повреждение мозга и изучалось нарушение соответствующих функций. Благодаря этим опытам, а также наблюдениям над людьми с повреждениями головного





ОСНОВНЫЕ ПУТИ зрительной информации в мозге (*a* — вид сбоку, *b* — снизу). В сетчатке глаза свет вызывает нервные импульсы. Эти импульсы по зрительному нерву передаются в латеральное колленчатое тело (скопление нервных клеток в глубине мозга) того или другого полушария, а оттуда в первичную зрительную кору, которая расположена в затылочной (задней) доле каждого полушария. От правой половины поля зрения информация поступает в левое полушарие (показано желтым цветом), а от левой поло-

вины — в правое (показано зеленым). Первичная зрительная кора (голубые участки) является частью коры головного мозга — извилистого слоя серого вещества, покрывающего полушария. Лишь незначительная часть первичной зрительной коры выходит на наружную поверхность затылочных долей (*c*); гораздо большая ее часть располагается на медиальных (внутренних) поверхностях полушарий, которыми они прилегают друг к другу. К первичной зрительной коре относится также шпорная борозда.

мозга к 1850 г. сложилось убеждение в том, что кора головного мозга необходима для движений, ощущений и мышления.

Однако к этому времени еще не хватало данных для того, чтобы сделать следующий важный шаг — осознать, что повреждения определенной локализации приводят к нарушению определенных функций. Сама идея локализации функций в коре была дискредитирована зародившимся в первой половине XIX в. псевдонаучным направлением, известным под названием френологии. Согласно учению ее создателя — выдающегося анатома Франца Йозефа Галля, работавшего в Вене, а затем в Париже, — в мозге имеется столько отдельных областей, сколько у человека психических способностей. Он считал, что форма черепа отражает форму мозга и поэтому такие черты личности и характера, как, например, жестокость или обжорство, можно определить путем

ощупывания головы. Ученик Галля Йоганн Шпурцхайм развил эту концепцию и привлек к ней интерес врачей и широкой общественности.

Некоторые экспериментальные данные, полученные в первой половине XIX в., противоречили, казалось бы, идее локализации функций. Так, французский физиолог Пьер Флуранс показал, что у животных единичное повреждение переднего мозга приводит к целому «букету» изменений: оно могло вызывать потерю чувствительности, трудности в «понимании» сенсорной информации и в инициации движений. Флуранс пришел к выводу, что чувствительность, восприятие и волю нельзя разделить и что отвечающие за них структуры диффузно распределены в коре. «Главный принцип — единство; оно вездесуще и ему подчинено все, — писал Флуранс. — Таким образом, нервная система — это один цельный комплекс. Идеи Флуранса нашли отклик и поддержку.

В третьей четверти XIX в. три открытия вернули привлекательность концепции локализации психических функций. В 1861 г. французский врач Поль Брока сообщил, что у одного из его пациентов поражение в области левой лобной доли вызвало постоянное расстройство речи. Несколько лет спустя лондонский невропатолог Джон Хьюлингз Джексон описал особые эпилептические припадки, начинающиеся ритмичными движениями какой-либо части тела и затем распространяющиеся в определенной последовательности на соседние участки. Это свидетельствовало о том, что рядом расположенные участки мозга контролируют соответственно расположенные участки тела.

Наконец, в 1870 г. немецкие физиологи Густав Теодор Фрич и Эдуард Гитцинг проделали эксперимент, который оказался, судя по всему, самым сильным стимулом для новых исследований в области корковой локали-

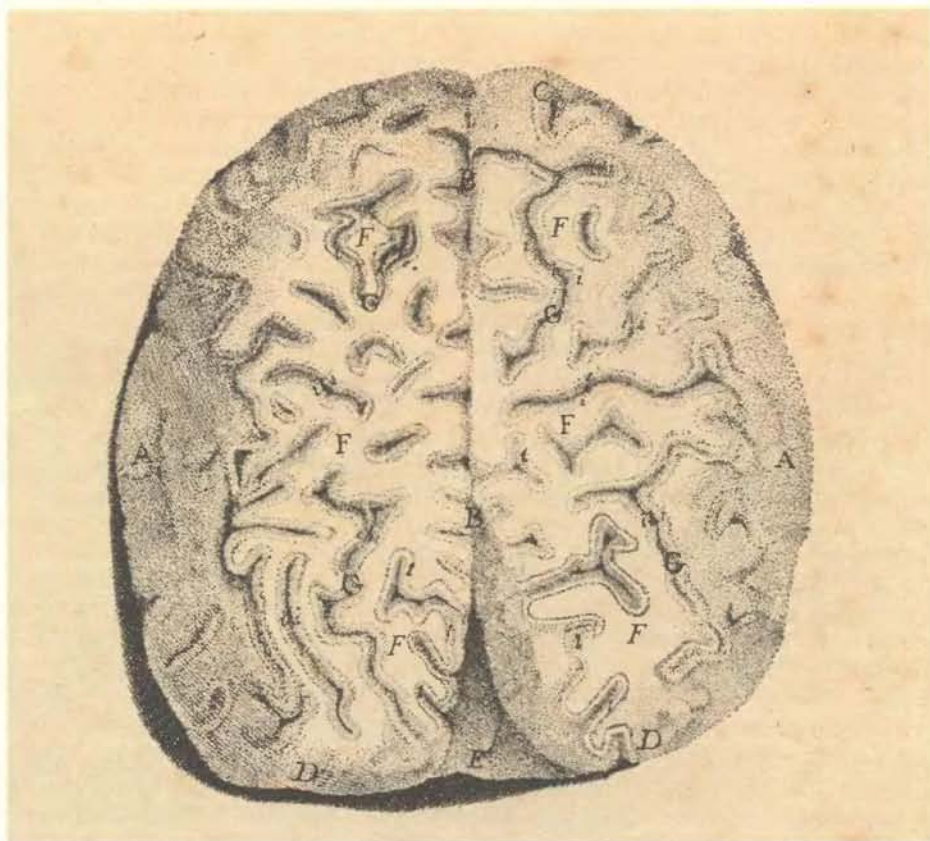
зации функций. Они раздражали электрическим током определенные отдельные участки коры лобной доли у собаки и наблюдали, что в ответ на эти воздействия возникали движения конечностей или каких-либо других участков тела на стороне, противоположной раздражаемому полушарию. Хирургическое удаление участка, раздражение которого вызывало движение конечности, приводило к тому, что животное утрачивало контроль над данной конечностью. Эти результаты интерпретировали по-разному; одно из разумных объяснений состоит в том, что, в противоположность бытовавшим тогда взглядам, по меньшей мере часть коры отвечает за вполне определенную функцию, а именно за движение.

В ПОИСКАХ локализации функций пытались найти центры, отвечающие и за другие процессы, в частности за зрение. Первым заявил об обнаружении центра зрения английский невропатолог и физиолог Дэвид Ферриер (он сначала работал в лаборатории, предоставленной ему в Психиатрической больнице Западного райдинга графства Йоркшир, а затем в Кингз-Колледже Лондонского университета). Всесторонне изучив влияние переменного тока на головной мозг животных, Ферриер подтвердил, что раздражение определенных участков мозга приводит к определенным движениям. Экспериментируя с обезьянами, он заметил, что раздражение так называемой ангулярной извилины в теменной доле вызывает движение глаз. Это навело Ферриера на мысль о том, что ангулярная извилина вполне может быть искомым зрительным центром головного мозга.

Для того чтобы проверить свою идею, он удалял у обезьян ангулярную извилину и анализировал последствия. Результаты таких опытов создавали впечатление, что одностороннее удаление этой структуры приводит к потере зрения противоположным глазом, а двустороннее удаление — к полной слепоте.

Фактический материал, на основа-

ПУЧОК ДЖЕННАРИ на горизонтальном срезе головного мозга (вверху) имеет вид белой полоски (D) в сером веществе коры. Рисунок взят из опубликованной в 1782 г. монографии (внизу — ее титульный лист) Франческо Дженнари, впервые описавшего эту структуру. Его открытие было первым указанием на то, что кора головного мозга неоднородна, и это привело Дженнари к гипотезе (впоследствии подтвердившейся) об особых функциях коры задних отделов мозга.



FRANCISCI GENNARI

PARMENSIS

MEDICINAE DOCTORIS COLLEGIATI

DE PECULIARI

STRUCTURA CEREBRI

NONNULLISQUE EJUS MORBIS.

PAUCAE ALIAE ANATOM. OBSERVAT.

ACCEDUNT.

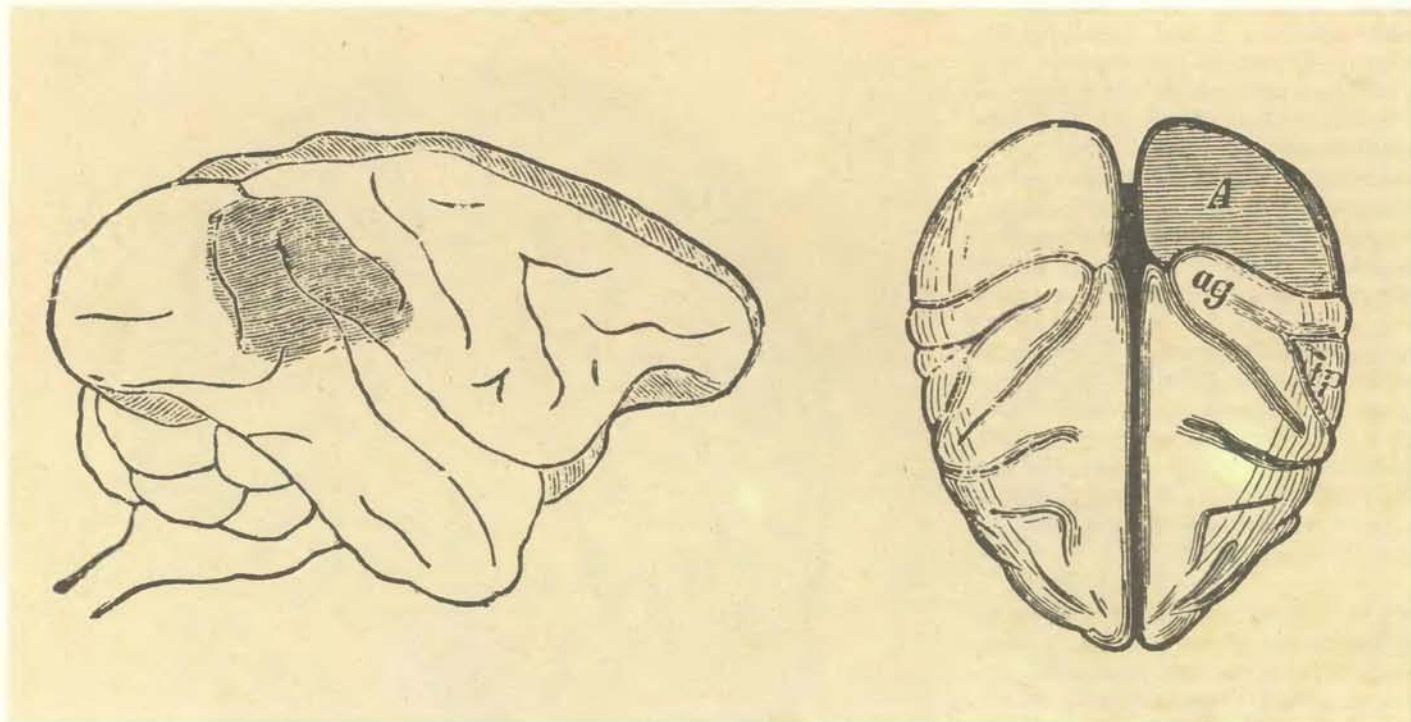


PARMAE

EX REGIO TYPOGRAPHEO

M. DCC. LXXXII.

CUM APPROBATIONE.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ головного мозга обезьян сначала привели к противоречивым данным относительно локализации главного зрительного центра мозга. В 1876 г. Д. Ферриер сообщил, что удаление одного из отделов теменной коры — ангулярной извилины (треугольная заштрихованная область, слева) приводит к слепоте. По

его мнению, именно здесь расположен центр зрения. Против этого категорически возражал Г. Мунк. В его работе, опубликованной в 1881 г., утверждалось, что за зрение отвечают затылочные доли (область А, справа). В дальнейшем оказалось, что прав был Мунк.

нии которого Ферриер сделал вывод о полной потере зрения, в основном представлял собой описание наблюдений. Одно из них, например, состояло в том, что обезьяна, очень любившая чай, казалась неспособной разглядеть чашку чая, помещенную прямо перед ее глазами. В докладе Ферриера Лондонскому Королевскому обществу, сделанном в 1875 г., и в его книге "Functions of the Brain", изданной в 1876 г., об этом рассказано так: «Если чашку чая ставили у самых губ животного, то оно начинало жадно пить. Затем чашку отодвигали, так что животное теряло с ней непосредственный контакт, и хотя ему очень хотелось еще попить, о чем свидетельствовали все его движения, оно не могло найти чашку, стоявшую прямо перед его глазами. Этот опыт был повторен многократно с одинаковым результатом. Наконец, когда чашку вновь приводили в соприкосновение с губами обезьяны, она сразу окунала туда морду и начинала пить, хотя чашку постепенно опускали и переносили по комнате». Разрушения в области затылочных долей не приводили к таким нарушениям, и потому у Ферриера не было оснований считать, что эти доли играют важную роль в зрительном восприятии.

Выводы Ферриера были противо-

речивы. Наиболее ярким его оппонентом стал профессор физиологии Берлинского ветеринарного института Герман Мунк, который начал свои опыты вскоре после того, как приступил к вышеописанным исследованиям Ферриера. Он пришел к правильному выводу: слепота возникает в результате разрушения затылочных долей, а не теменных. Он обнаружил, что одностороннее удаление затылочной коры приводит к гемианопсии: у обезьян выпадала одна половина поля зрения. Поскольку при этом каждый глаз частично утрачивал зрение, Мунк пришел к выводу, что от обоих глаз информация идет как к левому, так и правому полушарию. Кроме того, он показал, что двустороннее удаление затылочной коры приводит к полной слепоте.

Мунка никак нельзя назвать доброжелательным по отношению к его оппоненту. В статье, написанной в 1881 г., он приводит два своих высказывания в Берлинском физиологическом обществе: «В моем первом сообщении по физиологии коры, которое я сделал в марте прошлого года, я ничего не сказал об опытах Ферриера на обезьянах, потому что о них нельзя было сказать ничего хорошего». Когда на следующем заседании Мунка попросили объясниться по этому поводу, он в итоге довольно много сказал о работах

Ферриера. Сначала Мунк перечислил некоторые его выводы, среди которых было не только утверждение того, что ангулярная борозда является у обезьян центром зрения, но также предположение о том, что затылочные доли являются центром голода! Затем он сказал, что заключения Ферриера — это «не имеющие никакой ценности беспочвенные построения, поскольку г-н Ферриер обследовал животных очень поверхностно и лишь весьма ограниченное время после операции, когда функции головного мозга вообще угнетены. Если, утверждая это на основании анализа всех работ г-на Ферриера, я и зашел слишком далеко, то мне остается лишь как можно быстрее принести свои извинения. Однако из опытов ясно, что я сказал ... скорее слишком мало, чем слишком много. Г-н Ферриер не сделал ни одного правильного вывода, и все его утверждения оказались ошибочными».

Отношения между этими двумя исследователями были столь неприязненными, что психолог и философ XIX в. Уильям Джеймс написал в своем пособии по психологии: «Вопрос о локализации функций в мозге как-то особо влияет на характер тех, кто исследует его экспериментально. Категоричность Мунка в обсуждении наблюдений и чванство в теории приве-

ли к полному падению его авторитета».

ОДНАКО история рассудила иначе: Мунк не утратил свой авторитет, и общепризнано, что именно он четко доказал исключительную роль затылочных долей для зрения. Несмотря на это, работа Ферриера требует более внимательного анализа, так как, во-первых, разрешены еще далеко не все вопросы и, во-вторых, полученные им результаты на деле все же дают ключ к пониманию обработки зрительной информации в мозге.

Почему же Ферриер не наблюдал четкую потерю зрения после повреждения затылочных долей, и что на самом деле происходило с теми обезьянами, у которых, казалось, возникала слепота после разрушения ангулярной извилины? Отсутствие слепоты после повреждения обеих затылочных долей объяснить несложно. Почти в каждом случае Ферриер удалял большую часть этой области мозга, а именно расположенную позади глубокой борозды, называемой лунной. Это означает потерю большей части первичной зрительной коры, но кое-что от нее все-таки оставалось. А даже если остается лишь несколько миллиметров зрительной коры, потеря зрения не так уж велика, потому что (в этом мы убедимся ниже) на относительно небольшие участки первичной зрительной коры проецируются значительные области периферического поля зрения.

Таким образом, в экспериментах Ферриера обезьяны, вероятно, теряли центральное зрение, но полная слепота у них не наступала. Возможно, частичная утрата зрительной функции каким-то образом во многом компенсировалась. Обезьяны быстро научаются использовать малейшие зрительные возможности, остающиеся после удаления участков мозга, и в этом им помогает способность быст-

ро двигать глазами и головой. Мунк же вызывал у животных слепоту, удаляя, скорее всего, кроме прочих областей, еще и большие участки медиальной поверхности полушарий, т.е. их внутренних поверхностей, которыми они прилежат друг к другу. А именно в области медиальных поверхностей расположена большая часть первичной зрительной коры.

Что касается тех опытов Ферриера, в которых он наблюдал наступление слепоты после удаления ангулярной извилины, то, судя по описанию активности обезьян, можно предположить, что Ферриер случайно обнаружил не зрительный центр мозга, а область, существенно важную для управления визуально контролируемые движениями. Благодаря этой способности человек может, например, аккуратно сорвать ягоду с куста или идти по оживленной улице, ни с кем и ни с чем не сталкиваясь. Возможно, в опытах Ферриера животные теряли способность управлять своими движениями с помощью зрительной информации и именно поэтому им было трудно дотянуться до пищи, стоящей прямо перед глазами.

В конце концов и сам Ферриер, должно быть, признал свою ошибку. В его первых опытах обезьяны жили лишь 3-4 дня после операции из-за неизбежных инфекционных осложнений. В дальнейшем, когда он стал применять стерильные хирургические методы Джозефа Листера, позволявшие подопытным животным не погибнуть и оправиться, обнаружилось, что по-настоящему слепыми они не были. Из описаний поведения этих обезьян, восстановившихся после операций, ясно, что главным последствием разрушения ангулярной извилины была потеря управления зрительно контролируемые движениями.

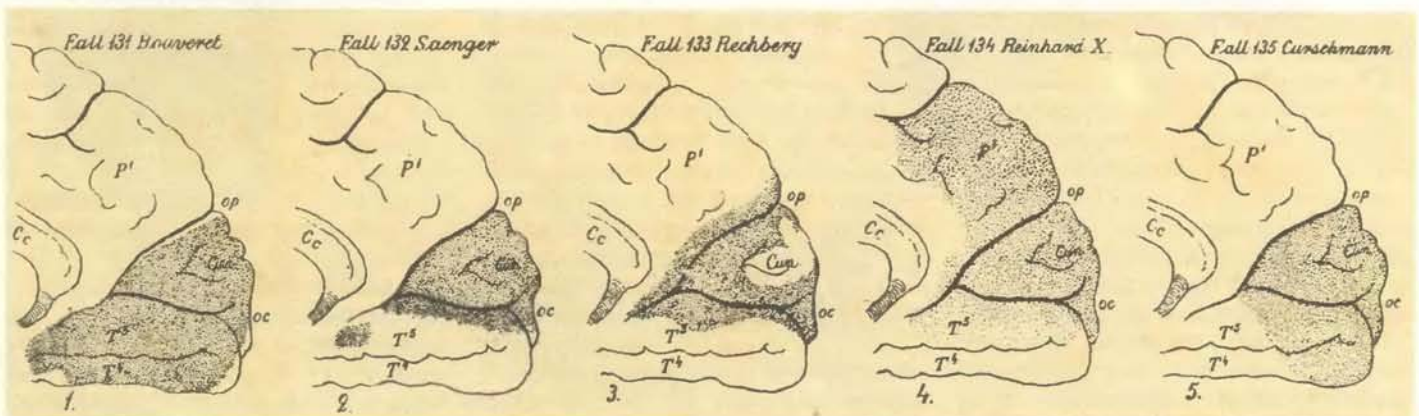
Во время как Ферриер продолжал изучение ангулярной извилины, выво-

ды Мунка о затылочных долях как центре зрения получали все большее признание. К 1890 г. Эдвард Альберт Шарпи-Шефер, профессор физиологии в медицинском колледже Лондонского университета, воспроизвел опыты Мунка; кроме того, накопились сообщения врачей о случаях частичной слепоты у людей после поражения затылочных долей.

В 1892 г. шведский невропатолог Саломен Эберхард Геншен, работавший в Упсальском университете, обобщил имевшиеся к тому времени клинические данные. Он собрал все доступные ему истории болезни тех случаев, в которых, с одной стороны, поражение мозга приводило к выпадению правой или левой половины поля зрения, а с другой — имелись патологоанатомические данные о локализации поражения в соответствующем полушарии. В каждом случае пораженной оказалась область затылочной коры, включающая и окружающая хорошо выраженную на медиальной поверхности обоих полушарий шпорную борозду. Именно здесь расположена та часть коры, в которой пучок Дженнари наиболее заметен.

Таким образом, более чем век спустя Геншен подтвердил предположение Дженнари о том, что кора, в которой выражена белая полоска — «полосатая» (стриарная) кора, — играет особую роль. Фактически Геншен окончательно подтвердил, что полосатая кора служит не более и не менее как первичным зрительным центром головного мозга.

ИТАК, зрительные образы проецируются в область полосатой коры. Каковы же принципы и порядок этой проекции? Геншен предположил, что центральным областям поля зрения соответствует передняя часть полосатой коры, а перифериче-



ОБЛАСТИ ПОРАЖЕНИЯ головного мозга (темные) у больных с частичной утратой зрения были картированы в 1890 г. С. Геншеном. На этих рисунках, изображающих внутреннюю поверхность затылочной доли правого полушария, пред-

ставлены некоторые из изученных им случаев. Работа Геншена способствовала подтверждению гипотезы Мунка о том, что зрительный центр расположен в затылочных долях.

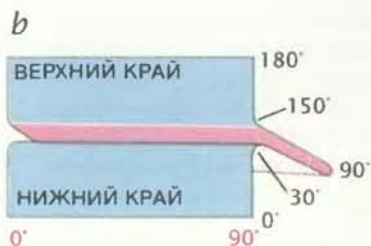
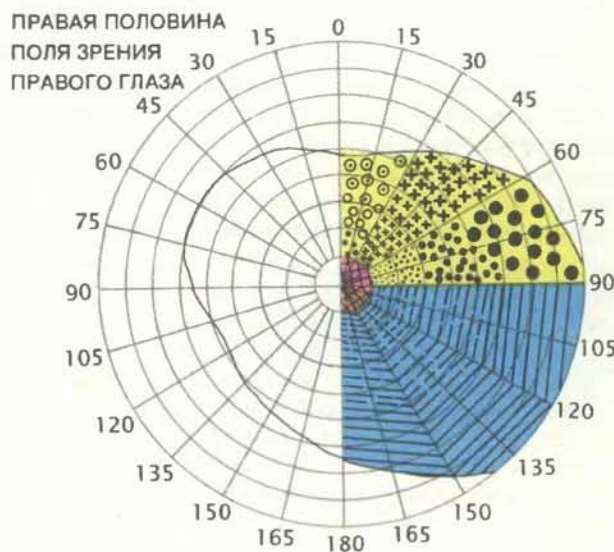
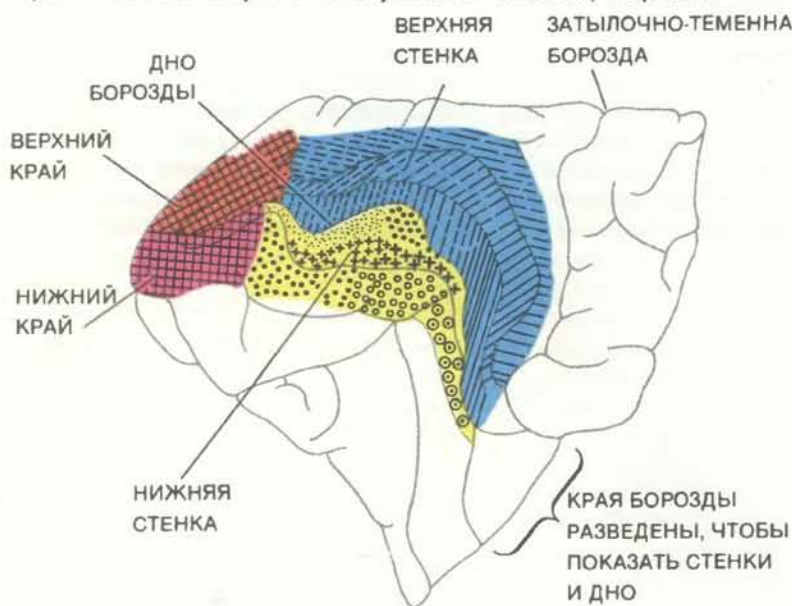


СХЕМА ПРОЕКЦИИ поля зрения в первичной зрительной коре была опубликована Т. Иноуэ в 1909 г. На этом рисунке правая половина поля зрения нанесена на затылочную долю (а) левого полушария; края шпорной борозды голубые, стенки — розовые. Иноуэ описывал точки поля зрения (не показано) с помощью системы координат, в которой горизонтальная ось была откалибрована в градусах «азимута» слева направо от -90° до $+90^\circ$, а вертикальная ось — в градусах «высоты» сверху вниз от 0° до 180° . Центру поля зрения соответствует 0° азимута и 90° высоты, а правой

половине — точки, лежащие справа от вертикальной оси. Иноуэ как бы расправил борозду (b), так что стали «видны» ее стенки и нанес линии азимута (красные цифры) вдоль борозды, а высоты (черные цифры) — перпендикулярно (c). По этой схеме центральная область поля зрения представлена в задних частях затылочных долей, а периферические области — в передних, причем информации от центральных участков поля зрения соответствует непропорционально обширная часть зрительной коры.



ДРУГАЯ СХЕМА ПРОЕКЦИИ поля зрения на зрительной коре в области затылочной доли была разработана Г. Холмсом в 1918 г. Центру поля зрения в ней отвечает центр координатной сетки. Здесь приведены оригинальные рисунки Холмса; для большей ясности введены новые обозначения, цвета и надписи. Схема Холмса быстро вытеснила схему Иноуэ, так как она удобнее для восприятия.

Видно, что области коры, в которые проецируются центральные участки поля зрения, несоразмерно велики по сравнению с областями для периферических участков как в горизонтальном, так и вертикальном направлении (на схеме Иноуэ область проекции центральных участков поля зрения простиралась широко только в горизонтальном направлении).

ским — задние части. Однако его гипотеза оказалась неверной.

Ошибка Геншена объясняется тем, что он располагал лишь грубыми данными: у его пациентов были обширные поражения мозга. Следовало изучать случаи частичного поражения полосатой коры, сопровождавшиеся выпадением той или иной области поля зрения. Подобные случаи характерны для боевых ранений, которые принесла разразившаяся вскоре очередная война.

В 1904-1905 гг. в Азии происходили тяжелые бои между русской царской армией и японскими войсками. В этих сражениях участвовало более 500 тыс. солдат, и было множество раненых. Изучение последствий ранений в голову дало молодому японскому врачу Таудзи Иноуэ обширный материал, вполне достаточный для того, чтобы разработать довольно точную схему проекции полей зрения в головном мозге человека. Данные Иноуэ «перевернули» модель Геншена: на самом деле центральные области поля зрения проецируются на задние области зрительной коры, а периферические участки — на передние.

Несмотря на большой вклад Иноуэ в науку о мозге, имя его многие годы оставалось неизвестным. Мы с моим коллегой из Оксфордского университета Дэвидом Уиттериджем надеемся исправить эту несправедливость. Недавно мы перевели на английский язык монографию, которую Иноуэ написал в 1909 г. на немецком языке. Нам удалось также связаться с его семьей в Японии и многое узнать о его жизни.

Таудзи Иноуэ родился в Токио в 1881 г., получил медицинское образование в Токийском университете и до русско-японской войны работал под руководством одного из известных офтальмологов того времени. Затем он стал армейским врачом и во время войны обследовал немало японских солдат, частично утративших зрение из-за пулевых ранений в голову. Кроме того, он обследовал раненых, которых к нему посылали другие врачи, а также одного японского солдата, раненного во время «боксерского» (ихэтуаньского) восстания в Китае в 1900 г.

Разработке схемы организации зрительного центра способствовало то, что в русской армии были введены винтовки нового типа — модель Мосина-Нагана образца 1891 года. Эти винтовки стреляли пулями меньшего калибра (7,62 мм), которые летели с более высокой скоростью (620 м/с). Такие пули часто проходили через череп, не разрывая его на части. Раненые при этом теряли сознание на время от не-

скольких часов до нескольких суток, но затем состояние их достаточно улучшалось и они могли принимать участие в исследованиях Иноуэ (в чем они были и лично заинтересованы, так как размер пенсии раненым зависел от величины ущерба здоровью, в данном случае от степени утраты зрения).

Предложенная Иноуэ схема корковой проекции полей зрения основана на обследовании 29 раненых. Для каждого из них он составил подробные карты поля зрения обоих глаз (образы, которые видят левый и правый глаз, несколько различаются) и определил участок повреждения черепа. Чтобы точно установить, какая часть мозга была поражена, Иноуэ соотносил входное и выходное пулевые отверстия и рассчитывал, какая часть мозга должна быть затронута, полагая, что пулевой канал через мозговую ткань прямой. Основанием для этого положения послужил анализ случаев ранения при стрельбе в положении лежа, когда пуля прошивала череп насквозь и вновь входила в плечо или предплечье. В таких случаях все три отверстия всегда располагались на одной прямой (это было также связано с высокой скоростью пуль русских винтовок).

Иноуэ не только исправил ошибку Геншена о проекции зрительных образов в коре, но выявил еще одну важнейшую особенность организации полосатой коры. Он открыл, что пропорции зрительного образа в коре не сохраняются. Иноуэ не дал точного описания пропорции проекций, однако показал, что наиболее обширный участок полосатой коры отражает центральную область поля зрения. Этого и следовало ожидать, поскольку в области желтого пятна сетчатки (т.е. области центрального зрения) зрительные клетки располагаются с наибольшей плотностью.

Иноуэ умер 12 лет назад в возрасте 96 лет, однако на его работы долгое время не обращали внимания. Отчасти это связано с тем, что во время первой мировой войны известный английский невропатолог Гордон Холмс и его коллега Уильям Тиндал Листер разработали более удобную и детальную схему проекции полей зрения на зрительную кору. Именно их схему стали воспроизводить в учебных пособиях и она получила широкое распространение.

Холмс и Листер шли тем же путем, что и Иноуэ. Эти два исследователя работали в английских военных госпиталях и изучали дефекты зрения после ранений, затрагивающих затылочные доли головного мозга. Несмотря на то что их данные большей частью соответствовали резуль-

татам Иноуэ, они были не согласны с ним в одном важном вопросе. Иноуэ, так же как и многие исследователи до и после него, лишь очень редко наблюдал полное выпадение одного поля зрения даже при обширных повреждениях левой или правой затылочной доли. Чаще у раненого оставалась маленькая область видения в центре полей зрения — в той их части, свет от которой падает прямо на желтое пятно. Из этого следовало, что центральные области имеют двойную проекцию — и в левой, и в правой половинах мозга. Холмс и Листер активно отрицали такую «двойную проекцию центра». Они считали, что во всех случаях данное явление связано с недостаточно обширным поражением затылочных долей. Кто же был прав? Очевидно, «двойная проекция центра» все же существует, хотя однозначного объяснения этому явлению нет.

РАБОТЫ Холмса и Листера по существу завершают этап открытия первичной зрительной коры и общего описания ее функций. Хотелось бы, однако, отметить, что ни они, ни другие исследователи, о которых здесь шла речь, вовсе не единственные важные действующие лица в этой увлекательной драматической истории, растянувшейся на десятилетия. Я рассказал лишь о нескольких основных героях, сосредоточив свое внимание на тех, которые получили недостаточное признание, несмотря на большой вклад в науку.

С тех пор как появились схемы Иноуэ и Холмса, мы многое узнали об организации коры головного мозга в целом и полосатой коры в частности. Так, теперь известно, что области коры, прилежащие к полосатой коре и простирающиеся дальше в височные и теменные доли, отвечают главным образом за зрительные функции и получают информацию преимущественно от полосатой коры (прямо или косвенно). Выяснилось, что у обезьян и человека примерно половина всей коры головного мозга отвечает за обработку зрительных образов. Исследования переработки зрительной информации в мозге ни в коей мере нельзя считать законченными. Сегодня главная задача заключается в том, чтобы выявить особые функции тех отделов, которые не входят в полосатую кору. К таким функциям может относиться восприятие цвета, формы и движения, а также использование этой информации для узнавания знакомых предметов и управления движениями тела.

Многие исследователи, работающие над подобными вопросами, глядят больше в будущее, чем в прошлое.

Но знание истории вопроса — существенная поддержка ученому в процессе познания, который нередко приносит разочарования. В изучении первичной зрительной коры, как почти в любой новой области, продвижение было сначала медленным, и лишь по достижении определенного этапа технического и теоретического прогресса стали возможными многие фундаментальные открытия. Лабораторные опыты на животных помогли выяс-

нить организацию мозга, которая сначала казалась хаотической. Иногда такая работа приводила к ошибкам, но дальнейшие эксперименты подтверждали полученные факты и разрешали противоречия. Результаты этих исследований позволили врачам лучше понимать возникающие у больных нарушения и открыли новую эру плодотворного исследования удивительной работы человеческого мозга.

Наука и общество

Новый импульсный спектрометр

ДЛЯ ТОГО чтобы проследить движение электронов вокруг ядра, нет более удобного способа, чем бомбардировать атом квадрильоном электронов. Этот способ лежит в основе вновь созданного прибора, называемого электронно-импульсным спектрометром (ЭИС). После десяти лет разработок и совершенствования ЭИС впервые стало возможным непосредственно наблюдать отдельные электронные орбитали (траектории, описываемые электронами вокруг ядра), выявляя таким образом молекулярную структуру и химические связи в мельчайших деталях.

С помощью ЭИС физики теперь могут исследовать сложные взаимодействия между ядрами и электронами, образующими атомы, а химики установят, как взаимодействуют определенные молекулы при образовании соединений в химических реакциях.

Все возможные применения нового спектрометра пока не раскрыты. Если мы можем точно определить положение Луны относительно Земли, то этого нельзя сделать для траектории электронов в атомах. Из принципа неопределенности Гейзенберга следует, что мы можем знать либо положение электрона, либо его импульс. Электронные орбитали указывают вероятность того, что электрон имеет определенный импульс и занимает определенное положение в пространстве в данный момент времени.

ЭИС исследует орбитали электронов, выстреливая в молекулу-мишень в газе пробными электронами с известными энергией и импульсом. Отдельные пробные электроны выбьют электрон-мишень с неизвестными энергией и импульсом из молекулы-хозяина. Детекторы спектрометра ре-

гистрируют те соударения, при которых пробный электрон и электрон-мишень разлетаются с одинаковой скоростью в направлениях под углом 45° к начальной траектории пробного электрона. При этих условиях передача импульса максимальна. Электроны, претерпевшие такое соударение, можно опознать, выявляя одинаковые показания детекторов. Начальный импульс и кинетическую энергию электрона-мишени можно вычислить, измеряя конечные импульс и энергию пробного электрона и мишени.

Чтобы определить орбиталь, с которой вылетел электрон, нужно знать только его начальную энергию, так как каждая орбиталь имеет свой определенный энергетический уровень. Для определения формы орбитали спектрометр должен зафиксировать количество электронов, достаточное для установления вероятностной кривой количества движения. Из квадрильола выстреливаемых в минуту электронов обычно лишь один регистрируется детектором, поэтому эксперимент может длиться несколько недель. Когда собирается достаточно данных, то при помощи сложных математических вычислений можно определить вероятность местоположения электрона и форму орбитали.

Хотя впервые ЭИС был опробован в 1973 г. в Италии и Австралии, его применение было отложено из-за явного расхождения результатов эксперимента с молекулярной квантовой теорией. Считали, что ошибка обусловлена неточностью применяемого в спектрометре метода измерений. Только в апреле 1987 г. А. Баваган и Х. Брайон из Университета Бриггсской Колумбии, а также Э. Дэвидсон и Д. Феллер из Индианского университета обнаружили, что ошибка была допущена в теории, а не в измерениях спектрометра.

«Звездные войны на море»

АМЕРИКАНСКИЙ крейсер «Винсеннес» оснащен помимо ракет самой современной системой ПВО, называемой «Иджис», стоимостью 1,2 млрд. долл. Ее основным элементом является радар с фазированной решеткой, который может следить за сотнями воздушных целей над территорией, по площади примерно равной шт. Техас. «Иджис» также осуществляет управление боем: ее компьютеры обрабатывают данные, а затем выдают «рекомендации» и даже подают команды на выполнение боевых действий. 3 июля «Винсеннес» совершил трагическую ошибку — им был уничтожен гражданский авиалайнер, принятый за истребитель противника.

Можно ли «Иджис» сравнить с СОИ — щитом от ядерных ракет, за создание которого так ратует президент Рейган? Представители Пентагона, очевидно, полагают, что можно, поскольку часто называют «Иджис» «системой звездных войн на море». По словам майора Уильяма Дж. О'Коннела, сторонника СОИ, «Иджис» дает представление о том, какой уровень сложности будут иметь системы управления боем в «звездных войнах». Ричард Л. Рампф, заместитель помощника министра ВМС, отмечает, что на генерал-лейтенанта Джеймса А. Абрахамсона, директора СОИ, «Иджис» произвела столь сильное впечатление, что он дал указание разработчикам систем СОИ «почувствовать у нее».

Следуя этому указанию, Организация стратегической оборонной инициативы (ОСОИ) зачислила в свой состав капитана Джона Донегана, который в течение 7 лет руководил программой разработки системы «Иджис», с тем чтобы он мог возглавить в ОСОИ отдел, занимающийся разработкой систем управления боем. По словам Донегана, между «Иджис» и СОИ имеется по крайней мере одно принципиальное сходство. Он отмечает, что хотя комитет начальников штабов ставит условие, чтобы «контур управления» стратегической обороной включал в себя человека, в целом эта оборона, как и «Иджис», может действовать независимо от человека, «когда абсолютно не подлежит сомнению, что возникла угроза, и когда человеку трудно реагировать должным образом в сложившейся ситуации».

Контур управления системой «Иджис», которой оснащен крейсер «Винсеннес», включал в себя человека в тот момент, когда был обнаружен самолет, взлетевший с иранской территории и направлявшийся в сторону

крейсера. В распоряжении Уилла К. Роджерса, капитана крейсера, было примерно 7 мин, чтобы проанализировать информацию, выдаваемую «Иджис» и принять на ее основе решение. Однако эта информация была противоречивой. Самолет посылал как гражданские, так и кодированные военные радиосигналы (сигналы опознавания IFF: «свой — чужой»), используемые иранскими истребителями F-14. К сожалению, все датчики и компьютеры «Винсеннеса» не смогли информировать капитана Роджерса, что предполагаемый F-14 был на самом деле аэробусом, построенным во Франции, который по размерам в три раза превосходит F-14. Для защиты крейсера Роджерс приказал выпустить по самолету две ракеты класса «земля — воздух».

Как заметил Томас Ф. Карри, возглавляющий научные исследования в компании E-Systems, Inc., являющейся военным подрядчиком, инцидент с самолетом иллюстрирует «классическую военную проблему: в того ли я стреляю?» Карри, который в течение примерно 30 лет был специалистом ВМС по электронным системам управления боем, отмечает, что ни один из существующих в настоящее время радаров или других средств обнаружения не способен определить по одному лишь «образу», принадлежит ли самолет дружественной, враждебной или нейтральной стороне. В условиях когда цель невозможно опознать визуально, воюющие стороны могут использовать сигналы IFF, или «секретный пароль», представляющий собой набор кодированных радиосигналов. Однако по сигналам IFF можно опознать только тех «своих», которые знают пароль. Даже правильно «названный» пароль IFF может вызвать подозрение, поскольку он может быть известен противнику (как и в данном инциденте, когда на «Винсеннесе», очевидно, знали код иранских истребителей F-14). Несмотря на серьезность проблемы опознавания целей, отмечает Карри, такие системы, как «Иджис», обычно испытываются только в ситуациях «тотальной войны», в которых все неопознанные объекты принимаются за враждебные.

По мнению Карри и других специалистов по вопросам обороны, стратегическая оборона, развернутая в космосе, будет гораздо в большей степени подвержена ошибкам при опознавании целей, чем система «Иджис». Человек в контуре управления СОИ окажется в несравненно более напряженной ситуации, чем капитан Роджерс, поскольку будет отвечать не за судьбу крейсера, а за судьбу Соединенных Штатов. Кроме того, в от-

личие от Роджерса, в его распоряжении будет, вероятно, меньше времени на принятие решений. Как полагают военные специалисты, система стратегической обороны станет уничтожать советские ракеты в фазе их разгона, т. е. до того как они смогут выпустить свои боеголовки, ложные цели и маскирующие средства. Длительность фазы разгона примерно 5 мин и, возможно, она будет еще меньше, если Советский Союз перейдет на еще более быстрые ракеты-носители.

Электронное «зрение» СОИ вряд ли будет «острее», чем у «Иджис», кроме того, перед ней будут стоять гораздо более сложные задачи. Увеличение числа советских ракет, размещаемых на кораблях, подводных лодках и подвижных платформах (а также возможное появление ядерных ракет у других стран, настроенных враждебно по отношению к США) приведет к тому, что американская оборонительная система должна будет вести наблюдения за большей частью земного шара. Инфракрасные датчики, устанавливаемые на спутниках, часто срабатывают на ложные сигналы. Те датчики, которые в настоящее время используются Объединенным командованием противоздушного обороны Североамериканского континента (NORAD) для раннего обнаружения целей, ошибочно принимают лесные пожары, пожары на буровых скважинах и другие явления за пуски ракет. Датчики должны также отличать ядерные ракеты от примерно 100 других ракет, которые Советский Союз в настоящее время запускает ежегодно. Предупреждения о запуске ракет могут уменьшить, но

не исключить эту проблему. Ведь имелось же на «Винсеннесе» расписание полетов самолетов, включавшее рейс № 665.

Согласно Джону И. Пайку, специалисту по космическим проблемам Федерации американских ученых, в отличие от «Иджис», которая испытывалась в течение нескольких лет на «живых» мишенях и в боевых ситуациях, испытание СОИ возможно только на тех целях, которые могут вообразить и смоделировать исследователи, работающие по программе «звездных войн». Трагедия с иранским авиалайнером показывает, что «в мире гораздо больше неожиданностей, чем мы можем себе представить», — говорит Пайк. «Кто ожидал, что гражданский самолет будет посылать как обычные, так и военные сигналы IFF?»

Отметим еще и то, в чем СОИ и «Иджис» совершенно несопоставимы. Ошибка «Винсеннеса» стоила 290 человеческих жизней. Ошибка же СОИ обойдется людям гораздо дороже. Ричард Л. Гарвин из корпорации International Business Machines, давнишний критик СОИ, отмечает, что если США и СССР развернут системы типа СОИ, то космическое оружие будет главной целью и главной угрозой. В такой ситуации осколки метеорита или спутник могут быть ошибочно приняты за атакующую цель и тем самым спровоцировать войну в космосе. Поскольку системы СОИ будут, как предполагается, «тесно связаны» с наступательными вооружениями, то за этим последует запуск ядерных ракет. В результате, отмечает Гарвин, от планеты «останется лишь дым».



ШИРОКОЭКРАННЫЕ ДИСПЛЕИ на крейсере (не «Винсеннесе»), оборудованном системой «Иджис». Операторы просматривают прибрежные районы Ливана. Фотография ВМС США, сделана в 1984 г.

Наука вокруг нас

Об ударной волне и других редких явлениях, которые могут развлечь авиапассажира



ДЖИРЛ УОЛКЕР

ВСЕ, ЧТО вы видите в иллюминатор, находясь в летящем самолете, — земную поверхность, строения на ней, облака — вы видите через поток набегающего воздуха. Этот поток обтекает самолет со скоростью несколько сотен километров в час, но обычно он не искажает картину, открывающую перед вашими глазами.

Однако если вы сидите сразу за крылом, то, бросив взгляд в иллюминатор, вы можете заметить сильно турбулизованную струю воздуха, вырывающуюся из двигателей. Хаотические вариации плотности воздуха в реактивной струе заставляют лучи света, идущие с земли, случайным образом искривляться, и картина, которую вы наблюдаете, сильно колеблется. Когда самолет стоит на земле, эти колебания слабее, так как через двигатели проходит гораздо меньше воздуха.

Воздушный поток, обтекающий самолет в полете, можно иногда «увидеть» и благодаря другим, не столь явным эффектам. В своей книге «Наука через иллюминатор самолета» (см. «Библиографию» на с. 108) Э. Вуд приводит такой пример: предметы, находящиеся на земле, могут показаться искаженными, если идущие от них лучи света проходят вблизи пе-

редней кромки крыла. Первый раз Вуд обратила на это внимание, глядя через иллюминатор вниз на длинную дорогу, пересекающую под углом линию передней кромки крыла. По мере того как самолет летел над этим местом, дорога постепенно исчезала под крылом. Хотя сама дорога была прямой, отрезок ее у линии крыла, казалось, загибался (см. рисунок внизу).

На самом деле изгиб дороги был иллюзией. Когда крыло движется в воздухе, часть воздуха обтекает его сверху; скорость этого потока возрастает, и плотность воздуха в нем падает. Когда Вуд рассматривала отрезок дороги перед передней кромкой крыла, ей в глаза попадали лучи света, которые до этого прошли через зону пониженной плотности воздуха. Из-за изменения плотности воздуха лучи преломлялись, отклоняясь несколько вверх. Зрительная система всегда автоматически продлевает попадающий в глаз луч назад по прямой (как будто никакого искривления нет) и видит предмет, от которого этот луч идет, не там, где он находится. Именно так и было в случае, описанном Вуд. Вследствие отклонения лучей вверх часть дороги казалась лежащей ближе к линии крыла, чем она на самом деле была. В то же время лучи, шедшие от дороги и проходившие не-

сколько дальше от крыла, не попадали в зону пониженной плотности воздуха и потому не искривлялись. Соответственно «посылающие» их участки дороги воспринимались глазом без искажений. Изгиб дороги представлял собой то место, где смещенный отрезок соединялся с несмещенным.

Хотя это объяснение иллюзии не вызывает сомнений, одно обстоятельство все-таки долгое время меня смущало: уменьшение плотности воздуха вблизи крыла, судя по всему, не столь велико, чтобы лучи могли отклоняться на сколько-нибудь заметное расстояние. Я решил, что на самом деле преломление лучей происходит следующим образом. Луч преломляется, когда он пересекает границу зоны пониженной плотности воздуха. Когда луч входит в нижнюю часть этой зоны, он отклоняется в сторону границы. Из-за того что вначале луч имеет вертикальную составляющую, преломление делает его несколько более вертикальным. Далее свет движется по прямой через зону пониженной плотности и, покидая ее, еще раз преломляется на границе зоны, отклоняясь еще ближе к вертикали. Меня смущало следующее обстоятельство: если вблизи крыла плотность воздуха лишь немногим меньше, чем вдали от него, преломление существенно только в том случае, когда луч проходит через границу зоны под малым углом, как бы скользит. Однако таких лучей немного и вряд ли они способны создать иллюзию.

В конечном счете я понял, где в моих рассуждениях была ошибка; для этого мне пришлось более тщательно проанализировать, как выглядит смещенный участок дороги. Начиная от места изгиба, величина иллюзорного смещения возрастает с приближением к крылу, из чего следует, что плотность воздуха в этом направлении падает. При наличии такого градиента плотности луч поворачивает на всем протяжении его следования через зону пониженной плотности, поэтому траектория света представляет собой кривую (см. нижний рисунок на с. 83). Луч, который берет начало у иллюзорного изгиба дороги, проходит в зоне пониженной плотности небольшое расстояние и отклоняется от первоначального направления ненамного; луч, берущий начало в месте наибольшего иллюзорного смещения дороги, глубоко проникает в зону пониженной плотности и искривляется сильнее всего. Неоднородное отклонение лучей приводит к неоднородному смещению изображения дороги между точкой изгиба и крылом.

Похожую иллюзию можно наблюдать в тех случаях, когда вы сидите



Иллюзия искривления дороги

сразу за крылом и смотрите поверх него. Выбрав какое-нибудь высокое здание впереди по курсу самолета, я слежу за ним по мере его приближения к крылу. Почти перед тем как исчезнуть под крылом, оно неожиданно деформируется и как бы затекает под крыло, исчезая несколько раньше, чем должно было бы (см. верхний рисунок на с. 84). Приподнявшись на сиденье, я могу «вернуть» здание в поле зрения и проследить за его исчезновением еще раз. Первым делом я спросил себя: не является ли видимая мною картина смесью реального вида здания и его «плывающего» отражения на передней кромке крыла? Чтобы проверить это предположение, я попробовал медленно привставать над сиденьем, так чтобы картина оставалась «замороженной» и удобной для более пристального анализа. Выяснилось, что отражение отсутствует; изображение здания было действительно вытянуто в сторону крыла.

В этом искажении, как и в искривлении дороги в наблюдениях Вуд, было повинно преломление света. Когда нижняя часть здания в поле моего зрения приближалась к крылу, она «проваливалась», поскольку идущие от нее лучи света преломлялись и следовали по искривленной траектории в зоне градиента плотности, расположенной прямо над крылом. В течение некоторого времени здание продолжало вытягиваться, как будто было сделано из расплавленного стекла. В конце концов проваливалась и верхняя часть изображения (из-за того что формирующие ее лучи искривлялись в зоне пониженной плотности воздуха), так что все здание быстро исчезало до того, как это должно было бы произойти. Впечатление было такое, будто крыло всасывает его подобно пылесосу.

Почему не искажается сам вид крыла? Ведь глядя на него, вы воспринимаете лучи, которые прошли снизу вверх через зону пониженной плотности воздуха. Искажение отсутствует потому, что лучи пересекают эту зону под слишком маленькими углами и проходят в ней слишком короткое расстояние, чтобы существенно искривиться. Возможно, это к лучшему: если бы крылья за иллюминатором выглядели кривыми, слабонервные пассажиры переживали бы лишние муки.

Вуд описала еще один случай, когда преломление света изменяет картину, наблюдаемую из-за крыла. Хотя большинство современных пассажирских самолетов летают со скоростями, меньшими скорости звука, иногда воздух может обтекать крыло быстрее звука. В таких случаях возникает

скачок уплотнения (ударная волна), который тянется на один-два метра вверх от крыла. Это как бы тонкая прозрачная стенка, стоящая на крыле. Она может тянуться вдоль всего крыла, а может состоять из отдельных коротких секций. Плотность воздуха перед скачком уплотнения ниже, а позади него — выше. Сам скачок уплотнения увидеть, конечно, нельзя: это всего лишь воздух. По мнению Вуд, о наличии скачка уплотнения можно тем не менее догадаться по темной полосе «тени», которую он «отбрасывает» на крыло при солнечном освещении.

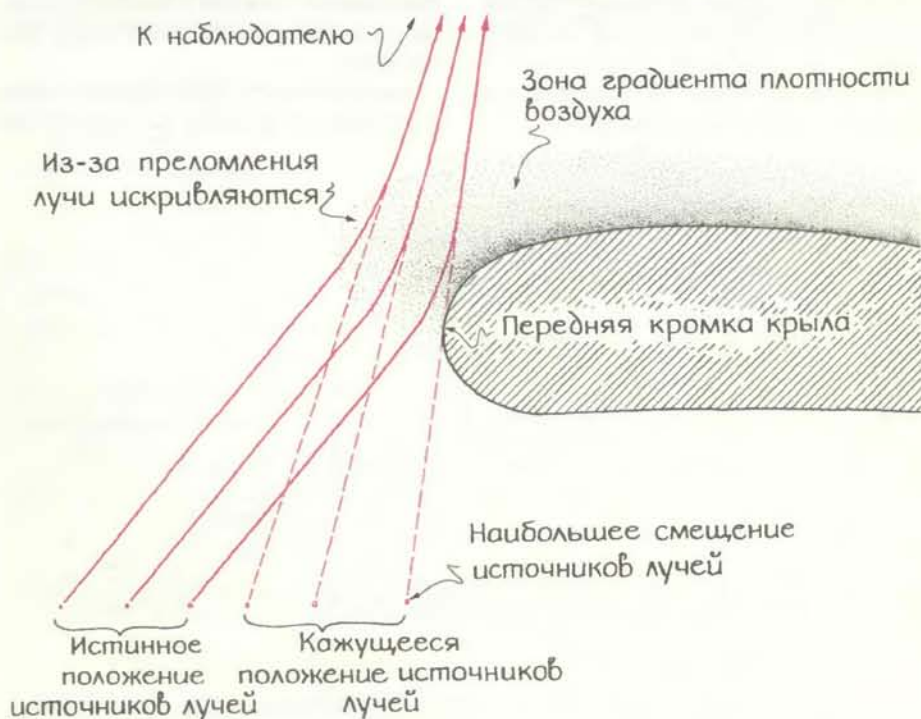
Независимо от Вуд о таких полосах сообщил в 1983 г. Э. Хьюиш из Кембриджского университета, наблюдавший их на большой высоте на самолете «Боинг-727». Солнце при этом находилось на угловом расстоянии 25° над концом крыла, около которого сидел Хьюиш. Полоса тянулась почти вдоль всего крыла и имела в ширину около 2 см. Сразу за темной полосой располагалась узкая светлая. Вследствие небольшой турбулентности полосы колебались; иногда появлялись дополнительные полосы. Когда самолет пошел на снижение и начал терять скорость, все изображение стало скользить к передней кромке крыла, бледнеть, суживаться и в конце концов исчезло. Ясно, что из-за уменьшения скорости воздушного потока над крылом скачок уплотнения ослабевал и в конце концов исчез, а вместе с ним пропали и создаваемые им «тени».

Как образуются полосы, которые видел Хьюиш? Рассмотрим солнечный луч, «пронзающий» переднюю

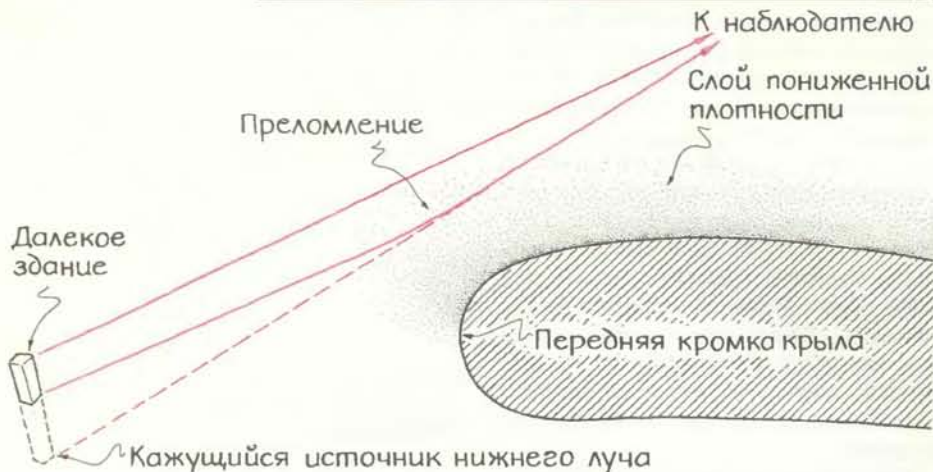


Схема возникновения иллюзии искривления дороги

поверхность скачка уплотнения под небольшим углом (см. рисунок внизу). Поскольку солнце находится на угловом расстоянии 25° над концом крыла, луч идет вниз. Проходя через скачок уплотнения, он отклоняется в результате преломления несколько вверх (а также в сторону от фюзеляжа), так что крыла он достигает в точке, расположенной несколько ближе к задней кромке крыла (и дальше от фюзеляжа), чем в отсутствие скачка уплотнения. То место, куда падает отклоненный луч, кажется более свет-



Преломление света в зоне градиента плотности воздуха



Каким образом происходит кажущееся проваливание здания

лым, а то, которое он должен был бы осветить, — более темным. Если такое преломление испытывают многие лучи по длине скачка уплотнения, светлые пятна образуют светлую полосу, а темные — темную. Полосы могли бы образоваться и в том случае, если бы солнечные лучи падали на заднюю поверхность скачка уплотнения и в силу этого отклонялись бы к передней кромке крыла.

Приведенное объяснение кажется правильным, но оно не учитывает, что участки крыла, которые должны быть темными, на самом деле могут освещаться другими лучами, пересекающими скачок уплотнения несколько ниже. Для того чтобы возникли темные и светлые полосы, либо поверхность скачка уплотнения должна быть изогнута, либо на ней должен существовать резкий градиент плотности воздуха. И в том и другом случае скачок уплотнения может подобно линзе фокусировать лучи, которые образуют на крыле светлую полосу. В этом случае темная полоса является местом, куда лучи не попадают.

Летая на самолетах, я много раз весьма пристально рассматривал крылья в надежде найти такие полосы, но безрезультатно. И вот однажды (это было уже после того, как я вчерне закончил текст статьи, которую вы читаете) я увидел их. Я сидел прямо перед крылом, солнце было несколько сбоку и впереди. Взглянув назад на крыло, я увидел на нем необычную линию. Вначале я решил, что это край одного из металлических листов обшивки, ко вскоре заметил, что, когда крыло подрагивало в турбулентном потоке, линия начинала колебаться. Указывала ли она на наличие скачка уплотнения? Неожиданно самолет сделал вираж; крыло поднялось и накренилось так, что солнце оказалось над концом крыла на расстоянии 25° . Замеченная мною линия сразу сделалась резче и разделилась на темную и светлую полосы. Мой удивленный возглас, должно быть, изрядно озадачил сидящих рядом пассажиров.

Когда самолет выровнялся, солнце осталось над концом крыла, но уже



Преломление на скачке уплотнения

значительно выше. Полосы при этом стали бледнее. Я видел их в течение примерно получаса, а затем постепенное изменение курса привело к тому, что солнце осталось позади крыла и полосы в конце концов исчезли.

Это неожиданное наблюдение открыло мне глаза на то, почему полосы встречаются так редко. Чтобы они образовались, солнечные лучи должны входить в скачок уплотнения под малым углом, поскольку лишь в этом случае они сильно отклоняются. Это означает, что солнце должно располагаться невысоко над концом крыла; идеальным, судя по всему, является угол 25° , который, вероятно, каким-то образом связан с величиной искривления скачка уплотнения в вертикальном направлении. В тех случаях, когда солнце находится далеко впереди или позади крыла, полосы либо не образуются, либо слишком бледны, чтобы их можно было увидеть невооруженным глазом.

Появление полос зависит, вероятно, и от температуры воздуха. Для того чтобы образовался скачок уплотнения, скорость воздушного потока над крылом должна превышать скорость звука в воздухе. Поскольку в холодном воздухе скорость звука меньше, можно предположить, что мощный скачок уплотнения образуется только на самолетах, которые летают с большими скоростями в очень холодном воздухе.

Недавно я обнаружил еще один оптический «портрет» скачка уплотнения. Я наслаждался полетом в почти пустом самолете и мог обозревать вид за бортом с различных кресел, находящихся вблизи крыла. Пересев на теневую сторону салона (солнце было напротив), я заметил темную вертикальную полосу вблизи передней кромки крыла. Я подвинулся вперед — полоса сместилась к концу крыла. Вначале я решил, что появление полосы связано с неоднородностью стекла иллюминатора, но, когда я пересел на сиденье впереди, то увидел, что полоса никуда не делась, и только сдвинулась к самому концу крыла. Было ясно, что ее положение зависит от угла зрения, под которым я смотрел на крыло. Все еще сомневаясь в реальности полосы, я вплотную приблизил лицо к стеклу и стал пристально ее разглядывать. Когда самолет попадал в зону турбулентности и крыло начинало колебаться, полоса «ездит» взад и вперед по всей длине крыла. Поскольку мои глаза оставались неподвижными относительно стекла, этот «танец» явно был вызван какой-то внешней причиной, тем, что происходило на крыле, а не какими-то дефектами стекла.

Из двух кресел я при некоторых углах зрения видел две полосы. Движением головы я мог заставить одну полосу пройти перед другой. Постепенно я начал понимать, что смотрю на крыло через один или два скачка уплотнения, «примостившихся» на крыле. Однако каким образом скачки уплотнения создают такие полосы? Они отличались от полос, описанных Хьюишем и Вуд, так как падали на мои глаза (и, возможно, на ближайшую ко мне часть фюзеляжа), но не на крыло: с других кресел я их видеть не мог. Кроме того, поскольку я сидел не на солнечной, а на теневой стороне салона, эти полосы не могли быть следствием какого-то хитрого преломления прямого солнечного света.

После рейса я стал думать, как объяснить это явление. Предположим, имеется скачок уплотнения, который изогнут в горизонтальном направлении, причем выпуклой стороной он обращен к передней кромке крыла. Если я смотрю на крыло почти по касательной к скачку уплотнения, в мои глаза падают лучи, идущие от тех элементов крыла, которые находятся за скачком уплотнения, и поэтому могут преломляться, проходя через него. Рассмотрим два таких соседних элемента. Луч света от одного из них, находящегося справа от меня, может преломляться лишь незначительно, поскольку он пересекает скачок уплотнения под большим углом (см. рисунок внизу). Луч, идущий от элемента, расположенного несколько левее, будет преломляться сильнее, поскольку из-за кривизны скачка уплотнения он будет пересекать его под малым углом.

Когда мой мозг экстраполирует лучи назад, элементы с левой стороны от меня кажутся сильно смещенными влево от их истинного положения. Те элементы, которые находятся справа от меня, кажутся смещенными меньше. Таким образом, световые лучи, идущие из областей между двумя этими крайними точками, расходятся под большим углом, нежели должны были бы, и эта область кажется более темной. Поскольку скачок уплотнения достигает в высоту метра или двух, я вижу темную вертикальную полосу примерно такой же высоты, стоящую на крыле.

Эти рассуждения могут объяснить еще две особенности картины, которую я видел в тот раз. Передняя кромка и другие элементы крыла, казалось, выпячивались вверх вблизи темной полосы. Это происходило, очевидно потому, что, когда лучи от этих элементов проходили через скачок уплотнения, загибаясь кверху и попадая в область более высокой плотности



Странная полоса на крыле

воздуха, они преломлялись и отклонялись несколько вниз, удаляясь от поверхности скачка уплотнения. В результате экстраполяции их зрительной системой назад к крылу возникла иллюзия, что они исходят из точки, лежащей несколько выше истинного источника. Моя схема рассуждений объясняет также, почему темная полоса двигалась, когда двигался я сам. Полоса была заметна только тогда, когда линия моего взора шла почти по касательной к поверхности скачка уплотнения, так что в мои глаза попадали лучи, которые пересекли скачок уплотнения под малым углом и, значит, испытали заметное преломление; при других углах зрения глаз воспринимал лучи, которые при преломлении отклонялись незначительно. Если я подвигался вперед, то место на поверхности скачка уплотнения, к которому линия взора была почти касательной, смещалось к концу крыла вследствие горизонтального искривления скачка уплотнения; соответствующим образом вела себя и темная полоса.

В следующий раз, когда вы будете сидеть на неосвещенной солнцем стороне салона, обратите внимание на тень самолета сразу после взлета. Сначала тень большая, но по мере подъема она сжимается. Этот эффект — не более чем иллюзия. Поскольку тень образуется почти параллельными лучами солнца она должна иметь один и тот же размер независимо от расстояния до земли. (Строго говоря, при наблюдении с земли солнце представляет собой не точку, а диск, поэтому солнечные лучи не вполне параллельны, но этим обстоятельством можно пренебречь.)

Сжимание тени объясняется тем фактом, что с увеличением расстояния до земли уменьшаются угловые размеры тени. Когда этот угол слишком мал, а тень слишком бледна, она перестает быть видимой. Тень самолета можно увидеть и на высоте, если вы летите над облаками. Недавно я летел на самолете и тот оказался над облаками, образующими несколько ярусов. Поскольку расстояние между



Вид сверху скачка уплотнения

самолетом и облаком, на которое он отбрасывал тень, быстро менялось, тень то съеживалась, то росла.

Несколько лет назад Г. Лундскоу из Рочестера, шт. Миннесота, и Р. Чилкоут из Университета шт. Нью-Йорк в Сиракузах описали интересный эффект, иногда наблюдающийся в «месте тени» самолета. Лундскоу наблюдал тень на земле все время до тех пор, пока она не исчезла (это прои-

зошло, когда самолет поднялся до высоты 6 км). На месте тени при этом появилось яркое пятно. Чилкоут наблюдал такое же яркое пятно, которое двигалось по поверхности земли, но (подобно тени) всегда оставалось прямо напротив солнца. Когда под самолетом оказывалось облако, пятно исчезало. Иногда аналогичная подсветка видна даже при наличии тени: тень в этом случае оказывается

окруженной яркой каймой. Образование ярко освещенных участков на тени и вблизи нее может вызываться различными причинами, но в каждом случае что-то на земле рассеивает солнечный свет преимущественно в направлении солнца, т. е. назад. Когда вы смотрите на место тени или на точку рядом с ним, в ваши глаза попадает некоторая часть этого «обратно-го» света.

Наука и общество

Загадка микроволнового излучения

СЛАБЫЙ «туман» микроволнового излучения, который наполняет Вселенную и, как считают, является послесвечением Большого взрыва, недавно озадачил космологов. На протяжении нескольких лет, по мере накопления доказательств того, что Вселенная состоит из скоплений галактик, окруженных обширными пустотами, исследователи безуспешно пытались обнаружить соответствующую неоднородность микроволнового фона. Теперь возникла новая загадка. Наблюдения, проведенные группой японских и американских ученых в диапазоне космического излучения, до этого времени не исследованном, приводят к заключению, что излучение, возможно, было искажено или же усилено каким-то таинственным явлением вскоре после Большого взрыва.

Космологи предполагали, что с тех пор излучение Большого взрыва совершенно не изменилось, если не считать красного смещения, которое возникло из-за расширения Вселенной. Это предположение основывалось на измерениях, из которых следовало, что микроволновой фон имеет четко выраженный спектр излучения так называемого абсолютно черного тела. Излучение нагретого предмета (в том случае, когда оно не искажено излучением других источников или промежуточной средой), такого, например, как тостер, звезда или изначальный огненный шар Большого взрыва, часто напоминает излучение абсолютно черного тела. Энергетический спектр такого излучения всегда имеет максимум на определенной длине волны, зависящей от температуры объекта. Эта длина волны меньше, или «голубее», для более горячих объектов и

больше, или «краснее», для более холодных. А на более длинных и более коротких волнах кривая излучения абсолютно черного тела спадает с характерной скоростью.

Предшествующие наблюдения показали, что спектр микроволнового фона имеет пик на длине волны чуть больше 1 мм, а при больших длинах волн спадает, как излучение абсолютно черного тела, имеющего температуру около 2,7 К. Однако ученым никогда не удавалось померить спектр на меньших длинах волн, в так называемом субмиллиметровом диапазоне. Наблюдения мешало тепловое излучение атмосферы и самой экспериментальной аппаратуры.

На этот раз группе исследователей из Университета Нагойи в Японии и Калифорнийского университета в Беркли, по-видимому, удалось приоткрыть завесу тайны над субмиллиметровым диапазоном. В начале прошлого года на высоту 300 км над Землей, далеко за пределы атмосферы, был запущен охлаждаемый гелием радиометр. Данные с этого прибора не были искажены. Они показали, что интенсивность субмиллиметрового излучения значительно превышает величину, которую можно было бы ожидать от абсолютно черного тела, нагретого до 2,7 К. Превышение соответствует примерно 10 % всего микроволнового фона. «Это совершенно чудовищный эффект», — сказал член группы П. Ричард из Беркли.

Хотя эти результаты были опубликованы в журнале «Astrophysical Journal» только в июне, теоретики уже более года размышляют над их значением. Так, всего лишь через две недели после того, как японские и американские ученые опубликовали свой доклад, в журнале «Astrophysical Journal» появилась критическая

статья С. Лейси и Дж. Филда из Смитсоновского астрофизического центра Гарвардского университета, которая касалась двух первых из предложенных теорий. Одна теория утверждает, что на первых этапах жизни Вселенной пустота между галактиками была заполнена ионизированным газом; горячие электроны этой плазмы передали часть своей энергии фотонам Большого взрыва, исказив тем самым их спектр абсолютно черного тела. Согласно второй теории, взрывы сверхновых из первого поколения звезд наполнили Вселенную пылью; по мере того как излучение других звезд нагревало эту пыль, ее свечение добавлялось к остаточному излучению Большого взрыва.

Лейси и Филд утверждают, что ни один из двух предложенных механизмов не мог вызвать дополнительного излучения, которое наблюдала группа из университетов в Нагойи и Беркли. По их расчетам, в первом случае дополнительное излучение было бы по крайней мере в 700 раз меньше, а во втором — по крайней мере в 2 раза. Исследователи упоминают, хотя и не анализируют, другие необычные механизмы, которые могли бы дать энергию для дополнительного субмиллиметрового излучения. К ним относятся сверхпроводящие струны, частицы, распавшиеся вскоре после Большого взрыва, и сверхмассивные черные дыры.

Впрочем, несомненно, существует другое, менее экзотическое объяснение наблюдений в субмиллиметровом диапазоне. Д. Уилкинсон из Принстонского университета указывает, что данные могли быть искажены выбросами из ракеты, льдом, скапливавшимся на приборе, когда тот проходил через атмосферу, или в результате какого-нибудь другого неизвестного явления. «История экспериментов в инфракрасном диапазоне, проведенных на ракетах, — отмечает он, — полна ошибок». Однако, он добав-

ляет, что группа ученых, проводившая эксперимент, «имеет большой опыт». «Вряд ли можно составить лучшую группу в этой области», — говорит он.

По словам Ричардса, он сам и его коллеги прекрасно понимают необходимость подтверждения полученных данных. Они надеются сделать это во время очередного эксперимента в следующем году. Если этот эксперимент не устранил сомнения в правильности данных, то аппарат «Cosmic Background Explorer», который также запланирован к запуску в 1989 г., может послужить для контрольного эксперимента. Однако основная задача спутника — поиск отдельных «выбросов и провалов», которые, как считают многие космологи, должны иметь в микроволновом излучении.

Это не маскировка

ЛЮБОЙ бродяга на тихоокеанском побережье знает, что раковины моллюсков бывают различной формы, размера и цвета. Даже в пределах одного вида не редкость значительный полиморфизм (т.е. велика индивидуальная изменчивость по тому или иному признаку). Изменчивость предоставляет исходный материал для естественного отбора, и долгое время считалось, что изменчивость в окраске раковины у моллюсков развилась в ходе эволюции как маскировка, защищающая от птиц и других хищников.

Но недавно в журнале «Evolution» была опубликована статья, из которой можно сделать вывод, что по меньшей мере у одного вида моллюсков окраска взрослых особей связана с физиологическим стрессом, а не с маскировкой. В результате исследований, проведенных Р.Эттером из Гарвардского университета на северном побережье залива Массачусетс, обнаружилось, что у литорального моллюска *Nucella lapillus* окраска раковины варьирует в зависимости от особенностей береговой линии в местообитании. Вдоль открытых участков побережья, где сильный волной, раковины *N. lapillus* в большинстве темно-коричневые, а в более защищенных от волн местах — заливах, бухтах — они преимущественно белые.

Эттер измерял внутреннюю температуру особей разного цвета в естественных условиях в различных местообитаниях. Оказалось, что поглощение тепла телом моллюска зависит от цвета раковины. На прямом солнечном свете у коричневых особей температура возрастала быстрее, достигая

ла большей максимальной величины и они высыхали скорее, чем особи с белыми раковинами. Через час пребывания на солнце при температуре воздуха + 21°C и относительной влажности 64% коричневые экземпляры уже погибали, тогда как у белых не наблюдалось никаких признаков стресса. Эттер полагает, что такие различия в чувствительности к физиологическому стрессу лучше, чем способность к маскировке, объясняют географическое распространение *N. lapillus*. На открытых участках, где сильные волны и при отливе мидиевые банки (массовые скопления мидий на возвышениях дна) удерживают воду, преобладают более уязвимые коричневые особи. В тех местообитаниях, где волной ограничен и при отливе субстрат остается сравнительно нагретым и сухим, преобладают экземпляры с белыми раковинами.

Хотя коричневые особи могут избежать воздействия солнечного света, перемещаясь в более затененные и

влажные местообитания, большая чувствительность к стрессу, по мнению Эттера, все равно ставит их в невыгодное положение, так как из-за нее ограничивается территория, на которой можно кормиться, и увеличивается время, которое приходится проводить в укрытии. Это в свою очередь может привести к уменьшению скорости роста и плодовитости.

Следует ли из гипотезы о роли физиологического стресса, что у *Nucella lapillus* нет врагов среди хищников? Вовсе нет. Молодые особи размером не более 1 мм в длину, у которых тонкая раковина, во множестве встречаются в содержимом желудка и фекалиях рыб и прибрежных птиц. По этой причине Эттер считает, что у молодых особей маскировка, вероятно, влияет на выживание, но к тому времени, когда моллюск достигает зрелости, фактором, определяющим окраску раковины, становится физиологический стресс, а не защита от хищников.



ЦВЕТ РАКОВИНЫ у литорального моллюска *Nucella lapillus* связан с особенностями местообитания: в участках, подвергающихся действию волн, где имеются мидиевые банки, преобладают коричневые особи (вверху), а в защищенных от волн бухтах — белые (внизу).

Занимательный компьютер

Старые и новые трехмерные лабиринты



А.К. ДЬЮДНИ

...лабиринт был построен Дедалом так искусно, что всякий, кто попадал туда, не мог самостоятельно найти выход.

Из древнегреческой мифологии

БОЛЬШИНСТВО лабиринтов двумерны, поэтому, глядя на них сверху, мы можем найти среди сложных извилин и поворотов путь к выходу. Однако на трехмерные лабиринты мы уже не можем, так сказать, посмотреть сверху, потому что верхние уровни лабиринта будут заслонять нижние. Таким образом, ничего не остается, как искать выход ощупью — либо буквально, либо в переносном смысле слова — в хитросплетениях проходов.

Существуют старые и новые трехмерные лабиринты. Судя по его легендарной сложности, древний лабиринт Дедала был, по-видимому, трехмерным. Царившая там кромешная

тьма вынуждает применить некоторые методы поиска пути в лабиринте, включая модифицированную версию известного правила правой руки, используемого обычно при решении задач с двумерными лабиринтами. Что же касается современных лабиринтов, то в игрушках-головоломках, конструируемых М. Оскаром ван Де-вентером, лабиринты не только трехмерны, но и невидимы! Такие лабиринты приводят к увлекательной задаче восстановления: при каких условиях три двумерных лабиринта определяют единственным образом трехмерный лабиринт?

Дедал построил свой знаменитый лабиринт для Миноса, могущественного критского царя. Однако царю лабиринт понадобился вовсе не для развлечения. В него бросали семерых юношей и семерых девушек, ежегодно посылаемых на Крит жителями Афин в качестве дани. Никакие ухищ-

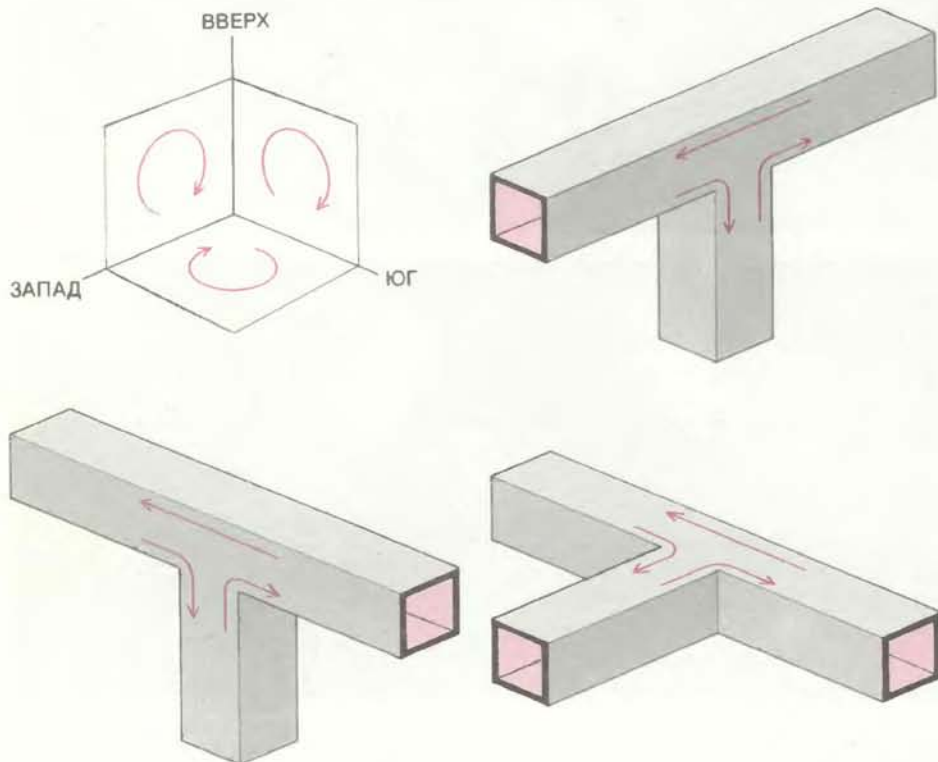
рения не могли помочь беспомощным жертвам, кравшимся по сырым, темным проходам в поисках выхода. Но это было еще не самое страшное; в лабиринте обитало ужасное, свирепое чудовище — Минотавр. С головой человека и телом быка Минотавр пожирал несчастных афинян, блуждавших по лабиринту.

Лишь Тесею, прославленному герою греческих мифов, удалось решить загадку лабиринта и убить Минотавра. У входа в лабиринт он закрепил конец клубка, подаренного ему дочерью царя (которая, конечно, тайно любила его), и блуждая по переходам в поисках Минотавра, постепенно разматывал клубок. Убив чудовище, он, сматывая клубок, вышел наружу.

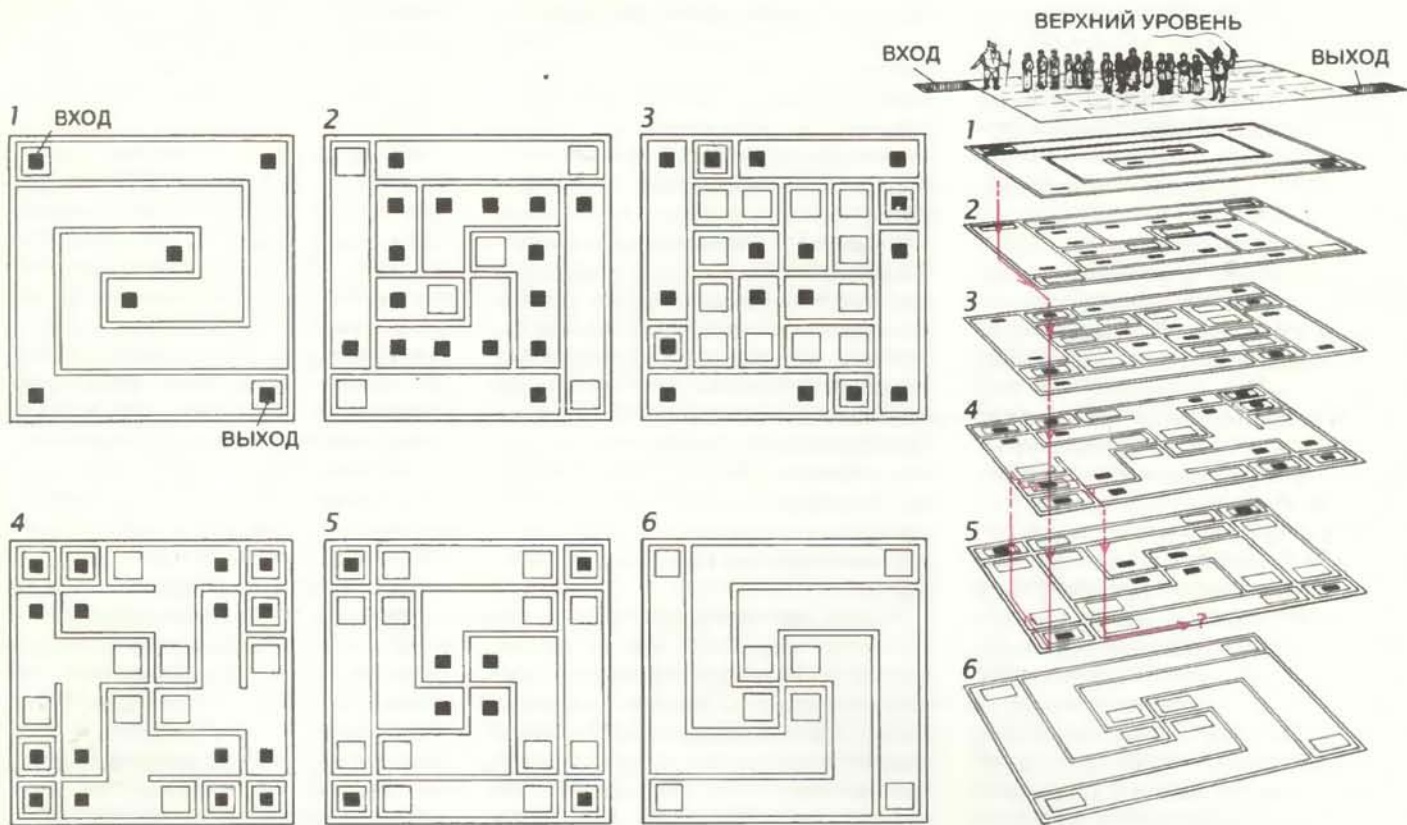
Ну а что бы случилось, если бы Тесей по рассеянности забыл закрепить конец нити перед тем, как войти в лабиринт? Сумел бы он выбраться из лабиринта? Например, он мог бы привязать нить к убитому Минотавру, перед тем как отправиться на поиски выхода. Это позволило бы ему по крайней мере возвращаться к одной и той же точке (к телу убитого чудовища) после каждой безуспешной вылазки в хитроумном лабиринте Дедала. Однако в этом случае сама нить не гарантировала бы, что поиски в конце концов увенчаются успехом. Каким образом Тесей запомнил бы проходы, которые он уже однажды исследовал?

Это зависит от того, какой памятью пользовался бы Тесей, внутренней или внешней? Пользуясь внутренней памятью, он мог бы запоминать в какую сторону поворачивал на каждом перекрестке. Прибегнув к внешней памяти, он мог бы оставлять какую-нибудь пометку на каждом пройденном пересечении, создавая таким образом запись своего маршрута. Лично я придерживаюсь мнения, что Тесей скорее воспользовался бы вторым видом памяти. Для удобства снабдим нашего героя достаточно большим количеством мелких монет, например, достоинством в одну драхму.

Каждый раз, подходя к пересечению трех или более проходов, Тесей должен был внимательно осмотреть пол у входа в каждый проход. Если там лежала монетка, то ему не следовало входить в данный проход. Отсутствие же монетки означало, что проход еще не исследован и в него нужно войти. Войдя, он должен тотчас положить на пол монетку, так чтобы ее можно было заметить на пересечении. Некоторые читатели, без сомнения, возразят, что Тесей не мог видеть монеток, поскольку в лабиринте царя кромешная тьма. Логично



Тройное правило правой руки для трехмерных лабиринтов



Реконструкция лабиринта Дедала и один из возможных путей (выделен цветом)

поэтому снабдить его каким-нибудь зажигательным устройством, например газовой зажигалкой для сигарет.

Следя предложенной выше процедуре, Тесей иногда вынужден был бы вернуться по уже пройденному маршруту. Например, в случае, если он наткнулся на тупик или подходил к пересечению, у всех проходов которого уже лежали монетки. Может ли возникнуть такая ситуация, когда, возвращаясь назад, Тесей встречал бы только помеченные, т.е. запрещенные проходы? Другими словами, мог ли он попасть в бесконечный цикл? Чтобы не лишать удовольствия тех, кто любит поразмыслить, я не дам ответа на этот вопрос. Достаточно сказать, что описанный метод широко применяется в современных компьютерных алгоритмах поиска в структурах данных. Он называется поиском в глубину.

Могло, однако случиться так, что у нашего неустрашимого героя не было с собой монеток или — еще хуже — зажигалки. Как бы он тогда решил задачу? К счастью, существует метод поиска пути в лабиринте, который не требует внешней памяти. Более того, следуя этому методу, Тесей утомил бы свой мозг ничуть не больше, чем при выполнении процедуры поиска в глубину. Этот метод я называю тройным правилом правой руки.

Обычно задачи с двумерными лабиринтами решаются с использованием

так называемого правила правой руки: войдя в лабиринт, следует все время двигаться, придерживаясь правой стенки, независимо от поворотов и перекрестков. Если проход разветвляется, следует продолжить движение по правому коридору. Если вам встретился тупик, нужно просто развернуться и идти обратно, опять-таки придерживаясь правой стенки. В конце концов вы выйдете из лабиринта, но не обязательно через «выход». Если выход расположен в средней части лабиринта (как это часто бывает в лабиринтах, изображаемых на бумаге), то можно выйти и вернуться туда, откуда вы вошли в лабиринт, но, конечно, после многократного применения правила правой руки. Однако так или иначе вы должны выйти. Объяснение тут очень простое: следуя этому правилу, вы никогда не пройдете по одному и тому же пути. Но если ни один участок стены, ограничивающий контуры лабиринта, никогда не проводится повторно, то рано или поздно стена должна кончиться, и вы должны выйти наружу. (Исключение из этого правила имеет место лишь в том случае, когда стены лабиринта образуют замкнутую поверхность, но тогда в стене не будет ни одного проема, через который в лабиринт можно войти.)

В несколько видоизмененной форме правило правой руки можно применять и для решения задач с трехмер-

ными лабиринтами, включая и страшный лабиринт царя Миноса. Чтобы упростить рассуждения, предположим, что все проходы лабиринта имеют квадратное сечение и идут по прямой линии везде, за исключением поворотов, где они образуют угол в 90° . Кроме того, будем считать, что проходы ориентированы строго с востока на запад, с севера на юг или сверху вниз и поэтому на пересечениях перпендикулярны друг другу. Будем далее предполагать, что возможны лишь два типа пересечений, там, где сходятся вместе три прохода: либо пересечение в виде буквы Т, либо трехгранный угол с тремя перпендикулярными друг к другу проходами.

А теперь я приглашаю читателей поблуждать вместе со мной по коридорам лабиринта, чтобы показать, что называется, на практике, как применяется тройное правило правой руки. Гироскопическая система нам не потребует — гравитация всегда подскажет нам направления вверх и вниз. Четыре других направления мы должны запоминать, следя за поворотами, совершаемыми по ходу перемещений в трехмерном лабиринте. Например, если мы входим в лабиринт в направлении с запада на восток, то после поворота направо мы будем двигаться уже на юг, а после следующего поворота направо — на запад и т.д.

Тройное правило правой руки на пе-

ресечении типа Т следует применять лишь после того, как мы определим плоскость, в которой оно лежит, поскольку каждой из трех возможных плоскостей соответствует своя ориентация поворота (см. рисунок на с. 88). Представим себе часовой циферблат, лежащий в плоскости Т-пересечения. Мы произвольно назовем направление, в котором поворачивается часовая стрелка, «правым», и, перемещаясь по лабиринту, всегда будем поворачивать в этом направлении.

В трехгранных углах это правило нужно несколько модифицировать. (Постойте-ка, не Минотавр ли рычит там вдали?) Будем считать, что вертикальные проходы имеют направление 1, ориентированные с юга на север — направление 2, а с востока на запад — направление 3. Если мы приходим к пересечению, двигаясь в направлении 1, то нужно выйти из него в направлении 2. Если мы двигались в направлении 2, то выйти из узла следует в направлении 3. Но даже и Тесею, наверное, догадался бы, что, войдя в угловое пересечение в направлении 3, он должен покинуть его в направлении 1. Вот и все, что касается тройного правила правой руки.

Оказывается, что правило удовлетворяет общему критерию решения задачи: ни один коридор не проходится дважды в одном и том же направлении. Однако гарантирует ли тройное правило правой руки окончательный успех? Я утверждаю, что да, но толь-

ко в том случае, если в лабиринте существует лишь один путь, соединяющий вход и выход. Если лабиринт обладает большим числом возможных решений, то я предсказываю, что рано или поздно вы выйдете из лабиринта — либо через вход, либо через выход.

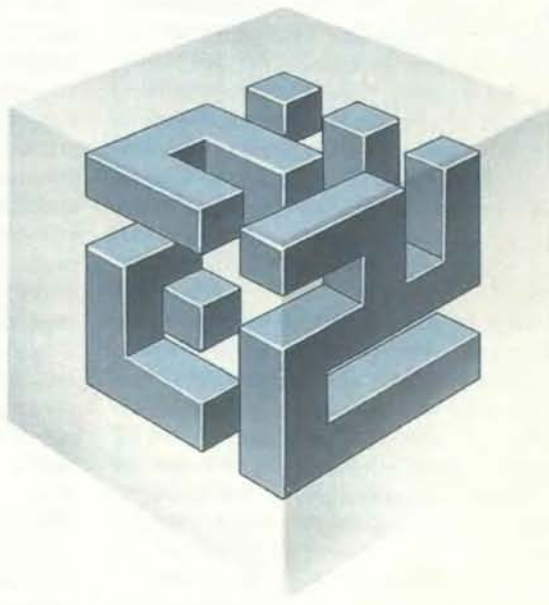
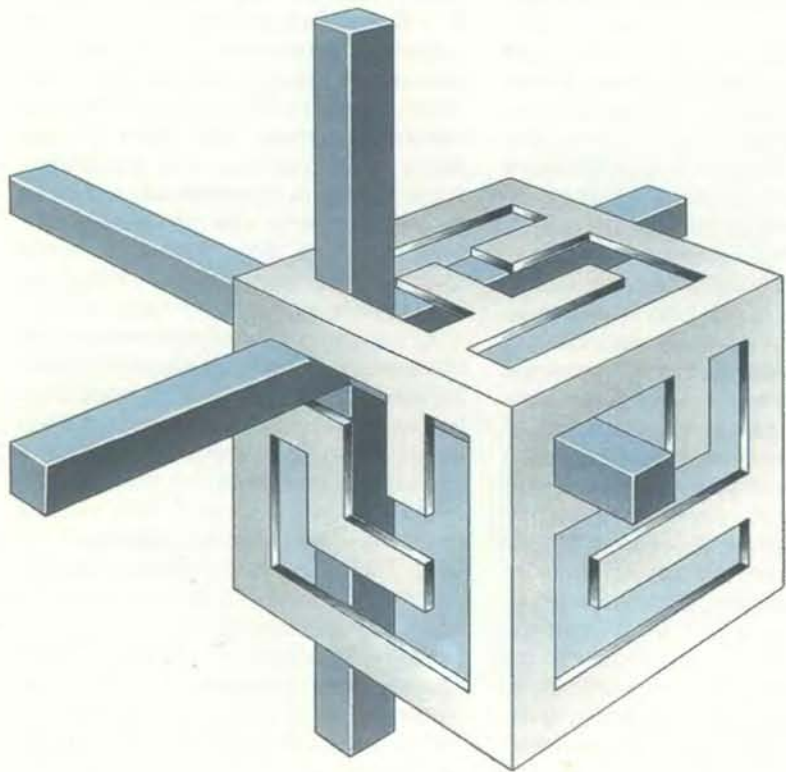
Конечно, нет никакой гарантии, что Тесей вышел бы из лабиринта, начав следовать тройному правилу правой руки только после боя с Минотавром. Но если бы он начал пользоваться правилом с того момента, как вошел в лабиринт и сражение с Минотавром не нарушило бы его памяти, то он в конце концов обязательно вышел бы на свет гордым победителем. Тесею, наверное, было бы безразлично, откуда он вышел, из входа или из выхода.

Усвоив эти правила, читатели, несомненно, чувствуют себя готовыми попытаться решить задачу с трехмерным лабиринтом. Глубоко изучив вопрос, я предлагаю вам ни больше ни меньше как восстановленную модель древнего лабиринта Дедала. Модель показана на рис. с. 89. Все шесть уровней лабиринта находятся под землей. Самый верхний уровень (уровень 1) лежит непосредственно под тяжелыми каменными плитами двора царской резиденции. На месте двух отсутствующих плит зияют отверстия. К одному из этих отверстий читателя сопровождает дородный слуга царя Миноса. В конце концов читатель должен выйти из другого

отверстия, представляющего собой выход из лабиринта. А между входом и выходом ему предстоит пережить ряд приключений, в том числе и неприятных.

Шесть уровней лабиринта отражают принцип его конструкции: это куб, вдоль каждого ребра которого размещается по шесть ячеек. Все горизонтальные коридоры изображены так же, как они обычно изображаются на схемах двумерных лабиринтов. Вертикальные же колодцы обозначены одиночными квадратами. Наш ново-явленный Тесей может спуститься с одного уровня на другой, прыгнув в отверстие, изображенное в виде черного квадрата. При этом он попадет в соответствующую ячейку прилегающего снизу уровня. На схеме читатель увидит несколько больший белый квадрат — это отверстие, через которое он попал на данный уровень. Когда читатель захочет подняться вверх, он должен добраться до ближайшего белого квадрата. Иногда можно увидеть черный квадрат внутри белого. Это означает, что из данного места в лабиринте можно двигаться и вверх, и вниз.

В лабиринте существует несколько возможных путей от входа к выходу. Некоторые читатели удовлетворятся, найдя один из них, другие же, возможно, захотят найти кратчайший путь, измеряемый количеством пройденных ячеек. Чтобы придать немного остроты вашим приключениям, я поселил в лабиринте Минотавра. Он



Простой лабиринт ван Девентера (слева) и его проективный слепок (справа).

всегда находится в том месте, где наверняка перехватит любого исследователя. В одной из наших будущих статей я назову имена первых пяти читателей, которые укажут это место.

Среди более современных лабиринтов заслуживают внимания лабиринты двух типов. Первые видимые, вторые невидимые. Видимый лабиринт — это пластмассовый куб, внутри которого тем или иным образом расположены стенки с отверстиями. Стальной шарик катается по проходам, создаваемым системой стенок. Играющий держит куб в руках, манипулируя им таким образом, чтобы шарик в конце концов достиг «финиша» — определенного места в кубе. В США такие лабиринты-игрушки, изготавливаемые компанией Milton Bradley, были популярны лет десять назад. Теперь в магазинах продается аналогичная головоломка под названием «Лабиринт Миллера».

Лабиринты другого современного типа рождаются в мастерской ван Девентера в Воорбурге (Голландия). Одну из своих игрушек-головоломок он называет полым лабиринтом. Это название вполне подходит для его лабиринтов, поскольку они представляют собой деревянные коробочки, внутри которых абсолютно ничего нет! Нет никаких проходов, никаких перегородок, и тем не менее этот ящик является трехмерным лабиринтом.

Весь секрет в гранях коробочки. Они представляют собой двумерные «управляющие лабиринты»: деревянные поверхности с вырезанными в них пазами. Указатель-курсор, состоящий из трех взаимно перпендикулярных деревянных палочек, отмечает позицию в лабиринте, в которой находится играющий в данный момент. Каждая палочка курсора проходит от одной грани коробочки к другой — противоположной, скользя вдоль пазов управляющих лабиринтов каждой грани. Не удивительно поэтому, что два управляющих лабиринта на противоположных сторонах коробочки должны быть идентичными. Таким образом ван Девентеру удастся построить один трехмерный лабиринт из трех пар двумерных лабиринтов.

В простом примере, показанном на с. 90, мы начинаем из положения, когда курсор находится в одном из углов, и пытаемся перевести его в противоположный угол. Каждая направляющая палочка вдвигается и выдвигается из коробочки, при этом автоматически перемещаются и две другие палочки (если это возможно физически) вдоль пазов в своих управляющих плоских лабиринтах. Может создаться впечатление, что для реше-

ния задачи с полым лабиринтом нужно просто решить частные задачи с каждым из трех управляющих лабиринтов. Однако это не так. Хотя задача для каждого управляющего лабиринта легко поддается решению, трехмерная задача для полого лабиринта оказывается не такой простой.

Сложность задачи в том, что перемещения, дозволенные в одном управляющем лабиринте, могут блокироваться в другом. Более того, не ясно, в каком порядке три стержня курсора должны вдвигаться и выдвигаться. Для каждого положения курсора может существовать сразу несколько дозволенных перемещений. Вообще, решая эту задачу, можно закрыть глаза и попытаться найти правильный путь «на ощупь». При этом невидимый лабиринт в коробочке приобретает новую, своего рода осязательную реальность.

Невидимый лабиринт в принципе можно сделать и видимым, если продолжить пазы трех прилегающих друг к другу управляющих лабиринтов в сплошном кубе, сделанном из легко режущегося материала. Когда куб прорезан насквозь по всем контурам, материал, не принадлежащий проходам лабиринта, полностью удаляется. Конечно, контуры управляющих лабиринтов должны быть такими же, как у исходного лабиринта ван Девентера.

Поскольку описываемый процесс изготовления в значительной степени воображаемый, я, пожалуй, вооружусь для работы лазерной пилой. Установив пилу непосредственно над одной из граней куба, я буду просто проводить ею вдоль контуров управляющего лабиринта, прорезая куб насквозь. Когда вырезание закончено, я осторожно вытряхну остатки ненужного материала из куба. В результате в руках у меня останется трехмерная форма, соответствующая контурам управляющего лабиринта. Затем весь процесс повторяется для двух других граней куба, и получившееся тело представляет собой по существу «негатив» неявного лабиринта ван Девентера: дозволенные проходы представлены в нем сплошными колоннами и поперечными балками. Я назову его проективным слепком. Он изображен на рисунке на с. 90.

По поводу проективных слепков возникают два интригующих вопроса. Первый: когда три двумерных лабиринта определяют проективный слепок правильного трехмерного лабиринта? Второй: при каких условиях проективный слепок дает три проекции, каждая из которых представляет собой правильный двумерный лабиринт. Термин «правильный лаби-

ринт» нуждается в уточнении. Он относится к лабиринту, все проходы которого имеют единичную ширину и в котором существует путь от точки «старта» до точки «финиша». (Правильный трехмерный лабиринт, получающийся из трех двумерных управляющих лабиринтов, мне кажется, следует называть лабиринтом ван Девентера.) Можно предложить и другие ограничения, но они, скорее, будут относиться к эстетическим аспектам того, что следует считать хорошим лабиринтом. Предложенного нами определения для начала будет вполне достаточно.

Поэкспериментировав даже с очень простыми управляющими лабиринтами, вы будете весьма удивлены тем, что получится в трех измерениях. Например, можно построить лабиринт ван Девентера из довольно тривиальных управляющих лабиринтов, состоящих из клеточных матриц 3×3 , в которых определенные прилегающие друг к другу клетки удалены. Возможно, читателям интересно будет начать с управляющих лабиринтов 3×3 с прорезами в виде буквы Г в различных ориентациях. Сколько результирующих комбинаций можно получить в соответствующих лабиринтах ван Девентера? Это один вопрос.

Второй вопрос противоположен первому: при каких условиях трехмерный лабиринт порождает три правильных управляющих лабиринта, которые являются его проекциями? Оба вопроса имеют для ван Девентера практическое значение. Ответ на любой из них существенно упрощает процесс конструирования его лабиринтов. Ван Девентер признается, что вырезал множество моделей, пытаясь создать более сложные полые лабиринты. Читателям, как всегда, предлагается самим поразмыслить над проблемами, возникающими в связи с конструированием лабиринтов ван Девентера. Наиболее интересные соображения по этому поводу мы опубликуем в одной из будущих статей нашей рубрики.

НЕВИДИМЫЙ профессор, о котором шла речь в июльском номере журнала, привел нам несколько классических примеров из бесконечного многообразия тригонометрических и алгебраических кривых. Некоторые читатели из числа многих, ранее уже знакомых с профессором, прислали интересные комментарии.

Э. Ашкинази из Белла (шт. Калифорния) предложил организовать встречу между невидимым профессором и «Люси» — цветным графопостроителем в математической лабора-

тории Калифорнийского университета в Нотридже. Возможно, профессору понравятся фигуры Лиссажу в исполнении «Люси». У Ашкинази есть программа, которая рисует прямые линии между соответствующими точками пары таких фигур. С помощью этой программы «Люси» рисует немислимые кривые с поблескивающей муаровой вуалью.

Т. Дорн из Ванкувера (Британская Колумбия) предлагает свою программу BUMBLEBEE (шмель). Она работает со следующими параметрическими уравнениями, в которых константа можно варьировать:

$$x = 2\sin(at)$$

$$y = e^{t \sin t}$$

Т. Фэй из Университета Южного Миссисипи коллекционирует кривые, полезные при изучении дифференциального и интегрального исчисления, которые он строит в полярных координатах (ρ, θ) вместо обычных координат (x, y) . Профессор рисует бабоч-

ку с помощью синусоиды, косинусоиды и экспоненты:

$$\rho = e^{\cos \theta} - 2\cos(4\theta) + \sin^5(\theta/12).$$

В области математических кривых сейчас наблюдается бурная коммерческая и квазикommerческая активность. Существует множество средств, которыми может воспользоваться любитель сложных криволинейных фигур. Например, Д. Кеннеди, школьный учитель математики из Лэнгли (Британская Колумбия) с энтузиазмом отзываясь о калькуляторе-графопостроителе "Casio fx-7000G". Это чудо техники, которое можно держать в руке, демонстрирует миниатюрные ступенчатые графики практически любой функции на экране размерами 3×5 см.

SPIA — по-видимому, весьма солидная математическая программа — позволяет пользователям строить и изображать функции почти любого вида. Более того, она выполняет специальные операции, такие как преобразование Фурье, для тех, кто интересуется основами обработки сигналов.

Наука и общество

Добрались до мозга костей

ПОСЛЕДНИЕ три десятилетия почти во всяком вводном курсе по биологии уделяется внимание стволовым клеткам — «незрелым», недифференцированным клеткам, находящимся в костном мозге, от которых происходят все разнообразные клетки крови. Впервые столкнувшись с изложением концепции стволовых клеток, можно подумать, что они получены в чистом виде и известно, как они выглядят под микроскопом. На самом деле на протяжении многих десятилетий исследователи не могли обнаружить эти клетки и имелись только косвенные доказательства их существования. И вот теперь стволовые клетки наконец удалось выявить. Это открытие многое сулит для лечения рака, лучевой болезни, гемофилии и анемии.

Дж. Спангруд, Ш. Хеймфелд и И. Вейсман из Медицинской школы Станфордского университета сообщают в журнале «Science», что им впервые удалось идентифицировать стволовые клетки. Когда эти исследователи начали свою работу, было известно, что стволовые клетки не имеют таких маркеров клеточной поверхности, какие свойственны зрелым клеткам крови, скажем эритроцитам или лимфоцитам. И они отобрали из костного мозга мыши все те клетки,

которые связывают антитела к маркерным молекулам, характерным для различных клеток крови. Затем в оставшихся клетках была измерена специфическая активность стволовых клеток с тем, чтобы проверить, получена ли гомогенная популяция этих клеток или она «разбавлена» более зрелыми костно-мозговыми клетками.

Особенно впечатляет успех, достигнутый в следующем эксперименте. У мышей путем облучения подавили активность костного мозга, а затем каждой ввели 30 клеток, предположительно являющихся стволовыми. У половины животных восстановилась способность к образованию клеток крови всех типов.

Как говорит Хеймфелд, стволовые клетки было трудно идентифицировать потому, что их доля в костном мозге очень мала — 0,05%, и, кроме того, определяются они по большей части методом исключения, т.е. среди клеток костного мозга за стволовые принимаются те, которые не связывают антитела к клеткам крови. Чтобы подобрать оптимальную комбинацию антител, потребовалось 6 лет; окончательный этап отбора совершился при помощи препарата антител, который предоставили западногерманские ученые, изучающие Т-лимфоциты. Теперь, располагая чистой популяцией стволовых кле-

ток, Хеймфелд намерена попытаться получить антитела, специфичные для самих стволовых клеток; такие антитела существенно облегчили бы и ускорили процедуру выделения.

Возможность выделения стволовых клеток позволяет разработать ряд потенциально эффективных лечебных методов. Эксперимент с облученными мышами продемонстрировал, что введение стволовых клеток должно помогать при лучевой болезни. В принципе можно было бы лечить и лейкозы: удалить у больного стволовые клетки, облучить его, чтобы убить раковые клетки, и затем ввести обратно стволовые клетки, из которых образуются недостающие нормальные клетки крови. Используя стволовые клетки, можно было бы корректировать врожденные анемию, гемофилию и иммунодефициты. Для этого часть популяции стволовых клеток больного надо соответствующим образом модифицировать при помощи методов генетической инженерии и ввести обратно в организм.

Прежде чем начать исследования с целью разработки таких методов лечения, необходимо выяснить, какие антитела специфичны для человеческих стволовых клеток. По мнению Хеймфелд, у разных видов млекопитающих маркеры стволовых клеток вряд ли сильно различаются, так что человеческие клетки, вероятно, можно было бы определять такими же антителами, что и мышинные. В Онкологическом центре Фреда Хатчинсона в Сизтле группа исследователей получила антитела, избирательно связывающиеся с клетками костного мозга человека, и эти антитела спасали от гибели облученных обезьян. Исследователи из Станфордского университета вывели линию мышей, которых можно использовать для проверки активности стволовых клеток человека. Как считает Хеймфелд, все эти результаты позволяют предположить, что стволовые клетки человека будут выделены в ближайшие несколько лет.

Непостоянное Солнце

БОЛЕЕ 150 лет назад астрономы обнаружили, что солнечные пятна периодически возникают и пропадают, подчиняясь 11-летнему циклу. Одновременно возникло предположение, что солнечный цикл оказывает влияние на погоду. Например, уже в нашем веке ученые связывали засухи на американском Среднем Западе с периодичностью солнечной активности. До недавнего времени, впрочем, ни одна из таких связей при более пристальном анализе не подтвердилась.

Одна из трудностей состоит в том, что мы еще плохо понимаем природу самих солнечных пятен. Наблюдения свидетельствуют, что вихревые области более темного цвета представляют собой участки сильной магнитной активности, где задерживается энергия излучения Солнца; они значительно холоднее ярких областей. Однако ученые не смогли определить, как возникают солнечные пятна и как они влияют на «солнечную постоянную» (не совсем точный термин, обозначающий полное излучение Солнца в каждый момент времени).

Последнюю проблему, по-видимому, удалось разрешить благодаря аппарату, который был запущен по программе Solar Maximum Mission, и измерил солнечную постоянную, начиная с 1980 г., соответствующего пику в предыдущем солнечном цикле. По мере того как число солнечных пятен на протяжении 1986 г. уменьшалось, аппарат регистрировал постепенное потускнение Солнца. А за последний год, когда солнечных пятен стало больше, Солнце начало светить более ярко. Согласно Р. Уилсону из Лаборатории реактивного движения и Х. Хадсону из Калифорнийского университета в Сан-Диего, имеющиеся данные позволяют предположить, что яркость Солнца на 0,1% больше во время пика солнечного цикла, когда число солнечных пятен максимально, чем во время его минимума.

Данные говорят о том, что солнечные пятна сами по себе не заставляют Солнце светиться ярче. Наоборот, при появлении солнечного пятна Солнце вначале немного блекнет, но затем, спустя несколько недель или месяцев, возле солнечного пятна обычно возникают островки яркости, которые называются факелами. Они с избытком компенсируют эффект первоначального потемнения. Уилсон считает, что факелы, возможно, представляют собой области, где энергия, первоначально «скрытая» под солнечным пятном, в конце концов высвобождается.

Проявляются ли слабые изменения солнечной постоянной в погоде на Земле? Последние работы, в которых проводится статистический анализ, отвечают на этот вопрос утвердительно, хотя это влияние не носит прямого характера. По-видимому, оно возникает благодаря явлению, называемому квазидвухгодовым колебанием (КДК), представляющим собой изменение на 180° направления стратосферных ветров над тропиками, которое имеет место примерно каждые два года.

К. Лабичке из Свободного университета в Берлине и Г. ван Лун из Национального центра атмосферных ис-

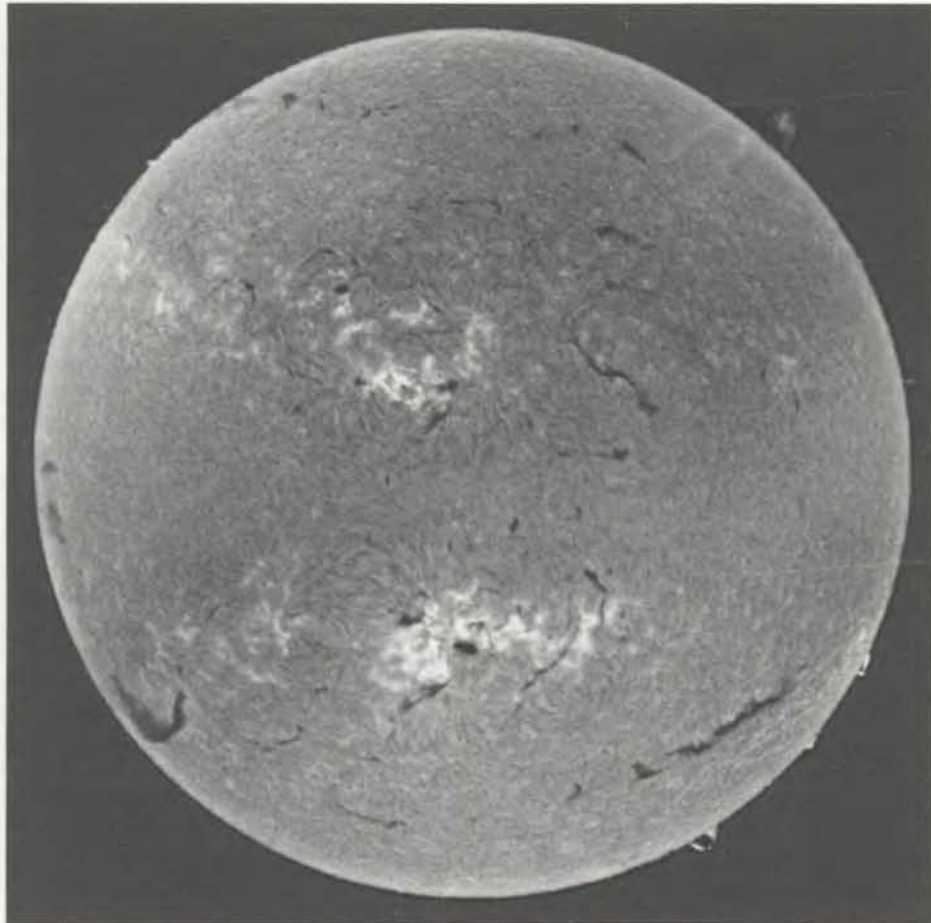
следований в Боулдере, шт. Колорадо, первыми обнаружили эту связь, анализируя данные о температуре и атмосферном давлении на разных широтах и долготах за три последних солнечных цикла. Вначале никакой корреляции между солнечным циклом и метеоданными найти не удавалось. Тогда они разбили все данные на две группы: собранные в «западной фазе» КДК (когда ветры дуют на запад) и в «восточной фазе». В результате выявилась явная связь: температура и давление, измеренные во время западной фазы КДК, возрастали и уменьшались в соответствии с солнечным циклом.

Воспользовавшись этими данными, Б. Тинсли из Национального научного фонда обнаружил корреляцию между солнечным циклом и географическим распределением штормов в Северной Атлантике. Широты, на которых были штормы во время западной фазы КДК, согласно Тинсли, изменялись в соответствии с солнечным циклом: во время пика цикла штормы возникали примерно на 6° ближе к экватору, чем во время минимума цикла.

Лабичке, ван Лун и Тинсли признают, что полученные ими данные все еще не совсем понятны. Почему сол-

нечный цикл оказывает большее влияние на погоду во время западной фазы КДК, чем во время восточной? Каким образом изменение солнечного излучения всего на 0,1% вызывает большие изменения температуры — до 6°C в полярных областях, — отмеченные Лабичке и ван Луном? «Мы не можем это объяснить», — говорит ван Лун.

Дж. Эдди из Национального центра атмосферных исследований считает тем не менее, что данные о КДК, а также материалы проекта Solar Maximum Mission «представляют собой важный шаг» в поисках связи между солнечным циклом и погодой. В ходе дальнейших исследований (предстоит выяснить, например, как смягчает океан эффект колебаний приходящей солнечной радиации) на основе этих данных можно будет строить модели, позволяющие делать прогнозы. В последующие несколько лет поток излучения Солнца будет особенно интенсивным. На основе данных о скорости возникновения солнечных пятен в последнее время исследователи сделали вывод, что пик текущего солнечного цикла придется на 1990 г. и вызовет рекордно большое количество солнечных пятен.



Солнечные пятна в окружении факелов (1 июля 1988 г.). Снимок предоставлен Национальным управлением по исследованию океана и атмосферы.

Роль советника по науке и правительственного консультативного комитета по вопросам развития науки и техники



СОЛЛИ ЦУКЕРМАН

СЛУЖБА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРЕЗИДЕНТА, КОНГРЕССА И СУДЕБНЫХ ОРГАНОВ. Под редакцией Уильяма Т. Голдена

SCIENCE AND TECHNOLOGY ADVICE TO THE PRESIDENT, CONGRESS AND THE JUDICIARY, edited by William T. Golden. Pergamon Press (\$24.95)

ГАРОЛЬД МАКМИЛЛАН, один из самых выдающихся премьер-министров Великобритании, заметил однажды, что политику следует быть всегда в курсе последних достижений науки. В свое время Макмиллан принимал участие в дискуссиях относительно договора о запрещении испытаний ядерного оружия и, как он сам признает, ему было трудно следовать аргументам, которые выдвигались при обсуждении вопроса о том, каким образом можно отличать подземные ядерные взрывы от естественных сейсмических процессов в земной коре. То же самое он мог бы сказать и относительно половины других политических проблем, с которыми ему пришлось иметь дело; так или иначе, все они были связаны с вопросами научно-технического характера.

Однако внешняя политика и наука не всегда были взаимосвязаны. В Великобритании неравное распределение национального богатства, к которому привели промышленная и аграрная революция XVIII в., постепенно изменило структуру и политику страны. Эти изменения были медленными и относительно спокойными, и они оказали лишь незначительное непосредственное влияние на другие страны.

Ныне ситуация иная. Крупные достижения и открытия в области науки и техники, в какой бы стране они ни были сделаны, вскоре начинают оказывать всемирное влияние, например стимулировать развитие экономики в разных странах, ликвидацию устаревших отраслей промышленности, перевод дорогостоящих и трудоемких

производств из богатых в более бедные страны, а также продажу оружия. Те или иные существенные технические новшества начинают находить применение во всем мире почти столь же быстро, что и в стране, где они появились. Если в прошлом веке о паровой машине стало известно во многих странах лишь спустя десятилетия после ее изобретения, то сегодня подробная информация о последних научно-технических достижениях сразу становится доступной всему миру благодаря современным средствам связи, включая спутники и компьютеры.

Во второй половине XVIII в., когда Джеймсом Уаттом была усовершенствована паровая машина, не возникал вопрос о роли науки в политике. Сейчас же проблемы, например, атомной энергетики волнуют правительства многих стран, а также должны контролироваться учреждениями ООН. Вопросы отношения «правительство — наука» или так называемой политики науки (включая вопросы о роли советника по науке в правительственном аппарате) уже не являются лишь внутрисударственными.

Уильям Т. Голден, редактор рецензируемого издания, полагает, что нынешняя система информирования президента, конгресса и системы судебных органов по научно-техническим вопросам не вполне удовлетворительна. В чисто демократическом духе он пригласил 84 мужчин и двух женщин (одна из которых известный судья, а другая — биофизик, лауреат Нобелевской премии) высказать на страницах рецензируемой книги свои соображения о возможных путях решения этой проблемы. «Здравомыслие, богатый опыт, любовь к стране» — таковы главные критерии, по которым были отобраны авторы независимо от их принадлежности к той или иной политической партии. Удивительно, что, несмотря на их разносторонний опыт, не было выработано единого мнения относительно наилучшего пу-

ти решения указанной проблемы. Наибольший интерес, несомненно, представляют шесть статей, написанных бывшими советниками президента по науке. Все они признают, что данная проблема далеко не проста.

В 1957 г. весть о запуске Советским Союзом первого искусственного спутника вызвала в США настоящий шок. Именно это событие побудило президента Эйзенхауэра назначить Джеймса Р. Киллиана, ректора Массачусетского технологического института, первым советником президента по науке и одновременно создать консультативный комитет по науке при президенте (ККНП). Этот комитет, полагал Эйзенхауэр, поможет ему из множества предложений о том, как реагировать на «угрозу», представляемую спутником, выбрать оптимальное.

В 1959 г. советником по науке был назначен Джордж Кистяковский, который оставался на этом посту до 1961 г., когда президентом стал Кеннеди. По словам Кистяковского, ни ему, ни его предшественнику — Киллиану — не пришлось столкнуться с большими трудностями. Вопросы, которыми они занимались, представляли непосредственный «существенный и политический» интерес для самого президента. Кроме того, Эйзенхауэр готов был наделить своего советника по науке полномочиями выступать от имени президента при решении вопросов с руководителями научно-технических отделов различных министерств и агентств — например, министерства обороны и специализированных агентств по проблемам энергетики, охраны окружающей среды и исследования космического пространства.

Благоприятным для Кистяковского и Киллиана было то обстоятельство, что они могли поддерживать прямые контакты с другими советниками при Белом доме. Чтобы деятельность правительства была эффективной, полагал Кистяковский, президент должен иметь в Белом доме консультативный комитет и советника по науке «должного уровня», точно так же, как он должен иметь советников по экономическим и правовым вопросам. Мужчина или женщина, выбранные на пост советника по науке, должны пользоваться доверием президента, чтобы он мог «наделить их полномочием выступать от его имени по определенным вопросам».

Того же мнения придерживается и Б. Уизнер, бывший советник по науке при президенте Кеннеди. Он считает, что президент должен играть центральную роль в определении государственных приоритетов, особенно в областях, «подведомственных» фе-

деральному правительству, например в области науки и техники. Уизнер был наделен тем же правом, что и советник по науке Эйзенхауэра — осуществлять полный контроль над «всеми правительственными программами по науке и технике, а также связанными с ними программами в области образования».

Как и прежние советники по науке, Уизнер и консультативный комитет по науке уделяли немалую часть времени тщательному отбору новых военных и космических проектов, шедших «лавиной» к президенту на рассмотрение. ККНП и советник по науке сыграли важную роль в дискуссиях, приведших к подписанию Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в 1963 г. Хотя Уизнер мог и не принимать непосредственного участия в обсуждении вопросов внешней политики и обороны, находившихся в ведении М. Банди, помощника президента по вопросам национальной безопасности, и Р. Макнамары — министра обороны — он определенно не был «отгорожен» от этих вопросов в той мере, как того хотелось бы Генри Киссинджеру в отношении Эдварда Дейвида — советника по науке при президенте Никсоне. Киссинджер не видел необходимости в советниках по науке.

Как отмечает Уизнер, «вопрос о том, кто должен выступать в роли советника, по существу выливается в соперничество за установление контроля над решениями, которые принимает президент». Уизнер отмечает в книге, что бесполезно давать советы тому, кто в них не нуждается или не любит, когда ему их дают.

Эти слова можно отнести к Никсону, который в 1973 г. упразднил ККНП и должность советника по науке. Его решение было продиктовано тем, что некоторые члены ККНП публично высказывали свое несогласие с мнением президента относительно достоинств систем противоракетной обороны и необходимости создания сверхзвукового воздушного транспорта. Публично выступавшие члены комитета нарушили договор о конфиденциальности, который, по словам Уизнера, до тех пор действовал на заседаниях ККНП. (Утечки секретной информации, однако, не произошло.)

Из тех авторов статей, помещенных в книгу, которые занимали пост советника президента по науке, лишь немногие, включая Эдварда Дейвида, высказываются против восстановления ККНП. По мнению Дейвида, комитет стал «частью политической структуры Белого дома». Он отмечает, что советник по науке и члены ККНП выбирались так же, как и политические деятели, — тот, кто вы-

сказывал критическую оценку политическим взглядам президента, не мог быть избран. Поэтому в некоторых кругах сложилось мнение, что ККНП не может высказывать президенту «политически нейтральную, объективную точку зрения».

Например, промышленники, заинтересованные в крупных военных контрактах, выражали неудовлетворение тем, что решения по этим контрактам выносились за закрытыми дверями консультативного комитета по науке. Если ККНП был против какого-либо претенциозного и дорогостоящего проекта, направленного президенту на рассмотрение, и последний следовал рекомендациям комитета, то те, кто рассчитывал на положительное решение, восклицали: «Несправедливо!» По этой и другим причинам Дейвид предлагает заменить ККНП и отдел советника по науке «Федеральным центром по изучению контрактов». Это была бы «частная некоммерческая корпорация, работающая исключительно на федеральное правительство, к которой мог бы обращаться за консультацией любой сотрудник Белого дома. Если же президент сочтет нужным иметь также советника по науке, то это его личное дело.

Джордж Киурт, который в течение 5 лет был советником по науке при президенте Рейгане (эта должность была восстановлена президентом Картером), также без энтузиазма относится к тому, чтобы иметь консультативный комитет по науке, который бы излагал свою точку зрения непосредственно президенту. По его мнению, ККНП сам себе «подписал смертный приговор», когда стал публично защищать «политические действия», направленные против намерений президента (сам Киурт, являющийся одним из ярых сторонников СОИ, разумеется, избегал таких «действий»).

Совет по науке при Белом доме — консультативный орган, который в помощь себе создал Киурт, был гарантирован от этого. Киурт обнаружил, что «консультативный механизм, оказывается наиболее действенным и наиболее важным» не на президентском уровне, а на уровне старших чиновников Белого дома. По его мнению, для наилучшего осуществления политики в области науки и техники следует создать новый исполнительный орган — управление по науке и технике, под «крышей» которого рассматривались бы все крупные научные программы других управлений.

Лишь двое из авторов статей книги пользовались услугами консультативного комитета по науке — это бывший президент Форд и Макджордж

Банди. Банди согласен с Дейвидом в том, что Белый дом не является местом для того, кто не пользуется доверием президента. Несомненно, это относится и к главному советнику по науке. Однако Банди твердо уверен в том, что сейчас необходимо восстановить консультативный комитет в его первоначальном виде, а советником по науке назначить человека, пользующегося известностью в научном мире. Как однажды заметил И.А. Раби, советник по науке должен осуществлять свою деятельность не во имя, а от имени научной обществу, и этот пост должен занимать человек, который пользовался бы авторитетом среди других высших чинов Белого дома и который мог бы рекомендовать президенту известных ученых в состав консультативного комитета по науке.

Форд напоминает читателю, что «личные вкусы» президента будут всегда играть важную роль в принятии им решений по тем или иным вопросам, связанным с наукой, или в оценке им точки зрения консультативного комитета по науке. Выводы, содержащиеся в отчетах о состоянии развития науки и техники, несомненно, должны учитываться в принятии решений по многим вопросам, однако даже при всей важности некоторых из этих вопросов, например в области обороны или энергетики, более важными могут стать другие соображения. Форд также отмечает, что президентский список приоритетов всегда подвержен внезапным изменениям, обусловленным «непредвиденными обстоятельствами». Однако без «компетентной поддержки», которая может быть обеспечена «действенным консультативным органом по вопросам науки и техники при Белом доме», президент «может и, скорее всего, станет допускать серьезные ошибки, которые в будущем могут отрицательно сказаться на безопасности нашей нации, ее благосостоянии и здоровье».

Если бы Форд сказал что-нибудь иное, то это было бы тревожным симптомом. В то же время его слова не являются «рецептом» того, как наилучшим образом организовать консультативную службу по вопросам науки при президенте или на чем эта служба должна концентрировать свое внимание. Некоторые проблемы в этой области очевидны и, несомненно, существуют во всех странах.

Во-первых, все согласны с тем, что в интересах национального благосостояния и безопасности необходимо способствовать расширению и распространению научных знаний. Центральный научно-консультативный орган должен информировать прези-

дента, в достаточном ли количестве учебные заведения страны выпускают специалистов для тех отраслей промышленности, от которых зависит благосостояние нации. Лидер государства, будь то президент, премьер-министр или генеральный секретарь, должен быть уверен в том, что для достижения этой цели делается все необходимое. Он должен понимать и то, что ученые-гении и революционные идеи, способные сыграть огромную положительную роль в развитии страны, не могут рождаться по заказу.

Во-вторых, главный советник по науке и центральный консультативный комитет должны помогать главе правительства решать новые крупные проблемы, требующие применения достижений науки и техники. Роль авторитетной «научной консультации», в которой так нуждался президент Эйзенхауэр при рассмотрении крупных проектов в области обороны, ныне еще более возросла в связи с появлением новых, ранее неизвестных проблем, таких как проблемы защиты окружающей среды, обеспечения безопасности новых видов лекарств и химических веществ, применяемых в сельском хозяйстве, проблемы генной инженерии, захоронения радиоактивных отходов и СПИД. Эти и многие другие проблемы свидетельствуют о необходимости создания эффективной консультативной службы при правительстве. Успешное их решение возможно только на основе международного научно-технического сотрудничества.

С другой стороны, некоторые проблемы находятся вне компетенции центрального научно-консультативного органа, в особенности это касается политических вопросов, на которые ученые смотрят лишь с позиции рядовых граждан поскольку не обладают специальным знанием для их эффективного решения. Например, не в компетенции советника по науке рекомендовать президенту, что в интересах социальной справедливости следует увеличить пособия по безработице.

Остановимся на некоторых ограничениях в деятельности советника по науке. Почти сразу же после моего назначения в 1960 г. советником по науке при правительстве Великобритании мы договорились с Кистьяковским встречаться 2 раза в год (вместе с рядом специалистов с той и другой стороны) для обсуждения предварительных намеченных вопросов. Эти встречи, не носившие официального характера, продолжались примерно 10 лет. (После Кистьяковского в них принимали участие Уизнер, а затем Дон Хорниг и Ли Дубридж, т.е. те, кто сменил его на посту советника по науке.)

Повестка дня нашей первой встречи, состоявшейся в Лондоне, была посвящена главным образом оборонительной политике НАТО и предполагаемому договору о запрещении испытаний ядерного оружия, который широко обсуждался в то время. В своем опубликованном впоследствии дневнике Кистьяковский писал, что, ознакомившись с нашим отчетом, комитет начальников штабов США «поднимет шум, потому что мы определенно вторгаемся в его владения». К тому же в сделанных нами выводах относительно политики НАТО была поставлена под сомнение современная военная доктрина. Кистьяковский также писал, что, для того чтобы пригласить меня в Вашингтон на нашу вторую встречу, он должен был получить согласие на это не только генерала Гудпастера, советника президента по вопросам обороны, но также государственного секретаря и министра обороны.

Мне не пришлось столкнуться с такими ограничениями. Как советник по науке при правительстве Великобритании я был вправе самостоятельно решать, какие аспекты государственной политики требуют научного подхода. Кроме того, я мог сам выбирать, кому докладывать свою точку зрения по тому или иному вопросу — премьер-министру, министрам кабинета, старшим правительственным чиновникам или военным. Естественно, что у меня было и больше формальных обязанностей.

Условия деятельности главного советника по науке, несомненно, будут всегда зависеть от отношения к этой деятельности президента или премьер-министра. Из-за конституционных различий между странами не может существовать одной общей модели центральной организации, ведающей вопросами науки. За последние несколько лет подход к этой проблеме менялся не раз как в США, так и в Великобритании. Появлялись и распались управления и министерства по науке, образованию и науке и даже по технике, созывались международные конференции по вопросу создания эффективных научно-консультативных служб при правительстве, однако до сих пор отсутствует единая точка зрения о том, как эти службы могут быть организованы наилучшим образом.

Харви Брукс, известный физик, который многие годы был членом ККНП, в своей статье, помещенной в книге, отмечает, что советник по науке и члены ККНП должны всегда отличать «политику для науки» от «науки для политики». Иными словами, они должны отличать правительственные решения, нацеленные на развитие науки и эффективное при-

менение ее достижений, от решений, связанных с общей правительственной политикой и требующих научно-го подхода.

На мой взгляд, ККНП в период расцвета своей деятельности был гораздо более эффективным органом, чем центральный консультативный совет по научной политике Великобритании. В отличие от него американский консультативный комитет по науке занимался также вопросами, связанными с обороной, и был хорошо информирован о многих государственных проблемах, в решении которых желательно было учитывать точку зрения независимых групп ученых. Были и другие причины, особенно конституционные, почему центральный консультативный совет Великобритании не мог функционировать так же, как ККНП. Основная из этих причин состоит в том, что в Великобритании отдельные государственные департаменты не являются органами президентской исполнительной власти и скорее представляют собой независимые «империи» (хотя и подчиняющиеся общегосударственной политике и испытывающие финансовые ограничения, налагаемые министерством финансов и утверждаемые кабинетом министров). Существовали также различия между постом советника по науке при президенте и занимаемым мной постом главного советника по науке при правительстве Великобритании. Я занимал этот пост как при консервативном, так и лейбористском правительствах и всегда имел прямой «доступ» к премьер-министру. В качестве его советника мне приходилось решать вопросы непосредственно с министрами кабинета и их помощниками. Мне не только никогда не препятствовали, но, наоборот, часто предлагали высказать свою точку зрения в отношении политики национальной безопасности, что, видимо, не дозволено моему американскому коллеге. По долгу службы я имел прямые контакты с центральными научными организациями нескольких стран, в частности с ККНП.

И все же, несмотря на различия в организации нашей деятельности и полномочиях, Кистьяковский, Уизнер и я, на мой взгляд, во многом действовали одинаково, когда имели дело с вопросами, связанными с наукой, которые решались на правительственном уровне. Многие из этих вопросов (например, охрана окружающей среды) не вызывали больших дискуссий. Другие (такие как политические проблемы, связанные с распространением СПИДа и появлением озоновых дыр, требуют особого подхода. Некоторые же вопросы (например, связанные с СОИ) неизбежно приводят к

широким дискуссиям. Именно они вызывают наибольшую критику отношений между президентом и его советником по науке.

Чем же определяется степень доверия президента к тому человеку, которого он назначил своим советником по науке? Почему президент иногда консультируется по вопросам науки с другим лицом, которого он публично не обличал никакими полномочиями?

Вопросы политической приверженности, независимости и объективности всегда будут оставаться открытыми. Однако, на мой взгляд, с этими вопросами иметь дело проще в политической структуре Великобритании, чем США. В своей деятельности советник по науке при правительстве Великобритании руководствуется правилами гражданской службы. Какая бы партия ни была у власти, я выполнял свои обязанности беспристрастно, как и любой гражданский служащий. От меня никогда не требовалось высказывать (и я никогда не высказывал) свою точку зрения относительно внутренних проблем, которые были предметом политических дискуссий правящей партии. Мне также никогда не приходилось «подгонять» свою точку зрения по вопросам обороны или другим политическим проблемам, с которыми мне довелось столкнуться, к точке зрения правящей партии.

Насколько мне известно, ни один из действующих в США законов или положений не запрещает членам ККНП (какова бы ни была их партийная принадлежность) продолжать свою деятельность при вступлении в должность нового президента, будь он демократ или республиканец. Почему бы то же самое не распространить на президентских советников по науке, при условии что новый президент желает оставить прежнего советника и, конечно, если последний сам захочет занимать свой пост и дальше. Ведь известны подобные примеры в отношении американских правительственных чиновников, не имеющих отношения к науке. Такая практика по крайней мере почти не оставила бы места сомнениям в том, что советник по науке политически беспристрастен. Во всяком случае, я не думаю, что федеральный центр по изучению контрактов чувствовал бы себя лучше, чем ККНП, если бы его обвинили в необъективности и предвзятости. То же самое относится и к «научным разбирательствам», которые, по замыслу их организаторов, должны урегулировать спорные технические вопросы: некоторых людей не покидало бы ощущение, что выбор «судей» был необъективным.

Коротко говоря, едва ли можно

дать четкое определение таким терминам, как «независимость» и «объективность», в отношении деятельности советников по науке и ККНП. До некоторой степени вопрос о «независимости» решается тем обстоятельством, что должность члена ККНП в США или центрального консультативного совета по вопросам научной политики в Великобритании не является оплачиваемой. Кроме того, не представляет труда определить перечень обязанностей главного советника по науке и критерии, которым должен удовлетворять человек, назначаемый на этот пост. И тем не менее окончательные решения зависят от случайности, непредсказуемых отношений между всеми теми, кто дает консультации, а также от «восприимчивости» того, кто получает эти консультации. Советник по науке должен анализировать и высказывать свою точку зрения по тому или иному вопросу. «Качество» его точки зрения определяется, хотя и не всегда, ее объективностью. Независимо от того, будет принята точка зрения советника по науке или нет, она, как отмечает Раби, должна быть всесторонне рассмотрена.

Советнику по науке следует учитывать то обстоятельство, что точки зрения других советников по тому же вопросу могут быть иными и что они также подлежат рассмотрению. Однако, как бы то ни было, ему никогда не следует «приспосабливать» свою точку зрения к взглядам президента.

Разумеется, нет оснований считать, что ученый, который следит за состоянием развития науки во всем мире, менее способен чтобы занимать должность, скажем, директора Совета национальной безопасности. Уинстон Черчилль чаще всего советовался по вопросам науки со своим другом, профессором физики Ф.А. Линдемманом, позже лордом Черуэллом (который во время и после войны занимал пост кабинет-министра), чем с любым из других своих министров.

Наука, отмечает Раби, стала главным, новым элементом нашей культуры за последние 4—5 столетий. Нам следует обращаться с ней осторожно, иначе ее достижения могут погубить нас. «Мы» — это люди всей планеты. Проблема, которая в настоящее время стоит перед всеми странами, заключается в том, как создать «институт» выдающихся ученых, обладающих широким кругозором и гибкостью, которые могли бы служить советниками по науке при правительстве и в то же время сохранить к себе доверие и уважение со стороны научной общественности.

Масштабы многих политических проблем, от которых зависит судьба

человечества, выходят за пределы государственных границ. Одним из критериев, по которым Голден отобрал авторов данной книги, была «любовь к своей стране». Однако одной любви к стране в смысле узкого патриотизма уже недостаточно. Более важным является то, смогут ли ученые помочь своим политическим лидерам повести людей в будущее, свободное от националистических настроений, приводящих к конфликтам, в будущее, в котором наука играла бы первостепенную роль в решении проблем, представляющих опасность для всего человечества.

Вниманию читателей!

А. Ромер, Т. Парсонс
**АНАТОМИЯ
ПОЗВОНОЧНЫХ**

В 3-х томах
Перевод с английского

Авторитетное руководство по сравнительной анатомии позвоночных. Первоначально созданное выдающимся морфологом и палеонтологом США А. Ромером, оно было доработано в дальнейшем его учеником и сотрудником Т. Парсонсом. Перевод делается с последнего, 6-го издания. В т. 1 излагаются принципы сравнительной анатомии, основы эволюции и систематики, ранние стадии эмбриогенеза, системы органов позвоночных (кожа, скелет, мышцы). В т. 2 рассматриваются следующие темы: полости тела, рот, глотка и органы дыхания; пищеварительная, выделительная, репродуктивная и нервная системы, кровообращение, органы чувств, эндокринные органы.

Для специалистов и студентов-зоологов, медиков, палеонтологов.

1990, 65 л. Цена 7 р. 10 к.
за комплект.



Наука и общество

Пункт назначения — Марс

В 1962 г. к Марсу была запущена первая автоматическая станция — советская «Марс-1». За период до 1975 г. к планете стартовало примерно полтора десятка советских и американских космических аппаратов. Они позволили получить снимки Марса с орбиты, панорамные фотографии с посадочных аппаратов, определить важные характеристики поверхности планеты, ее атмосферы и плазменной оболочки. Сегодня на небосклоне космонавтики Марс вновь становится «звездой первой величины». В июне этого года к планете отправились две советские станции «Фобос», в разработке научной программы для которых участвовали ученые и специалисты 14 стран и Европейского космического агентства (ЕКА). В ближайшем будущем Марс станет пунктом назначения еще нескольких автоматических космических аппаратов, а затем, возможно, и пилотируемой экспедиции. Советские ученые под руководством академика Р.З. Сагдеева из Института космических исследований АН СССР (ИКИ) разработали и предложили международному научному сообществу ком-

плексную программу совместных исследований «красной» планеты на ближайшие 10-15 лет.

Эта планета по своим размерам и массе занимает промежуточное положение между Луной, Венерой и Землей. Не исключена возможность существования на ней в прошлом открытых водоемов и более плотной атмосферы: на снимках поверхности планеты, сделанных с борта космических аппаратов, отчетливо видны образования, напоминающие сухие русла рек. Кроме того, Марс все еще остается одним из немногих уголков Солнечной системы, где есть надежда, хотя и очень небольшая, найти какие-то формы жизни. Отрицательный результат, полученный на месте посадки двух американских аппаратов «Викинг», нельзя считать окончательным. Он может быть связан с отсутствием тех видов микроорганизмов, обнаружение которых планировалось в этих исследованиях, а также со многими другими обстоятельствами (выбором мест посадки, тактикой проведения экспериментов и т.п.). Наконец, Марс — первая планета, на которую возможна высадка космонавтов.

Предложения об организации пилотируемой экспедиции на Марс выдвигались многими советскими и амери-

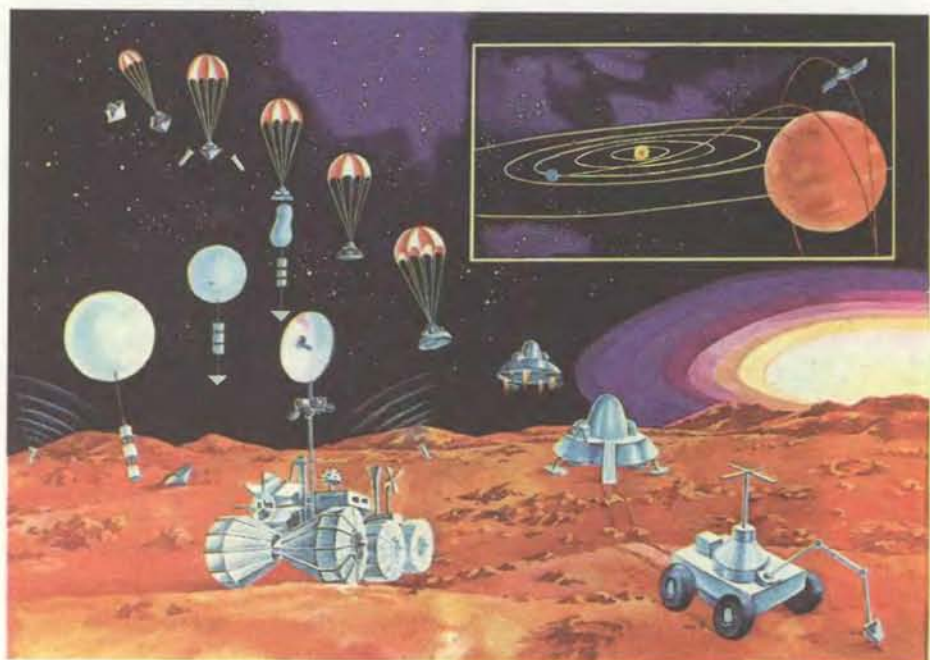
канскими учеными. В частности, известный американский астрофизик Карл Саган рассматривает такой проект как альтернативу гонимой вооружений, распространяющейся сейчас на космос. Энтузиасты, выступающие в поддержку полетов на Марс, утверждают, что пилотируемая экспедиция наиболее привлекательна, поскольку позволит заложить базу для создания будущих поселений на этой планете. Действительно, Марс, больше любых других известных планет похожий на Землю, представляется наиболее подходящим для этой цели, особенно если учесть возможность обнаружения под его поверхностью обильных запасов замерзшей воды.

Однако, если даже предположить, что не существует никаких технических проблем для путешествия к этой планете и в полет можно отправляться хоть сегодня, научная отдача от такой экспедиции была бы низкой. Необходимы предварительные тщательные исследования с орбиты искусственных спутников, на поверхности планеты и в ее недрах, для проведения которых присутствие человека обязательно. Лучше использовать «умных» роботов. Запуски к планете автоматических аппаратов позволили бы поэтапно отработать технику полетов, выбрать наиболее интересные районы для последующих посадок и провести там необходимые эксперименты. Автоматам предстоит проделать громадную «черновую» работу, прежде, чем на «красную» планету ступит человек.

Сроки запусков автоматических аппаратов к Марсу будут определяться энергетическими возможностями выведения на траектории полета достаточно больших полезных нагрузок. Экспедиции к планете можно отправлять, когда она находится «в верхнем соединении» с Землей с противоположной стороны от Солнца (когда Марс, Солнце и Земля расположены на одной линии). До конца этого столетия такие «астрономические окна» для марсианских стартов будут примерно каждые два года. С учетом этих сроков и определены основные этапы советской программы исследований Марса, конечной целью которой станет доставка на Землю грунта планеты до 2000 г.

Проект «Фобос» можно рассматривать как первый важный шаг в реализации этой программы. Следующий этап предполагается осуществить в середине 90-х годов. Он предусматривает глобальные исследования поверхности и атмосферы Марса с помощью телекамер, различного типа зондов и самоходных аппаратов с дистанционным управлением. Воз-

© «Мир», 1988



НА МАРСЕ. Десантный модуль с помощью парашютной системы совершает посадку на поверхность планеты (слева). В процессе спуска от него отделяется аэростатная станция, оболочка заполняется газом и аэростат начинает дрейфовать в атмосфере. Марсоход доставляется непосредственно на поверхность планеты. Справа показан малый марсоход для сбора грунта непосредственно в районе посадки. Он оборудован манипуляторами и грунтозаборным устройством. Вверху справа представлена схема траектории полета космического аппарата с Земли и его выхода на орбиту искусственного спутника Марса.

возможности исследований могут быть значительно расширены в случае использования аэродинамического торможения космического аппарата в атмосфере Марса при переходе с пролетной траектории на орбиту спутника планеты либо путем применения высокоэнергетической верхней ступени ракеты-носителя, либо благодаря сборке межпланетного комплекса на околоземной орбите из составных частей, выводимых в космос отдельными ракетами.

В одном из вариантов предлагается запуск в 1994 г. двух межпланетных аппаратов, каждый из которых включал бы орбитальную станцию (искусственный спутник Марса), возвратную ракету для доставки отснятых фотоматериалов с орбиты Марса на Землю, десантный модуль (несущий аэростатную станцию и марсоход), кассету с десятью малыми метеомаяками и средствами их посадки, зонды-пенетраторы для исследова-

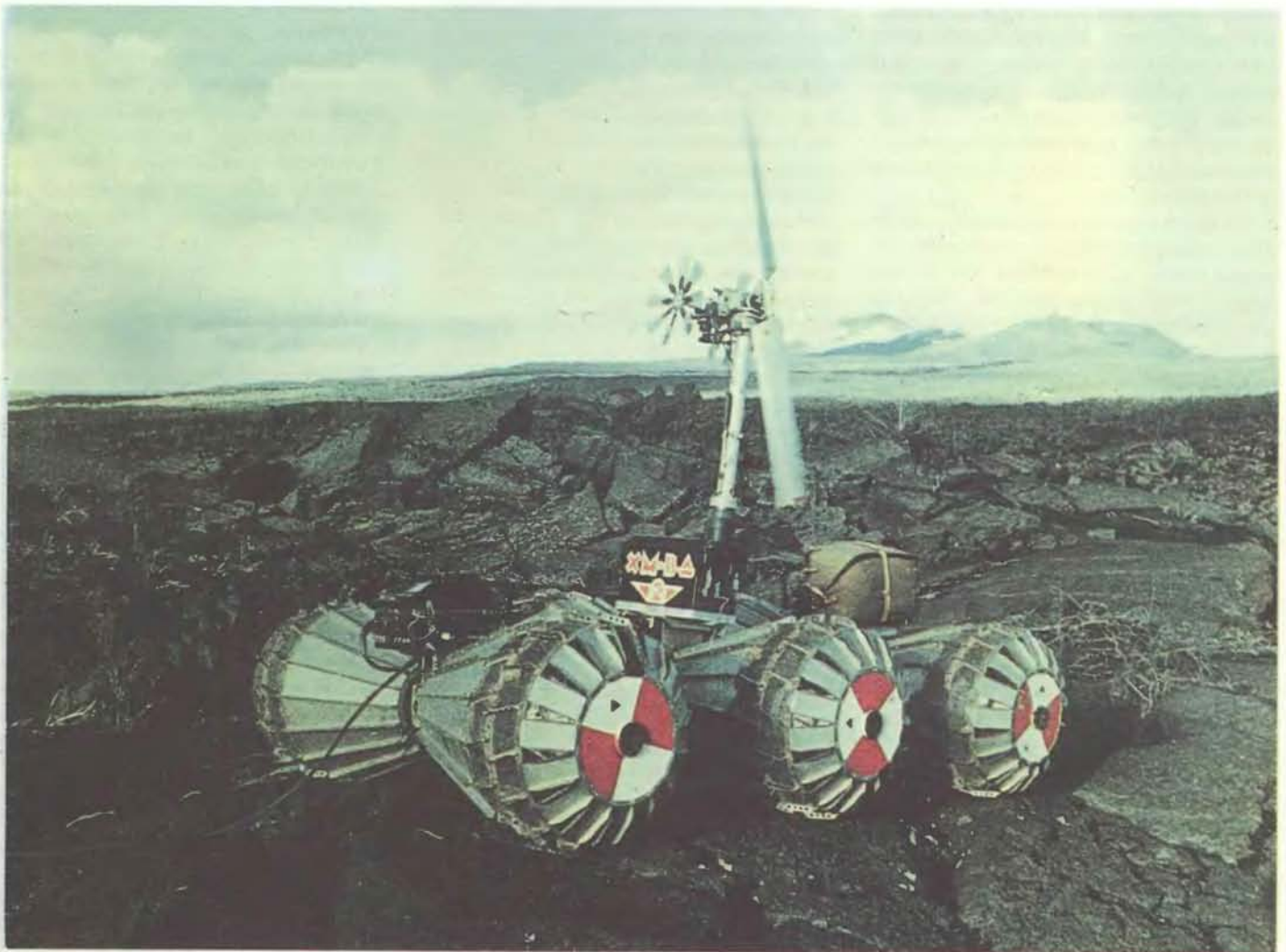
ния физико-химических свойств грунта и субспутник основного орбитального аппарата. В качестве базового комплекса для осуществления этой программы предполагается использовать разработанные в Советском Союзе автоматические аппараты нового поколения — так называемые высокоинтеллектуальные космические роботы.

Перелет Земля — Марс продлится около 300 суток. В результате аэродинамического торможения в атмосфере Марса космический аппарат перейдет с пролетной траектории на эллиптическую орбиту спутника планеты, а затем выйдет на близкую к круговой орбиту наблюдения. При этом одной из главных задач будет предварительные дистанционные исследования поверхности и атмосферы для уточнения районов и времени посадки десантного модуля, зондов-пенетраторов и метеомаяков.

Проведено предварительное об-

суждение научной аппаратуры для каждого элемента экспедиции. Основная задача орбитального аппарата — съемка поверхности планеты со сверхвысоким разрешением. Для этого на нем предполагается установить помимо стереотелевизионной обзорной камеры и стереотелевизионной камеры высокого разрешения (около 20 м) фотографическую камеру (разрешение 1 м) с возвращаемой на Землю кассетой фотопленки. Измерение с помощью инфракрасного радиометра позволяет выполнить тепловое картирование поверхности и определить тепловую инерцию грунта, что даст сведения о его структуре. На орбитальном модуле будут находиться также длинноволновой радиолокатор, гамма-спектрометр, магнитометр, плазменный комплекс.

Рассматриваются несколько вариантов аэростатного зондирования, один из них — с помощью баллона, который совершает полет только



НАЗЕМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАРСОХОДА. Ходовая часть марсохода представляет собой шестиколесный движитель со всеми ведущими мотор-колесами и шарнирно-сочлененной рамой. Колеса выполнены в виде коническо-цилиндрической пыленепроницаемой обечайки с грунто-

зацепами. Такая схема ходовой части обладает рядом преимуществ: малой массой, исключением опасности посадки марсохода «на днище», повышенной продольной и поперечной устойчивостью, возможностью движения по достаточно слабым грунтам с преодолением препятствий.

днем, а ночью опускается на поверхность планеты. Для обеспечения такого режима работы он должен состоять из двух связанных между собой шаров — большого нижнего шара, представляющего собой пластиковую оболочку, заполненную марсианским воздухом, и малого верхнего шара из майларовой пленки, заполняемого водородом или гелием. Параметры конструкции нижнего шара подбираются таким образом, что он приобретает подъемную силу только в светлое время суток под действием нагрева заполняющей его смеси газов солнечными лучами. Использование этого принципа позволит обеспечить перемещение гондолы с научной аппаратурой на значительные расстояния от места посадки спускаемого аппарата. Недостатком метода считается случайное перемещение азростата, которое зависит от направления ветра. Тем не менее имеющиеся данные о динамике атмосферы Марса позволяют заранее рассчитать возможные траектории полета азростата и выбрать наиболее интересные из них, чтобы обеспечить точный ввод азростата в атмосферу в заранее заданном районе планеты. Обзорная телевизионная камера, установленная в гондole азростата, обеспечит получение с высоты 200 м снимков с разрешением не меньше 10 см.

Одна из главных технических проблем рассматриваемого проекта — управление марсоходом с учетом сложности осуществления связи на расстояниях в несколько миллионов километров. Марсоход должен, например, уметь обходить препятствия, которых 20—30 мин назад еще не было на его пути. Примерно столько времени понадобится радиосигналам, чтобы преодолеть расстояние от Марса до Земли и обратно. Повидимому, эту проблему можно решить, если сделать марсоход «системной-экспертом», придав ей определенные «интеллектуальные способности». С Земли будет определяться стратегия ее работы, а сам робот определит тактику ее проведения. Если для орбитального аппарата это дает автономию в решении ряда навигационных задач, то для марсохода — это высшее по сложности автономное адаптивное (т.е. приспособляющееся к условиям) управление движением. Помимо телевизионной системы марсоход, по-видимому, нужно будет оснастить лазерным дальномерным устройством, что даст ему «ощущение» глубины изображения. Дальность передвижения марсохода должна достигать сотен километров. Его скорость будет определяться возможностями бортовой системы энергопи-

тания, а также будет зависеть от рельефа местности и выполняемой научной программы. В качестве источника питания могут использоваться солнечные батареи или изотопные термоэлектрогенераторы.

Программа научных исследований для марсоходов предполагается очень обширная, в частности она включает вибропросвечивание глубинных недр планеты для изучения ее внутреннего строения. Марсоход позволит также получить большую серию панорамных снимков по трассе движения. С его помощью можно было бы осуществить и сбор образцов пород с большой площади поверхности и с глубин в несколько метров. Забор разцов грунта из глубинных слоев планеты особенно важен с точки зрения его последующего «биологического» анализа. Впоследствии марсоход с собранными образцами мог бы служить радиомаяком на выбранной им подходящей площадке для специального посадочного аппарата, оборудованного возвратной ракетой для доставки марсианского грунта на Землю.

На марсоходе будет установлен и метеоконкомплекс. Изучение метеословий на Марсе является одной из важных задач первого этапа планируемых исследований. С этой же целью намечается создание сети из 10 малых долгоживущих (более года) метеомаяков на поверхности Марса. Основное их назначение — прямые измерения метеорологических параметров для изучения общей циркуляции марсианской атмосферы и прогнозирования метеословий для текущего и будущих полетов.

Пенетраторы позволят исследовать грунт планеты и ее внутреннее строение. Несколько пенетраторов образуют сеть стационарных станций, обеспечивающих длительные сейсмические наблюдения.

Основная задача субспутника — получение данных для построения с высоким пространственным разрешением модели гравитационного поля Марса. Исследования планируется выполнять с помощью прецизионных траекторных измерений системы «орбитальный аппарат — субспутник».

Доставка образцов марсианского грунта на Землю — наиболее сложный этап в предложенной советскими учеными программе. Возможный вариант — запуск двух автономных аппаратов, один из них совершит посадку на поверхность Марса, а другой станет его спутником. Посадочный аппарат должен иметь на борту взлетную ракету и небольшой марсоход для сбора грунта на некотором удалении от места посадки. Марсоход оборудуется манипуляторами и грунтозаборным устройством, которое

позволит взять образцы с достаточно большой глубины.

Взлетная ракета доставит грунт к орбитальному аппарату, состыкуется с ним, после чего образцы перегружаются в специальный возвращаемый к Земле модуль. При полете к нашей планете он «перехватывается» орбитальной станцией. Было бы целесообразным выполнить на борту станции первичный анализ марсианского грунта. Это позволило бы решить одну из трудных проблем экспедиции — проблему карантина, исключающего заражение нашей планеты внеземными организмами, как бы ни мала была такая вероятность. Необходима и стерилизация космического аппарата перед стартом с Земли, чтобы не занести на Марс земные микробы.

Операция стыковки на орбите достаточно хорошо отработана советскими специалистами. Однако, учитывая жесткий лимит веса в межпланетных полетах, предстоит большая работа по созданию легких стыковочных систем и агрегатов.

Разумеется, изложенные сценарии не являются окончательными. Предварительные расчеты показали, в частности, что совместить возврат фотопленки с околomarсианской орбиты на Землю с выполнением всех других задач экспедиции будет трудно. Возможно, для проведения детальной фотографической съемки поверхности планеты с последующей доставкой пленки на Землю понадобится запуск специального аппарата. При этом облегчается и решение ряда специфических проблем использования и транспортировки фотоматериалов, таких, например, как изменение съемочных характеристик фотослоя под воздействием космической радиации.

Описанные выше конкретные этапы и задачи исследований Марса рассчитаны на то, что запуск космического аппарата будет осуществляться ракетой-носителем «Протон». Иначе выглядит перспективная программа исследований Марса, если в качестве средства выведения полезных нагрузок в космос использовать более мощную ракету «Энергия». В этом случае все основные задачи, включая возврат на Землю кассеты с материалом фотосъемки поверхности планеты, могут быть решены при одном запуске. Может быть обеспечено одновременное исследование и значительно большего числа областей на поверхности Марса при помощи марсоходов, азростатных зондов и малых посадочных станций. Предварительные оценки показывают, что при одном запуске ракеты-носителя «Энергия» на планету могут быть доставлены сразу три марсохода — один тяжелый (обеспе-

чивающий глубокое бурение) и два легких, несколько касет с десятью метеомаяками каждая и большое число пенетраторов. По-видимому, удастся снять и весовые ограничения при доставке грунта с Марса. В принципе можно было бы попытаться одновременно доставить грунт и с марсианского спутника Фобос.

Предполагается, что в разработанной советскими учеными программе исследований Марса примут участие научные организации и специалисты многих других стран. Опыт при осуществлении проекта «Венера — комета Галлея» показал, насколько эффективной может быть такая кооперация. По сути дела, это был первый шаг на пути превращения космоса в открытую интернациональную лабораторию, к чему и призывает советская программа «звездного мира». Очень важно не только сохранить дух научного сотрудничества, который возник в ходе реализации проекта «Вега», и еще более укрепился при подготовке проекта «Фобос», но и дальше развивать его.

*Юрий Зайцев,
Институт космических
исследований АН СССР*

Хотите выжить? Меняйтесь

В НАШИ ДНИ управляющие борются за перемены в своих компаниях. К этому их побуждает необходимость внедрения новых технологий и повышения конкурентоспособности. В течение последних восьми лет многие из них — от Дж.Хоутона из Corning Glass Works до Д.Кирнса из компании Хегох — обращались за советом к Д.Надлеру, президенту Delta Consulting Group в Нью-Йорке.

Как правило, деятельность Надлера не рекламируется; клиенты приходят по рекомендациям. Он не предлагает готовых решений. «Я могу сказать, в чем ваша проблема, но не могу разрешить ее, — говорит он. — Будет полезнее, если я дам вам схему ее решения».

В основе советов, предлагаемых Надлером, лежат два взгляда на корпорацию. С одной стороны, он рассматривает ее как систему, входные параметры которой — запросы потребителей, ужесточающаяся конкуренция и появление новой технологии — заставляют систему изменяться. Если перемены осуществляются под умелым контролем, они дают полезные изменения на выходе — например, повышение эффективности. В то же время Надлер исходит из то-

го, что система «очеловечена»: она держится на навыках и энтузиазме тысяч индивидов. Поэтому приказанная сверху без учета их влияния на индивидов не работают. Всякие перемены должны сохранять «согласованность», т.е. поддерживать взаимодействие работников, выполняющих разные задания, а также функционирование формальной и неформальной структур производства.

П.Флаерти, заведующая кадрами корпорации Citibank, по ее словам, часто наблюдала, как Надлер описывает свою схему и помогает собеседнику быстро приспособить ее к определенной ситуации. «Людям кажется, что они находят решения сами, — добавляет Флаерти, — хотя «оркестровку» сделал Надлер. В результате вы уходите воодушевленными».

Рассмотрим один случай: как Надлер помог компании Хегох поднять качество производства на всех уровнях. В начале 1980-х годов эта компания стала испытывать серьезное давление со стороны японских конкурентов. Восемнадцать поездок в Японию убедили Кирнса в том, что единственный способ вернуть былое превосходство — это радикально улучшить качество. «Проблема была в том, как заставить 100 000 человек работать иначе, чем они работали», — вспоминает Надлер.

По словам П.Аллера, президента компании Хегох, Надлер подходит к проблемам, обладая подробным знанием опыта других управляющих, которые производили подобные изменения. Понимая, что компаниям обладают неформальной структурой, которая определяет их деятельность, Надлер помогает компаниям «перекрыть» предлагаемую им схему в соответствии с наиболее важными проблемами.

По совету Надлера руководство компании Хегох начало с того, что сформировало группу из 17 «инспекторов по качеству» — по одному из каждого подразделения компании. Они проводили учебно-практические семинары, на которых прорабатывали возможные изменения заданий и существующих формальных структур в целях улучшения качества, а также анализировали надежды и опасения работников компании, связанные с происходящими переменами. Через каждую неделю представители возвращались в группы в рамках семинара, чтобы рассказать об изменениях, которые они ввели у себя в подразделениях. В результате все служащие компании имели достаточно времени, чтобы приспособиться к изменившимся условиям и сформировать новые неформальные структуры. Этот

случай стал азбучным примером восстановления конкурентоспособности компании.

Кроме всего прочего, Надлер придает большое значение технике. Во время семинаров в штаб-квартире фирмы Delta, Надлер может «набирать» свои замечания на клавиатуре компьютера и те сразу появляются на общем мониторе. По свидетельству участников семинаров, своими рассудительными замечаниями, Надлер ненавязчиво направляет дискуссию в нужное русло и ни на кого не оказывает давление.

Умение Надлера формировать групповую динамику объясняется его разносторонней образованностью. В юности он по примеру своего отца собирался стать дипломатом и даже получил степень бакалавра по международным отношениям в Университете Джорджа Вашингтона. Но затем он увлекся менеджментом; получил степень магистра в Школе бизнеса Гарвардского университета и докторскую степень в области психологии в Мичиганском университете, после чего в середине 1970-х годов начал работать доцентом в Школе бизнеса Колумбийского университета. Когда академический дух ему наскучил, он взял годичный отпуск, чтобы попробовать свои силы на поприще консультанта. В учебные аудитории он так и не вернулся.

Безводные ЭРЖ

С ФАЗОВЫМИ переходами мы встречаемся повседневно. Так, вода при охлаждении превращается в лед, а при нагревании — в пар. Но тепло — не единственный фактор, вызывающий фазовые переходы. Еще в 1940 г. было замечено, что под действием электрического поля некоторые жидкие материалы становятся сначала вязкими, а затем твердыми. Такие материалы называются электро-реологическими жидкостями (ЭРЖ). Благодаря успехам в области создания новых типов ЭРЖ они перестают быть предметом только лабораторных исследований и судя по всему найдут широкое практическое применение.

Типичная ЭРЖ состоит из мельчайших частиц стекла, известняка или крахмала, находящихся во взвешенном состоянии в непроводящей жидкости, например трансформаторном масле. Когда к сосуду, содержащему подобную смесь, подводится напряжение в несколько тысяч вольт, то за доли секунды суспензия твердеет и становится похожей на гель. Пока механизм этого явления до конца не рас-

крыт, тем не менее ЭРЖ быстро нашли широкое применение, особенно в автомобильной промышленности: в электрически регулируемых тормозах, клапанах, системе подвески, в коробке передач, соленоидах и сцеплении.

Сложность применения традиционных ЭРЖ заключается в том, что все они содержат воду, которая необходима для того, чтобы был возможен переход из жидкого состояния в твердое. Но вода приводит к коррозии контактирующих с ней изделий, а также ограничивает температурный диапазон применения ЭРЖ, так как ниже 0°C вода замерзает, а при температурах выше 70°C испаряется. При испарении воды возрастающий электрический ток нагревает ЭРЖ, повышая ее текучесть, поэтому для увеличения вязкости требуются более сильные электрические поля, а это в свою очередь ведет к еще большему нагреву жидкости. В результате вода выкипает полностью и происходит тепловой пробой.

Сегодня эту проблему можно считать решенной. В прошлом году Г. Блок и Дж. Келли из Кранфилдского технологического института в Англии получили патент на «сильно обезвоженную» ЭРЖ, сохраняющую свои свойства при весьма малом содержании воды. Эта жидкость состоит из полупроводникового органического полимера, взвешенного в масле, и может использоваться в интервале температур от -30° до 200°C.

Американские ученые тоже не теряли времени даром. В мае Ф. Филиско и У. Армстронг из Мичиганского университета в Энн-Арборе получили патент на ЭРЖ, «практически не содержащую воду». Эта жидкость, представляющая собой масляную суспензию керамических частиц, была проверена на работоспособность при температурах до 300°C.

Следует заметить, что ни в том ни в другом патенте не указано, какое количество воды содержится в «сильно обезвоженной» и «практически не содержащей воды» ЭРЖ. Группа из Кранфилдского института публично заявила, что их жидкость содержит менее 5% воды, в то время как Филиско сообщил, что полученная ими жидкость «работоспособна со сколь угодно малым регистрируемым количеством воды», что должно означать менее 10⁻⁴%. Несмотря на то что английские и американские ЭРЖ существенно отличаются по составу, оба конкурирующих патента могут стать предметом правового спора. Как заявил Филиско, «споры не возникают до тех пор, пока в дело не вовлечен доллар».

Ясно, что речь идет не об одном

долларе. После регистрации патента Филиско получил предложение от таких компаний, как Chrysler, Ford, General Motors, TRW, Exxon, Toyota, Mitsubishi, и сообщил более 100 компаниям о возможных применениях жидкости. Сейчас задача состоит в том, чтобы найти научное объяснение механизму поведения ЭРЖ. Те модели, которые предложены на сегодняшний день, как утверждает Филиско, неверны. Сам он надеется в течение года найти правильное объяснение, а пока отказывается высказывать догадки о механизме фазового перехода в ЭРЖ.

Будет ли безопаснее в небе?

ПОЛЕТЫ над территорией США стали для пилотов коммерческих авиакомпаний настоящим испытанием нервов. По данным Федерального управления авиации (ФУА), число случаев, когда самолеты едва избежали столкновения, возросло с 311 в 1982 г. до 1063 в прошлом. Свыше 75% этих случаев возникали по вине пилота частного или другого некоммерческого самолета, совершавшего полет не под контролем диспетчеров службы управления воздушным движением, а «по правилам визуального полета». В связи с этим в адрес ФУА начали поступать требования о принятии решительных мер по исправлению сложившегося положения.

В июне этого года ФУА выпустило долгожданную инструкцию, значительно расширяющую зоны, в которых на всех самолетах должны быть установлены ответчики, работающие в непрерывном режиме. По «запросу» наземного радиолокатора эти устройства автоматически передают данные о высоте полета. При этом диспетчер на экране своей станции сразу же видит, представляет ли самолет с таким ответчиком на борту угрозу другому, находящемуся под контролем самолета.

По новым правилам ФУА такие ответчики должны использоваться всеми самолетами, совершающими полеты в радиусе 50 км от 27 крупнейших аэропортов страны и в более узких диспетчерских зонах вокруг 111 аэропортов среднего размера. В настоящее время их применение обязательно только в зонах, прилегающих к крупнейшим аэропортам при полетах на высоте более 3000 м. Давление со стороны конгресса США, а также сильный нажим, оказанный Ассоциацией владельцев самолетов и летчиков и другими заинтересованными группами, вынудили ФУА отказаться от ранее выдвинутого предложения, в

соответствии с которым ответчики должны быть установлены на всех самолетах, находящихся в радиусе около 65 км от крупных и средних аэропортов и совершающих полет на высоте более 2000 м. В настоящее время ответчиками оснащено менее половины всех некоммерческих самолетов.

Эти устройства не только лучше информируют наземных диспетчеров, но и повышают эффективность радиолокационной системы оповещения и предупреждения столкновений средств воздушного транспорта (TCAS). Система, установленная на авиалайнерах, дает пилотам указания о маневрах, необходимых для предотвращения столкновений с другим, чрезмерно сблизившимся с ним, самолетом. Разновидность такой системы, предназначенная для подачи команд на вертикальное маневрирование уже была проверена на нескольких коммерческих авиалайнерах. Более сложный вариант — TCAS-III — предназначен для выполнения маневров как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости, однако его разработка пока приостановлена.

Ассоциация пилотов коммерческих авиалиний настаивает на сохранении в правилах ФУА требования о том, чтобы для самолетов без таких ответчиков был сохранен потолок 2000 м, поскольку все больше самолетов, выполняющих регулярные рейсы, летает на высоте 2000—3000 м. Ассоциация также считает недостаточными диспетчерские зоны вокруг средних аэропортов. В то же время она намерена совместно с пилотами частных самолетов обратиться к ФУА с просьбой о смягчении требования, предписывающего использовать ответчики даже на малых высотах в пределах 50-километровой зоны вокруг крупных аэропортов, поскольку такое требование, по ее мнению, может сильно усложнить работу диспетчеров.

Каковы бы ни были незначительные изменения упомянутой инструкции, ФУА по настоянию Национального комитета по безопасности перевозок решило ускорить реализацию своих планов по установке систем оповещения диспетчеров в случаях, когда неконтролируемый самолет с ответчиком непрерывного режима слишком сближается с другим самолетом, полет которого контролируется диспетчером. Не дожидаясь, пока в следующем десятилетии будет внедрена новая автоматизированная система управления воздушным движением, ФУА распорядилось о модификации существующих систем оповещения, с тем чтобы уже к 1991 г. обеспечить необходимую эффективность их действия.

Деревья заговорили

ЧТО МОГУТ сказать деревья о землетрясениях? Как выясняется, не так уж мало. Когда вдоль геологического разлома Сан-Андреас происходит землетрясение, участок земной коры лежащий к западу от разлома, быстро сдвигается на северо-запад. Сдвиги и колебания почвы способны повредить деревьям, растущим на разломе или около него. Бывает, что корни, пересекающие разлом, разрываются, а крона, на которой в основном происходит фотосинтез, отламывается. Если дерево выживает, его рост может замедлиться на годы, а это навсегда оставит след в узоре годовых колец. Анализ таких узоров, опубликованный в журнале «Science», показывает, что интервалы между самыми значительными землетрясениями в районе Сан-Андреас, на удивление, нерегулярны, так что предсказать, когда произойдет следующее большое землетрясение, может оказаться гораздо труднее, чем думали раньше.

Авторы исследования Г. Джекоби и П. Шеппард из Геологической обсерватории Ламонт-Доэрти Колумбийского университета, а также К. Сай из Калифорнийского технологического института извлекли с помощью буров «колонки» из стволов некоторого количества деревьев, растущих около разлома, и измерили ширину каждого кольца с точностью до 0,01 мм. Датировка колец осуществлялась путем «привязки» к самым узким кольцам, относящимся к известным засушливым годам.

Исследователи обнаружили, что девять деревьев, растущих вдоль 12-километровой полосы разлома Сан-Андреас около Лос-Анджелеса, были серьезно повреждены между 1812-м и 1813-м гг.; эти повреждения привели к замедленному росту в последующие несколько лет, на что указывают серии тонких колец или отсутствие колец вообще. Четырем деревьям для возврата к нормальной скорости роста потребовалось более 50 лет. В дополнение к данным, полученным по годовым кольцам, форма растущих деревьев показывает, что по крайней мере три из них в какой-то момент своей жизни потеряли всю или часть своей кроны, предположительно в результате повреждения, которое затормозило их рост.

Тонкие кольца или отсутствие колец нельзя отнести на счет засухи, так как в этом случае рост дерева замедляется лишь на один год. Подобным же образом можно исключить пожары, нашествия насекомых, штормовые ветры и другие причины, не свя-

занные с землетрясением. Что же касается землетрясений на других разломах, то они должны были бы повредить не только те деревья, что растут около Сан-Андреаса.

Авторы предполагают, что причиной повреждений было землетрясение, которое произошло в Калифорнии 8 декабря 1812 г. и было отмечено в столь отдаленных местах, как Сан-Диего и Санта-Барбара. Считалось, что это землетрясение произошло на другом, прибрежном, разломе, так как оно вызвало значительные разрушения в поселках на Калифорнийском побережье, но данные древесных колец, по мнению Джекоби и его коллег, указывают на Сан-Андреас.

Если они правы, то на участке разлома Сан-Андреас недалеко от Лос-Анджелеса произошло два крупных землетрясения в течение всего лишь 44 лет: толчок 1812 г. и знаменитое землетрясение в январе 1857 г. Перед предполагаемым толчком 1812 г. участок разлома оставался в покое около 330 лет. Следовательно, интервалы между большими землетрясениями могут значительно отличаться от среднего значения, равного примерно 130 годам.

Исследование выполнено как раз во времени. Геологическая служба США только что выпустила сводку расчетов, предсказывающих, что с 60%-ной вероятностью значительное землетрясение произойдет в Южной Калифорнии в течение ближайших 30 лет. Статья в «Science» показывает, что теория и методы, на которых основываются такие предсказания, вероятно, сами нуждаются в пересмотре.

Доверяй, но проверяй

ПОСЛЕ экстраординарного «расследования на месте» по поводу эксперимента, результаты которого сочли необъяснимыми в рамках «обычной» науки, влиятельный журнал «Nature» обвинил группу французских ученых в том, что они вводят в заблуждение научную общественность ложной интерпретацией полученных данных. Статья об этом эксперименте была опубликована в «Nature» в конце июня. Ее авторы — 13 исследователей из четырех стран во главе в Ж. Банвенистом — известным фармакологом из Французского национального института здоровья и медицинских исследований. Они изучали связанное с аллергией специфическое явление, которое заключается в том, что определенные антитела, сталкиваясь с клетками крови человека, называемыми базофилами, связывают-

ся с соответствующими рецепторами на клеточной поверхности и вследствие этого находящиеся внутри базофилов гистаминовые гранулы изливают свое содержимое в окружающую среду. Эту так называемую дегрануляцию можно наблюдать под микроскопом, применяя стандартное окрашивание.

Идея эксперимента, о котором идет речь, принадлежит двум коллегам Банвениста, практикующим гомеопатические методы лечения, в основе которых лежит «медицинская философия», отвергаемая большинством ученых. Согласно центральной концепции гомеопатии, вещество, которое в больших дозах вызывает явления, сходные с симптомами заболевания, в ничтожных дозах должно обладать лечебным действием. Французские исследователи захотели выяснить, как велико может быть разбавление препарата антител, чтобы он еще вызывал дегрануляцию. По их данным, эффект имеет место даже при разбавлении в более чем 10^{40} раз. Но при таком колоссальном разбавлении вероятность того, что в растворе есть хотя бы одна молекула антитела, по существу нулевая. Тем не менее Банвенист и его коллеги наблюдали, что при последовательных десятикратных разбавлениях чистой (насколько можно судить) водой препарат антител проявлял активность, вызывая ответную реакцию базофилов, хотя в количественном отношении эта реакция постепенно слабела по мере разбавления препарата. Загадочность результатов усугубляется тем, что для достижения эффекта раствор после разведения надо было непременно энергично потрясти (это, кстати, традиционный прием в гомеопатии). Банвенист предполагает, что в воде может быть некая таинственная самосохраняющаяся структура, которая каким-то образом «помнит» о присутствовавших в растворе антителах.

По словам Банвениста, этот эксперимент был с успехом повторен в шести лабораториях четырех стран разными исполнителями, причем были сделаны строго научные контроли, исключающие загрязнение, и эксперимент проводился также «слепым» методом (в данном случае это значит, что при анализе степени дегрануляции сотрудники, подсчитывавшие окрашенные клетки под микроскопом, не знали, каким разбавлением препарата антител — большим или малым — соответствуют рассматриваемые образцы). Редакция «Nature», испытывая сомнения относительно публикации столь необычного сообщения (хотя рецензенты не смогли

найти ошибок в представленном материале), сопроводила статью Банвениста с соавторами комментарием, в котором отмечалось, что описанные результаты «не имеют физической основы». Кроме того, журнал согласился опубликовать эту работу только при том условии, что группе независимых экспертов будет позволено присутствовать при осуществлении эксперимента. Банвенист на это согласился.

В начале июля в Париж прибыла экспертная группа необычного состава. В нее вошли Джеймс Рэнди по прозвищу «Удивительный» — иллюзионист-профессионал, известный своими успешными разоблачениями фальсификаций сверхъестественных явлений, — и его помощник Хосе Альварес, Уолтер А. Стюарт из Национальных институтов здоровья США, который в последние годы много занимался изучением ошибок и расхождений в научных публикациях, а также редактор журнала «Nature» Джон Мэддокс, физик по образованию. Эксперты быстро установили, что эксперимент дает результаты, описанные в статье Банвениста и его коллег, далеко не всегда и не со всеми образцами крови. Кроме того, по сообщению самого Банвениста, наиболее ярко выраженные результаты получались у Элизабет Давена (она один из авторов статьи). В итоге «расследования» был сделан вывод: разброс экспериментальных данных таков, что не позволяет считать результаты, полученные французскими учеными, статистически достоверными.

Эксперты пронаблюдали за ходом эксперимента 7 раз. Первые 3 раза опыт осуществлялся «открытым» методом: все присутствующие знали, какой образец какому разведению соответствует. В четвертом опыте сотрудникам лаборатории не было известно, какие образцы они анализируют. Все четыре опыта как будто показали, что при очень больших разбавлениях некоторый эффект есть, хотя в деталях результаты четвертого опыта отличались от полученных ранее. В последних трех опытах проводилось (под контролем Рэнди) тайное шифрование образцов, благодаря которому те, кто просчитывал окрашенные клетки в образцах, не имели ни малейшего представления, какие это образцы. В таких условиях, которые в экспериментах французских ученых ранее не создавались, эффект при больших разведениях вообще не наблюдался, что и предсказывает «традиционная» наука. «Nature» делает вывод, что «описанное явление не является воспроизводимым в общепринятом смысле слова». Как полагают экспер-

ты, тенденциозные данные — результат самообмана, а не сознательной фальсификации. Если так оно и есть, то кроме французских ученых обманулись и другие исследователи. Один из соавторов Банвениста — Б. Померанц из Университета в Торонто, — хотя и воспроизвел, как он говорит, феномен, но считает свои результаты предварительными.

Банвенист весьма рассержен, усматривая со стороны экспертов нечестную игру. В частности, он подчеркивает, что четвертый из семи экспериментов, осуществленных в присутствии экспертов, можно объяснить только тем, что эффект истинный, либо преднамеренным обманом со стороны кого-то из участников, но при этом возможность мошенничества он абсолютно исключает. Банвенист резко не согласен с выводом экспертов о том, что в данных, полученных французскими исследователями, ошибка эксперимента меньше вероятной. Как он заявил, в науке вообще нельзя работать под присмотром сторонних людей. Уж если возникают сомнения в корректности результатов, следует повторять эксперименты в других лабораториях, «другими руками»*.

Критика работы Банвениста и его возражения были опубликованы в «Nature» 28 июля. Некоторые ученые высказали неодобрение журналу за то, что он поместил статью Банвениста и его коллег. «Это журналистские штучки худшего сорта», — сказал Г. Мецгер из Национальных институтов здоровья, специалист по аллергическим реакциям. По мнению других, такие случаи несут отрезвление и потому в конечном счете благотворны для науки. Мэддокс отнюдь не жалеет о публикации всех этих материалов. «Мы многому научились, — заметил он. — Другое дело, научится ли чему Банвенист».

РИЧАРД ФЕЙНМАН 1918—1988

МИЛЛИОНЫ американцев видели своего соотечественника Ричарда Фейнмана лишь однажды — но в минуту, когда они могли составить весьма верное представление о нем. В тот день физик-теоретик, пользовавшийся доселе известностью лишь в ученом мире, появился перед телезрителями в вечерних выпусках новостей

* С тех пор такие эксперименты были осуществлены рядом исследователей, в том числе Г. Мецгером, с отрицательным результатом. — *Прим. ред.*

по всем программам. Таким вниманием к своей персоне он был обязан назначению в состав комиссии, созданной для расследования обстоятельств трагической гибели космического корабля многоразового использования «Челленджер». На глазах телезрителей Фейнман опустил небольшое колечко из неопрена в стакан воды со льдом — и оно затвердело и потеряло гибкость. Теперь одна из непосредственных причин катастрофы стала понятна миллионам людей, неспособных вникнуть в сложные технические детали. Показать суть явления, сколь бы абстрактным оно ни было, на конкретном примере — излюбленный «прием» Фейнмана, применявшийся им на протяжении всей его жизни. Здесь он не знал себе равных — шла ли речь об «эксперименте» с неопреновыми кольцами, напоминающем своей простотой опыты Ньютона с призмами, о календаре древних майя или векторах состояния фермионов и бозонов.

Его разнообразные таланты отнюдь не ограничивались физикой. Он был способным рассказчиком, художником, музыкантом, любителем азартных игр и головоломок, дешифровщиком, специалистом по вскрытию сейфов иногда даже химиком. Он от души веселился на карнавале в Рио-де-Жанейро и в казино Лас-Вегаса. Большая часть рассказываемых о нем историй — чистая правда!

Я познакомился в Ричардом в марте сурового военного 1943 года, когда он остановился в Чикагском университете по дороге в лабораторию, строительство которой в то время велось на плоскогорье близ Лос-Аламоса. Он предложил свою помощь чикагской группе молодых теоретиков, также участвовавших в секретных разработках в рамках Манхэттенского проекта. Хотя ему не было еще и 25 лет и его в высшей степени оригинальная докторская диссертация еще не была опубликована, он уже имел репутацию непревзойденного мастера по быстрому взятию труднейших интегралов, встречающихся в задачах математической физики. Мы все пришли познакомиться с этим молодым корифеем анализа, впервые в жизни оказавшимся в кругу физиков, более широком, чем круг его однокашников и преподавателей, на которых он уже давно произвел неизгладимое впечатление.

Фейнмана никак нельзя было назвать типичным представителем молодых ученых, воспитанных в довоенных традициях. У него были мягкие, выразительные движения танцора, говорил он быстро (на бродвейский манер, как нам казалось), энергично и образно. Он сразу же оправдал свою

репутацию, буквально «на ходу» объяснив нам, как быстро получить результат, вот уже целый месяц «ускользающий» от одного из наших лучших математиков. Конечно же, этот случай не мог дать нам по-настоящему глубокого представления о выдающемся уме Фейнмана, однако он произвел на нас сильное впечатление и надолго запомнился. До сих пор физики послевоенного поколения полшутя рекомендуют своих лучших учеников словами: «Это, конечно, не Фейнман, но...»

Недавно вышла в свет одна из последних публикаций Фейнмана — текст лекции, прочитанной им в 1986 г. в Кембриджском университете и посвященной памяти великого английского физика Поля Дирака. На первой странице мы видим вполне удачный портрет Дирака, набросанный самим Фейнманом в 1965 г. Встретим мы здесь и фотографию, на которой сдержанный англичанин внимательно слушает оживленно рассуждающего о чем-то американского коллегу. В основе лекции лежит попытка Фейнмана вывести некоторые важнейшие результаты квантовой теории поля, не «в духе Дирака, использовавшего множество символов и операторов», а наглядно, с помощью наскоро начерченных зигзагообразных фигур, широко известных как диаграммы Фейнмана. Как обычно, Фейнман сразу объявляет, что начнет с разбора нескольких «очень простых примеров... потому что если мы это сделаем, то сразу поймем и общие вещи; во всяком случае, я всегда так поступаю, когда хочу что-либо понять».

Мастер формализма, создатель целого ряда мощных математических методов, Ричард Фейнман тем не менее всегда стремился к ясному, конкретному пониманию проблемы, не ограниченному профессиональным жаргоном, устоявшимися представлениями и общепринятой формой. Словно поэт, он свободно пользовался метафорами и образами, искренне радовался, когда ему удавалось найти аналогию, например, между фигурой в танце и вращением двузначной амплитуды. Диаграммы Фейнмана были задуманы как помощь теоретикам, работающим со сложнейшими формулами, поскольку они позволяют удобно «пометить» различные возможные случаи, в которых так легко запутаться при расчетах процессов взаимодействия между частицами. Однажды Фейнман попытался объяснить, с какими трудностями сталкиваются те, кто проводит такие вычисления, кому-то весьма далекому от этих проблем: «Вы понимаете, как люди экономят электроэнергию, используя «зимнее» и «летнее» время? Так вот, физики располагают дюжиной подобных способов экономии».

Вниманию читателей!

*М. Бигон, Дж. Харпер,
К. Таунсенд*

ЭКОЛОГИЯ. ОСОБИ, ПОПУЛЯЦИИ, СООБЩЕСТВА

В 2-х томах
Перевод с английского

Написанный английскими авторами учебник по теоретическим основам современной экологии. Благодаря широте охвата материала может служить справочным пособием.

Содержание: Динамика численности популяций и ее механизмы. Взаимодействия между организмами: внутри- и межвидовая конкуренция, хищничество (различные аспекты), детритофагия, паразитизм, мутализм. Стратегия жизненных циклов. Сообщества: продуктивность, устойчивость, видовое разнообразие, факторы формирования и поддержания структуры, вопросы моделирования. Библиография — около тысячи названий. Из рецензий: «Книга построена как учебник, хотя это нечто среднее между очень обстоятельным, высоко научного уровня учебником и краткой сводкой по основным проблемам современной общей экологии. Аналогичного издания на русском языке пока не существует» (д.б.н. А.М. Гилларов). «Книга совершенно оригинальна, насыщена новым и часто необычно, но доходчиво поданным фактическим материалом. В ней нашли отражение самые последние течения мировой экологии» (чл.-корр. АН СССР, проф. А.В. Яблоков).

Для специалистов-экологов, студентов и аспирантов биологических факультетов.

1989, 79 л. Цена 6 р. 40 к.
за комплект.

Заказы на эту книгу направляйте до конца 1989 г. в магазины научно-технической литературы.

Издательство заказы не принимает

Н. Грин,

*У. Стаут,
Д. Тейлор*

БИОЛОГИЯ

В 3-х томах
Перевод с английского

Написанный английскими авторами современный учебник общей биологии для высшей школы.

Содержание. Т.1 — систематика вирусов, бактерий, растений и животных; основы биохимии и гистологии, типы питания. Т.2 — клеточные механизмы использования энергии; количественные аспекты экологии и принципы проведения экологических исследований; основы физиологии растений и животных. Т.3 — проблемы репродукции и биологии развития, основы генетики, теория эволюции.

Из рецензий: «В отечественной учебной литературе ничего подобного не появлялось... Весь материал изложен на весьма высоком уровне, простота изложения и удачное расположение тем делают его доступным для неподготовленного читателя. Великолепны рисунки и схемы (среди 900 страниц текста трудной найти страницу без иллюстраций)» (д.б.н. Б.М. Медников). «Выпуск этого руководства будет способствовать подъему общей биоэкологической культуры, как это сделали в свое время издания книги «Биология» Вилли и Детье» (чл.-корр. АН СССР А.В. Яблоков).

Для студентов-биологов, преподавателей биологии в школе, биологов всех специальностей.

1990, 125 л. Цена 9 р. 90 к.
за комплект.

На книги, выходящие в 1990 г., магазины научно-технической литературы будут принимать заказы с апреля-мая 1989 г. Издательство заказы не принимает.



Несколько образчиков диаграмм, напоминающих древние наскальные изображения, украшают семейный автофургон, стоящий перед домом Фейнмана, расположенным неподалеку от Калифорнийского технологического института, где он в течение стольких лет преподавал и вел научную работу. Эти диаграммы действительно представляют собой способ краткой записи, но их нельзя рассматривать лишь как геометрическое представление процессов. Их надежность основывается на тщательно разработанных и в высшей степени оригинальных математических правилах, соответствующих каждой прямой или волнистой линии. В каждой вершине обычно приходится производить сложные матричные операции, а сами отрезки, соединяющие эти вершины, соответствуют распространению свободных частиц и подразумевают взятие интегралов.

Можно с уверенностью сказать, что диаграммы Фейнмана оказались для теоретиков, работающих в области квантовой теории поля, столь же удобным инструментом, как радиосхемы для разработчиков электронной аппаратуры. Диаграммы позволяют теоретику ясно представить себе порядок, в котором следует производить сложнейшие вычисления, иначе кажущиеся слишком трудными даже для тех, кто мастерски владеет аппаратом теоретической физики. Самому Фейнману они помогли достичь такого понимания существа дела, которое позволило ему и его коллегам превратить квантовую электродинамику в одну из самых точных физических теорий, несмотря на наличие в ней глубоких противоречий, «логических айсбергов», которые можно «обойти», но нельзя устранить. Подобно самой теории поля, применимость диаграммной техники Фейнмана не ограничена каким-либо одним типом сил и частиц. Диаграммы помогают рассчитывать взаимодействие кварков и глюонов, так же как и электромагнитные процессы, для исследования которых они были предложены Фейнманом в первые послевоенные годы.

Впрочем, введение диаграммной техники вовсе не было его последним значительным вкладом в физику. Кроме основополагающих трудов по квантовой электродинамике, за которые он был удостоен Нобелевской премии (совместно с двумя другими физиками), Фейнман был также автором важных — и весьма своевременных — работ, посвященных природе слабых взаимодействий, волновым функциям, описывающим состояния жидкого гелия, а также основаниям квантовой механики. Именно он, интерпретировав поновому результаты экспериментов по рассеянию электронов, привлек всеоб-

щее внимание к возможности существования в недрах протонов и нейтронов свободно движущихся субчастиц, которые он называл «партонами». Тем самым он открыл один из главных путей к экспериментальному обнаружению кварков.

Когда многие физики почувствовали, что преподавание основ этой науки в университетах стало чересчур сухим и неинтересным для студентов, Ричард создал курс лекций, впоследствии положенный в основу многотомного учебника. Хотя изучение этого курса требует от читателя напряженной умственной работы, оно полностью вознаграждает его за это как достаточно обширными знаниями, так и удовольствием, получаемым от самого чтения. Вот уже двадцать пять лет этим учебником пользуются и наиболее способные студенты младших курсов, и преподаватели.

Для Фейнмана познание никогда не было пассивным занятием. Он никогда не читал все подряд. Тем не менее однажды вечером, много лет назад, он впервые «набрел» в библиотеке на знаменитую книгу Прескотта, посвященную испанскому завоеванию Мексики и Перу. Очарованный, он взял этот тяжелый том и читал его день и ночь. У него возникло множество вопросов. Проснувшийся в Фейнмане в те дни интерес к истории так и не угаснет с годами: тридцать лет спустя он попробует свои силы в дешифровке письменности древних майя, причем быстро добьется, как это часто бывает с одаренными любителями, заметных успехов.

Однажды во время одного из своих экскурсов в психологию и физиологию мозга он устал продираться сквозь дебри незнакомой ему анатомической терминологии и попросил библиотекаря найти для него «карту кошки». За свою жизнь он успел внести вклад не менее чем в полдесятка различных областей знания — от молекулярной биологии и компьютерных алгоритмов до психологии галлюцинаций.

Искусству театра присуща определенная двойственность. Актер на сцене изображает не самого себя, а другого человека, искусно перевоплощаясь в него и говоря его словами. С Ричардом дело обстояло иначе. Его театр (вспоминая об этом человеке, неизбежно приходит на ум слово «театральность») был совсем иным. Театр Ричарда предоставлял сцену демонстрировавшим свое дерзкое искусство танцорам, канатоходцам и волшебникам. То, что они делали, поражало воображение, но это не были маски или иллюзии. Это было подлинное, цельное искусство и отвечало на любой вызов — от пустячного до самого настоящего, который может бросить нам приро-

да. И на этой сцене Ричард играл во всех четырех измерениях реального мира.

Когда-то в детстве отец Ричарда объяснил своему любознательному сынишке, что название всякой птицы, например большого американского дрозда, интересно само по себе, поскольку представляет собой частицу культуры человечества и его богатейших языков. Однако в многочисленных названиях дрозда на различных языках нет почти ничего от самой птицы. Чтобы больше узнать о дрозде как таковом, мало дать ему название, надо слушать его, наблюдать за ним, размышлять над услышанным и увиденным. Ни один из великих теоретиков наших дней не вглядывался столь пристально в пестрое оперение природы. Ричард Фейнман ушел от нас навсегда, но его жизнь останется для нас примером. Мы никогда не забудем человека, у которого постоянно учились, пока он был с нами.

Старый друг

Вниманию читателей!

Журнал «ТИИЭР»

(перевод журнала
Proceedings of the IEEE)

готовится к печати тематический
выпуск

СБИС НА АРСЕНИДЕ
ГАЛЛИЯ

(ТИИЭР, т. 76, № 7, июль 1988)

В выпуск вошли четыре обзорные статьи, написанные по заказу редакции. Излагается история освоения СБИС на арсениде галлия в промышленном производстве, освещаются особенности технологии их производства и сочетания с новой элементной базой, рассматриваются возможные области применения. Объем выпуска 2.5 авт. л. Цена номера 3 р. 30 к.

Предварительные заказы можно направлять до 15 декабря 1988 г. по адресу: 129820, ГСП, Москва, И-110, 1-й Рижский пер., 2, издательство «Мир», редакция ТИИЭР.



Herbert Herman "Plasma-sprayed Coatings" (ГЕРБЕРТ ГЕРМАН «Плазменное напыление покрытий») — профессор материаловедения в Университете шт. Нью-Йорк в Стони-Бруке. В 1961 г. получил степень доктора в Северозападном университете, а затем выполнял постдокторскую работу в Парижском университете (Орсэ) как стипендиат фонда Фулбрайта и Аргоннской национальной лаборатории. Временно он оставил свои посты в Университетах шт. Пенсильвания и в Стони-Бруке для работы в качестве профессора Фонда Форда в компании Western Electric и как ученый по связи в Управлении военно-морских исследований в Лондоне. Герман является главным редактором журнала "Materials Science and Engineering" и председателем отделения термического напыления международной организации "ASM International".

СОЛЛИ ЦУКЕРМАН (Solli Zuckerman) — известный ученый-биолог; с 1964 по 1971 г. занимал пост советника по науке при правительстве Великобритании. После окончания Кейптаунского университета и Лондонского университетского колледжа изучал анатомию беспозвоночных и проводил исследования в области зоологии (в частности, изучал социальное поведение бабуинов), а затем эндокринологии. В 1957 г. в журнале "Scientific American" была опубликована статья Цукермана, посвященная гормонам. Во время второй мировой войны исследовал биологические последствия бомбардировок Лондона. Будучи советником по науке ВВС Великобритании и Верховного штаба союзных войск, разработал план бомбометания по отдельным объектам прибрежной обороны на территории Европы. С 1960 по 1966 г. Цукерман был главным советником по науке при военном министре. С 1969 г. является профессором Университета Восточной Англии.

**ПОТЕРИ СРЕДИ
ГРАЖДАНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ
ПРИ НАНЕСЕНИИ РАКЕТНО-
ЯДЕРНЫХ УДАРОВ ПО СТРА-
ТЕГИЧЕСКИМ СИЛАМ
ПРОТИВНИКА**

ANALYSES OF EFFECTS OF LIMITED NUCLEAR WARFARE. Subcommittee Arms Control, International Organizations and Security Agreements of the U.S. Senate Committee on Foreign Relations. U.S. Government Printing Office, 1975.

POSSIBLE FATALITIES FROM SUPERFIRES FOLLOWING NUCLEAR ATTACKS IN OR NEAR URBAN AREAS. Theodore A. Postol in *The Medical Implications of Nuclear War*, compiled for the Institute of Medicine, National Academy of Sciences, 1986.

THE CONSEQUENCES OF "LIMITED" NUCLEAR ATTACKS ON THE UNITED STATES. William Daugherty, Barbara Levi and Frank von Hippel in *International Security*, Vol. 10, No. 4, pages 3—45, Spring, 1986.

CIVILIAN CASUALTIES FROM "LIMITED" NUCLEAR ATTACKS ON THE USSR. Barbara G. Levi, Frank N. von Hippel and William H. Daugherty in *International Security*, Vol. 12, No. 3, pages 168—189, Winter, 1987/88.

**ПОИСК АНТИОНКОГЕНОВ
MUTATION AND CANCER: STATISTICAL
STUDY OF RETINOBLASTOMA.** Alfred G. Knudson, Jr., in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 68, No. 4, pages 820—823, April, 1971.

PREDICTION OF FAMILIAR PREDISPOSITION TO RETINOBLASTOMA. W.K. Cavenee, A.L. Murphree, M.M. Shull, W.F. Benedict, R.S. Sparkes, E. Kock, and M. Nordenskjold in *The New England Journal of Medicine*, Vol. 314, No. 19, pages 1201—1207, May 8, 1986.

A HUMAN DNA SEGMENT WITH PROPERTIES OF THE GENE THAT PREDISPOSES TO RETINOBLASTOMA AND OSTEOSARCOMA. Stephen H. Friend, Rene Bernards, Snezna Rogelj, Robert A. Weinberg, Joice M. Rapaport, Daniel M. Albert, and Thaddeus P. Dryja in *Nature*, Vol. 323, No. 6089, pages 643—646, October 16, 1986.

THE APPROACHING ERA OF THE TUMOR SUPPRESSOR GENES. George Klein in *Science*, Vol. 238, No. 4833, pages 1539—1545, December 11, 1987.

КОСМИЧЕСКАЯ КОЛОРИСТИКА
Тищенко А. А. КОСМИЧЕСКАЯ КО-

ЛОРИСТИКА. — Техническая эстетика, 1987, № 5, с. 3—5.

Тищенко А. А. ЦВЕТОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ. — Авиация и космонавтика, 1983, № 5, с. 46.

Тищенко А. А. КОЛОРИМЕТР «ЦВЕТ-1». — Авиация и космонавтика, 1984, № 1, с. 44.

Васютин В. В., Волков А. А., Тищенко А. А., Фокин В. Е. ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ В ДЛИТЕЛЬНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ. — Сборник статей Гагаринских научных чтений по космонавтике. — М.: Наука, 1986, с. 240.

ФАБРИКА ИНСУЛИНА

A PORTRAIT OF THE PANCREATIC B-CELL. L. Orci in *Diabetologia*, Vol. 10, No. 3, pages 163—187, June 1974.

ULTRASTRUCTURAL ASPECTS OF EXOCYTOTIC MEMBRANE FUSION. Lelio Orci and Alain Perrelet in *Membrane Fusion*, edited by George Poste and Garth L. Nicolson. Elsevier North-Holland Publishing Co., 1978.

BANTING LECTURE 1981: MACRO- AND MICRO-DOMAINS IN THE ENDOCRINE PANCREAS. L. Orci in *Diabetes*, Vol. 31, No. 6, pages 538—565, June 1982.

(PRO)INSULIN ASSOCIATES WITH GOLGI MEMBRANES OF PANCREATIC B CELLS. L. Orci, M. Ravazzola and A. Perrelet in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 81, No. 21, pages 6743—6746, November, 1984.

DIRECT IDENTIFICATION OF PROHORMONE CONVERSION SITE IN INSULIN-SECRETING CELLS. Lelio Orci, Mariella Ravazzola, Mylène Amherdt, Ole Madsen, Jean-Dominique Vassalli and Alain Perrelet in *Cell*, Vol. 42, No. 2, pages 671—681, September, 1985.

A NEW TYPE OF COATED VESICULAR CARRIER THAT APPEARS NOT TO CONTAIN CLATHRIN: ITS POSSIBLE ROLE IN PROTEIN TRANSPORT WITHIN THE GOLGI STACK. Lelio Orci, Benjamin S. Glick and James E. Rothman in *Cell*, Vol. 46, No. 2, pages 171—184, July 18, 1986.

**КОМЕТА ГАЛЛЕЯ
КРУПНЫМ ПЛАНОМ**

THE STRUCTURE OF THE CLOUD OF COMETS SURROUNDING THE SOLAR SYSTEM, AND A HYPOTHESIS CONCERNING ITS ORIGIN. J. H. Oort in *Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands*, Vol. 11, No. 408, pages 91—110, January 13, 1950.

A COMET MODEL I: THE ACCELERATION OF COMET ENCKE. Fred L.

Whipple in *The Astrophysical Journal*, Vol. 111, No. 2, pages 375—394, March, 1950.

ENCOUNTERS WITH COMET HALLEY: THE FIRST RESULTS. In *Nature*, Vol. 321, No. 6067, Supplement, pages 259—366, May 15, 1986.

PROCEEDINGS OF THE 20TH ESLAB SYMPOSIUM, HEIDELBERG, OCTOBER, 1986. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 187, November, 1987.

Беляев Н. А., Чурюмов К. И. КОМЕТА ГАЛЛЕЯ И ЕЕ НАБЛЮДЕНИЕ. — М.: Наука, 1985.

Мороз В. И. НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МИССИИ «ВЕГА». — Космические исследования, 1987, т. XXV, вып. 5, с. 643—648.

Сагдеев Р. З. и др. ПЫЛЕВАЯ ОБОЛОЧКА КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ ПО ДАННЫМ ПРИБОРА ПУМА. — Космические исследования, 1987, т. XXV, вып. 6, с. 831—839.

Ремизов А. П. и др. ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ВЕЛИКИ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ КОМПЛЕКСОМ ПРИБОРОВ «ПЛАЗМАГ» НА КА «ВЕГА-1» И «ВЕГА-2». — Космические исследования, 1987, т. XXV, вып. 6, с. 895—899.

ИСКОПАЕМЫЕ ОРГАНИЗМЫ ИЗ МОНСО-ЛЕ-МИНА

VERTEBRATE PALEONTOLOGY. Alfred Sherwood Romer. The University of Chicago Press, 1971.

PRÉCAMBRIEN — ÈRE PALÉOZOÏQUE. Charles Pomerol and Claude Babin. Doin Editeurs, 1977.

SUR *BOURBONNELLA SOTTI*, UN NOUVEL AEDUELLIDAE (POISSON ACTINOPTÉRYGIEN). STEPHANIEN DU BASSIN DE BLANZY-MONTCEAU. Daniel Heyler in *Compte rendu sommaire de la Société géologique de France*, Bulletin Supplement Vol. 19, No. 1, pages 21—23, 1977.

MAZON CREEK FOSSILS. Matthew H. Nitecki, Academic Press, 1979.

ACTINOPTÉRYGIENS DU STÉPHANIEN DE MONTCEAU-LES-MINES (SAÔNE-ET-LOIRE, FRANCE). Daniel Heyler and Cécile Poplin in *Palæovertebrata*, Vol. 13, No. 3, pages 33—50, September, 1983.

ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ ПОКРЫТИЙ

A QUARTER OF A CENTURY OF PLASMA SPRAYING. J. H. Zaat in *Annual Review of Materials Science*, Vol. 13, pages 9—42, 1983.

PLASMA METALLURGY: THE PRINCIPLES. V. Dembovsky. Elsevier North-Holland Publishing Co., 1985.

FUNDAMENTALS OF PLASMA CHEMIS-

TRY & TECHNOLOGY. Herman V. Boenig. Technomic Publishing Co., Inc., 1988.

FUNDAMENTAL STUDIES ASSOCIATED WITH THE PLASMA SPRAY PROCESS. E. Pfender in *Surface & Coatings Technology*, Vol. 34, No. 1, pages 1—14, January, 1988.

Кудинов В. В. ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ. — М.: Наука, 1977.

Кудинов В. В., Пекшев П. Ю. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ. Известия СО АН СССР, Серия техн. наук, 1985, № 4, вып. 1, с. 113—121.

Солоненко О. П., Лягушкин В. П., Пекшев П. Ю., Сафиуллин В. А. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОКРЫТИЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУЕЙ. ГЕНЕРАЦИЯ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ. — Новосибирск: Институт теплофизики СО АН СССР, 1987, с. 359—382.

Pekshev P. Yu., Safiullin V. A., Liagushkin V. P., Solonenko O. P., THE AGREGATION STATE ROLE OF DISPERSE PARTICLE ENSEMBLE. Proc. 8th International simposium of plasma chemistry, Tokyo, pages 1964—1969, 1987.

ОТКРЫТИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЫ

THE FUNCTIONS OF THE BRAIN. David Ferrier. G. P. Putnam's Sons, 1876.

THE HUMAN BRAIN AND SPINAL CORD: A HISTORICAL STUDY ILLUSTRATED FROM ANTIQUITY TO THE TWENTIETH CENTURY. Edwin Clarke and C. D. O'Malley. University of California Press, 1968.

FRANCESCO GENNARI AND THE STRUCTURE OF THE CEREBRAL CORTEX. Mitchell Glickstein and Giacomo Rizzolatti in *Trends in Neuroscience*, Vol. 7, No. 12, pages 464—467, December, 1984.

FERRIER'S MISTAKE. Mitchell Glickstein in *Trends in Neuroscience*, Vol. 8, No. 8, pages 341—344, August, 1985.

TATSUJI INOUE AND THE MAPPING OF THE VISUAL FIELDS IN THE HUMAN CEREBRAL CORTEX. Mitchell Glickstein and David Whitteridge in *Trends in Neuroscience*, Vol. 10, No. 9, pages 350—353, September, 1987.

НАУКА ВОКРУГ НАС

SHOCK-WAVE PHOTOGRAPHY IN TUNNEL AND IN FLIGHT. F. E. Lamplough in *Aircraft Engineering*, Vol. 23, No. 266, pages 94—103, April, 1951.

SCIENCE FROM YOUR AIRPLANE WINDOW. Elizabeth A. Wood. Dover Publications, Inc., 1975.

SUBSONIC FLOW. Milton Van Dyke in *An Album of Fluid Motion*. The Parabolic Press, 1982.

IN-FLIGHT MOVIES. A Hewish in

Nature, Vol. 306, No. 5939, page 118, November 10, 1983.

ЗАНИМАТЕЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР BULFINCH'S MYTHOLOGY. Thomas Bulfinch. Carlton House, 1936.

GÖDEL, ESCHER, BACH: AN ETERNAL GOLDEN BRAID. Douglas R. Hofstadter. Basic Books, Inc., 1979.

Уолкер Дж. ПОСТРОЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЗЕРКАЛЬНЫХ ЛАБИРИНТОВ. — «В мире науки», 1986, № 8.

В МИРЕ НАУКИ

Подписано в печать 18.10.88.
По оригинал-макету. Формат 60 × 90 ¼.

Гарнитуры таймс, гелиос.

Офсетная печать.

Объем 6,75 бум. л.

Усл.-печ. л. 13,50.

Уч.-изд. л. 16,52.

Усл. кр.-отт. 56,36.

Изд. № 25/6069. Заказ 833.

Тираж 24300 экз. Цена 2 р.

Издательство «Мир»

Набрано в Межиздательском

фотонаборном центре

издательства «Мир»

Типография В/О «Внешторгиздат»

Государственного комитета СССР

по делам издательств,

полиграфии и книжной торговли.

127576, Москва, Илимская, 7



ПЕРЕВОДЧЕСКИЙ КООПЕРАТИВ «ДИАЛЕКТ»



ПИСЬМЕННЫЕ ПЕРЕВОДЫ

научной, технической, деловой, коммерческой документации с иностранных языков на русский и с русского языка на иностранный

УСТНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

во время переговоров и деловых встреч на любом уровне, при выполнении монтажных и регламентных работ с участием иностранных специалистов на промышленных предприятиях и на выставках, а также во время экскурсий и на мероприятиях по культурным программам

СИНХРОННЫЙ ПЕРЕВОД

во время приемов, на конференциях, симпозиумах, семинарах

МАШИНОПИСНЫЕ РАБОТЫ

на русском и любом иностранном языке как в кооперативе, так и с вызовом исполнителя к заказчику

Принимаем заказы индивидуальных лиц, организаций, учреждений, предприятий, научно-исследовательских институтов, учебных заведений Москвы и других городов СССР. Оплата за наличный расчет или по перечислению.

Гарантируем быстрое и квалифицированное выполнение всех работ!

Пишите: 121309 Москва, Новозаводская ул., 27.
Звоните: 145-89-56.

В следующем номере:



СПИД В 1988 ГОДУ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ ВИРУСА СПИДА

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИРУСА СПИДА

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ СПИДА В США

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ СПИДА В МИРОВОМ МАСШТАБЕ

КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА СПИДА

КАК ВИРУС СПИДА ВЗАИМОДЕЙСТВУЕТ
С КЛЕТКАМИ ЧЕЛОВЕКА

СРЕДСТВА ЛЕЧЕНИЯ СПИДА

ВАКЦИНЫ ПРОТИВ СПИДА

СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СПИДА