

В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC
AMERICAN

Издание на русском языке



Февраль **2** 1990

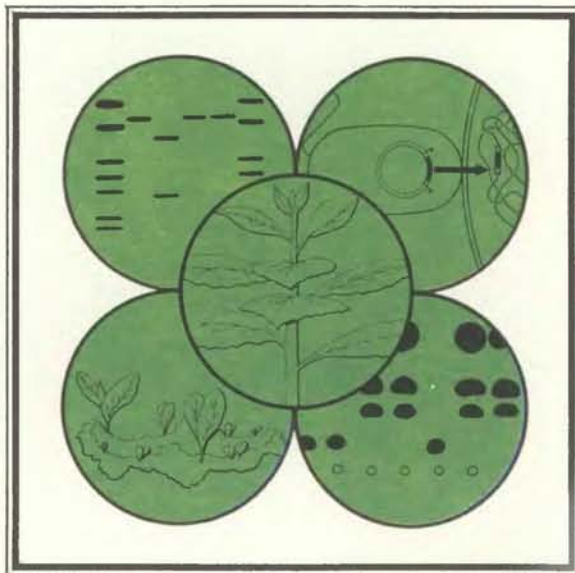
РАЙСКИЕ ПТИЦЫ

Вниманию читателей!

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ РАСТЕНИЙ.

Лабораторное руководство.

Пер. с английского.
Под ред. Дж. Дрейпера,
Р. Скотта, Ф. Армитиджа, Р. Уолдена



Написанный английскими специалистами сборник методов по генетической трансформации растений и анализу экспрессии генов. Подробное обсуждение теоретических основ методов и четкость изложения практического материала позволяют использовать книгу в качестве руководства для начинающих исследователей.

Содержание. Трансформация растительных клеток с помощью векторов на основе агробактерий. Трансформация двудольных растений с помощью Ti-плазмид *A. tumefaciens* и Ri-плазмид *A. rhizogenes*. Трансформация растений с помощью ДНК. Выделение растительных нуклеиновых кислот. Рестрикция ДНК. Организация и экспрессия генов.

Для молекулярных биологов и генетиков растений.

27 л. Цена 4 р. 40 к.

Заказы на книгу будут приниматься в магазинах научно-технической книги после поступления аннотированного плана издательства на 1991 г. (апрель 1990 г.).



В МИРЕ НАУКИ

Scientific American · Издание на русском языке

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ

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

МОСКВА «МИР»

№ 2 ФЕВРАЛЬ 1990

В номере:

СТАТЬИ

(Scientific American, December 1989, Vol. 261, No. 6)

6 Тернистый путь к Договору по ОССВ

Сидней Н. Грейбил, Патриция Блис Макфейт

Проблемы контроля не должны препятствовать заключению соглашения, которое приведет к крупным сокращениям стратегических вооружений. Эффективный режим проверки — гарантия сдерживания от нарушений условий договора



16 Эволюция магнитного поля Земли

Джереми Блоксхам, Дэвид Габбинз

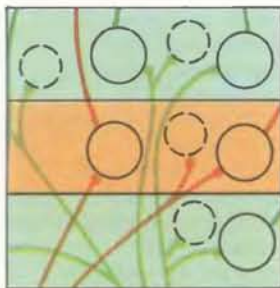
Расплавленное железо течет во внешнем ядре Земли, благодаря чему возникает магнитное поле. Карты магнитной активности на поверхности ядра позволяют связать циркуляцию жидкого вещества с эволюцией поля



26 Формирование синапсов в развивающемся мозге

Рональд Е. Калил

По мере развития мозга совершенствуются уже существующие связи между нервными клетками и образуются новые. Эти изменения отчасти зависят от импульсной активности нейронов



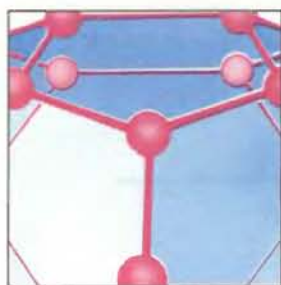
Наука в картинках.

36 Первые цветные фотографии

Грант В. Ромер, Жаннет Деламур

Самые ранние способы получения цветных изображений были сложны и трудоемки, но тем не менее позволяли получать фотоснимки с прекрасной цветовой гаммой





46 Микрокластеры

Майкл А. Дункан, Деннис Х. Роуврей

Небольшие агрегаты атомов могут образовывать самостоятельную фазу вещества. Благодаря высокой реакционной способности ее и селективности возможно их применение в катализе, оптике и электронике



55 Райские птицы

Брюс М. Билер

Социальное и половое поведение этих тропических птиц определяется главным образом их рационом, в связи с которым одни виды моногамны, а другие склонны к промискуитету



64 Дистанционно управляемые манипуляторы

Уильям Р. Уттал

При отсутствии полностью автономных роботов механизмы, управляемые человеком на расстоянии, могут выполнять различные операции в недоступных или опасных рабочих зонах



72 Загадки митраизма

Дейвид Юленси

Изображения, относящиеся к этому древнему культу, некогда распространенному в Средиземноморье, могут быть интерпретированы лишь в контексте представлений, согласно которым силы, повелевающие людскими судьбами, находятся не на Земле, а на небе

РУБРИКИ

4 Об авторах

5 50 и 100 лет назад

14, 24, 34, 45,

52, 62, 70, 86,

92, 97 Наука и общество

78 Наука вокруг нас

82 Занимательный компьютер

88 Книги

98 Эссе

97 Библиография

SCIENTIFIC AMERICAN

Jonathan Piel
EDITOR

John J. Moeling, Jr.
PUBLISHER

BOARD OF EDITORS

Armand Schwab, Jr.,
Timothy Appenzeller,
Laurie Burnham,
Timothy M. Beardsley,
Elizabeth Corcoran,
John Horgan, June Kinoshita,
Philip Morrison (BOOK EDITOR),
John Rennie, Philip E. Ross,
Ricki L. Rusting, Russel Ruthen,
Paul Wallich, Karen Wright

Samuel L. Howard
ART DIRECTOR

Richard Sasso
VICE-PRESIDENT
PRODUCTION AND DISTRIBUTION

SCIENTIFIC AMERICAN, INC.

Claus-Gerhard Firschow
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Georg-Dieter von Holtzbrinck
CHAIRMAN OF THE BOARD

Gerard Piel
CHAIRMAN EMERITUS

© 1989 by Scientific American, Inc.

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

В МИРЕ НАУКИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
С. П. Капица

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Л. В. Шепелева

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

ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР
О. В. Мошкова

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
С. К. Аносов

ЗАВЕДУЮЩАЯ РЕДАКЦИЕЙ
Л. И. Желуховцева

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ФОТОАБОРА
В. С. Галкин

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
А. В. Лыткина

КОРРЕКТОР
Р. Л. Вибке

ОФОРМЛЕНИЕ ОБЛОЖКИ РУССКОГО ИЗДАНИЯ
М. Г. Жуков

ШРИФТОВЫЕ РАБОТЫ
В. В. Ефимов

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

© перевод на русский язык
и оформление, «Мир», 1990

На обложке



РАЙСКИЕ ПТИЦЫ

Рисунок на обложке иллюстрирует явление полового диморфизма у красной райской птицы, обитающей в дождевых лесах Новой Гвинеи (см. статью Брюса М. Билера «Райские птицы» на с. 55). У этого вида самец имеет очень бросающуюся в глаза внешность, что используется в процессе ухаживания за самкой. Обычно он, совершив брачный танец, повисает на ветке спиной вниз, так что крылья вытягиваются вперед, а оранжевые плюмажи вздымаются фонтаном. Самка, обладающая скромным обликом, наблюдает за демонстрациями самца снизу.

Иллюстрации

ОБЛОЖКА: William T. Cooper, Joseph M. Forshaw

СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК
6—7	Thomas C. Moore	Photography at George Eastman House (вверху), Andrew Christie (внизу)			Peter Arnold, Inc. (слева), Bruce M. Beehler (справа)
8—9	Sandia National Laboratories			59	G. Ziesler, Peter Arnold, Inc.
10	U. S. Department of the Air Force	40	International Museum of Photography at George Eastman House	60	Patricia J. Wynne
16	Ian Worpole	41	Andrew Christie	61	Bruce M. Beehler
17	Jeremy Bloxham, David Gubbins	42	International Museum of Photography at George Eastman House (вверху и внизу справа), Andrew Christie (внизу слева)	65	Charles T. Peterson, Naval Ocean Systems Center
18—19	Ian Worpole			66	Andrew Christie (вверху), Charles T. Peterson (внизу)
20	Jeremy Bloxham, David Gubbins			67—69	Charles T. Peterson
21—23	Ian Worpole	43	International Museum of Photography at George Eastman House (вверху), Andrew Christie (внизу)	73	Museum Wiesbaden
27	Ronald E. Kalil (вверху), Dana Burns (внизу)			74—76	George V. Kelvin
28—30	Dana Burns	44	International Museum of Photography at George Eastman House	77	Luther H. Martin, University of Vermont
31	Ronald E. Kalil			78—81	Michael Goodman
32—33	Dana Burns			82	Andrew Christie
36—37	International Museum of Photography at George Eastman House, Rochester, N. Y.			84	Edward Bell
38	Science Museum, London (вверху), International Museum of Photography at George Eastman House (внизу)			85	Russell Ruthen
39	International Museum of	47—51	Hank Iken		
		54	Bruce M. Beehler		
		56—57	Patricia J. Wynne		
		58	David Gillison,		

Об авторах

Sidney N. Graybeal, Patricia Bliss McFate «Getting Out of the STARTing Block» (СИДНЕЙ Н. ГРЕЙБИЛ, ПАТРИЦИЯ БЛИС МАКФЕЙТ «Тернистый путь к договору по ОССВ») — соответственно заместитель директора и директор программных исследований в Центре переговоров по вопросам национальной безопасности при Международной корпорации прикладных наук. До этого Грейбил был начальником отдела Стратегических исследований ЦРУ. В течение 12 лет работал в Агентстве по разоружению и контролю над вооружениями и одновременно был первым специальным уполномоченным США при Постоянном консультативном комитете. Награжден Премией президента за выдающиеся гражданские заслуги перед государством. Макфейт в настоящее время является сотрудницей Комитета по науке, контролю над вооружениями и национальной безопасности при Американской ассоциации за прогресс в науке. Ее перу принадлежат многочисленные работы по вопросам проверки соблюдения соглашений в области разоружения и контроля над вооружениями.

Jeremy Bloxham, David Gubbins «The Evolution of the Earth's Magnetic Field» (ДЖЕРЕМИ БЛОКСХАМ, ДЭВИД ГАББИНЗ «Эволюция магнитного поля Земли») сотрудничают в исследованиях геомагнитного поля с 1980 г. Блоксхам — доцент геофизики в Гарвардском университете. Получил степень доктора философии в 1986 г. в Кембриджском университете в Великобритании, в этом университете он был дипломником Габбинза. Габбинз в настоящее время профессор геофизики в Университете Лидса. Степень доктора философии получил в 1972 г. в Кембридже в лаборатории Эдварда Булларда. В 1989 г., до того как покинуть Кембридж, он участвовал в работе отделения наук о Земле и преподавал в Черчилл-Колледже.

Ronald E. Kalil «Synapse Formation in the Developing Brain» (РОНАЛЬД Э. КАЛИЛ «Формирование синапсов в развивающемся мозге») получил образование в Гарвардском колледже и в Массачусетском технологическом институте. В 1973 г. начал работать в Висконсинском университете в Мадисоне, где в настоящее время он про-

фессор офтальмологии и директор Нейрологического центра. Наряду с изучением роли индивидуального опыта в формировании синаптических связей в мозге, Калил интересуется также механизмами восстановления функций зрительной системы после повреждения.

Grant B. Romer, Jeannette Delamoir «The First Color Photographs» (ГРАНТ Б. РОМЕР, ЖАННЕТ ДЕЛАМУР «Первые цветные фотографии») работают в Международном музее фотографии в Рочестере, шт. Нью-Йорк. Ромер — хранитель музейной фотоколлекции, специалист по фотографии прошлого столетия. По заказу Музея Карнавала в Париже, отмечавшего в прошлом году 150-летие фотографии, Ромер изготовил несколько дагеротипий. Деламур в том же музее занималась составлением каталога фотоколлекции.

Michael A. Duncan, Dennis H. Rouvray «Microclusters» (МАЙКЛ А. ДУНКАН, ДЕННИС Х. РОУВРЕЙ «Микрокластеры») работают на химическом факультете Университета шт. Джорджия. Дункан — доцент, участвовал в первых экспериментах по получению металлических кластеров с помощью лазерного испарения в Университете Райса. Степень доктора философии получил в этом университете в 1981 г., а затем занимался химией атмосферы в астрофизической лаборатории Объединенного института в Боулдере (шт. Колорадо) в качестве стипендиата Национального бюро стандартов США. Сотрудником Университета шт. Джорджия стал в 1983 г. Роуврей — научный сотрудник, окончил Имперский колледж науки и техники Лондонского университета. Заинтересовался разработкой математических моделей химических систем 16 лет назад в Оксфордском университете и в настоящее время является редактором «Journal of Mathematical Chemistry». Это его вторая статья в «Scientific American».

Bruce M. Beehler «The Birds of Paradise» (БРЮС М. БИЛЕР «Райские птицы») — зоолог, сотрудник Национального музея естественной истории Смитсоновского института. Еще в детстве он всерьез заинтересовался птицами. Будучи студентом

Колледжа Уильямса, Билер был удостоен стипендии Томаса Уотсона, что позволило ему совершить первую орнитологическую экспедицию на Новую Гвинею. Затем он учился в Принстонском университете, где ему была присуждена степень доктора философии за исследования поведения и экологии райских птиц. В общей сложности Билер провел в дождевых лесах Новой Гвинеи почти 60 месяцев, изучая экологию обитающих там птиц. В настоящее время он занят экологическими и биогеографическими исследованиями авиафауны Индии, которые ведет совместно с С. Диллоном Рипли, секретарем в отставке Смитсоновского института.

William R. Uttal «Teleoperators» (УИЛЬЯМ Р. УТТАЛ «Дистанционно управляемые манипуляторы») — профессор и заведующий кафедрой психологии в Университете шт. Аризона. Степень бакалавра наук в области физики получил в 1951 г. в Университете в Цинциннати, а степень доктора философии в области психологии — в 1957 г. в Университете шт. Огайо. Автор 13 книг, посвященных вопросам кибернетики и вычислительной техники, физиологии и экспериментальной психологии. Данная статья написана им после трехлетнего пребывания в качестве ученого-исследователя в Гавайской лаборатории Центра океанических систем ВМС США.

David Ulansey «The Mithraic Mysteries» (ДЕЙВИД ЮЛАНСИ «Загадки митраизма») — ассистент на кафедре истории религии в Бостонском университете. Область научных интересов включает историю христианства и древних религий Средиземноморья. Получил степень бакалавра и доктора философии в Принстонском университете. До перехода в Бостонский университет преподавал на кафедре истории в Калифорнийском университете в Беркли. Осенью прошлого года была опубликована книга Юланси «The Origins of the Mithraic Mysteries». В настоящее время пишет новую книгу, посвященную роли космологического символизма в раннем христианстве.

Anthony Robbins «Essay» (ЭНТОНИ РОББИНС «Эссе») — профессор Школы здравоохранения Бостонского университета.

SCIENTIFIC
AMERICAN

ДЕКАБРЬ 1939 г. «По мере расширения военных действий мы можем лишь строить предположения о том, в какой мере достижения в области химии и физики могут быть использованы в создании средств устрашения противника. Сейчас, вероятно, затрачиваются немалые усилия на то, чтобы найти практическое применение самому выдающемуся научному открытию года, авторы которого обнаружили, что при распаде урана и некоторых других элементов происходит высвобождение атомной энергии. Не следует сбрасывать со счетов и возможности биологии. Поступают сведения о том, что в широких масштабах ведутся эксперименты, цель которых — выяснить возможности использования бактерий в качестве нового вида оружия. Если в будущем эти эксперименты дадут требуемый результат, то одно лишь опасение получить ответный удар должно стать предостережением для тех, кто захочет воспользоваться этим открытием».

Единственным подтверждением того, что Вселенная расширяется, служит смещение линий спектра далеких туманностей в сторону красной его части — так называемое «красное

смещение». Однако некоторые из ученых утверждают, что если эффект красного смещения удастся объяснить какой-либо другой причиной, то это будет означать, что туманности не удаляются, а Вселенная, возможно, и не расширяется. Некоторые из подобных теорий основаны на предположении, что свет способен уменьшать свою скорость. Энергия мельчайших порций излучения, или фотонов, как считают некоторые ученые, может постепенно уменьшаться по мере передвижения в пространстве. Это может быть вызвано гравитационным взаимодействием, взаимодействием с ионизованными газами или же просто энергетическими потерями с течением времени».

«В течение нескольких месяцев британские власти пытались найти объяснение загадочным взрывам, происходившим в местах хранения военных запасов горючего. После взрыва одного из баков с керосином были замечены пузырьки газа, поднимающиеся из слоя воды в донной части бака. В целом баке керосин «плавал» над этим слоем. Было обнаружено, что вода и отстой становятся средой обитания нового вида бактерий, которые способны существовать также в керосине, ферментируя его в этан (10%) и метан (90%). Не вызывает сомнений, что эти газы и послужили причиной взрыва».

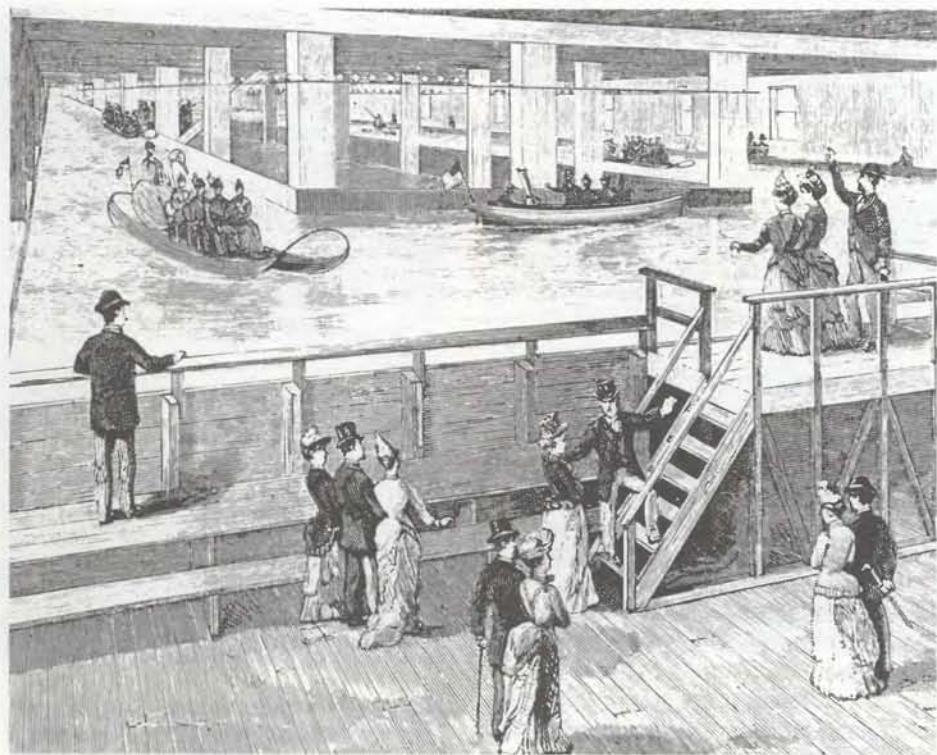
SCIENTIFIC AMERICAN

ДЕКАБРЬ 1889 г. «К самым замечательным экспонатам на недавней французской выставке можно отнести светящиеся фонтаны, в большом количестве установленные на площадке перед главным входом. К восторгу зрителей, они меняли свой цвет подобно хамелеону. Этот эффект достигается не только благодаря внешней подсветке бьющей струи, но и с помощью внутреннего электрического освещения воды: лучи света как бы оказались запертыми между хрустальными водяными стенами».

«Представляет ли собой опасность электрический ток высокого напряжения, передаваемый над землей или под землей? Из опыта уже давно известно, что не следует слишком доверять воздушным линиям передачи электроэнергии. Что же касается кабеля, проложенного под землей, то он, по-видимому, еще более опасен. Г-н Эдисон в своем недавнем интервью сказал об этом так: «Прокладывание электрических кабелей в туннелях с целью уменьшить опасность для жизни людей и их имущества, наоборот, увеличивает ее. Наверняка в кабелях будут пробой изоляции, которые невозможно обнаружить. А раз так, то любой фонарный столб может стать опасным для жизни, а железная рама, на которой крепится козырек над витриной лавки, газопровод или телефонный провод могут оказаться под высоким напряжением».

«Гигантские кошки с огромными клыками, выступающими из верхней челюсти, которые некогда обитали на земле, полностью исчезли, не оставив ни одного похожего на себя вида. Этих животных называют саблезубыми тиграми (*Smilodon* и *Machaeodonta*). Они, вероятно, пользовались своими клыками, как кинжалами, протыкая и разрывая свою жертву».

«В цокольном этаже здания, где расположен «Павильон механики» на Морской выставке в Бостоне, сооружен канал прямоугольной формы длиной примерно 190 м, шириной 4 метра и глубиной 2 м. По его водной глади скользят изящные гондолы, и совершает рейс за рейсом катер с двигателем на лигроиине (самым экономичным и удобным из всех существующих двигателей, установленных на морских судах) — вершина технической мысли хитроумных янки.



Канал на Морской выставке в Бостоне

Тернистый путь к Договору по ОССВ

Проблемы контроля не должны препятствовать заключению соглашения, которое приведет к крупным сокращениям стратегических вооружений. Эффективный режим проверки — гарантия сдерживания от нарушения условий договора

СИДНЕЙ Н. ГРЕЙБИЛ, ПАТРИЦИЯ БЛИС МАКФЕЙТ

ХОТЯ ЗАКЛЮЧЕНИЕ Договора по ограничению и сокращению стратегических вооружений (ОССВ) является неотъемлемой составной частью внешней политики администрации Буша, похоже, что пока этот вопрос не стал таким первоочередным, каким он был в последний год президентства Рейгана. Администрация Буша полностью пересмотрела как цели политики США в области обеспечения национальной безопасности, так и структуру американских сил и меры по их модернизации, необходимые для достижения этих целей. Администрация пока не определила окончательно свою позицию в отношении статуса мобильных межконтинентальных баллистических ракет (МБР), крылатых ракет морского базирования (КРМБ), а также взаимосвязи между ОССВ и Договором по противоракетной обороне (ПРО). Первый раунд переговоров при нынешней администрации начался лишь 19 июня прошлого года, а в середине сентября президент Буш заявил, что он не видит необходимости в том, чтобы «спешить с решением этого вопроса».

Тем не менее вскоре после этого заявления президент получил письмо от Генерального секретаря М.С. Горбачева, переданное ему Министром иностранных дел Э. А. Шеварднадзе накануне его встречи с государственным секретарем Дж. Бейкером в Вайоминге. В письме был представлен ряд предложений по контролю над вооружениями и разоружению; по некоторым из них было достигнуто согласие, ускоряющее процесс переговоров по ОССВ.

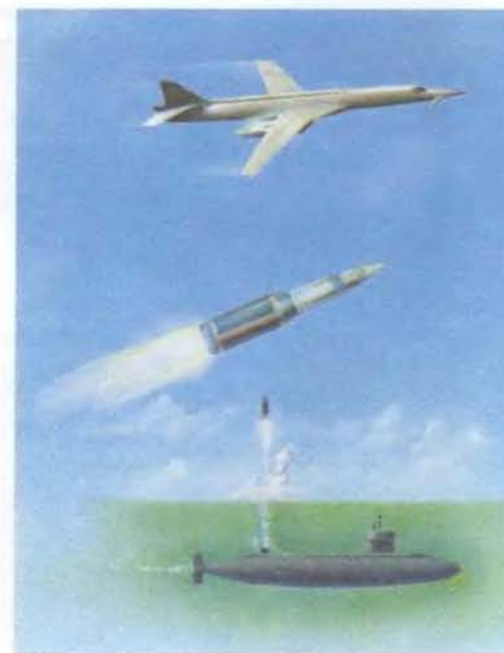
Что же мешает прогрессу на переговорах по ОССВ? Отчасти то обстоятельство, что до сих пор не устранено одно из препятствий, возникших на пути заключения Договора по ОССВ еще при Рейгане, а именно кажущаяся неразрешимость проблемы проверки соблюдения договора, как

это представляется тем, кто обеспокоен возможным нарушением достигнутой договоренности со стороны СССР и его стремлением обеспечить себе военное превосходство. В последнее время параллельно с обсуждением основных положений договора по контролю над вооружениями особое внимание уделяется рассмотрению специфических процедур проверки, и в этом проявляется стремление устранить указанное препятствие. Лучшей иллюстрацией этого нового подхода является план, выдвинутый администрацией Буша 16 июня 1989 г. и призванный устранить некоторые проблемы, возникшие на переговорах по ОССВ в отношении проверки соблюдения его положений. В сущности, этот план означает смену лозунга Рейгана «Доверяй, но проверяй» на лозунг «Проверяй, а потом заключай соглашение».

Верификация — лишь часть общего процесса контроля над вооружениями и разоружения, который в свою очередь становится одним из многочисленных средств достижения целей национальной безопасности. Договоры по контролю над вооружениями должны прежде всего оцениваться исходя из их военной и политической значимости, а не только с точки зрения возможности проверки включенных в них положений. Хотя верификацию не нужно приносить в жертву во имя контроля над вооружениями и разоружения, мы считаем, что к проблемам проверки, которые кажутся трудно разрешимыми, надо подходить конструктивно, они не должны препятствовать заключению соглашений по разоружению, которые могли бы иметь положительное политическое и военное значение. Мы не намерены здесь предписывать режим проверки положений Договора по ОССВ. Наша задача заключается в том, чтобы рассмотреть некоторые наиболее важные вопросы, возникающие в связи с проверкой ОССВ, и в тех случаях,

где это будет уместно, предложить конструктивные подходы к данной проблеме.

ЦЕЛЬ верификации состоит в сдерживании, предотвращении или предупреждении несоблюдения договора советской стороной и главное помешать таким действиям СССР, которые обеспечили бы ему военное превосходство или получение такого превосходства привело бы к быстрому нарушению договора. Нарушить договор можно путем скрытой деятельности или путем действий, не противоречащих условиям договора (что иногда называют легальным обходом). При наличии ряда соглашений по контролю вооружений наращивание военной мощи все же не исключается, поскольку в этих соглашениях нельзя предусмотреть возмож-



ДОГОВОР по ограничению и сокращению стратегических наступательных вооружений (ОССВ) позволит сократить примерно на 50% суммарный за-

ность создания оружия на базе новых технологических решений, как, например, это имеет место при действующем Договоре по ПРО. В других случаях участники соглашения могут увидеть, что серьезные ограничения какой-либо системы оружия взаимно невыгодны, а некоторые системы вообще выгодно не ограничивать. Одна сторона может захотеть сохранить свое преимущество в военной технике, другая также может пожелать усилить свои возможности в этой или подобных областях.

При разработке режима проверки американская сторона должна подвергать анализу как легальные, так и противоречащие договору способы обхода соглашений со стороны Советского Союза. Если СССР сможет выйти за пределы накладываемых ОССВ ограничений на количество боеголовок и легально превысит их число на несколько тысяч, то обеспечение достаточно точного контроля, который гарантировал бы невозможность для СССР скрыто нарушить договор и добавить в свой арсенал десятки или даже сотни боеголовок, не стоило бы затраченных усилий и ресурсов.

24 мая 1988 г. конгрессмен Лес Эппин из Висконсина в докладе группы экспертов по обороне Комитета по делам вооруженных сил палаты представителей осветил ряд аспектов, касающихся проверки и нарушения договора. В докладе, в частности, говорилось, что после подписания Договора по ОССВ Советский Союз смо-

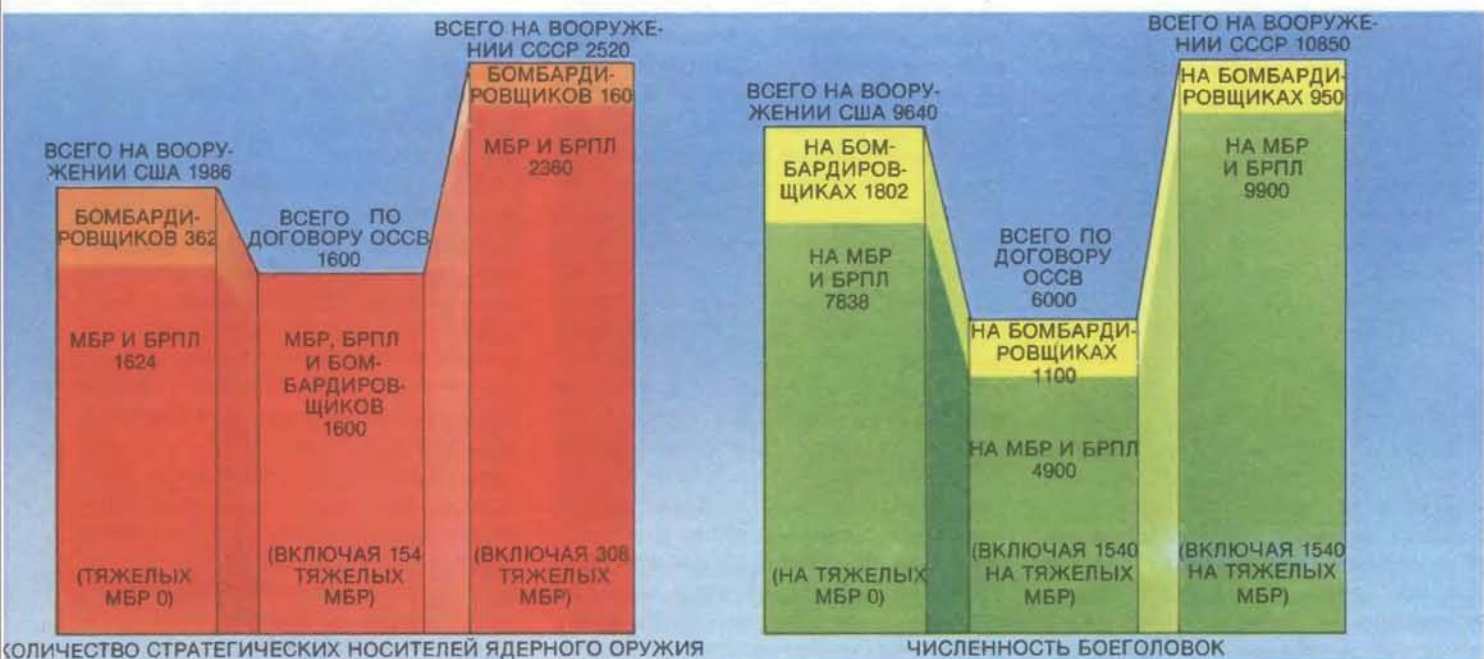
жет и, вероятно, превысит установленный лимит в 6000 единиц вооружения и разместит на законных основаниях «еще около 3000 систем оружия и дополнительно к этому «легально» еще 11 000 систем, и это может послужить причиной его внезапного выхода из Договора по ОССВ. В докладе делался вывод, что «более тщательная проверка — это не решение проблем, возникающих в связи с возможностью советской стороны разместить более 6000 систем ... Лучшая проверка не устранил эту угрозу».

РЕЖИМЫ проверки часто оцениваются по трем критериям: военному, политическому и юридическому, раскрывающим природу и влияние нарушений, которые они могут обнаружить. Военная значимость определяется степенью риска нарушения стратегического баланса, предусматриваемого договором, что потребует своевременной ответной реакции. Министр обороны в администрации Картера Гарольд Браун и посол Пол Нитце в администрации Рейгана исходили как раз из военной значимости проверки, когда определяли требования к ее режиму. Во время слушаний о ратификации второй фазы ОСВ-2, когда был затронут вопрос о верификации, Браун объяснил, что при должном режиме проверки: «... любое несоблюдение со стороны Советов, которое будет представлять значимый военный риск или же затронет стратегический баланс, будет своевременно обнаружено нашей разведкой, чтобы

подготовить эффективный ответ.» Выступая перед сенатом, Нитце назвал верификационный (проверочный) режим Договора по ракетам промежуточной дальности «эффективным», подразумевая, что, «если другая сторона превысит пределы, определенные договором в любом военно значимом масштабе, мы сможем своевременно обнаружить такое нарушение и должным образом ответить на это, лишив тем самым другую сторону обеспеченных этим нарушением выгод».

Политический критерий эффективности проверки учитывает то обстоятельство, что договоры по контролю над вооружениями являются в основном политическими инструментами и что любые нарушения, серьезные и несерьезные, явные или неявные обретают политическую значимость. Юридический критерий делает акцент на договорных аспектах соглашения и также подразумевает, что любые нарушения недопустимы. Во времена администрации Рейгана в докладах конгрессу особо подчеркивалось, что СССР не соблюдает существующие договоры по контролю над вооружениями и при этом делались ссылки на политические и юридические интересы и соответственно большое значение придавалось реальным и подразумеваемым нарушениям, независимо от их военных последствий.

Соблюсти баланс между способностью СССР нарушить договор и необходимыми для США процедурами проверки будет достаточно трудно.



брасываемый вес советских межконтинентальных баллистических ракет (МБР) и баллистических ракет, запускаемых с подводных лодок (БРПЛ), ядерных боеголовок баллистических ракет и тяжелых МБР (типа СС-18). Существ-

венно будут сокращены и стратегические силы США. На многие ядерные вооружения, включая боеголовки на крылатых ракетах морского базирования (КРМБ), ограничения, налагаемые договором, не будут распространяться.



ИДЕНТИФИЦИРУЮЩИЕ МЕТКИ можно нанести на некоторые системы оружия, чтобы проверить, что их произвели на объявленных и контролируемых военных предприятиях. Один из типов таких меток делается из материала, в состав которого входит вещество, светящееся при облучении светом. Их можно нанести на такие узлы систем оружия, как твердотопливные двигатели на ракетах. Когда метку освещают светом определенной длины волны, можно видеть уникальный узор в отраженном свете, который нельзя продублировать; фотографирование этого узора позволяет получить «отпечатки пальцев» данной системы вооружения. На приведенном снимке видны различия двух светящихся узоров, нанесенных на одинаковые цифры.

но это необходимый шаг на пути к достижению соглашения по процедуре проверки положений Договора по ОССВ. Ответ на вопрос о том, что следует понимать под эффективной или адекватной проверкой, всегда будет неоднозначным. Также всегда будет существовать дилемма, вытекающая из двух противоречивых целей: желания иметь прямой доступ к широкому кругу советских промышленных объектов военного назначения и ознакомление с видами их деятельности и стремлением защитить уязвимые военные объекты, технологии и оперативную информацию США. Мы убеждены, что не политическая и не юридическая, а именно военная значимость является самым важным критерием оценки эффективности режима проверки ОССВ. Критерий военной значимости отвечает задачам обеспечения безопасности США и помогает предотвратить выдвижение нереалистичных требований к проверке и чрезмерные затраты на нее.

ОСНОВОЙ для проверки соблюдения договора по контролю стратегических вооружений всегда служили средства получения разведывательных данных и результаты анализа доступной информации; все это принято называть национально-техническими средствами (НТС). Они включают в себя всевозможные системы сбора разведывательных данных, такие как разведывательные спутники, периферийные радарные системы и спутники радио и электронного перехвата. НТС были доста-

точны для проверки ОСВ-1 и ОСВ-2, ограничивавших в основном число тяжелых бомбардировщиков и пусковых установок для МБР и баллистических ракет на подводных лодках (БРПЛ). В недавно заключенный Договор по РСМД и в переговоры по ОССВ были включены списки размещенных и не размещенных ядерных систем и их пусковых установок, и НТС не считаются адекватными для эффективной проверки этих соглашений. В результате в режим проверки ОССВ предлагается включить широкие меры, основанные на сотрудничестве, например инспекции на местах, как это было сделано в Договоре по ракетам средней и меньшей дальности. На наш взгляд, НТС, дополненные мерами на основе сотрудничества, смогут обеспечить основу для эффективного режима проверки. Договор по РСМД содержит наиболее обширный и тщательный верификационный режим, который когда-либо был принят на переговорах. Совместные заявления по итогам встречи в верхах включают в себя ключевые идеи о проверке ОССВ, в основе которых лежат положения Договора по РСМД. Договор по ОССВ будет включать в себя как минимум следующее: обмен информацией по системам вооружений; инспекцию как исходного уровня вооружений, так и после частичной их ликвидации, чтобы установить, что уничтожение произведено в соответствии с условиями договора; непрерывный контроль производственных мощностей, создающих наиболее важные виды вооружений, и объектов, выполняющих вспомога-

тельную роль; кратковременные инспекции (в соответствии с включенными в договор процедурами) оговоренных районов и других объектов, где по подозрению любой из сторон может осуществляться скрытая деятельность, связанная со стратегическим вооружением; инспекции на местах и другие процедуры, имеющие своей целью подтверждение числа боеголовок на баллистических ракетах; положения, запрещающие скрывать деятельность, которая могла бы препятствовать проверке договора с помощью НТС; другие меры по более широкому применению НТС на основе сотрудничества.

Так как ОССВ в отличие от Договора по РСМД лишь уменьшает количество оружия, а не уничтожает его полностью, проблемы верификации оказываются значительно сложнее. Когда оружие запрещено, то обнаружение лишь одной такой системы будет представлять собой недвусмысленный факт нарушения договора. Доказательства нарушения договора, который ограничивает число систем вооружения, зависит от точного подсчета соответствующих вооружений и отслеживания их местонахождения.

В ИЮЛЕ прошлого года в Женеве Администрация Буша выдвинула новый план проведения переговоров и выработки некоторых специфических мер проверки до заключения Договора по ОССВ. Госсекретарь Бейкер подчеркнул, что этот план по мерам проверки не является предварительным условием заключения соглашения и что «...он направлен на ускорение переговоров по заключению Договора по ОССВ». Для обсуждения было предложено семь следующих мер по проверке и обеспечению стабильности: согласие на предварительное уведомление о проведении крупных учений, в которых будут участвовать стратегические бомбардировщики и ракеты; запрет на испытание и разработку стратегических ракет с коротким полетным временем или же запускаемых по настильным траекториям; проверка на местах окончательной сборки советских МБР СС-24 и их твердотопливных ускорителей; проведение эксперимента, демонстрирующего пригодность использования опознавательных знаков на ракетах; другой эксперимент по проверке числа боеголовок на баллистических ракетах; всесторонний обмен информацией по стратегическим силам и запрет на отказ (включая сокрытие) предоставлять телеметрическую информацию, получаемую во время летных испытаний баллистических ракет.

С нашей точки зрения, в этом новом подходе, преследующим цель разработать и практически претворить специальные средства проверки в процессе взаимного обсуждения положений Договора по ОССВ, заключен большой смысл, если только разногласия по вопросам проверки не будут сдерживать продвижение на пути к достижению договоренности о контроле над вооружениями. Решение вопросов о проверке не должно быть предварительным условием для переговоров, и трудности, которые, несомненно, появятся при согласовании мер проверки, не должны подрывать стремление к заключению соглашения по ОССВ. Этот подход позволяет обеим сторонам определить достоинства и недостатки различных методов проверки и сформулировать такой текст договора, который бы свел к минимуму проблемы в этих областях. Поэтому можно было бы безотлагательно достичь более действенного соглашения. В Вайоминге госсекретарь Бейкер и министр иностранных дел Э. А. Шеварднадзе подписали предварительное соглашение, в котором они подтвердили свое желание в принципе предусмотреть большое разнообразие мер проверки в Договоре по ОССВ.

В ходе разработки режима проверки выполнения Договора по ОССВ возникают следующие серьезные вопросы: превышают ли американские запросы по проверке их национальные возможности и если да, то насколько широк разрыв между первым и вторым? Ответ на этот вопрос зависит прежде всего от принятия администрацией оценки эффективности проверки по критерию военной значимости; от технического совершенствования американских НТС и от оценки администрацией США степени заинтересованности и возможности СССР нарушить договор. Вопросы проверки соблюдения Договора по ОССВ касаются четырех основных средств: КРМБ, МБР, крылатых ракет воздушного базирования (КРВБ) и Договора по ПРО.

ХОТЯ КРМБ не входят в существующий на сегодня проект договора, их значимость как стратегического оружия растет и диктует основным переговаривающимся сторонам необходимость прийти к соглашению по ограничению КРМБ еще до заключения договора. США и СССР уже согласились, что КРМБ не будут засчитаны в количественные потолки, устанавливаемые на боеголовки и носители ядерного оружия; это соглашение позволяет США оставить за собой первенство в технологии по кры-

латым ракетам и в то же время предоставляет свободу действий СССР по укреплению своих сил в этой области.

Обе стороны согласились обсудить вопрос о КРМБ, но у них имеются серьезные расхождения в подходах. В настоящее время США придерживаются того мнения, что нужно сокращать только ядерные КРМБ. 13 июля 1989 г. генерал-полковник Н. Червов, начальник Управления по разоружению и контролю над вооружениями советского Генштаба указал, что СССР готов ликвидировать все ядерные КРМБ, если США сделают то же самое. США пока не ответили на это предложение, им еще предстоит убедиться, что существующие возможности по проверке смогут помочь отличать ядерные КРМБ от обычных или же отслеживать уже развернутые КРМБ.

ПРОВЕРКА ограничений на КРМБ ставит крайне сложные вопросы. КРМБ — это небольшие

беспилотные летательные аппараты, которые можно разместить на подводных кораблях в большом количестве. Их пусковые установки (ПУ) не так заметны как ПУ больших баллистических ракет. Производственные мощности и склады КРМБ могут быть разнообразными и не иметь отличительных черт, которые имеются у промышленных объектов, производящих твердотопливные ракетные двигатели для МБР и БРПЛ. Сегодня очень трудно различить ядерные и обычные КРМБ по внешним признакам; более того, относительно легко переставить ядерную боеголовку с первой на вторую. Обнаружить и идентифицировать такие перестановки очень трудно. Также возможно трансформировать КРВБ в КРМБ путем добавления блоков, помогающих ракете взлететь с поверхности, и модифицировать их для пуска с торпедного аппарата или с корабельной ПУ. Другая проблема возникает из-за политики США не подтверждать, но и



СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ за пунктами прохождения по периметру, разработанная Национальными лабораториями Сандия и предназначенная для проверки Договора по РСМД, также может быть использована в режиме проверки Договора по ОССВ. Систему можно установить у выходов объявленных предприятий по производству МБР для предупреждения незаконного производства ракет. При прохождении транспортного средства через эту систему инфракрасные датчики, установленные на ограждениях и рельсах, определяют размеры транспортного средства, а весы, уложенные в дорожное полотно, измеряют вес машины. Транспортные средства, вызывающие подозрение, будут тщательно проверяться.



КРЫЛАТЫЕ РАКЕТЫ воздушного базирования (КРВБ) будут ограничены Договором по ОССВ, но готовых процедур для их подсчета пока нет. Если будет принят план распределения определенного количества КРВБ по различным

бомбардировщикам, то контроль за их численностью можно будет осуществлять с помощью Национальных технических средств (НТС). В этом случае отпадет необходимость в инспекциях без предварительного предупреждения.

не отрицать, что на борту военных кораблей находится ядерное оружие. Инспекции на местах и другие меры по проверке, которые сделают эту информацию открытой, неприемлемы для США.

Пока не найдено простых, надежных и приемлемых решений проблем, связанных с проверкой КРМБ. Тем не менее существуют некоторые подходы, которые заслуживают рассмотрения. Один из таких подходов заключается в маркировке и опечатывании всех узлов боеголовок КРМБ. Метки и пломбы могут наноситься как на обычные, так и на ядерные КРМБ или на те и другие на заранее согласованных военных предприятиях. Метки затем будут проверяться во время загрузки КРМБ на указанные в договоре корабли и перед испытанием на предписанном полигоне. Любая непомятая или с нарушенной маркировкой КРМБ будет расцениваться как нарушение договора.

Этот подход тем не менее не предотвратит скрытое производство и развертывание не предусмотренных договором КРМБ и он может противоречить политике США, считающих, что информация о наличии ядерного оружия на борту военных кораблей не должна быть доступной. Возникает и много других побочных вопросов: кто будет наносить метки, как гарантировать их надежность и как исключить риск подлога во время процедуры маркировки. Все эти вопросы необходимо решить прежде, чем включать в договор маркирование как одну из мер проверки.

Другой подход к проблеме проверки заключается в установлении определенного количества обычных и ядерных КРМБ, которые можно будет развернуть на оговоренных типах подводных и надводных кораблей. К сожалению, проверить размещение КРМБ можно только путем инспекции без предупреждения, и эта мера

вряд ли окажется приемлемой. Обе стороны могут согласиться с тем, что в будущем КРМБ должны иметь такую конструкцию, чтобы затруднить переделку их ядерного варианта в обычный, и, кроме того, оба эти типа конструктивно должны быть различимыми и легко отличаться при их визуальном опознании. Однако контроль за соблюдением этого условия может потребовать инспекции без предупреждения.

Перспективы создания технических средств дистанционного контроля размещения КРМБ в настоящее время выглядят мало вероятными, как это было выявлено в результате проведения опытов с участием представителей американского Центра по защите природных ресурсов и Академии наук СССР. В июле 1989 г. СССР разрешил группе американских ученых подняться на борт ракетного крейсера «Слава» в Черном море для того, чтобы испытать способность пассивных детекторов гамма-лучей фиксировать наличие излучения, испускаемого ядерной боеголовкой на советской крылатой ракете СС-Н-12. Проверка на борту «Славы» показала, что, когда эти детекторы находились рядом с пусковым контейнером, они способны безошибочно фиксировать присутствие ядерных боеголовок. Однако примененные во время проверки чувствительные датчики не могут зарегистрировать крылатые ракеты с ядерной начинкой на расстоянии. Даже на близком расстоянии детектор гамма-лучей не срабатывает, если вокруг боеголовки существует свинцовая защита. Короче говоря, если учесть, что СССР настоятельно выражал свое желание пригласить американцев на военный корабль, несущий действующие КРМБ, то можно сказать, что проведенный эксперимент имел скорее политическое, чем практическое значение. Мы предлагаем, чтобы в дальнейших совместных экс-

периментах по проверке принимали участие представители администрации США.

С нашей точки зрения, наличие ряда серьезных неопределенностей затруднит возможность США контролировать любые ограничения по КРМБ. Тем не менее, мы полагаем, что запрет на ядерные КРМБ является наиболее надежной мерой по обеспечению долгосрочной безопасности США и сводит к минимуму проблемы, связанные с проверкой ограниченных КРМБ. Новые советские КРМБ на базе секретных разработок, обеспечивающих им возможность оставаться «неуловимыми» для радаров, могут внести дестабилизацию и представить серьезную угрозу безопасности США.

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ американская позиция, предусматривающая запрет на мобильные МБР, была пересмотрена, когда стала очевидной готовность конгресса выделить деньги на этот вид вооружений. СССР уже разработал и развернул два типа мобильных МБР: СС-25 дорожно-мобильного базирования и СС-24 железнодорожного базирования. США приступят к развертыванию одной из двух (или двух сразу) систем — «Миджетмен» дорожно-мобильного базирования или «МХ» железнодорожного базирования, известную под названием «Пискипер» (Миротворец).

Сенатор от шт. Джорджии Сэм Нан предложил запретить установку разделяющихся головных частей с боеголовками индивидуального наведения на мобильных МБР. Такой запрет облегчил бы проблемы проверки, упрочил бы стратегическую стабильность и решил споры внутри США о том, какую мобильную систему разрабатывать. Мы настаиваем, чтобы это предложение было выдвинуто перед СССР и чтобы оно было принято обеими сторонами.

Бейкер и Шеварднадзе уведомили представителей прессы о том, что им удалось продвинуться вперед в вопросе контроля предельного числа мобильных МБР обоих типов. Проверка соблюдения ограничений на количество мобильных МБР, их пусковых установок и боеголовок, по их мнению, будет связана с серьезными, хотя и не непреодолимыми проблемами по осуществлению контроля. Поскольку для запуска мобильных МБР, в отличие от стационарных, не требуются легко обнаруживаемые ПУ, режим проверки в основном должен быть сосредоточен на контроле производственных мощностей, способов и районов размещения этого оружия.

ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ постоянного контроля промышленных объектов, где производится сборка баллистических ракет и выпуск твердотопливных двигателей, существуют системы «контроля за проходными пунктами по периметру». Эти системы будут обнаруживать транспортные средства, въезжающие или выезжающие с предприятия, и определять их вес, внешние очертания и размер. Подобные системы контроля могут с большой достоверностью определять количество баллистических ракет и твердотопливных двигателей, которые были произведены на указанных контролируемых предприятиях. Договор по ОССВ, по-видимому, ограничит количество неразвернутых мобильных МБР и пусковых установок. Хотя и существует мнение, что Комитет начальников штабов выступает против ограничения на количество неразвернутых ракет, гражданские служащие Пентагона, как известно из печати, высказываются за строгие ограничения этих систем оружия, с тем чтобы противодействовать возможному обману со стороны СССР. Мы считаем, что на все неразвернутые баллистические ракеты и пусковые установки следует наложить строгие ограничения как с целью усиления режима проверки, так и с целью уменьшения вероятности того, что СССР выйдет из Договора.

Метки или «специальные идентификаторы», предоставляемые на мобильных МБР и их ПУ, смогли бы облегчить проверку летных испытаний оружия, а в отношении тех систем, которые находятся в предназначенных районах развертывания, метки укажут, что данные системы были произведены на контролируемых и объявленных военных предприятиях. Эта мера позволит предотвратить доставку тайно произведенных мобильных МБР и пусковых устройств в районы испытаний и ввод их в операционные инфраструктуры вооружен-

ных сил, разрешенных договором, и таким образом исключить военное использование тайно произведенных систем оружия и снизить побуждение к обманному действию.

Сегодня разрабатывается несколько типов меток. Их можно разделить на «пассивные» и «активные». Пассивная метка не испускает сигналов. Ее можно прикрепить к оружию или пусковой установке на заводе-изготовителе, и инспекторы смогут считать ее на испытательных полигонах или у въезда в район развертывания. Национальные Лаборатории Сандия проводят эксперименты с метками, которые дают четкие, сложные трехмерные узоры из небольших, висящих в пространстве элементов; когда на метку направляют свет, она создает своеобразный узор, обусловленный отраженными и дифрагирующими лучами. Единственная из возникающих в данном случае проблем заключается в том, что для использования таких меток в целях проверки они должны быть максимально надежными после установки на оружие. Цель дальнейших исследований сводится к тому, чтобы решить эту проблему.

Активные метки, напротив, могут испускать специальные опознавательные сигналы, которые можно «считать» на расстоянии. Каждая такая метка включает миниатюрное электронное устройство, передающее опознавательный сигнал, когда она будет «опрошена» с помощью команды по радио. Исследования, связанные с разработкой активных меток, отстают от аналогичных работ в области создания пассивных меток, которые вскоре будут проходить рабочие испытания.

Подсчет количества боеголовок на развернутых МБР и БРПЛ также представляет серьезную проблему. Информация о конструкции ядерных боеголовок чрезвычайно секретна, поэтому против визуальных инспекций выдвигаются возражения. Новые виды обшивки и печатывание и новые процедуры проверки могут удовлетворить требованиям контроля без доступа к секретной информации. Такие процедуры не должны снижать оперативную эффективность систем, подвергаемых контролю.

В НАСТОЯЩЕЕ время КРВБ развертываются на тяжелых бомбардировщиках, у США — Б-52, а у СССР — «Бэр (Эйч)» и «Блэк Джек»*. Обе стороны согласны, что КРВБ большой дальности будут разрешены в режиме ОССВ, и те, которые несут

ядерный заряд, не будут засчитываться в установленный потолок, равный 6000 боеголовок.

Однако в других вопросах, касающихся КРВБ, взгляды СССР и США расходятся. Соединенные Штаты, в отличие от СССР, считают, что обычные КРВБ большой дальности не должны ограничиваться ОССВ. СССР относит к КРВБ большой дальности системы, имеющие дальность полета более 600 км, в то время как США включают в эту категорию только КРВБ с дальностью полета более 1500 км. Противоречия обеих сторон также касаются и «правил зачета» КРВБ на бомбардировщиках: Советский Союз предлагает считать каждый бомбардировщик оснащенным максимальным числом КРВБ, которое он может нести; США же предлагают для каждого бомбардировщика ввести для учета специфическое число ракет, суммарный вес которых меньше его грузоподъемности. В июне 1989 г., как сообщалось в печати, Комитет начальников штабов предложил, чтобы каждому бомбардировщику было приписано столько КРВБ, сколько он фактически несет. Согласно сообщению, которое появилось в газете «Вашингтон пост» в августе прошлого года, Советский Союз предложил «засчитывать бомбардировщики, как несущие не больше фактического числа ракет, установленных в данный период».

Если США и Советский Союз договорятся приписывать определенные количества КРВБ различным классам бомбардировщиков, тогда проблема проверки просто сведется к идентификации и подсчету количества советских и американских бомбардировщиков, — задача, которая может быть выполнена с помощью НТС. Так как загрузка в бомбардировщик больше приписанного ему числа КРВБ не будет считаться нарушением договора, то отпадет необходимость в инспекции без предупреждения для подсчета развернутых КРВБ. Точно так же, поскольку ограничения на количество производимых и хранимых КРВБ будут отсутствовать, контроль в основном сосредоточится на носителях КРВБ, а не на их производстве и хранении.

США и Советский Союз договорились о том, чтобы в будущем обычные КРВБ отличались от ядерных и тяжелые бомбардировщики, оснащенные ядерными КРВБ, отличались от других тяжелых бомбардировщиков. К сожалению, пока еще нет договоренности ни относительно того, в чем будут заключаться эти отличия, ни каким образом они будут проверяться. Как и в случае КРМБ, маркировка и печатывание узлов боеголо-

* Соответственно Ту-142 и Ту-160. — Прим. Перев.

вок ракет могут сделать проблему, связанную с трансформацией обычной боеголовки в ядерную, более решаемой.

С начала переговоров по ОСВ стратегическое наступление и оборона были связаны. Эта связь была подчеркнута США на переговорах по ОСВ-1 9 мая 1972 г., когда посол Дж. Смит заявил: «Если в течение следующих пяти лет не будет достигнуто соглашение, обеспечивающее более полные ограничения стратегических наступательных вооружений, высшие интересы США окажутся в опасности. Если это случится, то у США будут основания для выхода из Договора по ПРО». Это заявление повторялось многократно и, видимо, до сих пор остается позицией США. До сегодняшнего дня не существует ратифицированных договорных ограничений по стратегическим наступательным вооружениям, и до сентября прошлого года Советский Союз утверждал, что он не согласится на сокращение стратегических наступательных сил, если не будут предусмотрены адекватные ограничения на противоракетную оборону.

На встрече в верхах в 1988 г. в Вашингтоне обе стороны согласились, что в течение оговоренного периода они «... будут соблюдать Договор по ПРО в том виде, как он был подписан в 1972 г., проводя исследования, разработку и испытания в требуемых масштабах, которые не противоречат Договору по ПРО». Пока не существует обоюдного соглашения относительно одинакового толкования выражений «в том виде, как он был подписан» и «оговоренного периода». Имеются сообщения, что администрация Буша не планирует в ближайшем будущем выдвижение каких-либо компромиссных предложений относительно испытания и развертывания систем космического базирования.

Во время встречи в Вайоминге между Бейкером и Шеварднадзе СССР сделал предложение, которое поможет выйти из тупика, созданного на стойчивым требованием Советского Союза увязать соблюдение ограничений, налагаемых Договором по ПРО на системы космического базирования, с подписанием Договора по сокращению стратегических наступательных вооружений. Согласно статье, опубликованной 24 сентября 1989 г. в «Нью-Йорк таймс», «Советская сторона заявила американцам, что СССР подпишет и будет выполнять договор по стратегическим вооружениям, не требуя заранее от Соединенных Штатов гарантий, что они не будут развертывать оборонные системы космического базирова-

ния». Однако СССР предупредил, что «... если Соединенные Штаты когда-либо выйдут из Договора по противоракетной обороне, подписанного в 1972 г., и разместят систему стратегической обороны в космосе, Москва оставляет за собой право аннулировать договор о стратегических вооружениях».

Если этот шаг со стороны СССР разорвет существующую связь между ОССВ и Договором по ПРО, то все внимание можно будет сконцентрировать на нерешенных аспектах ОССВ, отложив разногласия по ограничениям, предусмотренным в Договоре по ПРО, до следующих переговоров. Это, конечно, не устранил основной вопрос о связи между общей стратегической обороной и наступлением, который имеет исключительную важность для национальной безопасности.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ требования, предъявляемые к режиму проверки ОССВ, будут диктоваться положениями окончательного соглашения, результатами различных верификационных экспериментов, предложение о проведении которых недавно было высказано администрацией Буша, и критериями, с помощью которых определяется степень «эффективности» проверки. Однако, какими бы ни были эти требования, они создадут определенную напряженность в отношении НТС. Задача контроля соблюдения Советским Союзом договорных обязательств по ОССВ, проверка точности основной информации, которой будут обмениваться стороны, и периодического ее обновления, контроль за сокращением вооружений и проверка правильности различных уведомлений потребуют огромных усилий по сбору и переработке данных.

Как следует из статьи, опубликованной 21 декабря 1988 г. в «Вашингтон таймс», директор ЦРУ В. Вебстер заявил, что проверка выполнения Договора по ОССВ: «... потребует сбора разведывательной информации более чем в 2500 районах размещения вооружения на всей территории СССР ... В адрес разведывательных ведомств будут адресоваться все более настойчивые требования по оценке намерений советской стороны и по контролю за соблюдением положений достигнутых соглашений ... Размеры финансирования на эти цели будут огромны». В номере «Ньюсуик» от 29 мая 1989 г. говорилось об «устрашающем» новом докладе ЦРУ, в котором ставятся серьезные вопросы о способности США проверить любое положение Договора по ОССВ. Согласно сообщению в упомянутом но-

мере «Ньюсуик», этот доклад ЦРУ является «секретной оценкой возможностей национальных разведывательных служб», а в заключение доклада говорится, что Москва может «тайно развернуть вдвое больше боеголовок, чем допускает Договор по ОССВ».

ОДНАКО согласно опубликованному заявлению администрации Буша, США вопреки обещаниям президента Рейгана, не планирует модернизировать национальные разведывательные спутники ввиду финансовых ограничений. Услышав это сообщение, сенатор Д. Борен из Оклахомы, председатель сенатского Комитета по разведке, заявил, что отказ от обещаний предыдущего президента «создаст серьезную угрозу нашим собственным краткосрочным интересам в области обеспечения национальной безопасности и может задержать заключение Договора по ограничению и сокращению стратегических вооружений». Он предупредил, что если администрация и впредь будет отказываться от поиска необходимых финансовых средств, сенат урежет финансирование в других областях, с тем чтобы высвободить средства для проведения этой жизненно важной модернизации.

Помимо напряжения, создающего в отношении совершенствования НТС и в отношении поиска ресурсов, необходимых для проведения аналитических работ разведывательными службами, имеются и другие, хотя и менее заметные, но не менее нужные задачи контроля, необходимые для гарантированного соблюдения американской стороной договоренности о контроле над вооружениями и разоружению. Эта ответственность после подписания соглашения ОСВ-1 в 1972 г. была возложена на министерство обороны, а сейчас за это отвечает Управление заместителя министра обороны по закупкам вооружений. Для того чтобы гарантировать постоянное соблюдение Соединенными Штатами принятых на себя договорных обязательств, им нужно ввести программу, которая включала бы в себя процедуры применения положений договора к программам по стратегическим вооружениям и к специфическим системам вооружения и их вспомогательному оборудованию; разработать и внедрить подробные руководства по претворению положений договора во всех участвующих в нем государственных и контрактных ведомствах и фирмах; создать специальную службу по экстренному рассмотрению назревших вопросов и оказанию консультационных услуг.

Соблюдение договора по ОССВ со стороны США потребует значитель-

ных ресурсов ввиду особого характера подлежащих сокращению систем оружия, больших масштабов работ по уничтожению, многочисленных инспекций на местах и множества уведомлений, которые, вероятно, будут предусмотрены в договоре.

Инспекции на местах по проверке соблюдения ОССВ должны проводиться Агентством по инспекциям на местах (АИМ), которое создано при министерстве обороны и уже рекомендовало себя как эффективный орган при проведении проверок по соблюдению договора по РСМД. США должны безотлагательно предоставить АИМ ресурсы, необходимые для того, чтобы оно могло приступить к планированию проверки ОССВ и участия в осуществлении экспериментов, связанных с отработкой способов и средств проверки ОССВ. АИМ должно быть готовым провести инспекции в Советском Союзе и сопровождать советских экспертов в США, как этого будет требовать до-

Соглашения по контролю над стратегическими вооружениями нуждаются в совместном уточнении целей и анализа выполнения предусматриваемых ими положений. В отношении Договора по ПРО аналогичную задачу выполнял Постоянный консультативный комитет (ПКК), который доказал свою полезность при решении спорных вопросов, возникавших в случаях различного толкования положений договора и их соблюдения, и, кроме того, он установил требуемые процедуры по уничтожению пусковых установок МБР, КРМБ и средств ПРО и сопутствующего оборудования. Договор по РСМД учредил отдельный орган содействия его выполнению — специальную проверочную комиссию, функции которой в основном те же, что и у ПКК. Предстоящий договор по ОССВ, видимо, создаст свой отдельный исполнительный орган с аналогичными функциями. На наш взгляд, интересам США лучше всего отвечало бы соединение всех этих разрозненных органов в

один, который отчитывался бы перед Советом национальной безопасности.

Выполнение ОССВ будет дорогим как в финансовом, так и в материальном отношении. Некоторые наблюдатели подвергали сомнению чрезмерность вырабатываемых представителями США проверочных процедур и связанных с ними затрат. Мы думаем, что предлагаемый верификационный режим и затраты по нему слишком завышены с точки зрения реального обеспечения национальной безопасности, особенно когда речь идет о принятии критерия военной значимости и придании американским стратегическим силам повышенной неуязвимости. Однако даже при этих завышенных затратах, как нам представляется, общие выгоды, которые получают обе стороны при наличии взаимной уверенности в соблюдении договора, превысят все затраты, связанные с проведением проверки.

В ПРОЦЕССЕ ратификации соглашения все неопределенности, связанные с проверкой, возможные «легальные» и незаконные его нарушения и несоблюдения должны быть учтены и оценены и нужно предпринять необходимые шаги к тому, чтобы сомнительных аспектов в договоре было как можно меньше. Эта цель может быть достигнута с помощью создания специальных преград на пути всех неопределенностей.

Для этого мы предлагаем, чтобы разведывательные службы произвели всестороннюю оценку своих возможностей и имеющихся ограничений по контролю и представили свои соображения по этому вопросу конгрессу и Белому дому. Министерство обороны должно указать, какие научные исследования и разработки необходимо осуществить или какие другие ответные меры (с указанием их стоимости и сроков) следует предпринять с целью обеспечения гарантированной и постоянной безопасности США в случае, если СССР воспользуется в своих интересах одной или несколькими

ми неопределенностями, которые будут иметь место в ходе проверки. Эти меры предосторожности и связанные с ними издержки также должны быть достоянием исполнительной власти и конгресса. Эту информацию конгресс должен принять во внимание и учесть в процессе ратификации договора. Таким образом, когда конгресс ратифицирует это соглашение, он одновременно примет и неопределенности процедур проверки и предложение о финансировании необходимых мер, гарантирующих безопасность страны. Если то или другое (или и то и другое) окажется неприемлемым, договор не следует ратифицировать. Исполнительная власть и конгресс должны быть готовы к тому, чтобы внести разумные, на их взгляд, поправки, отказаться от соблюдения или аннулировать Договор по ОССВ в случае, если СССР предпримет военное значимые действия, несовместимые с Договором и впоследствии окажется исправить эти действия в указанный срок. Это возможное намерение нужно четко оговорить в процессе ратификации и к тому же незамедлительно принять решение в случае, если подобная серьезная, хотя и не желательная ситуация, все же возникнет.

Несмотря на наличие ряда некоторых важных неопределенностей в отношении проверки, которые сохраняются и в будущем при любом вероятном варианте Договора по ОССВ, мы полагаем, что соглашение в том виде, в каком оно сейчас обсуждается, все же отвечает интересам США и может эффективно проверяться по критерию военной значимости и потому оно должно быть заключено и ратифицировано к концу 1990 г. Взаимно выгодный, поддающийся проверке Договор по ОССВ достигим, и он внесет определенный вклад в национальную безопасность и будет служить делу стабилизации международной обстановки, которая получит еще один импульс для придания конструктивного характера дальнейшему развитию международных отношений.

ОТ КОМИТЕТА СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ В ЗАЩИТУ МИРА, ПРОТИВ ЯДЕРНОЙ УГРОЗЫ

Проблема надежной проверки выполнения любого соглашения всегда была одной из важнейших и в то же время одной из самых сложных. И США и СССР признают невозможность полной гарантии того, что договор будет поддаваться всестороннему контролю. Поэтому, заслуживает внимательного рассмотрения критерий военной значимости, предлагаемый авторами как эталон соблюдения договора. К сожалению, С. Грейбил и П. Макфайт не раскры-

вают полный смысл этого понятия. Между тем, если такой критерий будет принят, это очень важно для организации правильной работы по проверке договора, ибо умышленные и неумышленные факты нарушения договора должны оцениваться по степени вызываемого ими нарушения баланса сил, стратегической стабильности и, как следствие, увеличения опасности возникновения войны. Критерий военной значимости, следовательно, может служить инструментом контроля за сохранением договорных уровней средств первого или упреждающего удара, он должен играть роль своеобразного гаранта соблюдения

договора и в то же время эталона оценки действий договаривающихся сторон в области, затрагивающих их безопасность.

Некоторая односторонность аргументов и множество ссылок на возможность «несоблюдения советской стороной», видимо, объясняются не столько убеждениями авторов, сколько данью традиции. Говоря о такой озабоченности, они оставляют право и другой стороне предъявлять США подобные претензии. Не следует забывать, что статья написана для американского читателя, которого, естественно, больше волнуют вопросы безопасности США, а не Советского Союза.

Что касается советских читателей, то у них, безусловно, может вызывать тревогу то обстоятельство, что задуманный американской администрацией вариант соглашения по ОССВ оставляет ей легальную возможность обойти договор и превысить налагаемые им лимиты на численность боеголовок. По согласованным условиям договора бомбардировщики, не вооруженные крылатыми ракетами, засчитываются как одна боеголовка. Но такие новые бомбардировщики глубокого проникновения, как Б-1Б и Б-2, способны нести от 8 до 24 ядерных баллистических ракет СРЭМ-2. Этот факт говорит о том, что после заключения договора США смогут превысить в полтора раза потолок в 6000 боеголовок, предусматриваемый Договором по ОССВ. И это будет подрывать критерий военной значимости, хотя и не станет формальным нарушением договора.

В статье американских ученых наряду с ясностью и четкостью связанных с проверкой задач можно отметить и некоторую неопределенность и расплывчатость в освещении ряда вопросов. С самого начала авторы оговаривают, что администрация Буша пока не имеет ясности в отношении того, как увязать Договор по ПРО с Договором по ОССВ. Хотя далее в статье говорится, что между Москвой и Вашингтоном намечилось понимание в вопросе дальнейшего соблюдения Договора по ПРО, авторы статьи не рассматривают возможности нарушения режима провер-

ки и несоблюдения Договора по ОССВ в связи с размещением системы ПРО в космосе. В случае развертывания на орбите новых систем оружия, способных поражать баллистические ракеты, военная значимость договора явно изменится, что поставит под сомнение целесообразность его соблюдения. Об этом и было заявлено Советским Союзом после того, как мы сняли требование о «невыходе» из Договора по ПРО.

Также заслуживает комментария решительный отказ американской стороны от инспекции без предупреждения крылатых ракет морского базирования. Следует сказать, что С. Грейбил, один из авторов статьи, довольно твердо стоит на позициях, отрицающих необходимость «инспекций в любом месте и в любое время». Во время слушаний в сенате по ратификации Договора по РСМД в 1988 г. был затронут вопрос об ограничении СНВ. С. Грейбил сообщил сенату, что «инспекции в любом месте и в любое время имеют мало преимуществ и много недостатков», и это относится как к Договору по РСМД, так и к Договору по ОССВ. Хотя в структуре Договора по РСМД не предусматривается проведение инспекций без предупреждения, в случае Договора по ОССВ, принимая во внимание беспрецедентные масштабы сокращаемого оружия, без подобных инспекций вряд ли можно обойтись например для проверки разрешенного количества КРВБ на бомбардировщиках и

боеголовок на МБР и БРПЛ. К тому же, если стремиться к наиболее полному выполнению договора, необходимость инспекций без предупреждения очевидна, иначе будет возникать неуверенность в соблюдении военной значимости. Если в договорный режим вводятся инспекции без предупреждения, то шанс быть пойманным и уличенным в нарушающей договор деятельности возрастает, и это явится сдерживающим фактором. Следовательно, возрастает и надежность договора.

Что касается вопроса о больших затратах (как финансовых, так и материальных) на создание надежного режима проверки и контроля, то опасения авторов насчет недостаточности средств, выделяемых для этих целей, вполне понятны. Однако финансовая и экономическая стороны процесса проверки являются составной частью стоимости конверсии военного производства, чему в последнее время придается первостепенное значение как в СССР, так и в США.

Вопросы проверки и контроля договоров, которые могут уже в 1990 г. быть заключены между Западом и Востоком, приобретают сегодня особую важность. Статья Грейбила и Макфейта, в целом, отражает тот новый, более высокий уровень осмысления проблем контроля над вооружениями и разоружения, который в последнее время стал характерен для советско-американских отношений.

Эксперт А.М. Трепыхалин

Наука и общество

Платежный дисбаланс

«Страна, не имеющая достаточно капитала на все эти три цели (торговлю, сельское хозяйство и промышленное производство), еще не достигла того уровня благосостояния, которое является ее естественным предназначением».

АДАМ СМИТ
«Богатство наций».

АДАМ Смит схватился бы за голову, если б узнал о современном платежном балансе США, в котором импорт значительно превышает экспорт. Эта тенденция наблюдается с 1983 г., и в прошлом году в страну было импортировано товаров на сумму, превышающую примерно на 112 млрд. долл. экспорт из страны. Даже традиционно устойчивый платежный баланс в сфере обслуживания в последние годы сводится с дефицитом. И тем не менее мало кто из американцев сомневается в том, что США

— одна из самых богатых стран мира.

С тех пор как Адам Смит опубликовал в 1776 г. свое «Исследование природы и причин богатства наций», национальные экономики стали чрезвычайно сложными. И если Адам Смит осуждал дефицит платежного баланса как таковой, то современные экономисты спорят о том, следует ли беспокоиться по поводу торгового дисбаланса США. «У меня эти цифры (дефицита торгового баланса) не вызывают особых опасений», — говорит Роберт Эйснер, экономист из Северо-Западного университета. Другие же озабочены тем, что дефицит, питаемый притоком иностранного капитала, может отвлекать средства, которые в противном случае могли бы быть направлены на расширение производства или исследований.

Вероятно, лучшим отображением стоимости товаров и услуг, пересекающих границы США, является «текущий отчет», публикуемый ежеквартально Бюро экономического анализа США. Отчет делит торговые сделки

на две категории: товары и услуги. Сектор товаров включает сельскохозяйственные продукты, автомобили, товары широкого потребления и т. п. Сектор услуг «прослеживает» стоимость процентных платежей и других финансовых операций, плат за юридические и технические услуги, лицензионных платежей и расходов по туризму. (Сотрудники Бюро экономического анализа признают, что некоторые статьи попадают между указанными категориями и поэтому неполностью отражаются в отчетах. Например, программное обеспечение компьютеров отнесено в категорию товаров, поэтому экспортеры должны сообщать только о стоимости физического продукта, например 50 центов за флоппи-диск. Бюро сейчас пытается пересмотреть правила регистрации, чтобы исправить этот недостаток.)

Когда в 1976 г. образовался дефицит в платежном балансе США, причина была ясна — быстрорастущие цены на импортируемую нефть. Но вскоре и американские производители начали «терять дело». К 1982 г. весь торговый баланс был сведен с пассива

вом. В 1987 г. дефицит торгового баланса превысил 140 млрд. долл., но несколько снизился в 1988 г.

Дефицит в секторе услуг, впервые за много лет (с 1958 г.) зарегистрированный во втором квартале этого года, вызван менее явными причинами. Сам по себе дефицит незначителен — всего лишь 176 млн. долл. Этот дефицит не определяет состояния банковского дела в США, а лишь означает, что выплаты процентов и дивидендов иностранным держателям американских капиталовложений (от корпоративных акций до долгосрочных казначейских обязательств) превышают суммы, заработанные американскими вкладчиками за границей. Во втором квартале 1989 г. эта разница составила около 5 млрд. долл. (В целом же дефицит в секторе услуг оказался значительно меньше — 176 млн. долл. — благодаря прибылям в других сферах деловой активности, особенно от туризма).

Эксперты по-разному оценивают значение этих дефицитов торгового баланса. Например, в Экономическом докладе президента (январь 1989 г.) отмечается: «В некоторых случаях дефицит торгового баланса сигнализирует о некоторой проблеме, присущей проводимой экономической политике или лежащим в ее основе экономическим условиям. В других же случаях дефицит торгового баланса характеризует здоровую растущую экономику, когда граждане уверены в стабильном будущем и берут кредиты для капиталовложений или на цели потребления».

Среди наиболее оптимистично настроенных экономистов находятся те, кто помогал проводить экономическую политику при администрации Рейгана, в их числе и Пол Крейг Робертс, теперь работающий в Центре стратегических и международных исследований. Робертс утверждает: «В мире рынков международного капитала, если вы являетесь чистым должником, вы становитесь „предпочтительным местом“ для помещения капитала» и заключает далее, что долг может быть «просто признаком вашего успеха».

Свое утверждение Робертс основывает на том, что прямые инвестиции в США, т. е. деньги, затраченные на производственные предприятия, исследования и т. п., росли вместе с ростом торгового дисбаланса США. Как отмечает Робертс, рост валовых инвестиций в реальный основной капитал в последние несколько лет был «беспрецедентным». Другие экономисты оспаривают его утверждение, отмечая, что чистые инвестиции (т. е. валовые инвестиции за вычетом стои-

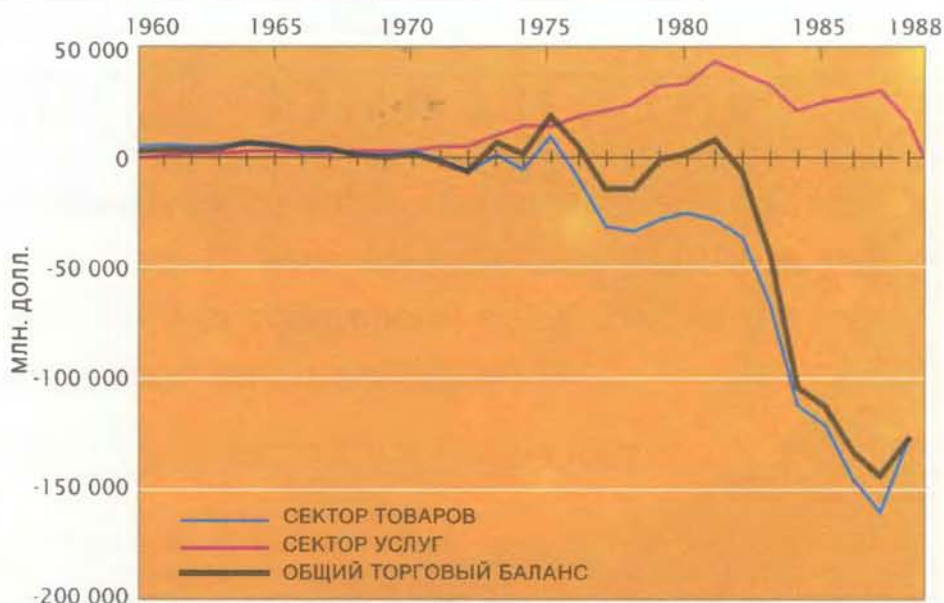


ГРАФИК ТОРГОВОГО БАЛАНСА США показывает, что дефицит общего торгового баланса страны (черная кривая) наблюдается лишь начиная с 1982 г., тогда как в секторе товаров (синяя кривая) дефицит наблюдается с 1976 г. (Общий торговый баланс есть сумма импорта и экспорта вместе с «односторонними переводами».) В секторе услуг дефицит отмечен впервые во втором квартале 1989 г. Источник: «Обзор текущей деловой активности», Бюро экономического анализа США.

мости демонтированных устаревших предприятий и оборудования) все же уменьшились.

Эйсер указывает, что даже если бы торговый дефицит США составлял 150 млрд. долл. в течение пяти последовательных лет и стране приходилось выплачивать 4% по возникающим долгам, то и в этом случае годовые выплаты процентов составили бы не более полупроцента валового национального продукта США. Он утверждает, что это было бы «незначительным» долговым бременем для будущих поколений. По мнению Эйснера, политика, направленная на снижение импорта в США в качестве противодействия росту торгового дисбаланса, несет в себе большую угрозу, увеличивая риск экономического спада. Вместо этого Эйсер ищет пути для улучшения экспортной части торгового баланса путем снижения процентных ставок и создания условий для снижения курса доллара.

Снижение курса доллара по отношению к другим валютам, по мнению Эйснера, должно было бы, с одной стороны, стимулировать другие страны к увеличению импорта американской продукции и, с другой стороны, ослабить тягу американских потребителей к импортным товарам. Более того, снижение процентных ставок могло бы стимулировать американские компании к помещению капитала в собственной стране (хотя при этом могут снизиться иностранные капиталовложения). Эйсер полагает, что рост отечественных сбережений и ка-

питаловложений и прибылей от экспорта мог бы покрыть все убытки от потери иностранных капиталовложений.

Бюджетное управление конгресса США дает более мрачную оценку дефицита торгового баланса. В недавнем докладе Бюджетного управления отмечается, что иностранные займы расходуются главным образом на потребление, а не на финансирование капиталовложений. Фредерик Райб, один из руководителей исследования Бюджетного управления, отмечает, что в действительности дефицит торгового баланса отражает «затратный разгул» Соединенных Штатов и, как следствие, снижение внутренних сбережений и инвестиций. «Если бы мы могли увеличить семейные сбережения, это было бы прекрасно», говорит он и замечает далее, что поскольку трудно изменить индивидуальные привычки, то правительство должно стремиться к ограничению собственных сбережений.

Дебаты продолжаются. Все больше призывов к увеличению национальных сбережений. Эта точка зрения могла бы найти сердечное одобрение Адама Смита: «Если расточительство одних не компенсируется бережливостью других, то поведение каждого из расточительных, которые отбирают хлеб у прилежных и отдают его ленивым, может привести к обнищанию не только его самого, но и всей страны».

Элизабет Коркоран и Пол Уоллич

Эволюция магнитного поля Земли

Расплавленное железо течет во внешнем ядре Земли, благодаря чему возникает магнитное поле. Карты магнитной активности на поверхности ядра позволяют связать циркуляцию жидкого вещества с эволюцией поля

ДЖЕРЕМИ БЛОКСХАМ, ДЭВИД ГАББИНЗ

КАКАЯ погода стоит во внешнем ядре в 1200 км от центра Земли? Температура здесь такая же, как и на поверхности Солнца (5800° С), а давление превышает миллион атмосфер. Расплавленное железо внешнего ядра вращается вокруг твердого внутреннего ядра, действуя как динамо, которое создает магнитное поле. В жидком железе, которое течет легко, как вода, и проводит электричество несколько лучше меди, возникают своего рода «штормы», с которыми связано магнитное «волнение» на поверхности Земли, в 3000 км от центра. Это волнение проявляется в усилении и ослаблении геомагнитного поля.

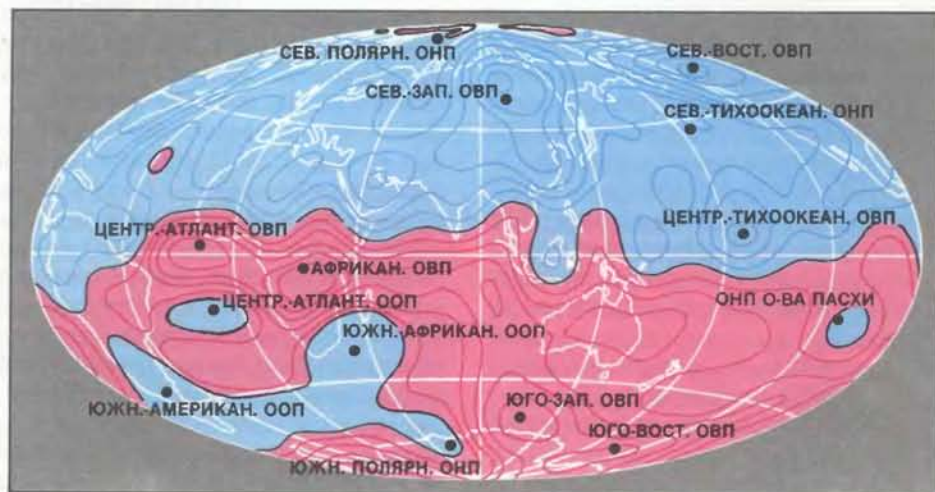
Ясно, что геофизики, которые хотят объяснить и научиться предсказывать изменения поля, должны знать, что происходит во внешнем ядре. Однако в отличие от метеорологов они не могут основываться на непосредственных, повседневных наблюдениях. Если атмосферные бури возникают за несколько часов и длятся несколько суток, то зарождение магнитного волнения занимает несколько десятилетий, а продолжается оно столетия. К счастью, ученые зафиксировали изменения геомагнитного поля, происходившие в последние 300 лет.

Наша группа, работающая уже девять лет (вначале в Кембриджском университете в Великобритании, а затем в Гарвардском университете и Университете Лидса), пыталась извлечь как можно больше информации из исторических данных. В 1983 г. путем экстраполяции этих данных мы смогли составить карты магнитного поля на границе между ядром и мантией (см. рисунок на с. 17). Впоследствии такие карты позволили обнаружить неизвестные ранее неоднородности земного магнитного поля и пролить свет на геодинамо — механизм, поддерживающий поле.

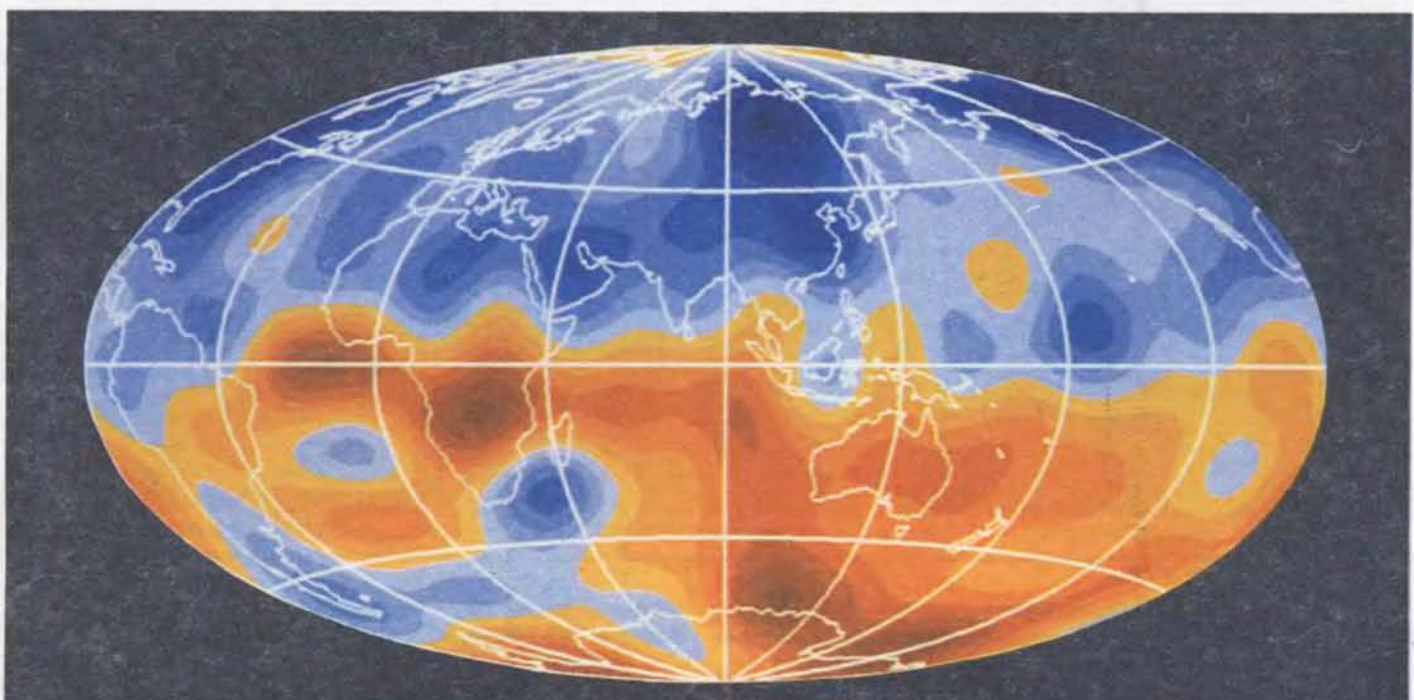
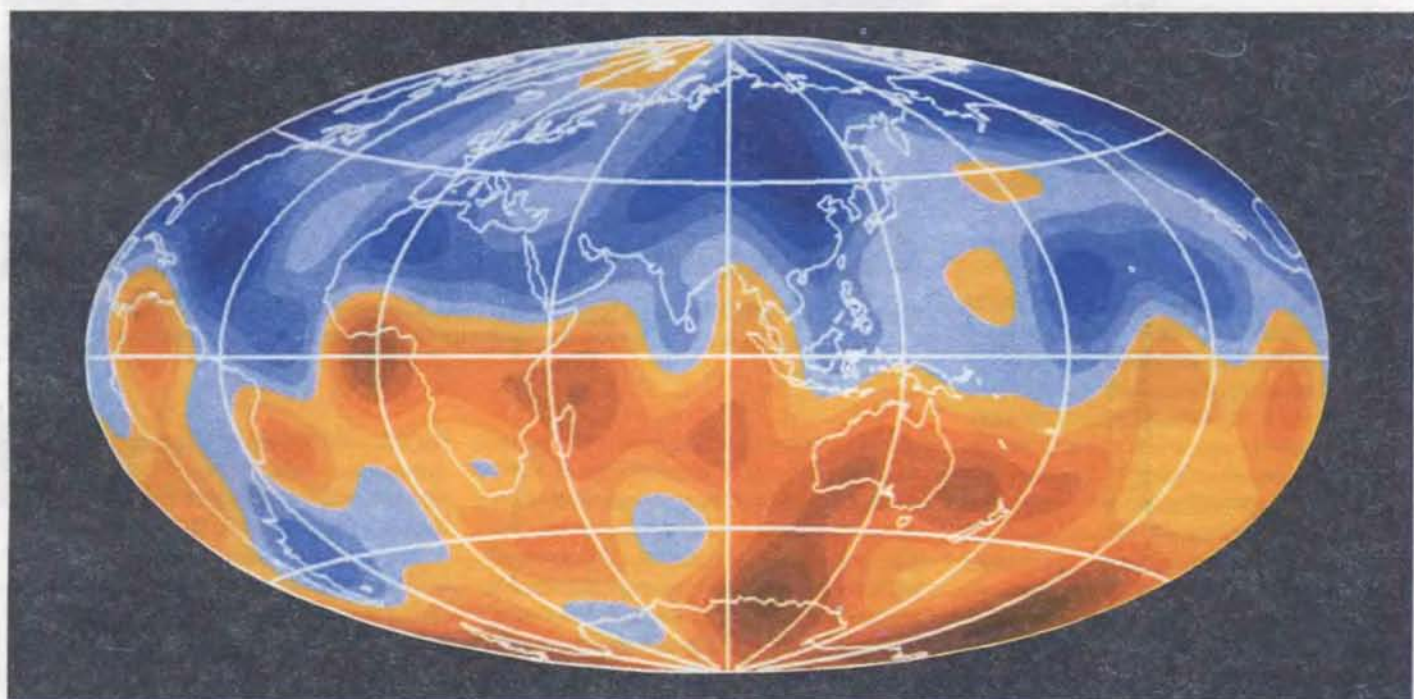
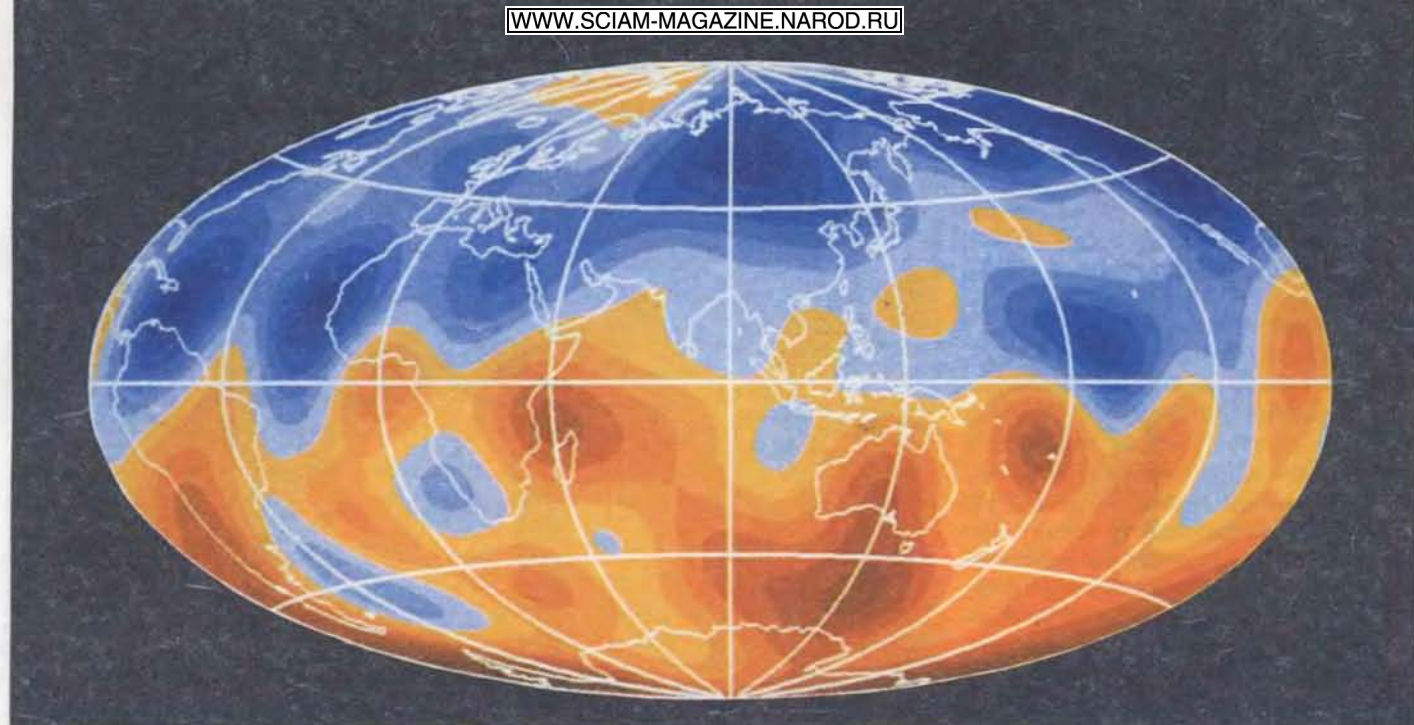
Основные черты геодинамо стали известны еще в 1950-х годах. Под влия-

нием вращения Земли и тепловых процессов расплавленное железо течет во внешнем ядре. При этом оно взаимодействует с земным магнитным полем, которое существовало в определенной степени на протяжении всего геологического времени. В результате такого взаимодействия генерируется электрический ток (по тем же причинам возникает ток в проволокe, движущейся рядом с магнитом). Возникший ток также генерирует магнитное поле, которое усиливает поле Земли. Геодинамо является самоподдерживающимся механизмом. Пока под действием сил, связанных с вращением Земли и теплопередачей, проводящая жидкость движется вокруг ядра, в ней протекает ток, а вокруг нее существует магнитное поле.

Хотя эти простые соображения позволяют интуитивно понять, как возникает магнитное поле, они не могут объяснить многие медленные изменения, обнаруженные исследователями. Например, за десятилетие поле в целом ослабевает на 1%, а в некоторых местах оно поворачивается относительно земной поверхности примерно на 1°. Приблизительно раз в миллион лет случается инверсия поля: оно меняет свою полярность. Например, в течение последнего миллиона лет северный магнитный полюс переместился из Антарктики в Арктику (см. статью: К. Хоффман. Инверсии древнего магнитного поля — ключ к геодинамо, «В мире науки», 1988, № 7). Хотя многие аспекты этих явлений остаются необъясненными, карты



МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ на границе между ядром и мантией (справа), экстраполированное на основе измерений, выполненных на земной поверхности в 1777, 1882 и 1980 гг. (сверху вниз). Насыщенность цвета соответствует величине магнитного потока, перпендикулярного поверхности ядра, т. е. количеству силовых линий магнитного поля на единицу площади, входящих или выходящих из ядра. Оттенки синего цвета отвечают потоку в ядро; оттенки красного и желтого — потоку из ядра. Слева обозначены некоторые «аномалии потока». За последние два столетия две области с высокими значениями потока (ОВП) вблизи Северного полюса и две вблизи Южного полюса оставались стационарными. В Южном полушарии видны три области обратного потока (ООП), с которыми соседствуют области высоких значений потока; все они движутся на запад и на юг. (Области с низкими значениями потока обозначены ОНП.)

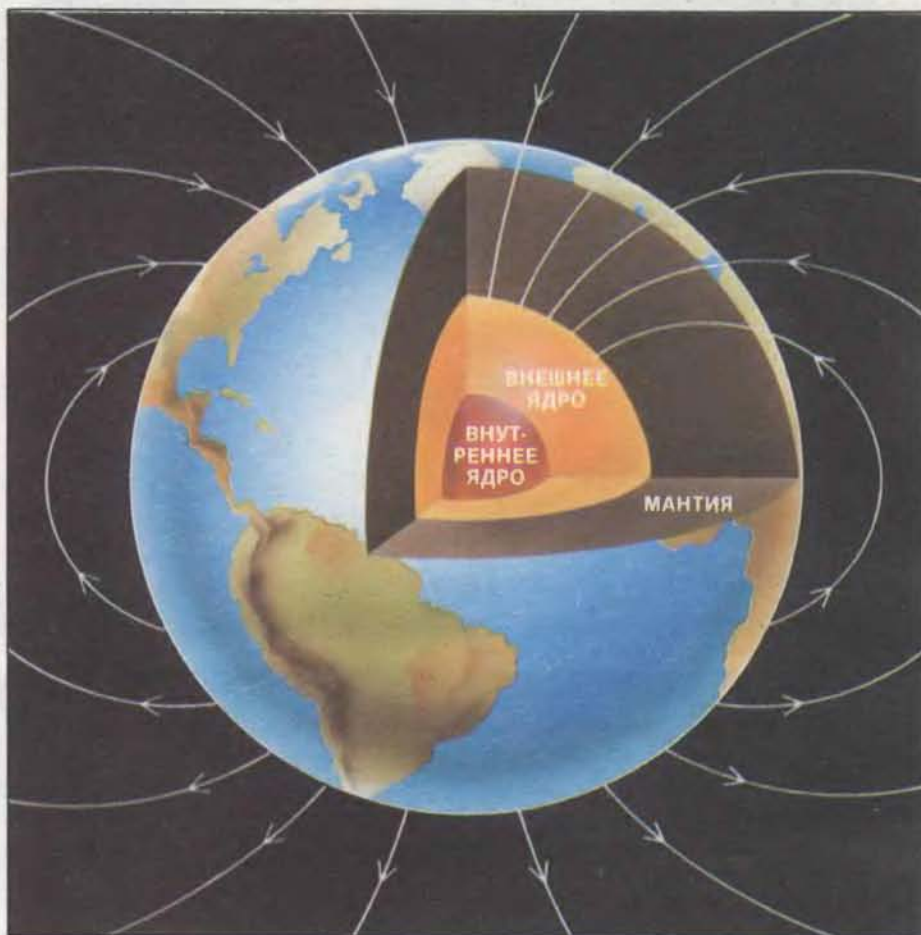


магнитного поля на границе ядра и мантии служат основой для построения все более точных теорий геомагнетизма; эти карты должны также пролить свет на особенности магнитных полей других планет и Солнца.

ПЕРВОЕ исследование магнитного поля Земли относится к 1600 г., когда Уильям Гилберт опубликовал свой трактат «О магнитах». Спустя сто лет Эдмунд Галлей, пересекая в нескольких направлениях Атлантический океан, предпринял невиданную попытку составить карту магнитного склонения (угла между направлениями на северный географический и северный магнитные полюсы). Подробные определения магнитного склонения выполняли и другие выдающиеся исследователи, такие как Джеймс Кук и Джеймс Росс.

За последние двести лет ученые улучшили качество измерений магнитного поля Земли и накопили большой объем данных, создав глобальную сеть обсерваторий. Эта деятельность вышла на новый уровень в 1980 г., когда в космос был запущен спутник MAGSAT и в течение одного года было получено огромное количество данных высокого качества.

В том же году один из авторов (Габбинз) начал собирать и анализировать данные измерений магнитного поля Земли, содержащиеся в исторических и современных источниках. Вскоре после этого Кэйти Уэйлер, Кен Хатчинсон, Эндрю Джэксон и один из авторов (Блоксхам) присоединились к работе по этой теме. Ценные советы по использованию источников данных дали Дэвид Барраклаф из Британской геологической службы и Роберт Лэнгел из Годдардовского центра космических полетов при Национальном управлении по аэронав-



СИЛОВЫЕ ЛИНИИ магнитного поля вне ядра (слева). Касательная к силовой линии определяет направление поля, густота линий — его напряженность. На

тике и исследованию космического пространства. В результате в конце первого этапа работ по проекту была получена последовательность данных наблюдений магнитного поля на поверхности Земли продолжительностью 380 лет.

Построенные карты прежде всего подтвердили уже известные представления о магнитном поле на по-

верхности планеты. В целом оно напоминает поле, которое существовало бы вокруг гигантского полосового магнита, вытянутого вдоль оси вращения Земли, или же вокруг огромной петли, совпадающей с экватором, в которой течет ток. Такое поле имеет два полюса, где напряженность поля максимальна и поэтому оно называется дипольным.

ГЕОМАГНИТНЫЕ ДЖЕРКИ («РЫВКИ» ПОЛЯ)

ГОДЫ



ОБСЕРВАТОРИИ

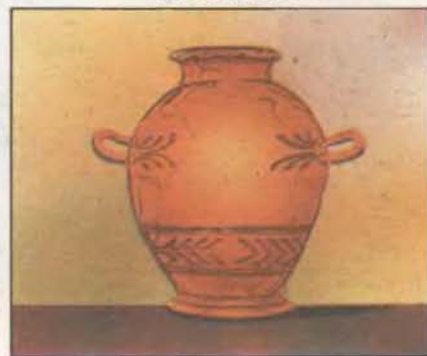
ЗАПАДНЫЙ ДРЕЙФ

СОТНИ ЛЕТ



НАВИГАЦИОННЫЕ ЗАПИСИ

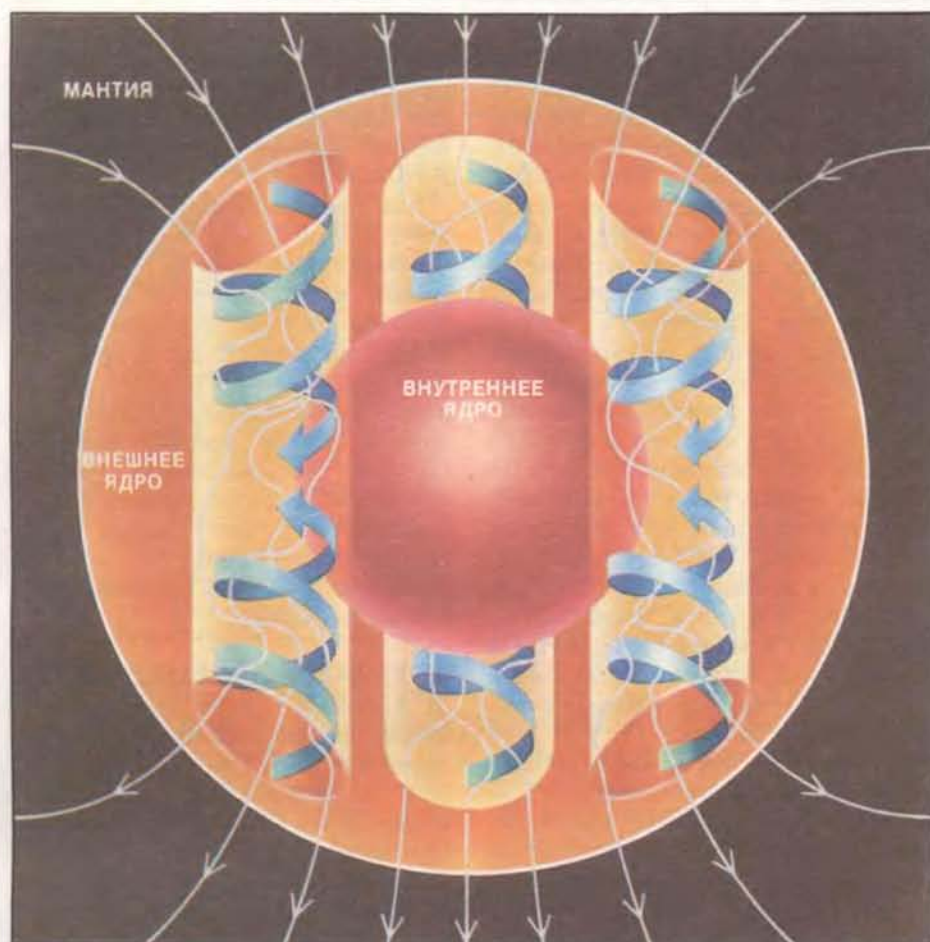
ИЗМЕНЕНИЯ ДИПОЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛЯ ТЫСЯЧИ ЛЕТ



НАМАГНИЧЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ

ВАРИАЦИИ магнитного поля Земли имеют различные временные масштабы. Каждый тип вариации можно опреде-

лить по источнику данных, описанному под рисунком. Мантия экранирует электромагнитные сигналы, возника-



основании таких карт авторы построили вероятные картины течения жидкого вещества и магнитного поля в ядре (справа).

Магнитное поле Земли может быть представлено силовыми линиями. Эти линии искривлены, большая их часть выходит из Земли у Южного полюса, и входит в нее у Северного. Касательная к силовой линии определяет направление магнитной силы, а густота силовых линий — напряженность поля.

Карты магнитного поля на поверх-

ности Земли позволяют увидеть «вековые вариации» (под этим обычно подразумевают изменения магнитного поля продолжительностью от десятилетий до десятков тысяч лет). Среди самых значительных изменений — ослабление дипольной составляющей поля и западный дрейф некоторых структур поля. Дипольная составляющая магнитного поля Земли

2000 лет назад была значительно сильнее, чем сегодня. (Ослабление диполя легко обнаружить, изучая древнеримскую керамику, содержащую частицы железа, которые намагничены в большей степени, чем такие же частицы в современных изделиях.) Если дипольная составляющая будет и дальше убывать с той же скоростью, то еще через 2000 лет она исчезнет. Что касается западного дрейфа, то он впервые был замечен Галлеем в Атлантическом океане. Здесь линия нулевого магнитного склонения (т. е. линия, на которой стрелка компаса указывает точно на географический полюс) в течение нескольких столетий неуклонно смещалась на запад.

ЧТОБЫ понять причины ослабления дипольной составляющей и западного дрейфа, необходимо представлять себе магнитное поле ближе к его источнику — внешнему ядру. Проводящее жидкое вещество на поверхности внешнего ядра маскирует магнитное поле, существующее во внутренних областях. И все-таки есть способ теоретически определить магнитное поле на границе между ядром и мантией.

Картину поля на поверхности планеты можно «экстраполировать» на поверхность ядра, применив математические методы, разработанные в начале XIX в. Однако достаточно надежно такая экстраполяция была выполнена лишь в последние годы. Трудности, которые возникают на этом пути, обусловлены отнюдь не наличием каких-то неизвестных физических процессов: на самом деле кора и мантия очень плохо проводят электричество и поэтому практически не создают поле сами и не экранируют поле ядра. Трудности связаны с мелкомасштабными структурами поля



ющие во внешнем ядре и наблюдать происходящие там изменения с периодом менее одного года не удастся. В мас-

штабах времени больше одного года можно измерить «геомагнитный джерк» — «рывок» поля.

на земной поверхности; такие структуры, реальные или артефакты, превращаются в крупные аномалии, когда проводится экстраполяция на ядро.

Наша группа вместе с Робертом Л. Паркером, Джорджем Э. Бакусом и Лореном Шуром из Скриппсовского океанографического института разработала математическую модель, позволяющую построить наиболее простую карту поля на поверхности ядра по измерениям на поверхности планеты. В 1983 г. мы впервые применили наш метод для анализа наблюдений, выполненных в последние годы, поскольку работа с ними была связана с наименьшими трудностями. Впоследствии наша группа переработала практически все данные за последние 380 лет и получила целый ряд карт магнитного поля на границе ядра и мантии.

Карты показывают плотность силовых линий, проходящих через поверхность ядра, иными словами, поток через эту поверхность. Синим цветом на этих картах мы обозначили те области, где силовые линии входят в ядро, красным — где силовые линии выходят из него; интенсивность закрайки соответствует величине потока.

Если бы магнитное поле на поверхности ядра было простым дипольным полем, ориентированным вдоль оси вращения Земли, на карте синяя окраска становилась бы более густой в направлении к Северному полюсу, а красная — к Южному. Такое распре-

деление тонов означало бы, что наибольших значений поток достигает на географических полюсах. Кроме того, экватор на поверхности ядра должен был бы совпадать с границей между синей и красной полусферами, поскольку магнитный экватор в этом случае совпадал бы с географическим. (Магнитным экватором называется линия, на которой магнитные силы параллельны поверхности Земли. Магнитный экватор можно назвать также линией нулевого потока, поскольку на нем отсутствует магнитный поток как в ядро, так и из ядра.)

Карта, построенная на основе спутниковых данных 1980 г., показывает, что магнитное поле на поверхности ядра напоминает дипольное поле. Синий цвет в основном характерен для Северного полушария, а красный — для Южного. Кроме того, магнитный экватор, или экваториальная линия нулевого потока, лежит близко к географическому экватору.

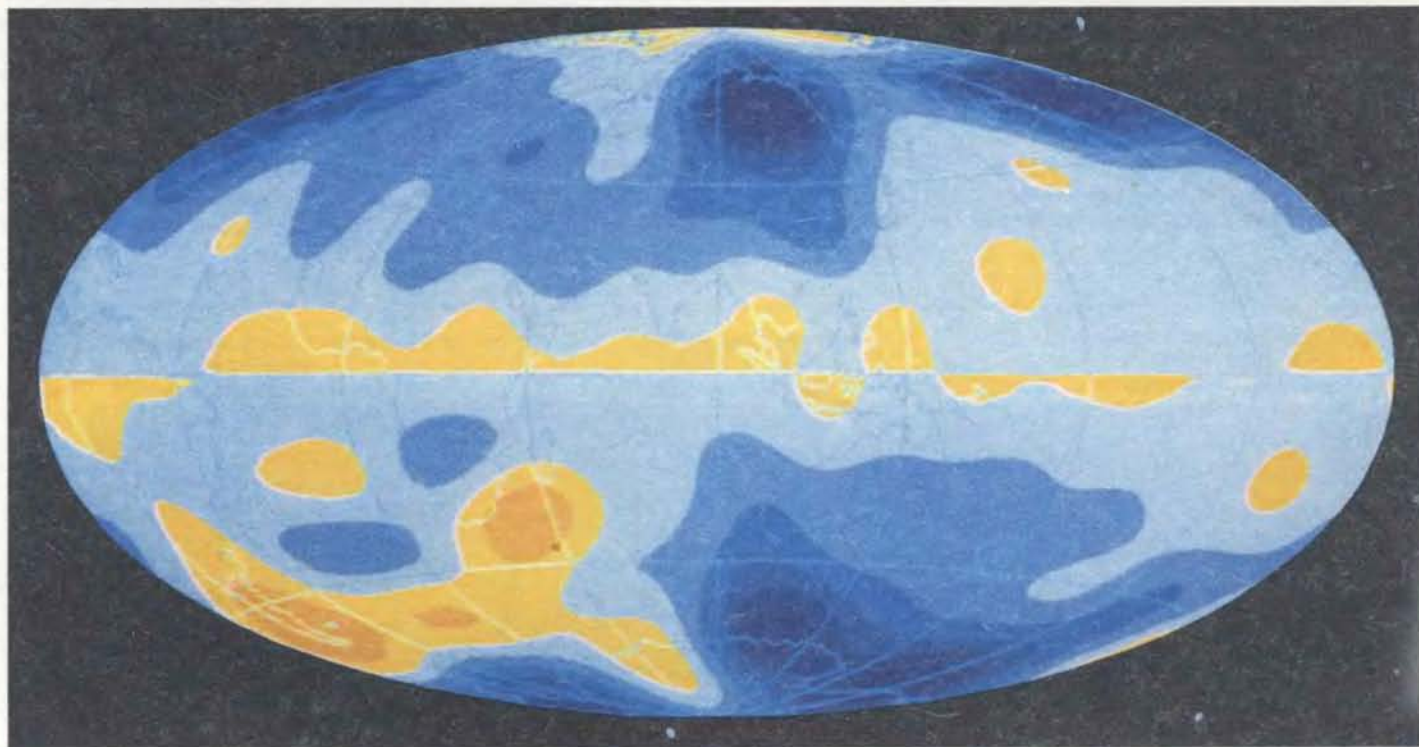
Однако во многих аспектах поле на поверхности ядра отличается от дипольного. На карте 1980 г. в дополнение к магнитному экватору имеется еще семь линий нулевого потока. Эти кривые выглядят как границы между синими и красными областями (т. е. областями, где магнитный поток направлен соответственно в ядро и из ядра). Темно-синее пятно под южной частью Атлантического океана указывает на мощный поток, направленный в ядро. Это — одна из областей

обратного потока. На карте видны также области повышенных и пониженных значений потока, т. е. такие, где величина потока больше или меньше значений, свойственных дипольному полю.

Как связаны особенности поля на поверхности ядра с наблюдаемыми особенностями поля на поверхности Земли? В этом вопросе заключены три загадки: происхождение дипольной составляющей магнитного поля Земли, причина ослабления дипольной составляющей и механизм, лежащий в основе вековых вариаций (включая западный дрейф). Попытки разгадать эти загадки приводят к пониманию того, какую пользу может оказать представление о поле на поверхности ядра для создания новой теории геодинамо.

НАША группа обнаружила, что наибольший вклад в дипольное поле вносят четыре неоднородности на поверхности ядра (см. рисунок внизу). Эти неоднородности расположены симметрично относительно экватора. (Их центры лежат на пересечении параллелей 60° с. ш. и 60° ю. ш. и меридианов 120° в. д. и 120° з. д.) Положение этих аномалий мало изменилось за историческое время, откуда следует, что они оказывают постоянное влияние на распределение магнитного поля.

Указанные аномалии находятся вблизи полярных районов с низкими



ДИПОЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ магнитного поля на поверхности ядра наиболее велика в областях, окрашенных темно-синим цветом. В Северном полушарии поток, направленный внутрь ядра, а в Южном полушарии поток, на-

правленный из ядра, вносят вклад в дипольное поле. Если бы поле Земли было в точности дипольным, то на карте синяя окраска была бы наиболее насыщенной непосредственно на полюсах и постепенно бледнела к экватору.

значениями потока, вносящих небольшой вклад в дипольное поле. Интересно отметить, что эти полярные районы имеют тот же диаметр, что и проекция внутреннего ядра на поверхность внешнего ядра. Этот факт, по видимому, согласуется с результатами работы Фридриха Г. Бюссе и его коллег по Калифорнийскому университету в Лос-Анджелесе. В 1973 г. они исследовали циркуляцию жидкости между двумя концентрическими сферами, из которых меньшая вращается внутри большей. Ученые обнаружили, что у полюсов вращения внутренней сферы поток слабее, чем в остальном объеме. Если предположить, что течение жидкого вещества во внешнем ядре сходно с течением в модели Бюссе, то можно ожидать, что поле будет слабее именно у полюсов.

Опираясь на работу Бюссе и на наши собственные результаты, мы определили общий характер течения жидкого вещества внутри ядра. По нашему предположению, четыре аномалии, которые вносят наибольший вклад в дипольное поле, являются вершинами и основаниями двух столбов жидкости. Эти столбы, а возможно и такой же третий, касаются внутреннего ядра и параллельны оси вращения Земли (см. верхний рисунок на с. 19). Мы полагаем, что жидкость опускается в столбах по спирали и таким образом создает динамо, концентрирующее магнитный поток внутри столбов. Если окажется, что

эта гипотеза верна, то мы сможем непосредственно связать между собой картину течения жидкого вещества во внешнем ядре и картину поля на границе ядра и мантии.

ЭТА ТЕОРИЯ, хотя и является многообещающей, все-таки неполна. Она не объясняет вековые вариации, и в частности западный дрейф. За последние четыре десятилетия этому явлению было дано два альтернативных объяснения. В 1950 г. Эдвард Буллард и его коллеги из Кембриджского университета в Великобритании выдвинули предположение, что вещество ядра движется на запад относительно коры и мантии под действием электромагнитных сил.

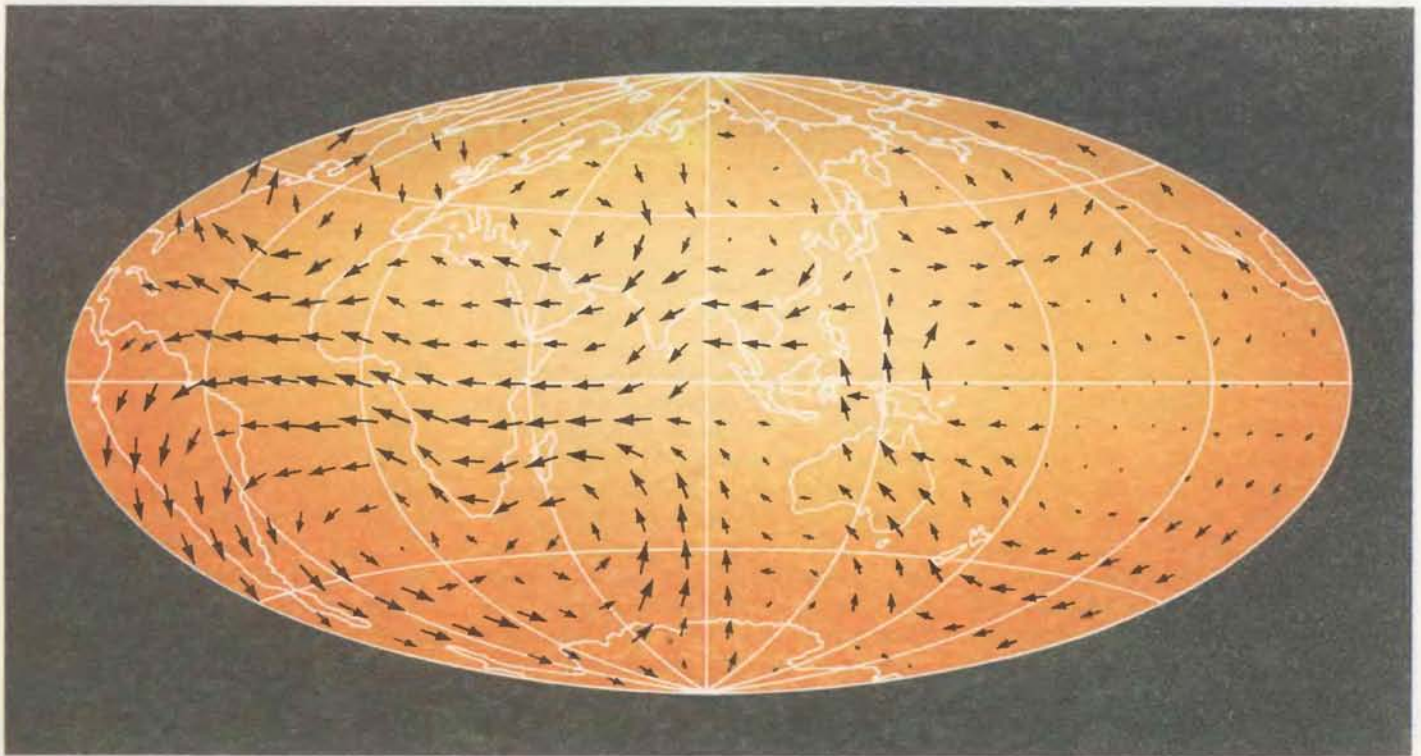
Вторая гипотеза, автором которой признан Раймонд Хайд из Британского метеорологического бюро, утверждает, что западный дрейф возникает благодаря волновому движению жидкости в ядре. В отличие от первой гипотезы, волновая гипотеза может объяснить западный дрейф даже если вещество ядра не вращается относительно мантии. Волна может возникнуть вследствие восходящих и нисходящих движений жидкого вещества точно так же, как вдоль натянутого шнура волна может распространяться даже в том случае, когда частицы шнура колеблются только в поперечном направлении.

Карты поля на поверхности ядра полностью противоречат теории Бул-

ларда и лишь частично удовлетворяют теории Хайда. Из теории Булларда следует, что западный дрейф должен наблюдаться повсеместно. Однако данные измерений, относящиеся к поверхности ядра, указывают на то, что западный дрейф — это явление, характерное главным образом для «атлантического» полушария, т. е. области от 90° з. д. до 90° в. д., где несколько структур поля перемещаются на запад со скоростью примерно 10 км/год. Теория Хайда может оказаться правильной, но тогда требуется объяснить, почему волны жидкого железа отсутствуют в тихоокеанском полушарии.

Чтобы понять природу сил, вызывающих западный дрейф, и в более общем виде вековые вариации, мы попытались определить направление течения жидкого вещества, проследив за смещением магнитного поля на поверхности ядра. Силовые линии поля «вморожены» в жидкое железо ядра. Когда жидкость течет, вместе с ней перемещаются силовые линии. Проследив за перемещением линии, можно было бы определить путь, проходимый определенным объемом жидкого вещества по поверхности ядра.

В нашем анализе мы использовали метод, разработанный еще в 1965 г. Вначале Пауль Робертс и С. Скотт из Университета в Ньюкасл-апон-Тайне придумали, как определить течение вещества в ядре непосредственно по измерениям магнитного поля на по-



ЖИДКОЕ ВЕЩЕСТВО у поверхности ядра быстро циркулирует в двух районах — под Европой и под южной частью Африки. (Стрелки определяют направление течения, а их толщина — его скорость.) Наличие двух круговоротов мо-

жет объяснить западный дрейф магнитного поля, наблюдаемый по измерениям на поверхности Земли. Такая картина течений согласуется с имеющимися представлениями о влиянии внутреннего ядра и вращения Земли.

верхности Земли. Вскоре после этого Э.Г. Вестин и его сотрудники из Rand Corporation применили этот метод для построения первых карт течения жидкого вещества на поверхности ядра. Робертс понял, однако, что в методе, разработанном им и Скоттом, скрыта неоднозначность, поскольку в большинстве случаев не удастся «пометить» отдельные силовые линии. Например, силовые линии однородного поля не различаются между собой и поэтому за ними нельзя следить. В 1968 г. Джордж Бакус предпринял попытку разобраться в этой неоднозначности. Он изучил свойства линий нулевого потока. Бакус заметил, что можно проследить за перемещением линии нулевого потока и таким образом определить течение, перпендикулярное этой линии (но не параллельное ей).

За последнее время появились и другие возможности. Например, Кортэ Вурхис из Годдардовского центра космических полетов НАСА показал, как воссоздать картину постоянного течения. Жан-Луи ле Музль и его коллеги по Обсерватории Института физики Земли в дю-Пюи-де-Дом, Клермон-Ферран (Франция), обнаружили, что течение можно определить, если оно обусловлено равновесием эффектов вращения и давления. Уэйлер и Дэвид Ллойд из Кембридж-

ского университета в Великобритании показали, что течение можно определить в тех областях вблизи поверхности ядра, где отсутствуют восходящие или нисходящие движения жидкого вещества. В настоящее время изучаются возможности комбинирования всех этих методов.

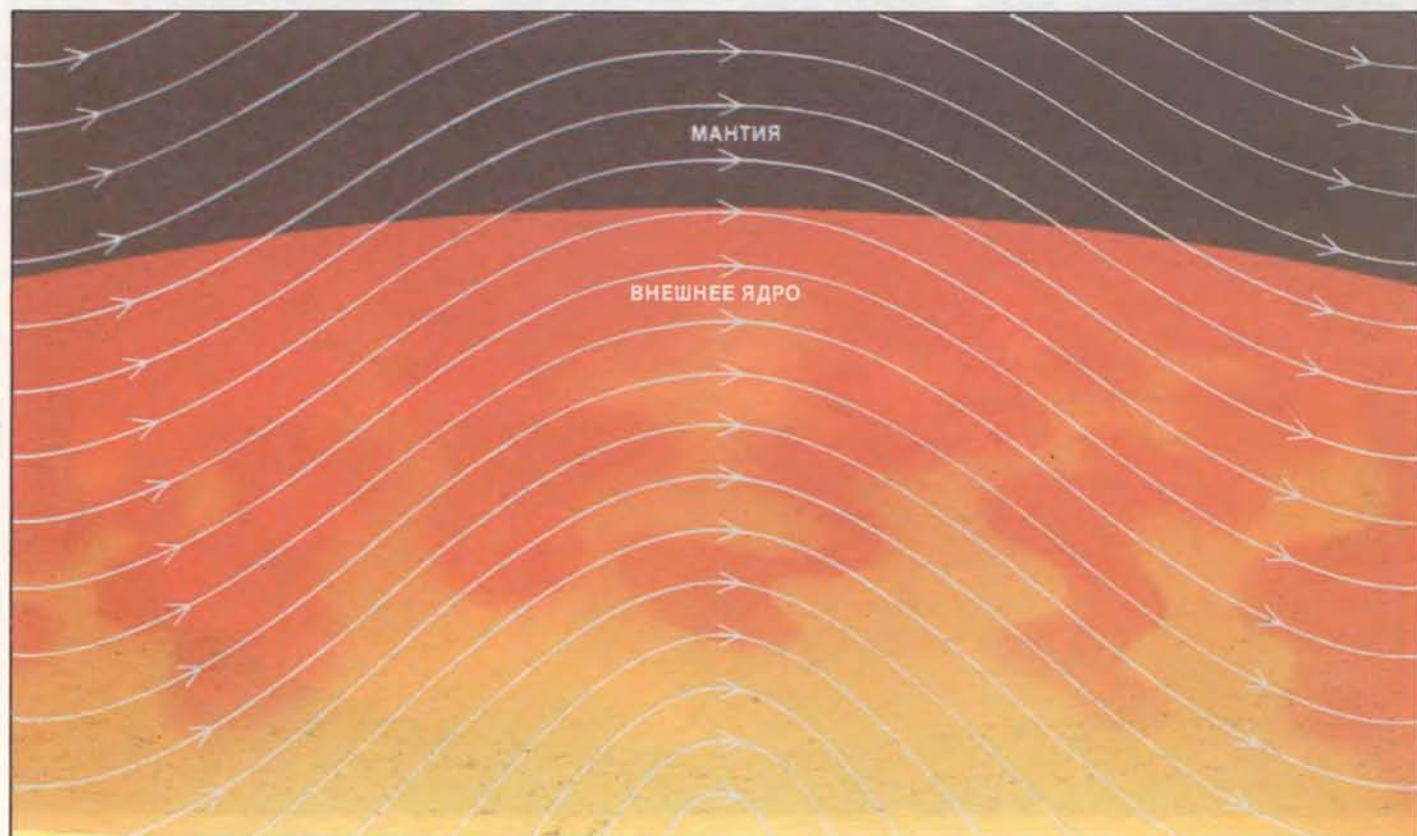
Применив аналогичные методы, мы обнаружили в атлантическом полушарии два отчетливых круговорота: один к северу от экватора, другой к югу. Вблизи экватора ветви северного и южного круговоротов направлены на запад. Таким образом, западный дрейф неоднородностей магнитного поля, обнаруживаемый по данным наблюдений за историческое время, является, судя по всему, частью циркуляции на поверхности ядра.

ХОТЯ наличие течений на поверхности ядра предполагает смещение неоднородностей поля, оно не объясняет их происхождения. В 1958 г. Эдвард Буллард впервые разработал модель образования неоднородностей поля в ядре (см. рисунок внизу). Буллард считал, что магнитный поток входит в ядро и выходит из него в тех случаях, когда циркулирующее жидкое вещество поднимается из глубины ядра к его поверхности. Восходящая жидкость создает область повышенных значений потока и ярко

выраженную область обратного потока — комбинацию, называемую по аналогии с солнечными пятнами ядерным пятном (чаще употребляется термин «горячее пятно». — *Ред.*). Построенные нами карты магнитного поля на границе ядра и мантии согласуются с моделью Булларда. Мы более детально исследовали этот механизм и пришли к выводу, что он хорошо объясняет образование и перемещение ядерных пятен.

Некоторые структуры поля движутся и образуются быстро, тогда как другие остаются стационарными. Это означает, что имеется некое внешнее воздействие. Еще в 1967 г. Хайд высказал предположение, что на течение жидкого вещества на поверхности ядра могут оказывать воздействие перевернутые «горы», проникающие из мантии в ядро и влияющие на магнитное поле примерно так же, как обычные горы на Земле влияют на погоду.

Возможно также, что вследствие конвективного переноса тепла в мантии изменяется температура на поверхности ядра и это влияет на течение жидкого вещества и на магнитное поле. Адам Дзевонски и Джон Вудхауз из Гарвардского университета и Роберт Клэйтон с сотрудниками из Калифорнийского технологического института построили карту вариаций



ПОДНИМАЮЩЕЕСЯ к поверхности ядра жидкое вещество увлекает за собой силовые линии. Эти линии переходят через поверхность снизу вверх и сверху вниз. Такой процесс

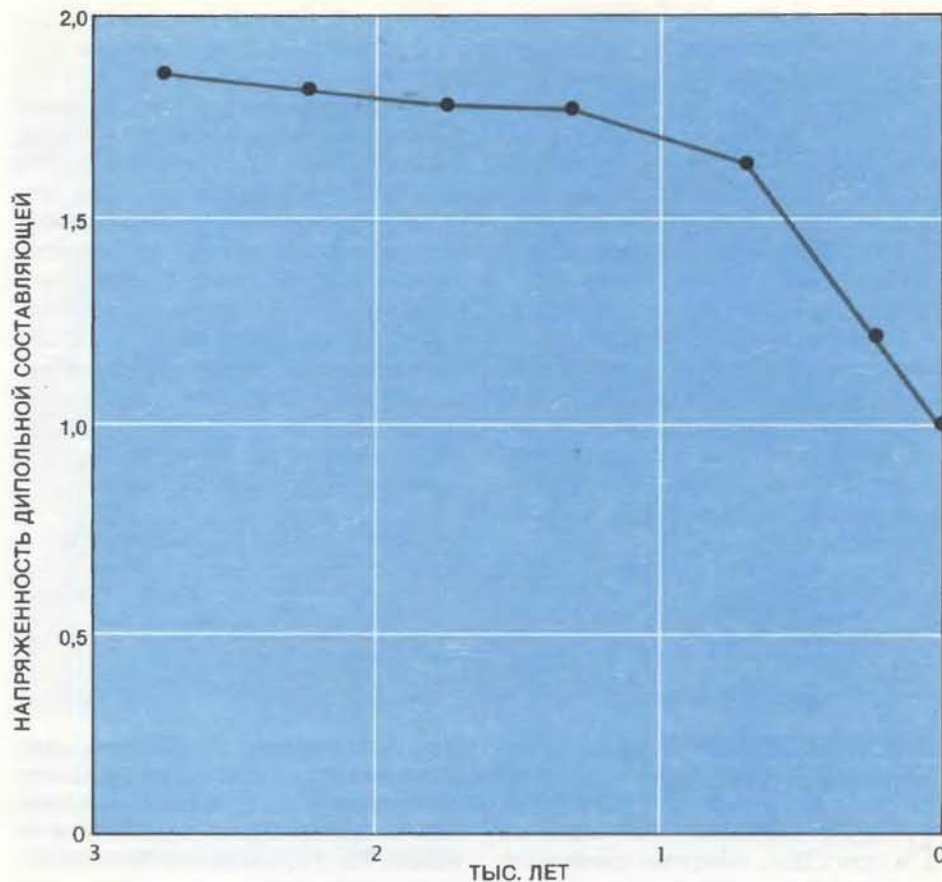
приводит к образованию на поверхности ядра областей, где магнитный поток направлен из ядра (левая сторона) и в ядро (правая сторона).

температуры в нижней мантии. Мы обнаружили любопытную корреляцию между картами магнитного поля на поверхности ядра и картами температуры в мантии. Так, например, три из четырех аномалий магнитного потока, вносящих существенный вклад в дипольное поле, лежат под «холодными зонами», из чего следует, что в определенном смысле динамо «привязано» к мантии. Ядерные пятна образуются под южной частью Африки, где мантия горячая и может индуцировать восходящее движение вещества ядра. Область пониженных значений потока в Тихом океане также располагается под горячей зоной мантии; возможно, медленное восходящее течение относит силовые линии поля в сторону от этой области. Холодная кольцевая зона вокруг Тихого океана может объяснить отсутствие здесь неоднородностей магнитного поля.

ВСЕ БОЛЬШЕ накапливается данных, свидетельствующих, что происходящее в наше время быстрое ослабление дипольной составляющей обусловлено ростом и перемещением областей обратного потока под Африкой и Атлантическим океаном. Похоже, что уменьшение дипольной составляющей поля вызывается ростом африканского ядерного пятна и смещением на юг атлантического ядерного пятна.

Центрально-атлантическое ядерное пятно заметно на первой из нашей серии карт, относящейся к 1650 г. Оно двигалось на запад со скоростью около $0,1^\circ$ в год, смещаясь одновременно на юг. Африканское ядерное пятно образовалось, скорее всего, вблизи Индонезии в конце XVIII в., но не было особенно мощным до начала XX в. В настоящее время оно быстро смещается на запад — примерно на $0,3^\circ$ в год.

Исторические данные охватывают слишком короткий отрезок времени, чтобы на их основании можно было детально изучать цикл аномалий магнитного потока. Нам представляется, что ядерные пятна образуются вблизи Индонезии и движутся на запад с большой скоростью — $0,3^\circ$ в год. Достигнув южной оконечности Африки, они быстро усиливаются. После этого они начинают двигаться под Атлантическим океаном с меньшей скоростью — $0,1^\circ$ в год — и все больше смещаются к югу. Возможно, наблюдаемое сейчас атлантическое ядерное пятно образовалось 900 лет назад, а африканское — 200 лет назад. Этот вывод носит гипотетический характер, но он объясняет ослабление дипольной составляющей поля, отмеченное в археомагнитных записях. По



ДИПОЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ магнитного поля Земли значительно ослабла за последнюю тысячу лет. На графике показана напряженность дипольной составляющей относительно уровня 1980 г. Майкл Макэлинни и У. Синейнаике из Австралийского национального университета собрали эти данные, пользуясь историческими и археологическими источниками.

мере смещения ядерных пятен к югу связанный с ними магнитный поток противоположного знака ослабляет дипольное поле. Если со временем возникнут и начнут движение на запад новые пятна, дипольная составляющая поля уменьшится в еще большей степени и может произойти смена полярности магнитного поля Земли.

Любопытно, что исторические данные показывают, как образуются и усиливаются области обратного потока, но не как они разрушаются. Имеются, впрочем, свидетельства того, что эти аномалии распадаются в периоды роста диполя. В течение последних 10 млн. лет инверсии магнитного поля Земли происходили примерно один раз в 500 000 лет. Однако исчезновение дипольного поля занимает гораздо меньше времени. Эти факты позволяют предположить, что поле не меняет полярность после каждого уменьшения дипольной составляющей. Во многих случаях, когда ослабляются области обратного потока, может возникать дипольное поле, имеющее ту же полярность.

Покойный Аллан Кокс из Стэнфордского университета разработал модель, объясняющую случайный ха-

рактер инверсий. Он предположил, что величина дипольной составляющей колеблется. В редких случаях эти колебания становятся настолько большими, что полярность поля изменяется. Мы разделяем эту точку зрения и хотели бы добавить, что колебания могут возникать в результате движения ядерных пятен.

Вместе с тем образование ядерных пятен не может объяснить одну удивительную особенность инверсий поля. В различные геологические эпохи инверсии происходили через разные интервалы. В меловой период 90 млн. лет назад и в пермский период 170 млн. лет назад инверсий, как мы знаем, не было; это следует из того, что намагниченность пород, образовавшихся в эти периоды, одинакова по направлению. В последние 90 млн. лет инверсии поля происходили со все возрастающей частотой. Состояние ядра изменяется слишком быстро, чтобы объяснить такое «долгопериодное» поведение. Следует учесть изменения, происходящие в твердой мантии, поскольку в них обнаруживаются циклы продолжительностью 100 млн. лет. При увеличении температуры нижней мантии — в частно-

сти, под южной частью Африки и Индонезией — рост областей обратного потока мог ускориться, что приводит к инверсии.

В НАСТОЯЩЕЕ время геофизики готовы к тому, чтобы построить более полную теорию геомагнетизма. Дальнейшие исследования потребуют непрерывного потока наблюдений. Данные, полученные со спутника MAGSAT, значительно обогатили наши знания. Несмотря на огромный успех этого начинания, никаких определенных планов в отношении будущих полетов не существует. Отсутствие финансовых средств грозит также закрытием важных геомагнитных об-

серваторий. Как это ни удивительно, но сегодня выполняется меньше наблюдений, чем 25 лет назад.

По нашему мнению, сбор данных является сейчас приоритетной задачей в изучении геомагнетизма. Очень важно, чтобы организации всего мира, ответственные за финансирование научных исследований, поддержали работу по продолжению магнитных наблюдений и обеспечению необходимой технической базы для этого, в том числе в космосе. Нам не простится, если мы не заметим какую-то новую аномалию потока, прозреваем рождение ядерного пятна или не проследим за эволюцией магнитной «горы».

Наука и общество

Природоохранное сельское хозяйство

КОГДА Национальная академия наук США, известная своей осторожностью, во всеуслышание заявила о поддержке «альтернативного сельского хозяйства», об этом заговорили заголовки многих газет, и не только в зоне кукурузного пояса. Ничего удивительного в этом нет. Академия наук заявила о том, чего хотели услышать искушенные в вопросах охраны окружающей среды жители городов: фермеры, использующие методы возделывания земли, основанные на применении органических удобрений, малого количества пестицидов (или полного отказа от них), севооборота и механической вспашки, «как правило, извлекают значительные и устойчивые экономические и природоохранные выгоды». Кроме того, в докладе академии по этому поводу говорится, что «более широкое применение этого проверенного альтернативного способа ведения сельского хозяйства дало бы фермерам еще более заметный экономический выигрыш, а все население страны извлекло бы пользу, обусловленную сохранением среды обитания».

Доклады академии (фактически составляемые Национальным научно-исследовательским советом, рабочим органом академии) представляют собой сведенные воедино мнения многих экспертов. Авторы данного доклада по проблеме альтернативного сельского хозяйства были крайне возмущены, когда Л. Джанессе из комитета по развитию и использованию природных ресурсов, влиятельный в Вашингтоне «кладезь ума», заявил

государственным чиновникам, что содержащиеся в докладе выводы сводятся лишь к тому, что нужно использовать органические удобрения, и не более. По утверждению Джанессе, заключения ученых «не подтверждаются данными... приведенными в докладе».

Джанессе считает, что большинству фермеров будет «гораздо хуже», если они перейдут на альтернативное сельское хозяйство. Более того, он заявляет, что получение природоохранных выгод (таких, скажем, как снижение степени засорения среды пестицидами) в результате применения некоторых из указанных методов в сельском хозяйстве сомнительно.

Свои выводы академия наук основывает на сравнительных данных о расходах фермеров. Так, из приведенного в докладе примера следует, что на юго-западе шт. Миннесота те фермеры, которые больше средств расходовали на минеральные удобрения и пестициды, производили довольно дорогую сою; те же фермеры, которые на указанные цели расходовали меньше средств, производили более дешевое зерно. Но Джанессе утверждает, что такое сравнение может быть ошибочным. Поскольку фермеры в изучаемом районе рассредоточены на территории в несколько тысяч квадратных миль, те, кто расходовал больше средств на пестициды, возможно, были вынуждены делать это, так как у них были хуже условия.

Джанессе считает, что подобное сравнение в пределах юго-западной части шт. Миннесота может привести к ошибочному выводу, будто использование минеральных удобрений и меньшего количества пестицидов

позволяет выращивать более дешевую сою. В действительности, как говорит Джанессе, произведенный академией сравнительный анализ расходов не является доказательством того, что фермеры, которые меньше средств тратили на пестициды, на самом деле и использовали их в меньших количествах; просто они могли покупать их по более низким ценам.

Во многих районах США, указывает Джанессе, земледелие невозможно без использования больших количеств искусственных пестицидов: они необходимы, например, для выращивания арахиса во Флориде. Во всяком случае, как говорит Джанессе, ряд ферм, которые академия причисляет к числу ведущих хозяйств альтернативным способом, использует методы (как, скажем, интегрированное регулирование количества сельскохозяйственных вредителей), которые основаны на применении высокотоксичных пестицидов, и производит тысячи акров пластической мульчи, которая в конечном счете оказывается на свалках и тем самым засоряет города. «Разве можно считать, что это способствует охране окружающей среды?» — задает вопрос Джанессе.

Академия наук считает также, что делу охраны окружающей среды и увеличению рентабельности сельского хозяйства будет способствовать снижение заинтересованности фермеров в применении неэффективных методов ведения сельского хозяйства, таких, например, как выращивание кукурузы в дельте р. Миссисипи. Джанессе считает, однако, что академия наук не может делать таких выводов, пока не скажет, что должно прийти на смену неэффективным методам выращивания зерновых.

Авторы академического доклада, конечно, не собираются сдавать своих позиций. Дж. Песек из Университета шт. Айова, председатель комитета, подготовившего доклад, заявляет: «Мы считаем, что проведение подобных исследований свидетельствует о возможности сделать нашу окружающую среду более безопасной для здоровья и создать более благоприятные условия труда для производителей сельскохозяйственной продукции». Ч. Бенбрук, исполнительный директор совета по вопросам сельского хозяйства при Национальном научно-исследовательском совете, указывает, что в распоряжении ученых имеется очень мало данных, но и имеющаяся информация убедительно доказывает реальность хорошо известной ситуации в экономике сельского хозяйства. «Нет сомнения, — заявляет Бенбрук, — что существуют немалые потенциальные возможности для

улучшения окружающей среды и получения экономических выгод.»

Имеются и другие ведомства, представители которых также критически относятся к выводам, сделанным учеными академии. «Главная идея доклада и без того хорошо известна многим людям за пределами официальных кабинетов в Вашингтоне, — замечает Л. Ритчи из министерства сельского хозяйства в Миннесоте. — У нас сложилась критическая ситуация в деле защиты земли и водных ресурсов, и наша политика [стимулирующая использование пестицидов] имеет непосредственное к этому отношение, поэтому мы должны пересмотреть эту политику и внести необходимые в нее изменения. Это будет большим нашим вкладом в решение рассматриваемой проблемы».

Был ли потоп?

ЛЕДНИКОВЫЕ холмы около озера Ливингстон, в северной части провинции Саскачеван, несколько необычны. Согласно Джону Шоу, географу из Королевского университета в Кингстоне, пров. Онтарио, «они сильно отличаются от классических друмлинов» — продолговатых холмов, которые, по общему мнению, сформировались в результате переотложения обломочного материала при движении ледников во время последнего оледенения. Ледниковые холмы, о которых идет речь, высокие и узкие на конце, обращенном навстречу движению льда, и низкие и широкие ниже по склону. По мнению Шоу, они являются как бы зеркальными отражениями углублений, появляющихся в тех участках русел рек, где течение носит турбулентный характер.

Описывая эти образования в журнале "Geology", Шоу выдвигает предположение, что район ледниковых холмов сформирован бурным потоком талых вод, образовавшимся под ледяным щитом Северной Америки. Этот поток, размывая лед, создавал в нижней части щита полости; обломочный материал, переносимый потоком, накапливался в этих полостях и образовывал холмы, которые остались после отступления льда (примерно 10 000 лет назад).

Поток, по мнению Шоу, имел грандиозные масштабы. Протяженность района ледниковых холмов близ озера Ливингстон — 150 км, при этом длинные оси холмов создают веерообразный рисунок, который свидетельствует в пользу существования единого обширного потока. Какое количество воды участвовало в этом процессе? Исходя из величины ледниковых холмов, Шоу сначала оценил



ЛЕДНИКОВЫЕ ХОЛМЫ высотой около 40 м показывают, какой могла быть обстановка во время гигантского подледного паводка в северной части пров. Саскачеван. Паводковые воды текли на юго-запад (вверх направо на приведенном аэрофотоснимке, предоставленном канадским министерством энергетики, горного дела и природных ресурсов).

количество льда, которое должно было растаять, чтобы образовались полости, а затем — объем воды, необходимый для того, чтобы размыть этот лед.

Полученная им величина, 84 000 км³, примерно в 7 раз превышает объем озера Верхнего. Когда этот «подледный» поток вырвался из-под края ледяного щита и вода попала в Атлантический океан и Мексиканский залив, уровень Мирового океана должен был подняться примерно на 23 см.

Откуда могла взаться эта вода? Шоу считает, что трение между ледяным щитом и его ложем и тепло, выделяемое Землей, обусловили такую скорость таяния нижней части ледника, что образующаяся вода не успевала выходить за его край. Возник некий резервуар, который существовал до тех пор, пока давление воды в нем не превысило критического значения и накопившаяся вода не вытекла из-под льда.

Окрестности озера Ливингстон не являются единственным районом, который, по мнению Шоу, сформировался подледными водными потоками. «Я не претендую на то, чтобы объяснить образование всех ледниковых холмов». Вместе с тем, по мнению Шоу, некоторые другие ледниковые холмы, как будто бы вырезанные из коренных пород, а не выросшие на них в результате отложения обломочного материала, лучше интерпрети-

руются как результат деятельности бурных водных потоков, а не движения льда.

Другие исследователи настроены критически. «Мне трудно признать эту гипотезу», — говорит Дэвид Микельсон из Висконсинского университета в Мадисоне. Рассмотрение внутренней структуры ледниковых холмов, которые он изучал в шт. Висконсин, показывает, что эти холмы состоят из ранее образовавшегося осадочного материала, деформированного под воздействием льда. «Могли ли некоторые ледниковые холмы возникнуть в результате переноса и осадения обломочного материала из водных потоков? Если исходить из того, что я видел, то это маловероятно», — говорит он.

И все же гипотеза подледных потоков, которую выдвинул Шоу, может объяснить некоторые химические особенности осадочных образований на дне Мексиканского залива, отложенных при поступлении больших масс талой воды в залив за относительно короткий промежуток времени в конце последнего оледенения. Поскольку повторяющиеся наводнения могли вызывать повышение уровня моря на несколько метров в течение нескольких лет, считает Шоу, воспоминания о наводнениях, возможно, запечатлелись в представлениях о Всемирном потопе, нашедших отражение во многих древних мифах.

Формирование синапсов в развивающемся мозге

По мере развития мозга совершенствуются уже существующие связи между нервными клетками и образуются новые.

Эти изменения отчасти зависят от импульсной активности нейронов

РОНАЛЬД Э. КАЛИЛ

ПРОЦЕСС развития мозга млекопитающих — удивительное достижение эволюции. Из многочисленной группы незрелых, недифференцированных клеток возникает орган со столь сложной структурой, что большинство естественных и созданных человеком систем кажутся по сравнению с ним совсем простыми. Но несмотря на такую сложность, удалось немало узнать о том, как в ходе эмбрионального и постэмбрионального развития формируется и достигает совершенства «электрическая сеть» мозга.

Общепринято, что набор нейронов, исходно устанавливающих связи друг с другом при формировании основных нервных цепей, детерминирован генетически. Однако в вопросе о том, контролируют ли гены все аспекты созревания нейронов, согласия нет. Многие исследователи высказывали предположение, что индивидуальный опыт — в частности, потоки нервных импульсов, получившие название потенциалов действия, в нейронных сетях — имеет значение в регуляции таких параметров, как количество, распределение и эффективность синапсов (структур, посредством которых осуществляется связь между нейронами).

В 60-е — 80-е годы в ряде исследований было показано, что аномальная активность в незрелом мозге неизбежно приводит к аномалии связей в нем. А недавно выяснилось, что активность мозга не просто влияет на развитие синапсов — генерация потенциалов действия существенна для многих аспектов этого развития. Например, мои коллеги и я в Висконсинском университете в Мадисоне и Колорадском университете в Боулдере продемонстрировали, что у тех нейронов, у которых экспериментально блокировали генерацию потенциалов действия, пресинаптические терминальные утолщения (эти структуры образуют синапсы) как бы «замораживались» в незрелом состоянии: они

прекращали рост, не образовывали новых синапсов и не претерпевали еще ряда существенных изменений.

На самом деле прекращение изменений в некоторых системах мозга желательно в определенный момент развития — например, в основных сенсорных путях по достижении ими полной зрелости. Так, некоторые проводящие пути, главным образом формирующиеся в эмбриогенезе, сохраняют пластичность только в течение ограниченного периода после рождения; за это время их связи организуются окончательно. (Временные рамки таких критических периодов различны для разных областей мозга.) Однако после того, как «доводка» завершается, проводящие пути по существу теряют способность к изменениям, что обеспечивает постоянство ответов зрелой системы на определенные стимулы (например, на вспышку света).

Но для некоторых систем мозга необходимо сохранять способность к реорганизации связей между нейронами. Например, системы, ответственные за обучение, по-видимому, остаются пластичными всю жизнь; в противном случае усвоение новой информации оказалось бы невозможным.

Изучение механизмов, поддерживающих пластичность в тех центрах мозга, которые участвуют в обучении, может дать важные сведения для понимания некоторых молекулярных изменений, опосредующих влияние активности мозга на развитие синапсов. Ряд данных позволяет предположить, что критический период для данной области мозга характеризуется тем, что молодые нейроны обладают такими же молекулярными свойствами, какие позволяют центрам, участвующим в обучении, постоянно изменять межнейронные связи. Есть даже некоторые основания полагать, что сходные механизмы обеспечивают влияние активности мозга на эффективность синапсов, управление

временными рамками критических периодов и сохранение способности к обучению на протяжении всей жизни.

НЕСМОТЯ на то что размеры, форма и детали строения мозга различны у разных млекопитающих, общий план его строения и развития у всех одинаков. На ранних стадиях эмбриогенеза из скопления клеток формируется нервная трубка, из которой в дальнейшем образуются отдельные слои и группы клеток, а из них, в свою очередь, — специализированные структуры зрелого мозга.

Организовавшись в группы, клетки начинают дифференцироваться; у каждой формируются отростки — один длинный аксон и множество более коротких дендритов. Аксон, достигающий иногда десятков сантиметров в длину, обычно служит для передачи сигналов, а дендриты, как правило, — для их приема.

Предполагается, что в развивающемся мозге растущие аксоны находят путь к клеткам, которым данный нейрон должен посылать сигналы, следуя по некоему химическому следу, вероятно детерминированному генетически. Когда кончик растущего аксона достигает места назначения, он разветвляется и каждая из веточек завершается терминально, имеющей форму луковицы. В свою очередь терминали образуют синаптические контакты с дендритами или с другими участками клетки-мишени, принимающими сигналы. Большинство синапсов состоит из специализированного участка пресинаптического нервного окончания, рецепторной области постсинаптического дендрита и узкого пространства между ними, называемого синаптической щелью. (Аксон может контактировать одновременно с несколькими клетками, каждая из которых может принимать сигналы не только от этого, но и от многих других аксонов.)

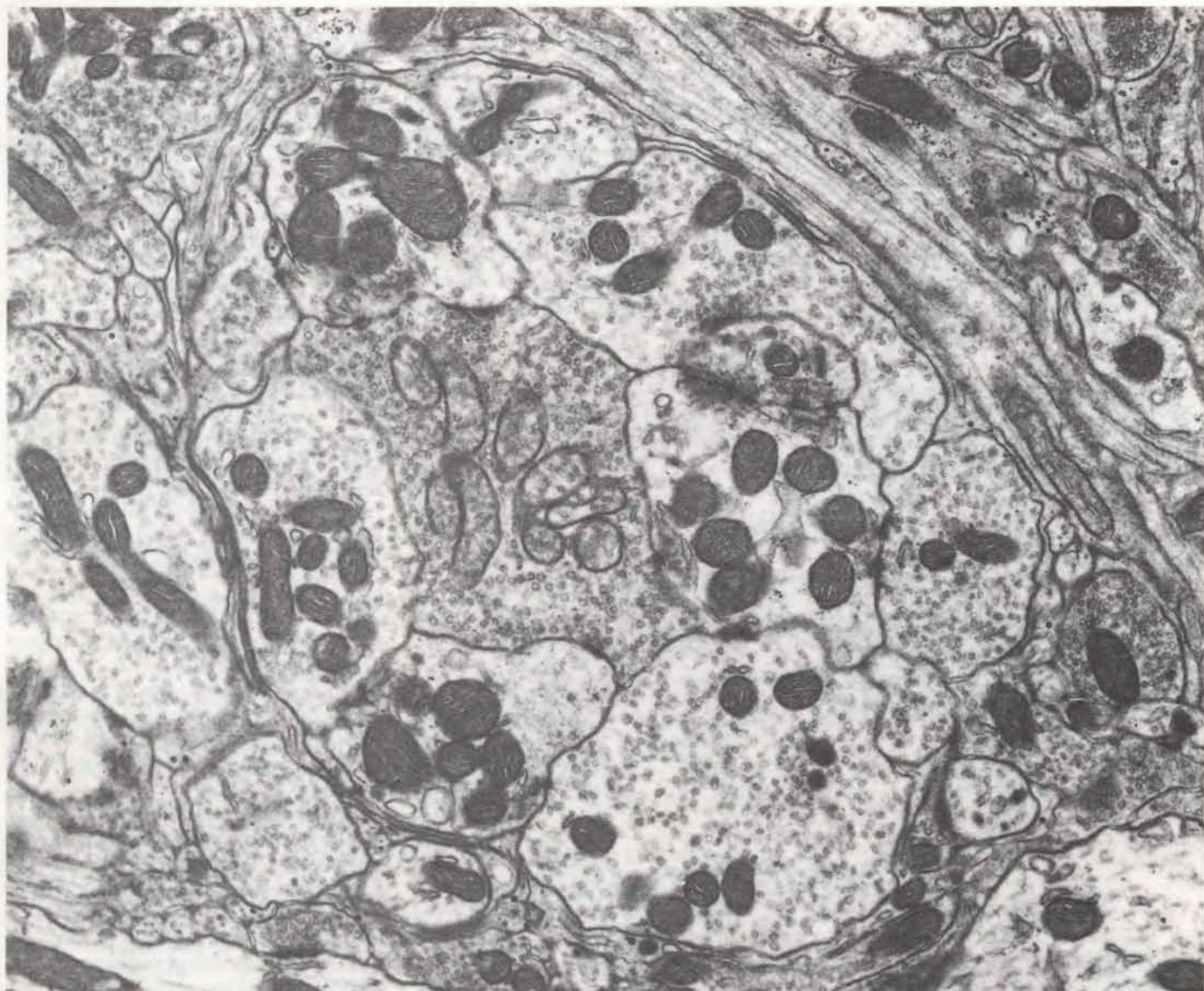
После того как образуются синап-

тические контакты, становится возможной передача сигналов между нейронами. В большинстве областей мозга млекопитающих она осуществляется химическим путем. Из пресинаптического окончания выделяется специальное вещество — нейромедиа-

тор, который диффундирует через синаптическую щель и связывается с рецепторными молекулами на мембране постсинаптической клетки. В результате рецепторы изменяют свою форму и тем самым активируют каналы в мембране, через которые опреде-

ленные ионы устремляются внутрь клетки или наружу.

От суммарного изменения концентраций ионов внутри тела клетки (которая может одновременно получить множество сигналов) зависит, произойдет ли торможение данного ней-



КОМПЛЕКСНАЯ СИНАПТИЧЕСКАЯ ЗОНА в наружном колленчатом теле мозга кошки (вверху — электронная микрофотография с увеличением $\times 18\,000$; внизу — схема). В норме в первые 8 недель жизни котенка образуется множество таких зон. В центре видна терминаль (на схеме лиловая) аксона (т. е. окончание длинного отростка, по которому передаются нервные импульсы) ганглиозной клетки сетчатки глаза. К моменту рождения такие терминали, имеющие форму луковицы, достигают примерно половины своей окончательной величины и образуют синапсы (контактные структуры) с дендритами (относительно короткими отростками, принимающими сигналы) релейных нейронов колленчатого тела (на схеме зеленые). За 8 недель после рождения терминали увеличиваются в размерах и устанавливают синаптические контакты с так называемыми F-профилями (на схеме голубые) — специализированными выростами дендритов интернейронов колленчатых тел. Затем терминаль и окружающие ее дендриты заключаются в капсулу (на схеме желтая), которая определяет границы комплексной синаптической зоны. Развитие всей этой структуры в течение первых 8 недель жизни зависит от генерации нервных импульсов — потенциалов действия.

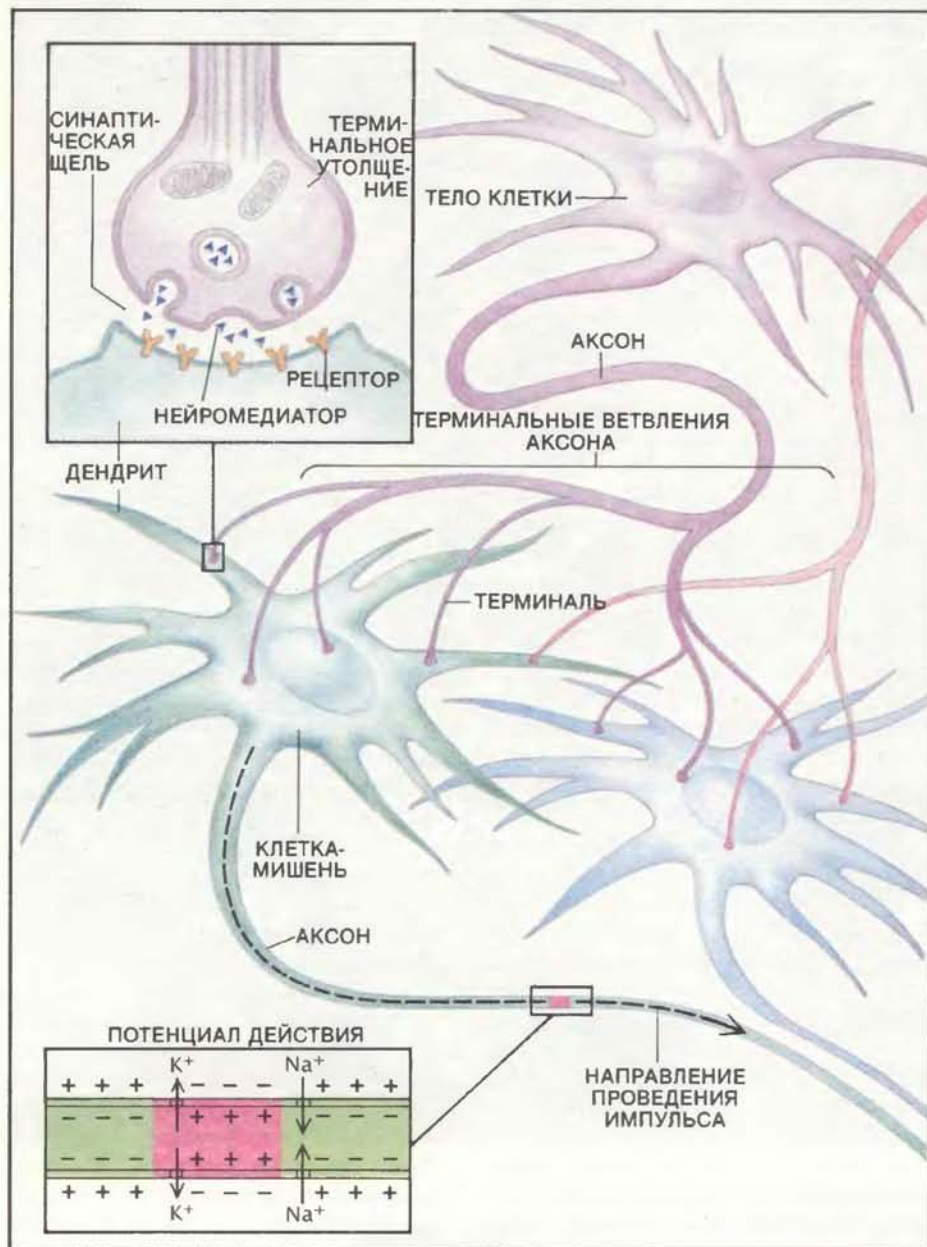


рона или он будет генерировать потенциал действия, т. е. нервный импульс. Эти импульсы проводятся по аксону, и, если их достаточно много, могут вызвать в терминалах выброс молекул нейромедиатора, которые воздействуют на клетки, синаптически связанные с данным аксоном.

Что такое потенциал действия? Это очень короткий, длящийся менее одной тысячной доли секунды, самоограничивающийся процесс инверсии мембранного потенциала, т. е. разности электрических зарядов внутренней и наружной поверхностей клеточной мембраны. Когда клетка нахо-

дится в состоянии покоя, эта разница обычно составляет 70 мВ, причем внутренняя поверхность мембраны заряжена отрицательно по отношению к наружной. Потенциал действия возникает, если суммарный ионный поток (результат воздействия на данный нейрон всех пресинаптических клеток) увеличит положительный заряд в теле клетки настолько, что мембранный потенциал снизится примерно на 40 мВ.

Когда трансмембранная разность потенциалов достигает этого порогового значения, мембрана специализированного участка нейрона, называемого аксонным холмиком (место выхода аксона из тела клетки), становится чрезвычайно проницаемой для положительно заряженных ионов натрия. Они устремляются внутрь клетки, и в результате притока положительных зарядов на короткое время заряд внутренней поверхности клеточной мембраны изменяется, становясь положительным по отношению к наружной поверхности. Это почти сразу компенсируется выходом из клетки других положительных ионов, что восстанавливает исходный потенциал покоя, в то время как импульс продолжает распространяться по аксону.



ВОЗБУЖДАЮЩИЕ СИГНАЛЫ, полученные нейроном, могут привести к генерации в нем потенциала действия — кратковременной самоограничивающейся инверсии разности зарядов внутренней и внешней поверхности клеточной мембраны. Потенциал действия, который и представляет собой нервный импульс, распространяется по аксону (стрелка) и через особую контактную структуру, называемую синапсом, передается следующей клетке. Передача сигнала в синапсе обычно химическая (слева вверху): из пресинаптической терминали одной клетки высвобождаются молекулы нейромедиатора, которые, диффундируя через синаптическую щель — узкое пространство, разделяющее мембраны двух клеток, связываются с рецепторными молекулами в мембране клетки-мишени. Это взаимодействие приводит к тому, что мембрана постсинаптической клетки становится локально проницаемой для определенных ионов. Когда в результате (внизу) поток ионов натрия становится достаточно мощным, генерируется потенциал действия (красная зона). Внутренняя поверхность клеточной мембраны, которая в состоянии покоя заряжена отрицательно по отношению к наружной, на короткое время заряжается положительно, а наружная — наоборот. Это сопровождается выходом из клетки ионов калия, благодаря чему практически мгновенно восстанавливается исходное распределение зарядов.

ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ о том, что потенциалы действия необходимы для развития мозга, в значительной мере основывается на результатах проведенных в 60-е и 70-е годы исследований зрительной системы кошек. Эта система активно изучалась отчасти в связи с тем, что существенная часть периода ее созревания приходится на первые два месяца после рождения, и тем самым завершающие этапы развития оказываются относительно удобными для наблюдения и экспериментальных процедур.

У млекопитающих проводящие пути зрительной системы начинаются с ганглиозных клеток сетчатки. Эти клетки передают информацию, полученную от фоторецепторов сетчатки, в мозг, в так называемые коленчатые тела таламуса. У кошек, как и у многих других животных, ганглиозные клетки правой половины сетчатки каждого глаза (которые получают информацию о левой половине поля зрения) связаны с наружным (латеральным) коленчатым телом в правом полушарии, аксоны же от левой половины сетчатки из каждого глаза приходят в наружное коленчатое тело левого полушария (см. рисунок на с. 29). В свою очередь релейные клетки наружных коленчатых тел передают информацию в зрительную кору соответствующего полушария для дальнейшей обработки.

Многое из того, что на сегодняш-

ний день известно о пренатальном развитии этих путей, обнаружили К. Шатц, Д. Сретаван и М. Лускин из Медицинской школы Станфордского университета. Эмбриональные аксоны ганглиозных клеток в норме достигают наружных коленчатых тел примерно в середине периода внутриутробного развития, который у кошек длится в среднем 63 дня. К этому моменту наружные коленчатые тела представляют собой группы клеток, еще не имеющие четкой структурной организации.

В течение второй половины эмбрионального развития эти группы претерпевают существенные метаморфозы. Составляющие их клетки организуются в слои, каждый из которых в итоге оказывается чувствительным к сигналам только от одного глаза. Такая специализация слоев достигается в результате постепенного послойного разделения пучка аксонов, приходящих в таламус от ганглиозных клеток сетчатки. Аксоны из правого глаза образуют синаптические контакты с клетками определенных слоев, а аксоны из левого глаза заканчиваются в соседних слоях.

Примерно за 10 дней до рождения котенка аксоны релейных клеток наружных коленчатых тел врастают в зрительную кору. Эти геникуло-кортикальные (от лат. *geniculatus* — коленчатый, *cortex* — кора) аксоны заканчиваются преимущественно в четвертом из шести еще недоразвитых слоев коры. Сначала зоны влияния аксонов, несущие информацию от разных глаз, перекрываются, т. е. разные аксоны образуют синапсы на одних и тех же нейронах; это означает, что клетки-мишени могут стимулироваться активностью обоих глаз.

Однако такое состояние лишь временное. С. Левэй, М. Страйкер и К. Шатц, работая в Медицинской школе Гарвардского университета, показали, что в течение второго месяца после рождения аксонные входы кортикальных нейронов начинают разделяться. Часть терминалей вытягивается, в результате чего каждая клетка коры сохраняет контакт с нейронами коленчатых тел, отвечающими на стимуляцию только левого или только правого глаза. (Предполагается, что эффективность остающихся синапсов возрастает, но это еще не доказано.)

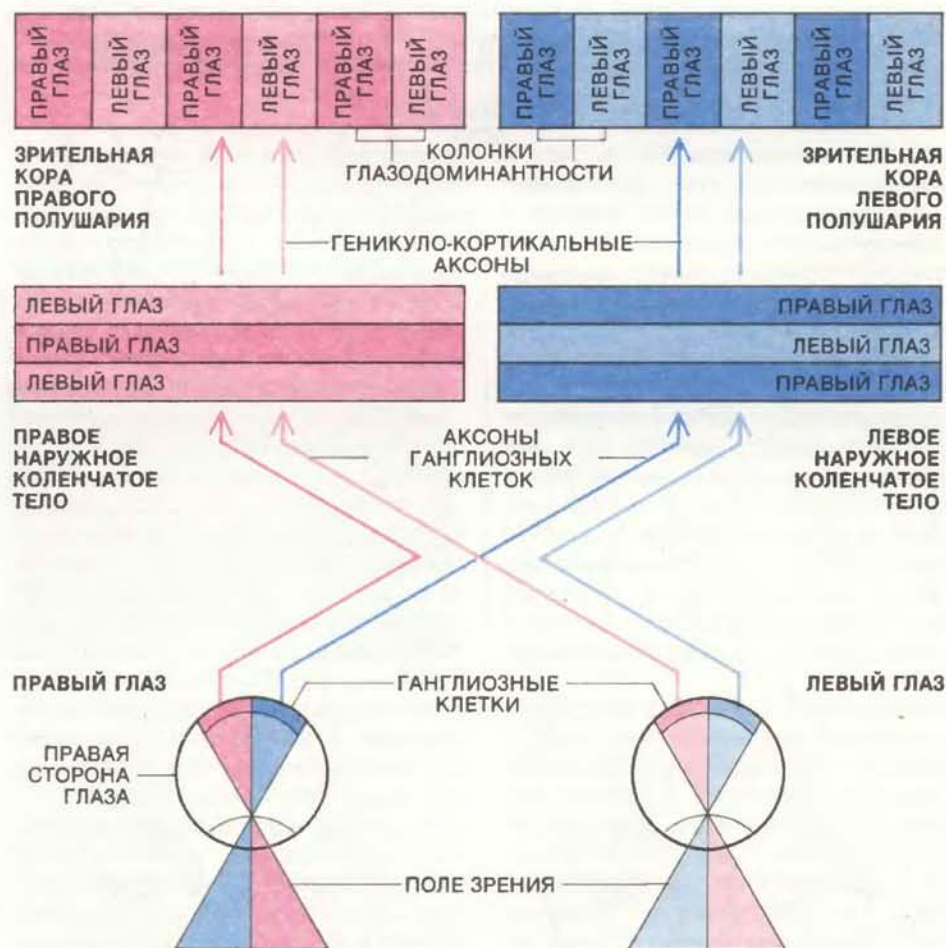
В конечном счете все описанные разделения приводят к тому, что в зрительной коре формируются чередующиеся, примерно одинаковые по размерам колонки глазодоминантности: в одних колонках нейроны отвечают на сигналы только от правого глаза, а в соседних — только от левого.

РЯД ВАЖНЕЙШИХ исследований, продемонстрировавших необходимость нормального зрительного опыта для описанных выше онтогенетических изменений, был проведен в 60-е годы Т. Визелом и Д. Хьюбелом. Они наглухо зашивали веки одного глаза у новорожденных котят и обнаружили, что такое ограничение активности одного глаза радикально влияет на развитие колонок глазодоминантности. Судя по результатам регистрации электрической активности в четвертом слое зрительной коры, практически все нейроны там отвечали только на сигналы от незащищенного глаза.

Выявленные аномалии в коре, как выяснилось, связаны с изменениями в иннервации кортикальных нейронов аксонами, идущими из наружных коленчатых тел. При помощи окра-

шивания этих аксонов было показано (Шатцом и Страйкером в опытах на кошках, а Хьюбелом, Визелом и Левэем — на обезьянах), что у животных, росших в течение многих недель с одним закрытым глазом, геникуло-кортикальные аксоны не разделяются, как обычно, по определенным для каждого глаза областям. У тех аксонов, которые соответствуют открытому глазу, формируются новые терминалы, и их «сфера влияния» расширяется, вытесняя терминалы аксонов, несущих информацию от глаза, лишённого внешней стимуляции.

После того как стало ясно, что аномальная нейронная активность в процессе развития мозга может искажать связи в зрительной системе, внимание исследователей сосредоточилось на вопросе о том, необходима ли ней-



НЕРВНЫЕ ПУТИ зрительной системы кошки и других млекопитающих, у которых глаза смотрят вперед. Ганглиозные клетки правой половины сетчатки каждого глаза передают зрительную информацию в наружное коленчатое тело правого полушария мозга; аксоны из правого глаза оканчиваются на клетках среднего слоя этой структуры, а аксоны из левого глаза — на клетках выше- и нижележащего слоев. Аналогично ганглиозные клетки левой половины сетчатки каждого глаза связаны с наружным коленчатым телом левого полушария, и их аксоны тоже распределяются по слоям в зависимости от того, из какого глаза они идут. Релейные клетки коленчатого тела в свою очередь передают информацию в зрительную кору того же полушария. В каждом полушарии аксоны, соответствующие правому глазу, заканчиваются в определенных колонках коры, а аксоны, соответствующие левому глазу, — в других колонках, чередующихся с первыми, так что формируются так называемые колонки глазодоминантности.

ронная активность для формирования связей. Не исключалось, что развитие синапсов до какой-то степени может осуществляться и в отсутствие потенциалов действия, а это означало бы, что некоторые аспекты развития определяются генетически.

Ответить на такой вопрос можно было только одним способом — устранить потенциалы действия. Сначала для этого котят содержали с рождения в полной темноте. Зашить веки обоим глаз было бы недостаточно, так как свет все же проникал бы и сквозь закрытые веки. (Отсутствие зрительной стимуляции, похоже, никак не беспокоит котят — по активности и скорости роста они не отличаются от нормальных животных.)

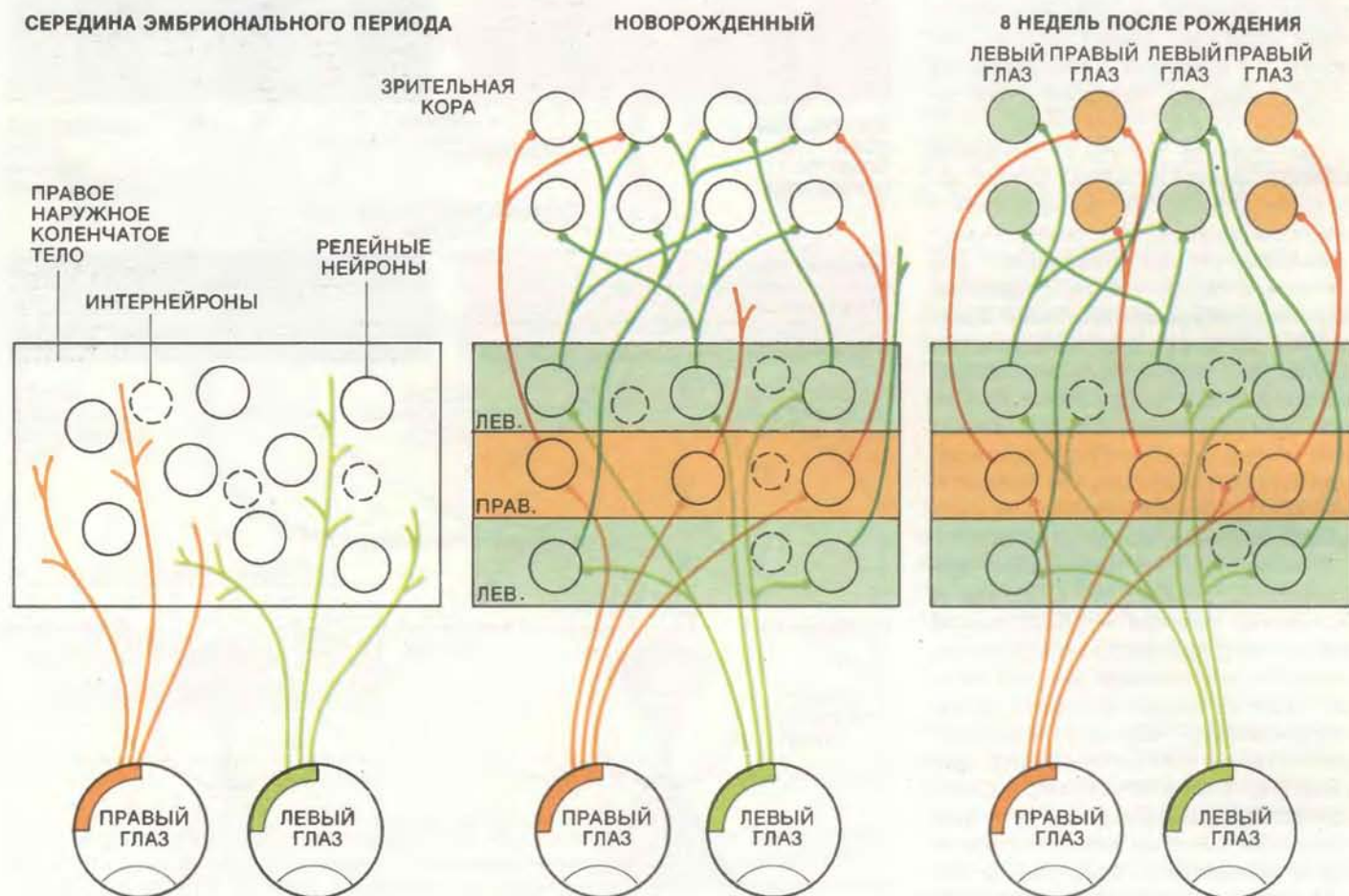
Зрительная система выращенных в темноте котят развивалась ненормально, но все-таки развивалась. По

сравнению с нормальными котятками у таких животных колонки глазодоминантности имели нечеткие границы, а промежутки между ними были часто неравными. Иными словами, постнатальное разделение геникуло-кортикальных аксонов в зависимости от их отношения к тому или другому глазу начиналось, но не завершалось.

Тот факт, что в некоторых пределах развитие все же проходило, подталкивал к следующему выводу: связи могут созреть, по крайней мере частично, и в отсутствие активности в зрительных проводящих путях. Правда, в другом исследовании выяснилось, что импульсация нейронов в условиях депривации (т. е. отсутствия стимуляции) полностью не устранялась, а это оставляло возможности для иных объяснений. У. Бюрк и У. Хэйхоу из Сиднейского универси-

тета показали, что даже при полном отсутствии зрительной стимуляции активность ганглиозных клеток сетчатки не исчезает — они разряжаются спонтанно и в темноте. Более того, Р. Родик и П. Смит из Сиднейского университета, а также независимо от них Д. Мастронард из Колорадского университета в Боулдере установили, что ганглиозные клетки сетчатки одного глаза часто разряжаются спонтанно примерно одновременно, но эта их активность в разных глазах между собой не коррелирует.

В совокупности эти данные позволяли предположить, что в основе наблюдаемого развития связей лежит спонтанная согласованная генерация потенциалов действия ганглиозными клетками одного глаза. В частности, вполне возможно, что характер спонтанной активности ганглиозных кле-



РАЗВИТИЕ ПРОВОДЯЩИХ ПУТЕЙ зрительной системы кошки в норме происходит по следующей схеме. Аксоны ганглиозных клеток сетчатки достигают наружного колленчатого тела примерно к середине периода внутриутробного развития. Вначале они еще недостаточно зрелые для того, чтобы установить синаптические связи с хаотически расположенными в колленчатом теле нейронами. К моменту рождения котенка эти нейроны группируются в слои, а аксоны ганглиозных клеток разделяются так, что каждый слой получает входы только от правого (желтый цвет) или только от левого (светло-зеленый цвет) глаза, и начинают формировать синапсы с релейными клетками, но синапти-

ческих контактов с интернейронами еще нет. В это время аксоны многих релейных нейронов уже имеют синаптические контакты с клетками зрительной коры. Однако зоны распределения синапсов этих аксонов перекрываются: терминали аксонов, передающих информацию от правого (оранжевые) и от левого (темно-зеленые) глаза часто контактируют с одними и теми же клетками коры. К концу 8-й недели жизни аксоны ганглиозных клеток имеют синаптические связи как с релейными нейронами, так и с интернейронами; геникуло-кортикальные аксоны разделяются в соответствии с тем, от какого глаза они несут информацию; выявляются колонки глазодоминантности.

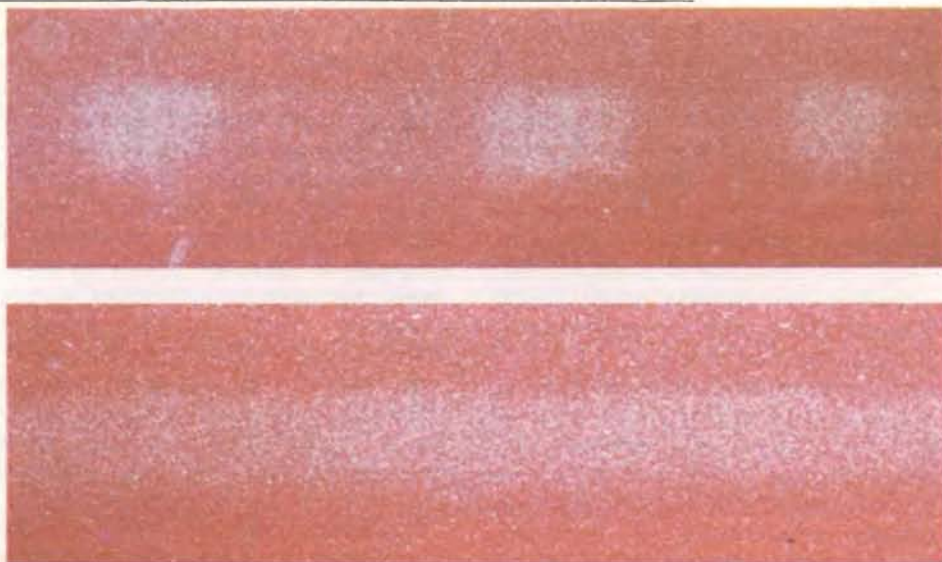
ток, который четко различается в разных глазах, мог бы служить ориентиром для разделения развивающихся геникуло-кортикальных аксонов по зачаточным колонкам глазодоминантности.

НЕУДАЧА попытки предотвратить возникновение потенциалов действия, выращивая животных в темноте, вынуждала искать другой подход к решению вопроса о необходимости потенциалов действия для развития синапсов. На помощь пришло природное соединение, называемое тетродотоксином. Это вещество, обнаруженное в яичниках японского иглобрюха, а также у распространенных в Калифорнии тритонов, препятствует возникновению потенциалов действия, но не повреждает нервную ткань. Тетродотоксин связывается с зависимыми от потенциала натриевыми каналами в клеточной мембране нейрона и таким образом блокирует важнейший ионный поток. Однако беда в том, что присутствие тетродотоксина в крови хотя бы в дозе несколько миллионных долей грамма на килограмм веса тела уже смертельно для большинства млекопитающих, поэтому вплоть до сравнительно недавнего времени это вещество считалось не подходящим для исследований. (Тетродотоксин быстро подавляет такие зависящие от нервной системы функции, как дыхание.)

Лет 10 назад были разработаны тонкие методы безболезненного введения тетродотоксина в камеру глаза, где он и остается, не попадая в кровяное русло. Одной инъекции раз в 2—3 дня вполне достаточно, чтобы блокировать генерацию потенциалов действия ганглиозными клетками.

Применив новый метод, Страйкер (ставший сотрудником Калифорнийского университета в Сан-Франциско) и У. Харрис из Калифорнийского университета в Сан-Диего сняли неопределенность, порожденную экспериментами с животными, выросшими в темноте. Они обрабатывали оба глаза у котят тетродотоксином от рождения до возраста 6 недель и в результате полностью блокировалось формирование колонок глазодоминантности в зрительной коре. Таким образом было доказано, что для возникновения колонок необходимы потенциалы действия.

Окрашивая геникуло-кортикальные аксоны, связанные с тем или другим глазом, Страйкер и Харрис показали также, что, как и следовало ожидать, развитие зрительной коры задерживалось вследствие того, что эти аксоны, вставая в ее четвертый слой, не



ЗРИТЕЛЬНАЯ КОРА 8-недельного котенка, у которого был устранен поток импульсов от одного глаза, разительно отличается от нормальной. У нормального животного (*вверху*) о наличии колонок глазодоминантности свидетельствуют чередующиеся белые и красные участки. (Белые те участки коры, которых достигла радиоактивная метка, введенная в другой глаз.) У подопытного животного (*внизу*) в соответствующей области коры такого чередования нет; монотонная светлая полоса означает, что вся область чувствительна к сигналам от глаза, который подвергался стимуляции. Для формирования колонок глазодоминантности необходим приток импульсов по зрительным путям от обоих глаз.

формировали отдельных зон ветвления, соответствующих каждому глазу; напротив, аксоны, несущие информацию от разных глаз, часто образовывали синаптические контакты с одним и тем же нейроном. В результате, когда действие токсина прекращалось, большинство кортикальных нейронов практически одинаково реагировали на стимуляцию обоих глаз, что типично для зрительной коры новорожденных котят, но совершенно необычно для 6-недельных животных.

Примерно одновременно с исследованиями Страйкера и Харриса М. Дьюбин, Л. Старк и С. Арчер из Колорадского университета в Боулдере изучали, как влияет блокада ганглиозных клеток на наружные коленчатые тела. Они вводили кошкам тетродотоксин в один глаз на протяжении первых двух месяцев жизни и затем, через несколько дней после прекращения воздействия препаратом, регистрировали электрическую активность нейронов коленчатых тел. Обнаружилось, что отсутствие в этот период потенциалов действия ганглиозных клеток препятствует существенному изменению нейронов наружных коленчатых тел.

В норме у кошек к концу второго месяца жизни эти клетки не только распределяются по слоям, каждый из которых связан только с одним глазом, но еще и определенным образом специализируются: некоторые нейроны отвечают импульсами только на появление пятна света в центре рецептивного поля, а другие, напротив, —

только на его исчезновение. (Рецептивное поле — это часть поля зрения, о которой клетка получает информацию.) Эта специализация является результатом такого разделения аксонов ганглиозных клеток, что те из них, которые отвечают на появление вспышки света, устанавливают контакты с одними нейронами коленчатых тел, а те, которые отвечают на ее исчезновение, — с другими. Однако у котят, подвергнутых действию тетродотоксина, большинство клеток коленчатого тела, связанных с глазом, в который вводили препарат, возбуждались в ответ как на включение, так и на выключение света. Нейроны оказались не способны различать эти две ситуации.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ с использованием тетродотоксина позволили убедительно доказать, что в зрительной системе в отсутствие потенциалов действия синапсы не могут развиваться нормально: геникуло-кортикальные аксоны не разделяются по областям, соответствующим каждому глазу, а аксоны ганглиозных клеток в коленчатых телах не специализируются относительно появления либо исчезновения света. Однако эти исследования не давали однозначного ответа на вопрос о том, какие структурные изменения происходили на уровне синапсов. Например, оставалось неясным, мешало ли устранение потенциалов действия ганглиозных клеток анатомическому развитию их пресинаптических терминальных утолщений. Прямые данные, которые

прояснили бы эту проблему, можно было получить лишь с помощью электронной микроскопии, и я принял такое исследование совместно с Дьюбином, Старком и Г. Скоттом из Висконсинского университета.

Реализация нашего замысла существенно облегчалась тем, что ранее Скотт и я описали многие параметры нормального развития синапсов ганглиозных клеток. В этой работе было установлено, что в норме у кошек в первые два месяца жизни пресинаптические терминальные утолщения ганглиозных клеток претерпевают ряд специфических изменений. В частности, обычно их площадь поперечного сечения удваивается, а протяженность специализированного участка синаптического контакта сокращается примерно на 1/3. (Возможно, это сокращение контактной зоны помогает «сфокусировать» поток высвобождающихся молекул нейромедиатора.)

Мы также обнаружили, что примерно с третьей недели после рождения начинает возрастать число контактов каждой терминали с дендритами нейронов наружного коленчатого тела. У этих терминалей не только сохраняются все ранее образовавшиеся контакты с дендритами релейных нейронов коленчатого тела, но и формируются новые синапсы со специализированными выростами, называемыми F-профилями, дендритов интернейронов. Интернейроны, оказывающие тормозное действие на клетки коленчатого тела, играют важную роль в тонкой подстройке активности релейных нейронов.

Кроме того, к концу второго месяца, как правило, около 30% всех терминальных утолщений аксонов ганглиозных клеток располагается в так называемых комплексных синаптических зонах, которые обычно состоят из терминального утолщения, окруженного скоплением дендритов и F-профилей. Каждая такая зона окружена протоплазматическими выростами глиальных клеток, которые выполняют в мозге опорные функции. Функция комплексных зон до конца не ясна, но можно предполагать, что они способствуют изоляции заключенных в них синаптических контактов от внешних влияний.

Мы обнаружили, что у котят после введения тетродотоксина в один глаз в течение первых 8 недель жизни синаптические связи ганглиозных клеток, расположенных в глазу, подвергнутом действию токсина, совершенно не изменялись по сравнению с таковыми у новорожденных котят. Развитие полностью останавливалось. В отсутствие потенциалов действия утолщения не увеличивались в размерах, их зоны синаптических контактов не сокращались, и не образовывалось связей между ними и F-профилями. По существу, синапсы имелись только на дендритах релейных нейронов, а комплексные синаптические зоны практически отсутствовали.

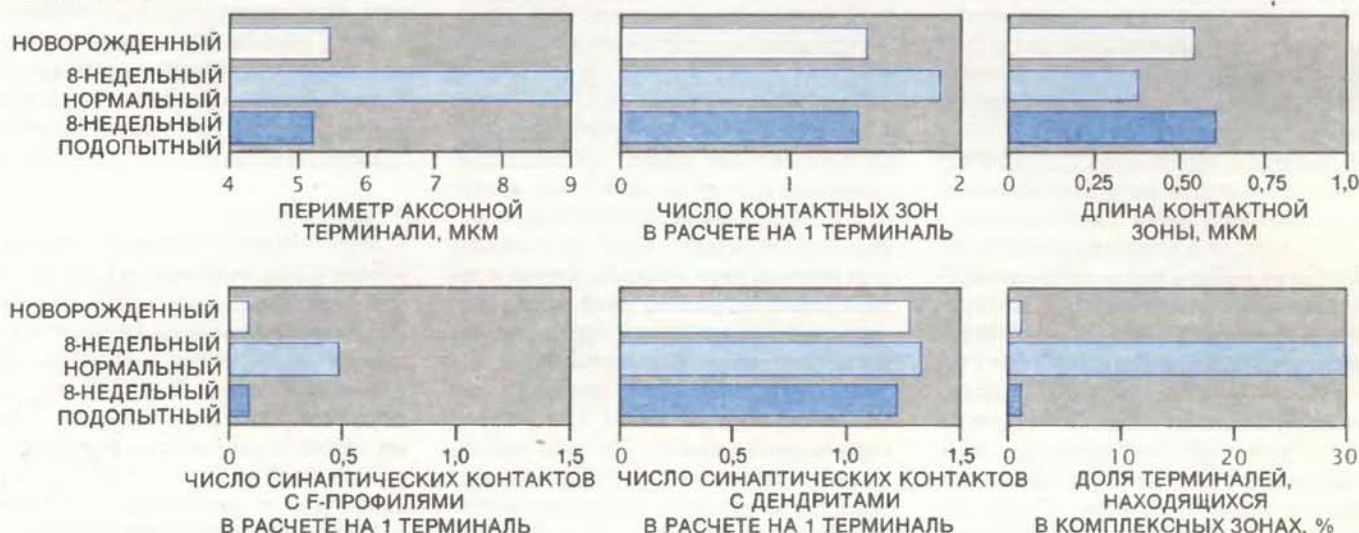
ХОТЯ наши исследования и продемонстрировали, что устранение потенциалов действия останавливает созревание аксонных терминалей ган-

глиозных клеток, полученные данные не позволяли исключить возможность и того, что блокада сетчатки лишь временно задерживает развитие, но эффект этой задержки может быть нивелирован в случае восстановления нейронной активности. Оставалось также неизвестным, может ли развитие идти обычным путем, если до блокады потенциалов действия животное сразу после рождения какое-то время будет подвергаться нормальной зрительной стимуляции. С целью выяснить эти проблемы мы провели две серии экспериментов.

В опытах первого типа потенциалы действия ганглиозных клеток одного глаза блокировались на протяжении первых 4 или 10 недель жизни; затем введение токсина прекращалось на несколько месяцев. Если бы оказалось, что после отсроченной активности связи сетчатки с коленчатым телом развиваются нормально, то можно было бы заключить, что, хотя импульсная активность и необходима для развития, она не должна быть обязательно приурочена к определенному его периоду.

Во второй серии экспериментов котят нормально развивались до возраста 3 или 5 недель, а затем им начинали вводить тетродотоксин. В этом случае нормальное развитие связей между сетчаткой и коленчатым телом свидетельствовало бы о том, что потенциалы действия необходимы для инициации развития синапсов, но продолжаться оно может и на фоне блокады импульсов.

Но ни в том, ни в другом случае свя-



СОЗРЕВАНИЕ аксонных терминалей ганглиозных клеток требует генерации потенциалов действия этими нейронами. Анализировались электронные микрофотографии срезов наружного коленчатого тела новорожденных котят, 8-недельных нормальных животных и того же возраста подопытных котят, у которых генерация нервных импульсов в ганглиозных клетках одного глаза была блокирована с момента рождения. Аксонные терминали ганглиозных клеток подопытных и новорожденных котят практически не различались. У этих животных по сравнению с тем,

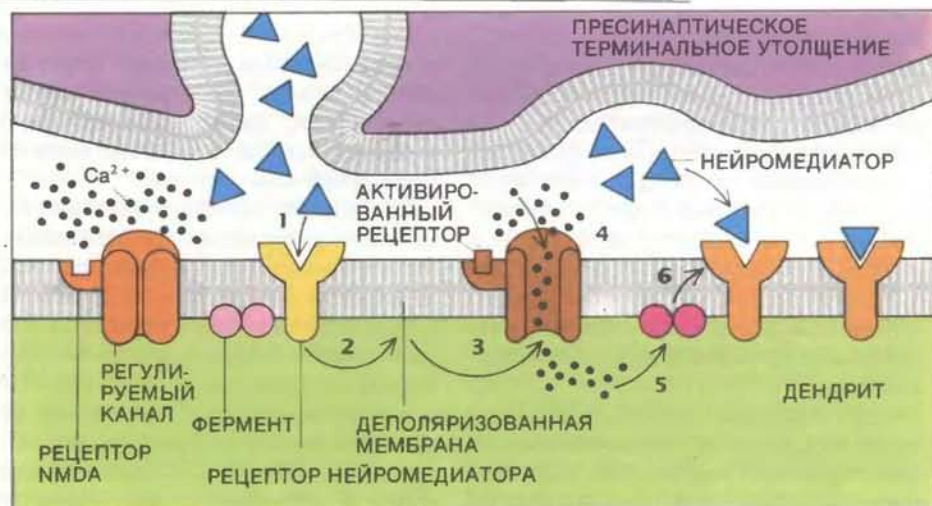
что наблюдалось у нормальных 8-недельных котят, терминали оказались меньше по размерам, образовывали меньше синаптических контактов и в них были более протяженные контактные зоны (специализированные участки для выброса нейромедиатора); они также почти не имели контактов с F-профилями; кроме того, у подопытных котят практически ни одна терминаль не входила в состав комплексных синаптических зон, тогда как доля таких терминалей у нормальных животных достигала 30%.

зи не развивались нормально. Максимальное сходство с нормальным развитием наблюдалось в опытах первого типа, когда блокада сетчатки прекращалась рано (в возрасте 4 недель). При этом размеры аксонных терминалей и число образуемых ими синаптических контактов приближались к норме (75% от нормальных величин), хотя количество комплексных синаптических зон было заметно уменьшено.

Вторая серия экспериментов показала, что ранний зрительный опыт, предшествующий блокаде сетчатки, не может инициировать нормальный синаптогенез. Даже если ганглиозные клетки и генерировали импульсы в течение первого месяца жизни, их связи с нейронами колленчатых тел были практически такими же, как у новорожденных котят. В совокупности наши результаты позволяют заключить, что необходимым условием нормального развития терминалей ганглиозных клеток и образования ими новых синаптических связей является импульсная активность на протяжении первых двух месяцев жизни (в особенности второго месяца). Блокада потенциалов действия в любое время в пределах этого периода препятствует нормальному развитию.

НО КАКОВЫ же механизмы наблюдаемого явления? В чем состоят молекулярные изменения, в результате которых в развивающемся мозге поток импульсов от нейрона к нейрону стимулирует созревание аксонных терминалей или влияет на распределение и эффективность синаптических контактов? Эти вопросы пока остаются без ответа.

Впрочем, проблему эффективности синапсов могут осветить теоретические и экспериментальные работы, касающиеся механизмов обучения. Результаты, полученные при исследовании обучения, можно использовать и для анализа развития мозга, поскольку в основе как обучения, так и развития лежат образование или увеличение эффективности одних синаптических связей и ослабление или устранение других. Первая попытка решить проблему изменения эффективности синаптической связи под влиянием импульсной активности была сделана в 1949 г. Д. Хеббом из Университета Макгилла. Он предположил, что если один нейрон «периодически или постоянно» успешно активирует другой, в одном из них либо в обоих происходят структурные и(или) метаболические изменения, повышающие эффективность связи между этими клетками. (При этом случайной или редкой активности недостаточно, чтобы эффективность синапса повысилась.)



МЕХАНИЗМ участия рецепторов *N*-метил-D-аспартата (NMDA) в долговременной потенциации (продолжительном увеличении эффективности синаптической связи) в гиппокампе отчасти расшифрован. Если импульсация пресинаптической клетки имеет подходящие частотные и временные параметры (1), происходит достаточная деполяризация мембраны (2) постсинаптической клетки, и чувствительные к электрическому потенциалу рецепторы NMDA открывают каналы, проницаемые для ионов кальция (3). Внутри клетки эти ионы (4) активируют различные ферменты (5), возможно, в том числе те, которые способствуют реорганизации мембранных белков, в результате которой эффективность синапса возрастает (6). Вполне вероятно, что систематическая активация одной клетки другой в развивающемся мозге может увеличить эффективность синапса между ними на основе сходного механизма.

Проверить гипотезу Хебба в то время было невозможно. Позднее на основании изучения молекулярных основ явления так называемой долговременной потенциации был предложен гипотетический механизм увеличения эффективности синаптической связи под влиянием повышенной активности синапса. Долговременная потенцияция, впервые описанная в 1966 г. Т. Льюмо из Университета в Осло, заключается в том, что в ответ на контролируемые серии стимулов эффективность синапса возрастает и держится на достигнутом уровне несколько дней или даже неопределенный срок. У млекопитающих долговременную потенцию легче всего вызвать в гиппокампе; эта структура мозга играет важнейшую роль в процессах научения и запоминания (см. статью: Д. Элкон. Память и нейронные системы, «В мире науки», № 9, 1989).

Определенная стимуляция гиппокампального нейрона — короткие высокочастотные серии электрических импульсов — может за несколько секунд вызвать долговременное увеличение эффективности синаптических входов. Много лет оставалось загадкой, почему такая стимуляция вызывает долговременную потенцию. Важным шагом к пониманию этого стало открытие того, что молекулы рецептора *N*-метил-D-аспартата (NMDA) активируются именно такой стимуляцией. Рецептор NMDA действует как ворота, регулируя актив-

ность каналов, по которым в клетку проникают ионы кальция — универсального посредника в межклеточной передаче сигналов. Название этого рецептора отражает тот факт, что связанные с ним каналы (в норме зависящие от потенциала) могут открываться в условиях эксперимента под действием NMDA. Возможно, этот эффект опосредован связыванием NMDA с молекулой рецептора.

Кратковременная высокочастотная стимуляция постсинаптического гиппокампального нейрона вызывает поток положительно заряженных ионов внутрь клетки, который приводит к уменьшению мембранного потенциала ниже порогового уровня. Это изменение активирует рецептор NMDA, и связанные с ним кальциевые каналы открываются. Ионы кальция устремляются внутрь клетки и активируют там ферменты, в том числе, вероятно, те, которые являются важным компонентом участка постсинаптической мембраны, специализированного для приема сигналов. Последующие события в деталях еще не установлены, но не исключено, что ферменты вызывают реорганизацию мембранных белков, что приводит к увеличению эффективности реакции постсинаптической клетки на определенную стимуляцию.

Соблазнительно предположить, что сходный механизм участвует и в увеличении эффективности синапсов при развитии мозга. Например, повторяющаяся активация кортикаль-

ных нейронов геникуло-кортикальными аксонами, соответствующими одному глазу, могла бы детектироваться рецептором, чувствительным к электрическому потенциалу, каковым является рецептор NMDA. Детекция изменения инициировала бы опосредованную кальцием реорганизацию постсинаптической мембраны, в результате чего возрастала бы эффективность синапса и в конечном счете происходила стабилизация активных синапсов.

Этот механизм особенно привлекателен тем, что позволяет предложить довольно простую гипотезу, объясняющую начало и конец критических периодов развития различных систем мозга, зависящего от импульсной активности нейронов. Возможно, временные рамки критических периодов для тех или иных групп нейронов задаются тем, что биохимические системы этих клеток генетически запрограммированы так, что в определенное время начинается и прекращается синтез молекул, которые, подобно

рецепторам NMDA, чувствительны к специфической стимуляции. Такая гипотеза вполне правдоподобна, поскольку для кодирования начала и конца синтеза не требуется много генетической информации.

Преимущество гипотезы еще и в том, что с ее помощью можно объяснить также сохранение пластичности и в других частях мозга. Для этого нужно только, чтобы в нейронах был генетически запрограммирован постоянный синтез рецепторов NMDA или функционально близких им молекул, а не начало и конец в определенное время. Таким образом, в рамках одной биохимической модели могут быть объяснены не только существование сравнительно коротких периодов пластичности, зависящей от импульсной активности, — как в развивающейся зрительной коре, — но и сохранение пластичности на протяжении всей жизни, что имеет место в других частях мозга, например в гиппокампе.

мы, математический анализ и т. д. Медленное внедрение ИИ является признаком успеха каких-то других подходов, говорит ван де Краатс. Кемпф согласен с ним: менеджеры промышленных фирм — «народ занятый, но не глупый». Производственной сфере всегда был свойствен консерватизм, говорит он; «люди уже не раз становились жертвами иллюзий». Искусственный интеллект должен показать, на что он способен, прежде чем ему удастся найти широкое применение.

Как ни странно, успехи искусственного интеллекта в промышленности в значительной мере были обусловлены его применением не в производственных процессах, а в обработке информации. По словам Ф. С. Линча из корпорации Digital Equipment, специалисты этой фирмы, разрабатывающие экспертные системы для внутреннего пользования, не пытаются применять ИИ непосредственно в производственном процессе и для сборки компьютеров. Они используют эту технологию для оптимизации работы с документами и снижения косвенных трудовых затрат, связанных с производством, продаж и доставкой каждой машины.

Первый успех в области применения ИИ компания Digital испытала около 10 лет назад, когда была создана программа XCON, которая с использованием правил и процедур логического вывода определяла правильную конфигурацию при установке компьютеров VAX; программа должна была обеспечить порядок поставки каждому заказчику комплектов с нужными ему кабелями, блоками питания и другими компонентами. С тех пор программа XCON была усовершенствована, ее функции расширены, чтобы охватить более широкий диапазон производимой предприятиями компании Digital вычислительной техники. Были добавлены также другие программы, помогающие специалистам осуществлять операции по сбыту продукции и клиентам приобретать ее, а также позволяющие теснее связать процессы производства и сбыта готовой продукции. По подсчетам компании она затрачивает менее 30 млн. долл. в год на системы ИИ, в то время как достигаемая за счет их применения экономия составляет около 140 млн. долл.

Действительно, современные программы ИИ — экспертные системы, основанные на базах знаний и т. п. — по-видимому, плохо приспособлены к условиям производственных цехов, в которых осуществляется штамповка, резание, ковка металла и вообще непосредственная работа с де-

Наука и общество

Кто думает на производстве

В НАЧАЛЕ 80-х годов экспертные системы, вслед за станками с числовым программным управлением, робототехникой и системой «планирования производственных ресурсов», считались последним достижением в оптимизации производства. Сверхсложные компьютерные программы искусственного интеллекта, основанные на правилах логического вывода, должны были координировать взаимодействие роботов, анализировать причины возникающих неполадок и мгновенно реагировать на такие аномалии, как неправильное расположение деталей. Компании стремились оснастить свое производство автоматизированными сборочными конвейерами и оборудованием, способным быстро перестраиваться на производство новой продукции.

Эти надежды не оправдались. Расширение масштабов применения искусственного интеллекта (ИИ) на производстве было не более чем «умеренным», как говорит М. Фокс, начальник лаборатории робототехники в Университете Карнеги—Меллона.

Хотя количество разрабатываемых в

мире систем ИИ промышленного назначения возросло приблизительно с 500 в 1985 г. до нескольких тысяч в настоящее время, доля потенциально ориентируемых на практическое использование систем ИИ крайне мала.

Около половины средств, затраченных на ИИ, пока не дали никакого практического эффекта, если не считать «весьма дорогостоящих научных докладов на конференциях», сказал К. Кемпф из корпорации Intel на 11-й Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, состоявшейся в августе прошлого года. Несколько программ ИИ привлекли к себе внимание прессы, но почти весь интеллект в фабричных цехах пока сосредоточен в головах рабочих и инженеров. Почему?

По мнению Фокса узким местом является отношение к этим новым средствам менеджеров промышленных корпораций: пока до них не дойдет, что такое искусственный интеллект, его внедрение в производство будет очень медленным. Е. ван де Краатс из компании Shell Research BV, напротив, считает, что ИИ просто должен выдерживать конкурентную борьбу за капиталовложения с другими технологиями, такими как быстрые вычислительные алгорит-

талями. Кодирование информации о реальном мире (шум токарного станка, на котором обрабатывается деталь, позиционирование руки робота за доли секунд) в компактной, доступной для машины форме, связано с серьезными трудностями. Значительно легче программам, основанным на базах знаний, иметь дело с символической информацией (картами технологических процессов или указателями симптомов технических неполадок в оборудовании).

Одной из таких задач является составление точного пооперационного расписания производственного процесса: выбор правильного временного режима загрузки машин и механизмов фабрики, так чтобы минимизировать и время, необходимое для изготовления продукции, и время простоя производственного оборудования. В составлении расписаний методы ИИ, применяемые на производстве, достигли ощутимых успехов, говорит Фокс. Это стало ясно еще тогда, когда одна из первых составляющих расписания программ удвоила эффективность производственного процесса в цехе печатных плат в первый же день после внедрения.

Подобный прогресс конечно требует затрат. Когда компания General Electric устанавливала первую систему составления расписаний на одном из своих авиационных заводов, ей пришлось сначала переоборудовать предприятие. Вначале была установлена сделанная по специальному заказу система связи, с тем чтобы составляющая расписания программа могла постоянно следить за состоянием машины, работой которых она должна была управлять.

Кемпф указывает на три вида потенциальных применений ИИ. С помощью относительно несложных программ можно кодировать знания, требуемые для принятия решений в задачах, с которыми люди уже хорошо справляются, например при поиске неисправностей в сравнительно простом оборудовании. Благодаря таким программам неопытные сотрудники смогут работать почти на уровне экспертов, тем самым эксперты будут освобождены от однообразной, не интересной для них работы. Программы ИИ могли бы оказать бесценную помощь в задачах, которые люди хорошо понимают, но плохо решают (например, составление расписаний) из-за большого объема информации или скорости ее поступления. «Интеллектуальные» программы для третьего класса задач — тех, которые люди сами не умеют решать, — неизбежно потерпят неудачу, говорит Кемпф. Разработчики ИИ

во что бы то ни стало должны избегать задач этой категории, добавляет он.

И все же, на разработку алгоритма ИИ уходит лишь четверть тех усилий, которые требуются для создания работающей системы. Дополнительные компоненты требуют значительно большего труда, чем может показаться на первый взгляд, говорит Кемпф: нужно тщательно проанализировать задачу и построить систему, которую люди, не обладающие специальными знаниями, могли бы затем эксплуатировать и расширять.

Ван де Краас вспомнил о системе, основанной на базе знаний и предназначенной для работы в нефтяной промышленности, которую компания Shell ввела в эксплуатацию только для того, чтобы через год выбросить. Проблема заключалась в следующем: программа охватывала те аспекты бурения и добычи, которые специалисты компании считали наиболее интересными, но она не учитывала простых повседневных трудностей, возникающих в полевых условиях.

Разработчики систем ИИ должны уделять больше внимания выбору и анализу задач, для решения которых создаются системы, говорит Кемпф. «Специалисты по ИИ хотят выполнять лишь интересную часть работы и не утруждать себя всем остальным», — комментирует он. — Но пользы от этого мало».

Линч придерживается того же мне-

ния, добавляя, что искусственный интеллект является лишь одним из инструментов для автоматизации производственных процессов. Современные системы ИИ обычно конструируются таким образом, чтобы они могли обращаться в общие базы данных за нужной им информацией и затем выдавать принятые решения обычному программному обеспечению. (Такой подход часто наталкивается на трудности; Кемпф указал на один проект, предусматривавший применение ИИ в гибком производстве, но от которого пришлось отказаться, поскольку для того, чтобы написать программы для извлечения информации из обычной компьютерной базы данных, программистам потребовалось бы два года работы.)

Эволюция ИИ от сенсационной панацеи в сфере производства к инструменту для решения будничных задач отразилась и на прибылях фирм, продающих системы ИИ, отметил Фокс. В течение какого-то времени рынок был полон продукции компаний, торгующих «инструментом» для создания экспертных систем, но немногим из них удалось выжить. В настоящее время процветают консультативные и инженерно-технические фирмы, которые приспособливают программы к конкретным приложениям. «Главное же в том, — говорит Фокс, — чтобы системы ИИ помогали решать реальные проблемы».



РОБОТЫ НА СБОРОЧНЫХ ЛИНИЯХ какое-то время были в центре внимания исследований по искусственному интеллекту. Теперь простые задачи управления роботами решаются обычными программами, а сложные задачи пока выходят за пределы возможностей большинства систем ИИ. Специалисты по ИИ сосредоточились на решении задач управления ресурсами, например составлении расписаний для потоков деталей в фабричных цехах. Фотография предоставлена университетом Карнеги—Меллона.

Первые цветные фотографии

Самые ранние способы получения цветных изображений были сложны и трудоемки; они тем не менее позволяли достигать прекрасной цветовой гаммы

ГРАНТ Б. РОМЕР, ЖАННЕТ ДЕЛАМУР

РОЖДЕНИЕ цветной фотографии принято приписывать современной эпохе, поскольку известные фотографические изображения XIX в. в основном монохроматические. В действительности же современная цветная фотография обязана своим происхождением исследованиям, проводившимся еще в XVIII в. Более того, основы цветной фотографии были заложены даже раньше, чем была изобретена дагеротипия, 150-летний юбилей которой отмечается в этом году.

Основоположники фотографии полагали, что фотографические изображения должны получаться цветными: если объектив проецирует цветное изображение, то почему получающееся изображение должно быть иным? Поэтому в первых попытках получения цветного изображения были предприняты попытки прямого воспроизведения цвета, другими словами, первые фотографы стремились зарегистрировать весь диапазон излучения видимого спектра с помощью одного светочувствительного химического соединения. В то время уже были известны многие соединения, которые при освещении способны изменять цвет, причем некоторые из них даже принимали такие же цвета, какими их освещали.

В 1810 г. немецкий физик Т. Зеебек, изучавший совместно с Гёте теорию цвета, опубликовал результаты наблюдений взаимодействия хлорида серебра со спектром видимого света. Зеебек напылял влажный хлорид серебра на бумажную подложку, экспонируя его затем в течение 15 мин (или более) светом, пропущенным через призму. Экспонированный хлорид серебра приобретал некоторые цвета спектра, хотя и окрашивался слабо. Наблюдаемый эффект не смогли объяснить ни Зеебек, ни другие исследователи вплоть до 1868 г.

В 1820 г. французский художник-де-

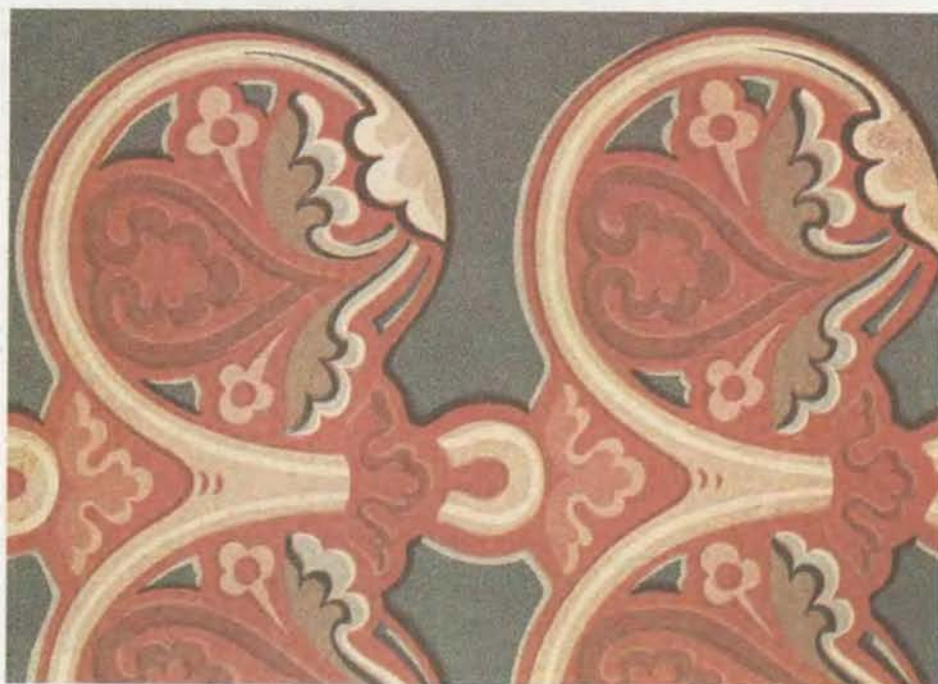


ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЦВЕТНОЙ ФОТОГРАФИИ: сверху — дагеротипия 1845 г., раскрашенная вручную; справа — цветная фотография, сделанная в 1907 г. Несмотря на то, что только в 1839 г. появилась дагеротипия и сразу завоевала успех, практически приемлемым тогда было лишь несколько фотопроцессов, позволяющих получать цветные фотографии. Фотография справа получена с помощью автохромного метода, основанного на экспонировании изображения на светочувствительную эмульсию через зерна картофельного крахмала, окрашенные в красный, синий и зеленый цвета (см. верхнюю иллюстрацию на с. 43).





ЦВЕТНОЙ СПЕКТР, полученный в 1848 г. французским физиком Э. Беккерелем, хранится в лондонском Музее науки. Беккерель наносил хлорид серебра на пластинку, применяемую в дагеротипии, и экспонировал ее светом, пропущенным через призму; эмульсия окрашивалась в цвета спектра. Такие прямые методы воспроизведения цвета доминировали в первых экспериментах в цветной фотографии.



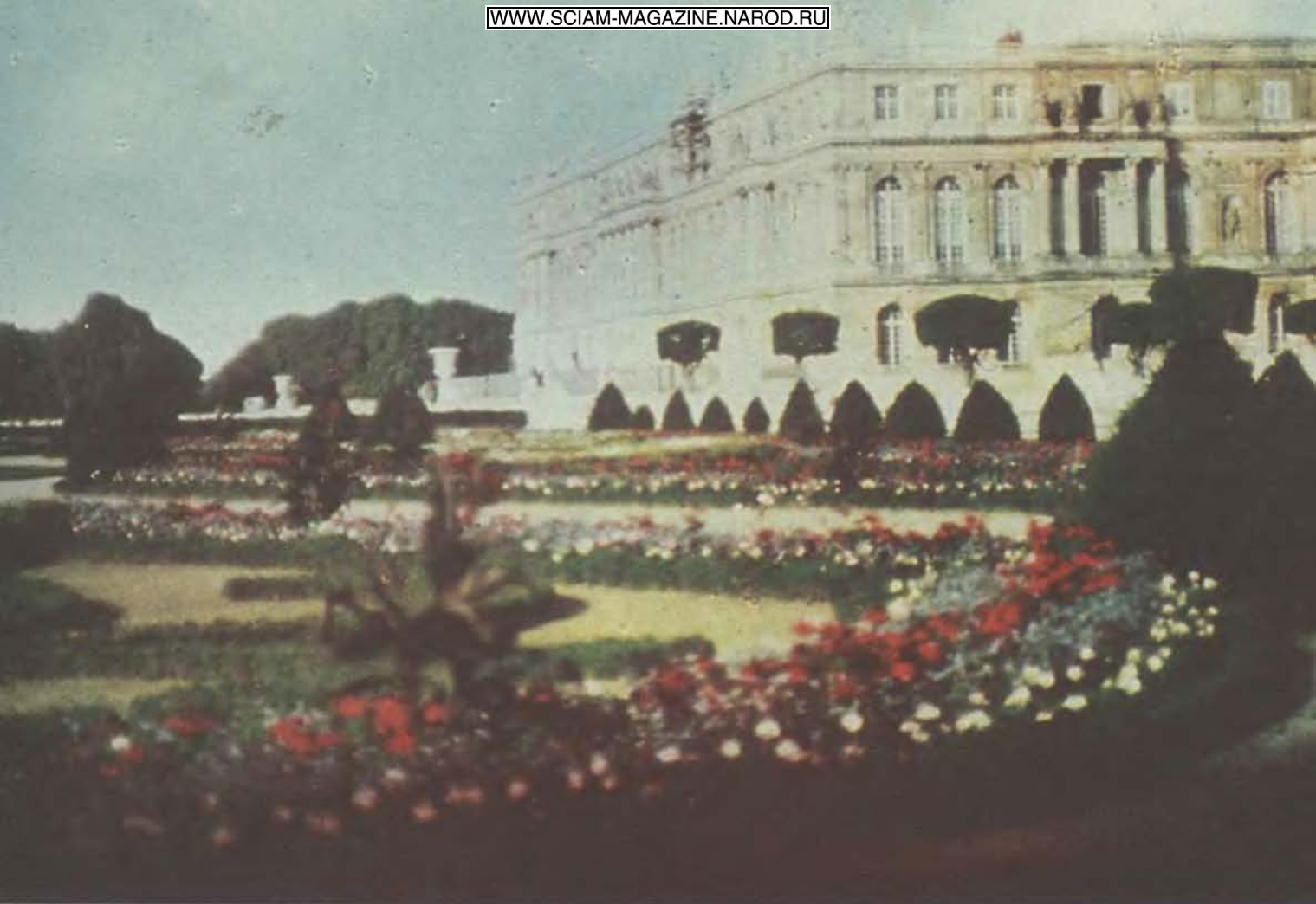
КОНТАКТНЫЙ СПОСОБ (вверху) получения изображения — еще один метод прямого воспроизведения цвета. Французский исследователь К. Ньепс де Сент-Виктор получил этот снимок (по-видимому, рисунок обоев) в середине прошлого века путем наложения рисунка на пластинку, покрытую хлоридным серебром.

коратор Л. Дагер начал проводить эксперименты, надеясь достичь воспроизведения цвета с помощью различных фосфоресцирующих материалов. Позже в 1826 г. французский изобретатель Ж. Ньепс получил фотографию, которая является первой фотографией, сохранившейся до наших дней. Изображение скотного двора было получено путем экспонирования оловянной пластинки, покрытой асфальтом. Последний под действием света полимеризовался, образуя монохроматическое изображение.

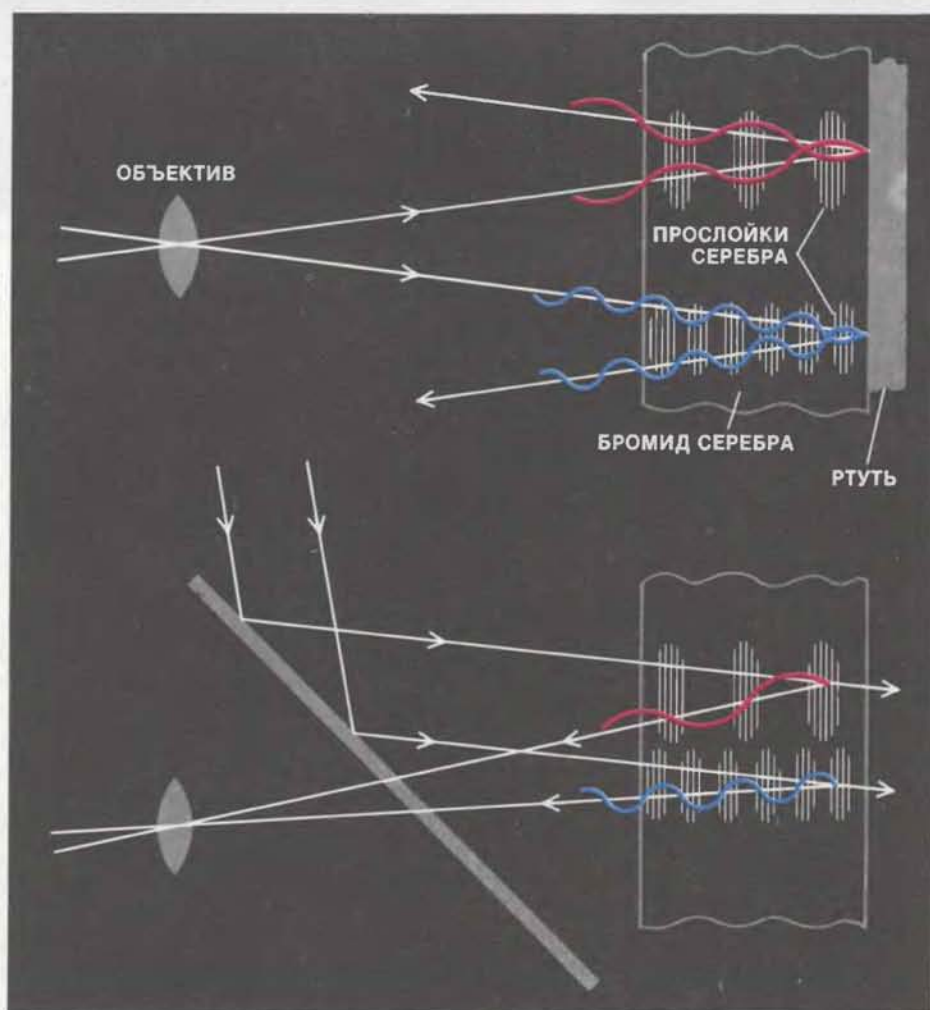
Дагер совместно с Ньепсом проводили эксперименты с посеребренными пластинками, обработанными парами иода. Через четыре года после смерти Ньепса в 1833 г. Дагер разработал способ получения дагеротипий, секрет которого он хранил до 1839 г. Приблизительно в то же время английский ученый-любитель У. Талбот заложил основы негативно-позитивной фотопечати на бумаге, разработав процесс, который впоследствии он назвал калотипией.

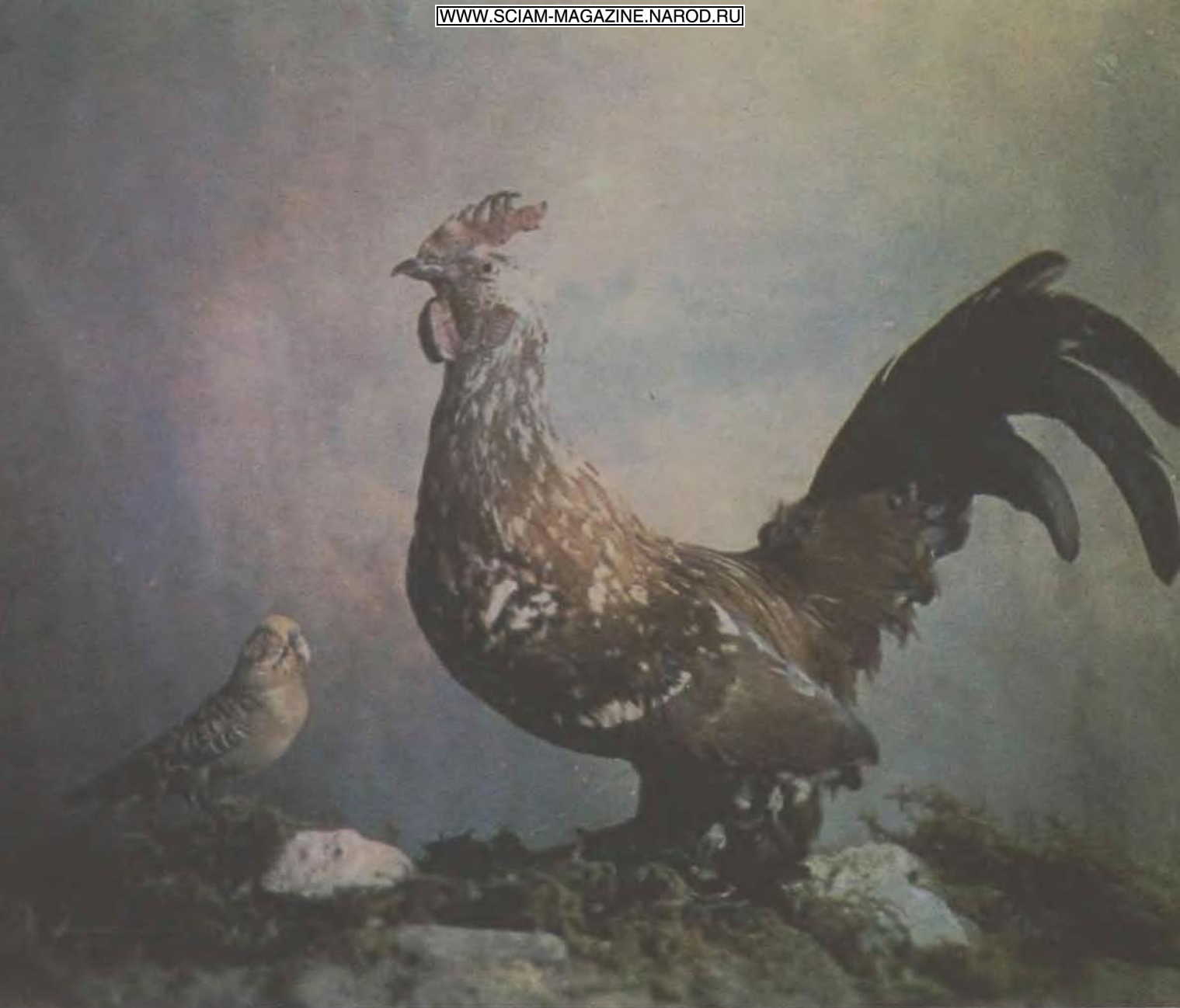
Дагеротипия была первым коммерческим фотографическим процессом. Изображение возникало на посеребренной медной пластинке, обработанной в парах иода, после экспонирования в фотокамере. Скрытое изображение на пластинке проявлялось в парах металлической ртути, которая образовывала с серебром амальгаму на тех участках, которые подвергались воздействию света. Свет, рассеянный амальгамой, взаимодействуя с отраженным светом от зеркальной поверхности серебра, приводил к созданию позитивного изображения. После открытия этот процесс совершенствовался в течение нескольких лет путем использования вместо иодида серебра, таких галогенидов, как бромид и хлорид. В результате время экспонирования было значительно сокращено. Хлорид серебра также использовался и в калотипии. Бумагу, обработанную химическими реактивами, Талбот применял для изготовления отпечатков с бумажных негативов контактным способом.

С помощью этих методов Дагер и Талбот с коллегами иногда получали сильно окрашенные, но тем не менее монохроматические фотографии — поверхность дагеротипии отражала главным образом свет только одной длины волны. Невозможность воспроизведения цвета часто компенсировалась ручным раскрашиванием фотографий, позволявшим иногда достичь совершенства (см. иллюстрацию на с. 36). Однако у многих исследователей, желавших расширить возможности фотографии, оставалась мечта изобрести способ получения естественных цветов.



ПРОЦЕСС ЛИППМАНА — это последняя значительная попытка воспроизведения цвета прямым методом. В 90-х годах прошлого века французский физик Г. Липпман предложил подход, основанный на использовании новой теории световых волн и новых типов фотоэмульсий. Стеклопластину (не показана), покрытую слоем бромида серебра, он поместил в камеру, в которой эмульсия соприкасалась с жидкой ртутью. Свет в камере проходил через эмульсию и отражался от ртути. Образующиеся стоячие волны создавали в эмульсии прослойки серебра на расстоянии одной длины волны (справа сверху). Если пластинку рассматривать под некоторым углом, прослойки серебра отражают свет той же длины волны (или цвета), что и вызвавший образование этих прослоек (справа снизу). Этот метод позволял получать изображения очень яркой окраски, как, например, на фотографии Версаля, сделанной Липпманом в 1890 г. (вверху).





Именно поэтому заново возник интерес к экспериментам Зеебека с цветом. В 1840 г. английский астроном Д. Гершель повторил эти эксперименты, фиксируя спектральные свойства различных солей серебра. На эту работу обратил внимание французский физик Э. Беккерель, который в 1847 г. стал регистрировать цветной спектр не на бумаге, а на тонкой зеркальной пластине для дагеротипии, покрытой хлоридом серебра. Результаты, полученные Беккерелем, были весьма обнадеживающими — одна из его цветных фотографий хранится в лондонском Музее науки (см. верхнюю иллюстрацию на с. 38).

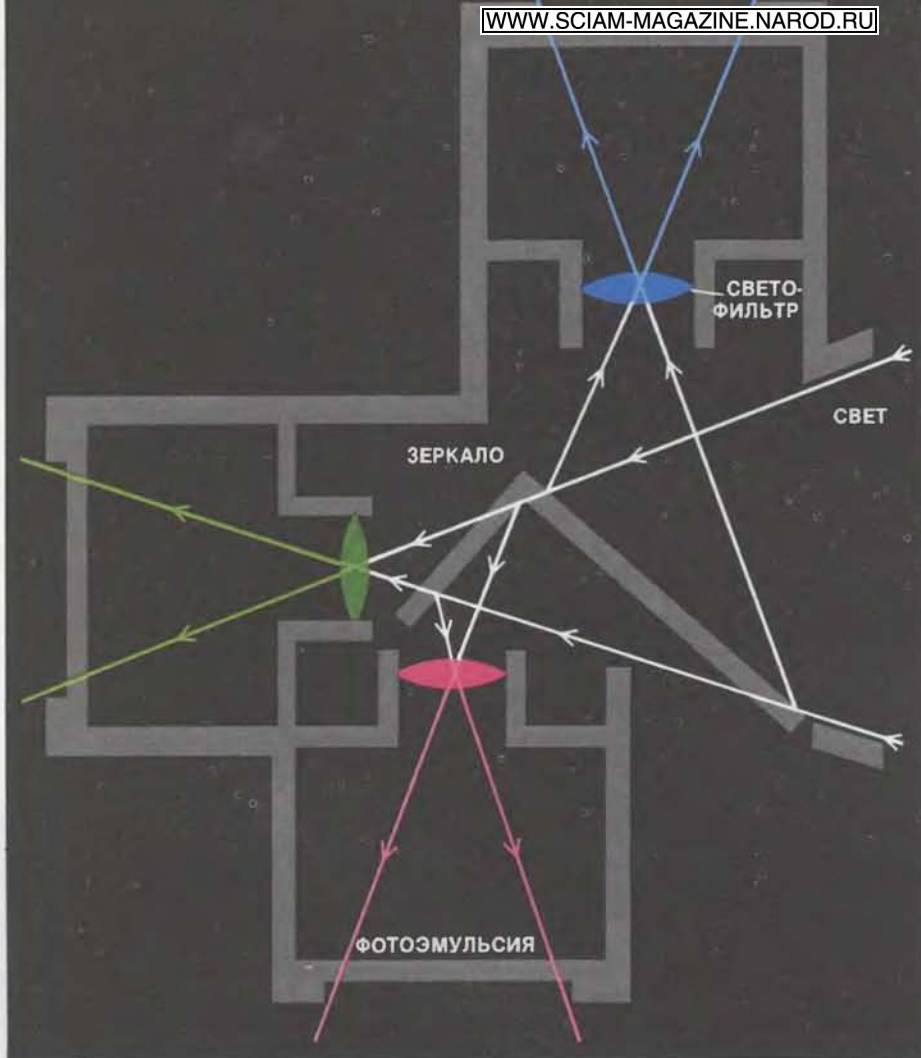
К. Ньепс де Сент-Виктор, племянник Ж. Ньепса, в 1851 г. вернулся к работе Беккереля и усовершенствовал ее, изменив способ нанесения хлорида серебра и применив лак для стабилизации цвета. Одна из его лучших фотографий спектра представлена в Национальной галерее искусств в Париже. В дальнейшем Ньепс де Сент-Виктор с помощью камеры стал полу-

чать на пластинках, покрытых хлоридом серебра, фотографии натюрмортов. Кроме того, он печатал на бумаге контактным способом изображения цветных графических рисунков (см. нижнюю иллюстрацию на с. 38).

Процесс Ньепса де Сент-Виктора не имел коммерческой перспективы, поскольку изображения не были в достаточной степени стабильными, и, кроме того, время экспонирования, требуемое для регистрации всех цветов, было слишком большим (свыше одного часа). В 1851 г., тогда же когда Ньепс де Сент-Виктор проводил эксперименты с цветом, американский министр и фотограф-профессионал Л. Хилл объявил об открытии способа получения цветных дагеротипий. Хиллу удалось заинтересовать спонсоров, которые создали фонд в 15 000 долл. для развития этого метода. Однако никто не смог воспроизвести его результаты, и в итоге он был признан мошенником. Тем не менее недавно современный фотограф Д. Будро из Колледжа искусств Пайера (шт. Кон-

нектикут), пользующийся в своем творчестве дагерротипией, получил цветные изображения, руководствуясь опубликованными Хиллом рекомендациями. Кроме того, как показало изучение некоторых фотографий, полученных Хиллом, их цвет, по крайней мере частично, обязан своему возникновению протекающим химическим реакциям. Действительно, процесс Хилла кажется совершенно аналогичным процессам Беккереля и Ньепса де Сент-Виктора.

В 1868 г. немецкий физик В. Зенкер высказал предположение, что цвет в пластинках, покрытых хлоридом серебра, получается за счет интерференции световых волн в фотографической среде. Согласно его теории, световые волны, преломляясь на хлориде серебра и отражаясь от полированной поверхности серебряной пластинки, образуют так называемые стоячие волны — волны, у которых гребни и впадины совпадают в пространстве, но меняются во времени (см. иллюстрацию на с. 39). Зенкер утверждал,



КАМЕРА ДЮКА ДЮ ОРОНА (вверху) позволяла получать цветовую гамму непрямым методом посредством цветоделения на три основных цвета: красный, зеленый и синий. Изобретатель из Франции Орон в конструкции камеры применил полупрозрачные зеркала, расщепляющие входящий пучок света на три, и светофильтры для выделения основных цветов. Известные в 1870-х годах фотоземлюсы не обладали чувствительностью, достаточной для использования в камерах этого типа. С помощью более трудоемкой методики Орому удавалось получать цветные фотографии, одна из которых приведена на странице слева (1877 г.).

что в местах, где колебания имеют максимальную амплитуду (пучности), происходит экспонирование хлорида серебра с образованием тонких прослоек чистого серебра. В узловых же точках, где колебания все время компенсируют друг друга, хлорид серебра остается неэкспонированным. Рассматривая затем пластинку в белом свете (состоящим из всех видимых длин волн), можно видеть отраженные от серебряных прослоек лучи света такой же длины волн, как и длина волн, воздействовавших на данный участок светочувствительного слоя. Другими словами, будет отражаться только тот цвет, которым вначале экспонировался хлорид серебра.

Теория Зенкера была подтверждена в 1889 г. немецким физиком О. Винером, работа которого позволила создать в 1891 г. прямой метод получения стабильных фотографических изображений в естественных цветах.

Оригинальный метод был предложен французским физиком Г. Липпманом, который использовал светочувствительные эмульсии, открытые в 50-е годы прошлого века и обладающие тем преимуществом, что прочно скреплялись с поверхностью стеклянных пластинок. Липпман помещал стеклянную пластинку, покрытую эмульсией мелкогранулированного бромида серебра в специальную кассету, в которой эмульсионный слой соприкасался с жидкой ртутью. Последняя играла роль зеркала, точно так же, как и серебряная пластинка в дагеротипиях Ньепса де Сент-Виктора. Заряженную кассету Липпман экспонировал в фотокамере. Свет, прошедший через стеклянную пластинку и эмульсию, падал на ртутное зеркало и, отразившись, приводил к образованию стоячих волн. После проявления образовывались прослойки металлического серебра, расстояния между

которыми соответствовали половине длин волн падающего света.

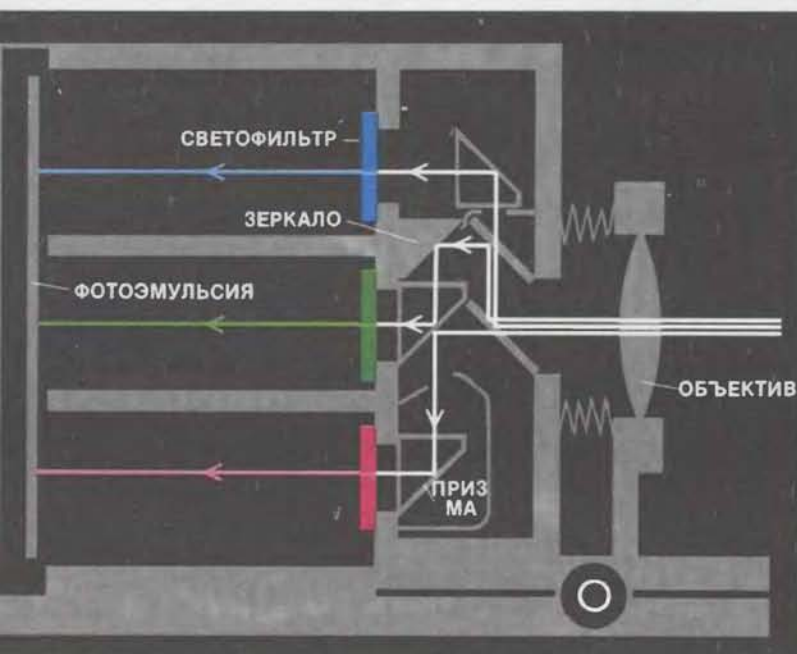
Проявленное изображение выглядело как нормальное негативное изображение, пока его не рассматривали под некоторым определенным углом. Под этим углом свет, отраженный поверхностью, создавал цветное изображение с естественной цветовой гаммой. Несмотря на то что метод Липпмана требовал длительного времени экспонирования, а работа с ртутью — крайней осторожности, получаемые цвета были настолько великолепны, что этот метод успешно использовали в коммерческих целях вплоть до 1907 г.

Именно тогда метод Липпмана был вытеснен непрямым способом получения цветных изображений — воссозданием цветного спектра путем сложения трех основных цветов: красного, синего и зеленого. Этот косвенный метод, разработанный в начале XIX в., стал основным в современной цветной фотографии. Чтобы понять историю развития этих методов, необходимо вновь вернуться к периоду, предшествующему появлению дагеротипии.

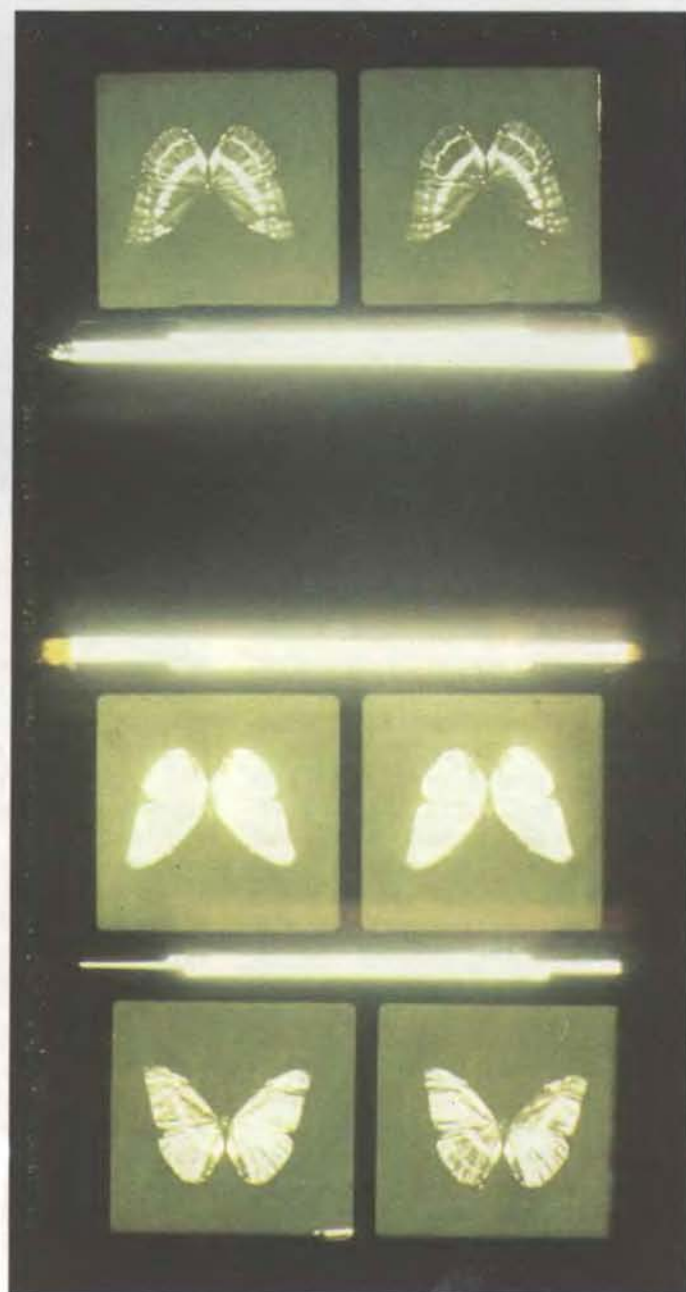
В 1801 г. английский врач и физик т. Юнг изложил лондонскому Королевскому обществу теорию цветового зрения, в которой он предсказал существование в сетчатке глаза человека трех типов фоторецепторов, каждый из которых чувствителен к одному из трех основных цветов. Эти цвета в соответствующих сочетаниях возбуждают определенные комбинации рецепторов, вызывая ощущения любого из существующих в природе цветов. Впервые теория Юнга представляла цвет не как материальную субстанцию, а как физиологическое явление. Его теория, равно как и успехи, достигнутые в цветной печати, использующей наложение трех и более цветов, подготовила почву для разработки косвенных методов получения цветных фотоизображений.

В первых опытах цветного фотографирования были предприняты попытки воспроизвести механизм зрительного восприятия цвета путем раздельной регистрации трех основных цветов с последующим их наложением, чтобы получить полноцветное изображение. В большинстве методов основные цвета выделяют путем изготовления трех монохроматических негативов, экспонированных через красный, синий и зеленый светофильтры. С этих трех негативов получают соответствующие позитивы, которые затем используют для создания цветного изображения аддитивным или субтрактивным методами.

В аддитивном способе цветное изо-



ДЕЙСТВИЕ ФОТОКАМЕРЫ "KROMSKOP" (вверху слева и справа) основано на принципах, заложенных Ороном. Новые фотоэмульсии повышенной светочувствительности позволили американскому изобретателю Ф. Айвсу начать в 1895 г. промышленное производство камер этого типа. В конструкции камеры (вверху) для разделения входящего через объектив пучка света и выделения основных цветов применялись полупрозрачные зеркала, призмы и светофильтры. Пучки света каждого из трех основных цветов проходили одинаковые оптические пути, прежде чем попасть на слой эмульсии. Более совершенная фотокамера этого типа имела два объектива и позволяла получать стереоскопические пары фотографий (справа).

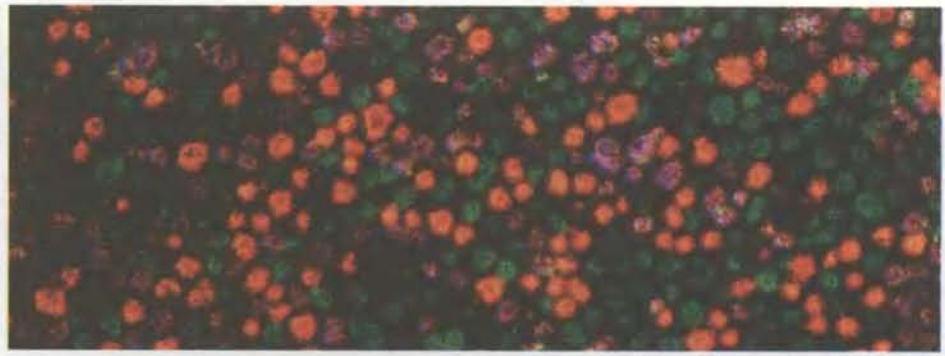


бражение получается путем смешивания (сложения) света трех основных цветов. Смешение может быть достигнуто совмещенным проецированием трех окрашенных изображений или наложением тонких линий или точек основных цветов (растр), с тем чтобы цвета смешивались непосредственно в сетчатках глаз наблюдателей. Субтрактивные методы, наоборот, используют красители дополнительных цветов: желтого, пурпурного и голубого, каждый из которых селективно поглощает один основной цвет, пропуская два остальных. Так, голубой цвет поглощает красный, пурпурный—зеленый и желтый—синий цвет.

Английский физик Дж. Максвелл впервые в 1861 г. продемонстрировал в лондонском Королевском институте цветную фотографию, полученную аддитивным способом (см. Ralph M. Evans, *Maxwell's Color Photographs*, — Scientific American, November, 1961). Максвелл совместил на экране с помощью слайд-проектора изображения с трех черно-белых диапозитивов, на которых сфотографирована цветная лента. Изображения на этих диапозитивах были получены путем фотографирования цветной ленты через светофильтры (стеклянные или жидкие) трех основных цветов. Проецирование каждого диапозитива осуществлялось через светофильтр того же цвета. После совмещения картинок на экране возникало цветное изображение ленты.

Максвелл проделал этот эксперимент, чтобы подтвердить результаты своих исследований в области колориметрии (науки об измерении и количественном выражении цвета); он был вполне удовлетворен полученными результатами. Однако эта демонстрация не решила проблем цветной фотографии. Известные в то время фотозмульсии были намного более чувствительны к синему свету, чем к остальным цветам, и даже когда время экспонирования красного и зеленого цветов было более продолжительным, получаемые цвета все равно были не столь естественными, как синий.

В 1862 г., через год после демонстрации опыта Максвелла, 25-летний француз Луи Дюко дю Орон, изучив принципы большинства известных в то время методов получения цветных фотоизображений, выдвинул идею, ставшую основополагающей в современной цветной фотографии. Его предложение заключалось в получении с помощью светофильтров основных цветовых компонентов цветоделенных изображений с последующим их совмещением в одном отпечатке.

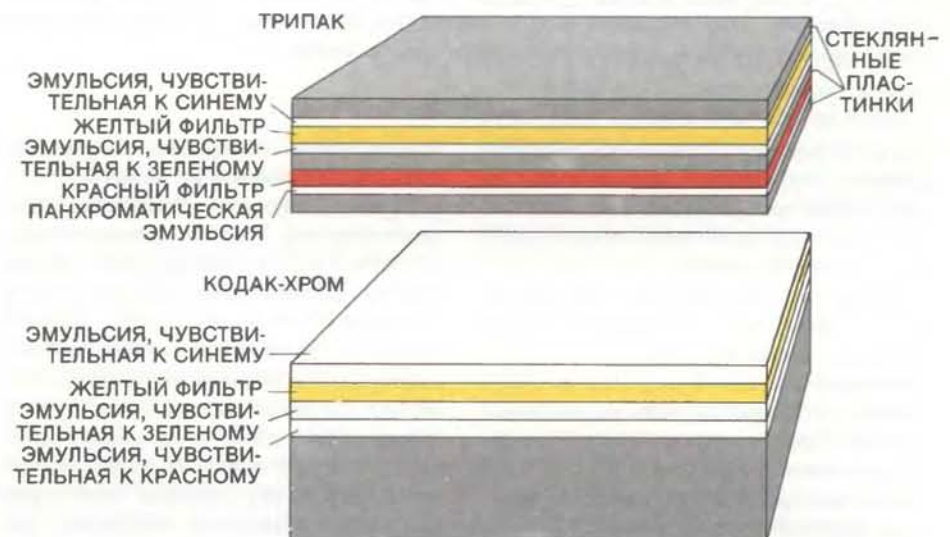


ЗЕРНА КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА, окрашенные в цвета близкие к трем основным, выполняли те же функции, что и светофильтры в фотокамерах Орона и Айвса. Пионеры французской кинематографии братья Люмьер применили окрашенные зерна крахмала в автохромном процессе, изобретенном ими в 1907 г. Слой зерен крахмала вводился в фотозмульсию перед экспонированием; после экспонирования и отбеливания свет, прошедший через зерна, окрашивался в основные цвета и, смешиваясь в глазах наблюдателя, создавал впечатление окрашенности предмета.

В 1869 г. Дюко дю Орон продемонстрировал в парижском Фотографическом обществе первые цветные фотографии, изготовленные по собственному методу. Метод этот основан на уже рассмотренном аддитивном принципе, т. е. на сложении цветов. Значимость идеи Дюко дю Орона умалило лишь то обстоятельство, что он неверно выбрал основные цвета — красный, желтый и синий.

В 1868 г. Дюко дю Орон придумал, как можно усовершенствовать метод получения цветных изображений путем трехкомпонентного наложения

негативов. Он предложил экспонировать эмульсию через стеклянный экран с нанесенным на нем множеством тонких линий красного, желтого и синего цветов. Участки экрана, покрытые красными линиями, могут пропускать только красный свет, который экспонирует эмульсию. Аналогично синие и желтые растры будут пропускать только синий и желтый цвета соответственно. Если затем позитив точно совместить с этим же экраном, то каждый засвеченный участок позитива будет отражать свет через тот же самый цветной растр, че-



МНОГОСЛОЙНЫЙ ЦВЕТОГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ «ТРИПАК» и его модификация «Кодак-хром» совмещают три цветных негатива на одной пластинке. Трипак, разработанный Ороном в 1897 г., состоит из стеклянной пластинки, покрытой слоем бромида серебра (при кратковременном экспонировании чувствительного к синему свету), желтого фильтра (пропускающего только красный и зеленый свет), тонкого чувствительного к зеленому слоя, красного фильтра и слоя эмульсий. Пластинки кодак-хром практически имеют такую же структуру, но в них нет красного фильтра, поскольку в 1930 г., когда появилась кодак-хром, уже выпускалась эмульсия, чувствительная к красному цвету.

DEATH OF A GIANT: The Exclusive Colorphoto Record of the Destruction of the HINDENBURG

To View These Pictures with Maximum Effectiveness, Look at This Page Together with Page 35.

To View These Pictures with Maximum Effectiveness, Look at This Page Together with Page 35.



DIVING INTO THE FLAMES!
A Moment After the Great Explosion, the Ground Crew Members of the Hindenburg, Caught in the Fire, Dived into the Water to Save Their Lives. The Colorphoto Shows the Crew Members Diving into the Water.

THE FIRE TRUCK ARRIVES. First Fire Apparatus to Reach the Forty Caravan of the World's Largest Airship Was the Truck Stopped at the Lakehurst Navy Air Station.

THE BOAT FOR THE LIFEBOAT. A Small Boat of the Great Airship's Crew, Entombed in the Corner of the Hindenburg, Remains in the Water Near the Ship. In the Background, the Fire of the Hindenburg, Burning in the Water.



DEER CLOUDS OF SMOKE from the Great Fire Did Not Rise the Hindenburg's Great Explosion. Instead, the Great Smoke Clouds Were Winded in the Air.

MULTICOLORED FLAMES from the Burning Ship, the Fire of the Hindenburg, Caught in the Fire, Dived into the Water to Save Their Lives. The Colorphoto Shows the Crew Members Diving into the Water.

A BURNING END. Remains of a Boat Belonging to the Great Airship's Crew, Entombed in the Corner of the Hindenburg, Remains in the Water Near the Ship. In the Background, the Fire of the Hindenburg, Burning in the Water.

All the world now knows that on May 30, 1937, the Hindenburg, the world's largest rigid airship, was destroyed by fire. The Hindenburg, which was built in Germany, was on its way to Lakehurst, N. J., when it was destroyed.

The Hindenburg, which was built in Germany, was on its way to Lakehurst, N. J., when it was destroyed. The Hindenburg, which was built in Germany, was on its way to Lakehurst, N. J., when it was destroyed.

The Hindenburg, which was built in Germany, was on its way to Lakehurst, N. J., when it was destroyed. The Hindenburg, which was built in Germany, was on its way to Lakehurst, N. J., when it was destroyed.

ТРАГЕДИЯ «ГИНДЕНБУРГА» — фоторепортаж 1937 г. С появлением фотоземельсий, которые позволяли одновременно регистрировать три цвета (усовершенствованная структура «трипак»), стало возможным де-

лать цветные фоторепортажи о неожиданных событиях, как, например, запечатленная на этих фотоснимках гибель дирижабля «Гинденбург».

рез который осуществлялось экспонирование эмульсии. Свет от тончайших линий раstra будет смешиваться в глазах наблюдателя, воссоздавая цветное изображение.

Дюко дю Орон испытывал недостаток средств для претворения своей идеи на практике. В конце XIX в. предприниматели Ирландии и США попытались реализовать технологию Орона. Однако им пришлось столкнуться с рядом проблем: чувствительность эмульсии к излучению в дальнем участке красного спектра была низкой, растровые экраны оказались очень дорогими, а сам процесс экспонирования изображения был технически сложным. В 1907 г. французские пионеры кинопромышленности братья Огюст и Луи Жан Люмьер смогли преодолеть указанные трудности, разработав так называемый автохромный процесс, ставший первым практически осуществимым процессом аддитивного воспроизведения цвета. В своей работе братья Люмьер

использовали панхроматические фотоземельсии, имеющие равную чувствительность во всем диапазоне видимого спектра. Вместо дорогостоящего линейчатого растрового экрана братья Люмьер прибегли к дешевому альтернативному варианту, используя стеклянные пластинки с равномерно нанесенным на них тонким слоем мелких зерен картофельного крахмала, окрашенных в красный, зеленый и синий цвета и скрепленных эмульсией. Свет, пройдя слой зерен крахмала, засвечивал эмульсию, которая, будучи отбеленной, пропускала свет обратно через зерна, воспроизводя таким образом цвет, которым эмульсия экспонировалась. Автохромный процесс и его модификации имели коммерческий успех вплоть до 30-х годов нынешнего столетия, пока не был вытеснен субтрактивными способами цветной фотографии, в которых использовались новые фотоматериалы типа кодак-хром, широко применяемые и в наши дни.

В 1874 г. Дюко дю Орон приступил к разработке принципов субтрактивного цветного фотографирования. Он увеличил чувствительность фотопластинок к красному и зеленому цветам, применив специальные сенсibilizующие красители, открытые в 1873 г. немецким химиком Г. Фогелем. В результате Дюко дю Орону удалось уравнять длительность экспонирования для всех трех основных цветов, благодаря чему экспонирование пластинок, чувствительных к красному, зеленому и синему, можно было осуществлять одновременно, а не последовательно.

Для возможности практической реализации достоинств новых фотоматериалов Дюко дю Орон разработал фотокамеру с тремя объективами, позволяющую одновременно экспонировать три пластинки. Однако поле зрения каждого объектива в такой камере было немного смещено относительно двух других, и за счет этого точно совместить изображения на

трех пластинок при воссоздании цветного изображения было невозможно. Для устранения этого недостатка Орон сконструировал однообъективную камеру, в которой входящий световой пучок с помощью системы зеркал делился на три пучка, каждый из которых проходил через светофильтр соответствующего цвета (см. иллюстрацию на с. 41).

Камера Дюко дю Орона требовала использования эмульсий более чувствительных, чем те, которые были известны в 70-х годах прошлого века. К 1895 г. были разработаны эмульсии с повышенной светочувствительностью, и это позволило американскому изобретателю Ф. Айвсу выпускать фотокамеру "Kromskop", принцип действия которой был основан на идеях Дюко дю Орона (см. иллюстрацию на с. 42). С помощью этой камеры можно было также получать пары негативов для воспроизведения стереоскопических изображений. Такие стереопары рассматривались в устройстве, напоминающем камеру Дюко дю Орона, сконструированную им в 1869 г.

На рубеже двух столетий неразработанным в цветной фотографии оставался только способ совмещения трех цветоделенных негативов на одну фотопластинку. В 1897 г. Дюко дю Орон решил эту задачу, разработав так называемый трипак. Он представлял собой стеклянную пластинку, покрытую прозрачным слоем бромида

серебра (чувствительным к синему свету), желтого фильтрующего слоя, прозрачного для красного и зеленого света, слоя эмульсии, чувствительной к зеленому, красного фильтрующего слоя и, наконец, слоя панхроматической фотоэмульсии (см. нижнюю иллюстрацию на с. 43). Изготовив три цветоделенных негатива с позитивных отпечатков, Дюко дю Орон получил желтый отпечаток с синего негатива, пурпурный — с зеленого и голубой — с красного. Совместив эти отпечатки в дополнительных цветах, он получил полноцветное изображение. Современные цветные фотопленки представляют собой различные усовершенствованные модификации многослойного фотоматериала трипак Дюко дю Орона.

Мы рассмотрели лишь основные вехи в истории цветной фотографии прошлого столетия, хотя в этой области имелось и множество других новшеств более сложных и совершенных. Некоторые из них в особых случаях применяются и сейчас. Рождение цветной фотографии 150 лет назад является важным историческим событием и несомненно заслуживает того, чтобы оно было отмечено мировой общественностью. Следует также подчеркнуть, что среди ранее разработанных методов существует множество незаслуженно забытых, которые еще могут внести свой вклад в дальнейшее развитие цветной фотографии.

Сан-Франциско решили проверить эту гипотезу. С помощью моноклональных антител, связывающихся с белком — продуктом гена *engrailed*, они определяли, в каких участках эмбриона происходит экспрессия гена *engrailed* у животных трех групп: членистоногих (к ним относятся насекомые, ракообразные и другие животные с сегментированным телом и наружным скелетом),annelид (к которым принадлежат сегментированные черви, например пиявки и земляные черви) и позвоночных (птицы, рыбы, млекопитающие и другие животные с внутренним скелетом).

К своему удивлению, Пэтел и его коллеги обнаружили, что ген *engrailed* участвует в сегментации только у членистоногих. У позвоночных и annelид сегментация контролируется другими генами, пока не идентифицированными. Тем не менее *engrailed* действительно выполняет одинаковую функцию у всех изученных на этот предмет видов животных: он участвует в образовании нервной системы, в частности в развитии новых нейронов. Например, в курином эмбрионе *engrailed* экспрессируется в тканях нервной трубки, являющихся предшественниками средних и задних отделов головного мозга.

Вероятно, у некоего далекого предка всех исследованных животных, отнесенного к плоским червям, функция гена *engrailed* заключалась в управлении нейрогенезом, которая сохранилась у него и сейчас. Когда возникли членистоногие, ген *engrailed* каким-то образом взял на себя еще и другую функцию — управление сегментацией тела. Можно сказать, что эволюция научила старый ген новым фокусам.

Результаты исследований, проведенных группой Пэтела, опубликованные в журнале "Cell", служат доказательством общего происхождения насекомых, ракообразных и других членистоногих. Эволюционисты давно ведут спор о том, родственны ли насекомые и ракообразные или же признаки "членистоногости" возникли у них независимо. Эта работа показывает также, что у членистоногих, позвоночных и annelид механизмы сегментирования тела эмбриона сложились независимо. По словам Гудмэна, у животных всегда была нервная система, поэтому их потомкам не приходилось вновь изобретать механизмы для ее построения. Сегментация же, по-видимому, возникала в ходе эволюции несколько раз независимо, и при этом, вероятно, использовались различные комбинации генов.

Наука и общество

Новые фокусы старого гена

ГЕН, получивший название *engrailed*, имеет необыкновенно длинную историю, которую удалось проследить более чем на 600 млн. лет. Самые разные животные, от червей до человека, содержат в своих клетках этот ген. Если ген сохраняется в эволюции так долго и у столь различных организмов несмотря на безжалостный естественный отбор, он, должно быть, имеет отношение к какому-то жизненно важному признаку. Какова же роль гена *engrailed*? Проведенное недавно всестороннее исследование его экспрессии у различных животных позволило ответить на этот вопрос, опровергнув прежние предположения о функциях гена.

Ген *engrailed* содержит последовательность ДНК, называемую гомеобоксом. Такие гены играют роль переключателей, определяющих структурные изменения в ходе эмбрионального развития. У плодовой мушки *Drosophila*, в геноме которой ген *engrailed* был впервые обнаружен, от него зависит разделение тела эмбриона на сегменты. Сходная сегментация наблюдается и у других животных, обладающих геном *engrailed*. Поэтому высказывалось предположение, что *engrailed* является универсальным геном, контролирующим сегментацию.

Н. Пэтел, М. Эллис и К. Гудмэн из Калифорнийского университета в Беркли, а также Э. Мартин-Бланко, К. Коулмэн, С. Пул и Т. Корнберг из Калифорнийского университета в

Микрокластеры

Небольшие агрегаты атомов могут образовывать самостоятельную фазу вещества. Благодаря высокой реакционной способности и селективности возможно их применение в катализе, оптике и электронике

МАЙКЛ А. ДУНКАН, ДЕННИС Х. РОУВРЕЙ

ЕСЛИ делить твердое тело на все более мелкие частицы, его свойства постепенно, одно за другим, исчезнут (подобно очертаниям Чеширского кота). В результате чего образуется новая фаза вещества, отличная от твердых тел, жидкостей и газов и называемая микрокластером (от англ. cluster — группа, скопление).

Микрокластеры представляют собой мельчайшие агрегаты, включающие от двух до нескольких сотен атомов. При их исследовании возникают вопросы, находящиеся в центре физики и химии твердого тела, а также связанного с ними материаловедения. Насколько малым должен стать агрегат частиц, чтобы у него отсутствовали свойства вещества, из которого он образовался? Как может измениться конфигурация атомов при отсутствии влияния окружающего их вещества? Если вещество — металл, насколько малым должен быть кластер из его атомов, чтобы исчезла характерная миграция свободных электронов, обуславливающая электропроводность? Переходят ли растущие кластеры постепенно от одной стабильной структуры к другой в основном через простое добавление атомов или же они претерпевают качественные изменения?

Многие свойства кластера определяются тем, что они состоят главным образом из поверхностных атомов. У плотно упакованного кластера из 20 атомов только один атом находится внутри объема, а у кластера из 100 атомов — не более 20. Другие свойства кластеров обусловлены тем, что у поверхностных атомов имеются свободные валентные связи, которые как бы «оголяют» их и, следовательно, они становятся чрезвычайно реакционноспособными. Благодаря такой высокой реакционной способности кластеры уже в настоящее время можно использовать для исследования твердых тел и в недалеком будущем применять в технологических процессах, связанных с выращиванием кристаллов, проведением селек-

тивных каталитических превращений и получением совершенно новых материалов с искусственно упорядоченными электронными, магнитными и оптическими свойствами. Подобные материалы в свою очередь могли бы улучшить характеристики таких различных устройств и изделий, как лазеры, фотопленка, электрочувствительные люминофоры, магнитные диски и суперкомпьютеры.

ОПЕРСПЕКТИВАХ применения кластеров ученые задумывались задолго до того, как они смогли быть получены в лабораторных условиях. Вероятно, первое упоминание о кластерах было сделано в 1661 г. английским физиком и химиком Робертом Бойлем в его книге «Химик-скептик», где он пишет о «мельчайших массах, или «группах», которые нелегко разделить на составляющие их частицы». Из-за микроскопических размеров и чрезвычайно высокой реакционной способности кластеры невозможно было исследовать традиционными методами поверхностной химии или даже синтезировать в лабораторных условиях вплоть до 1950-х годов.

В ранних опытах исходный металл сначала испаряли в печи, а затем осаждали в виде кластеров на подложке. Первыми были испытаны щелочные металлы натрия и калия при температурах около 1000° С; металлы с более высокими точками плавления и испарения изучались позже. Однако металлы с более высокими температурами фазовых переходов обычно удается получать в виде очень мелких кластеров, состоящих только из трех-пяти атомов. Поэтому для них невозможно провести четкую границу между частичками, сохраняющими свойства твердого тела, и агрегатами со свойствами кластера.

Более эффективный метод, в котором используется испарение твердого металла с помощью лазера, был разработан в 1981 г. двумя группами исследователей — одной руководил Р. Смолли из Университета Райса, другой — В. Бондиби из AT&T Bell

Laboratories. Один из нас (Дункан) в то время был аспирантом Смолли, и поэтому в числе первых наблюдал кластеры, полученные с помощью лазера. Этот метод впоследствии был значительно усовершенствован и теперь позволяет производить кластеры, включающие до 100 или более атомов практически любого вещества, которое может находиться в твердом состоянии. Получены также кластеры, состоящие из смесей различных материалов.

Процесс начинается, когда импульсный лазерный луч фокусируется на металлической пластине или диске, смонтированном в канале; в результате происходит испарение атомов металла в чрезвычайно горячую плазму. Поток гелия, заполняющий канал, охлаждает пары настолько, что они конденсируются и образуют кластеры различных размеров. Гелий выносит кластеры в откачиваемую камеру, где перепад давления вызывает расширение струи со сверхзвуковой скоростью. При столкновениях, происходящих во время расширения, кластеры охлаждаются до температуры, близкой к абсолютному нулю, сохраняют стабильность и их можно дальше исследовать.

Центральная часть струи проходит через отверстие на противоположной стенке камеры. Формируемый пучок облучают лучом ультрафиолетового лазера, энергия которого достаточна для отрыва электронов от кластеров. В результате кластеры приобретают положительный заряд, и их можно ускорить электрическим полем определенной напряженности на заданном пути. Прибор, работающий по такому принципу, — времяпролетный масс-спектрометр — сортирует кластеры в различные «пакеты», так что самые тяжелые (содержащие больше всего атомов) и самые легкие оказываются в крайних пакетах.

Такое распределение дает тонкий способ определения геометрии кластеров. В распределении частиц по размерам максимум приходится на кластеры с наиболее стабильными

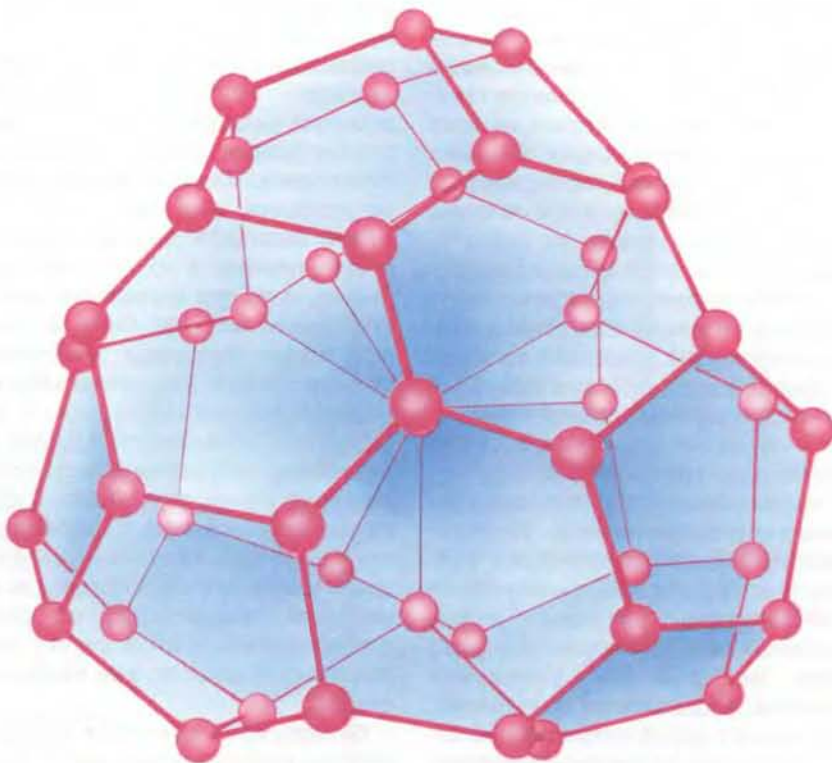
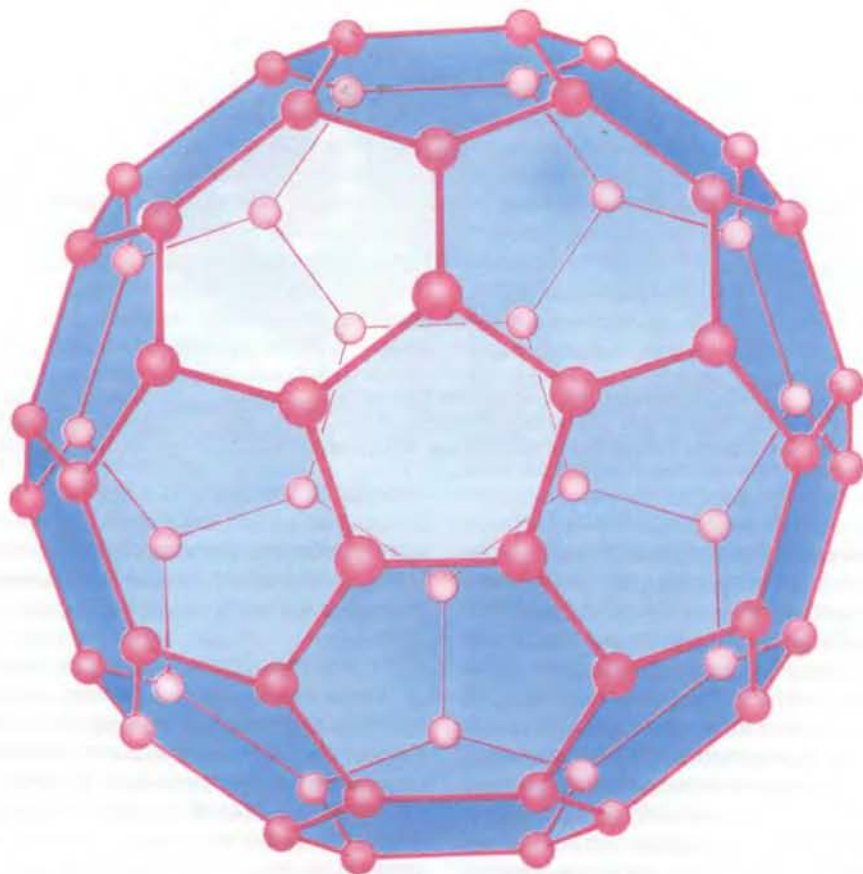
конфигурациями. Числа атомов в таких кластерах, соответствующие пикам на кривых распределения по размерам (где размер — число атомов), называют магическими (по аналогии с квантовой моделью атомных ядер, которые могут существовать только при строго определенных сочетаниях протонов и нейтронов).

ПО МАГИЧЕСКИМ числам иногда можно определить геометрию кластеров. Рассмотрим, например, масс-спектр свинца, в котором интенсивность пиков 7- и 10-атомных кластеров в 2 раза выше, чем у кластеров, ближайших к ним по размерам. Предполагается, что каждая из этих двух форм по структуре является предшественницей для последовательной упаковки отдельных атомов в массивном свинце. Система из 10 атомов — ключевой фрагмент в кристаллической структуре алмаза, химические связи в которой характеризуются осью симметрии четвертого порядка и фиксируют атомы в относительно открытой решетке. Семиатомные кластеры могут образовывать пентагональные бипирамиды с пятью атомами в плоскости и двумя над и под ней. Эта конфигурация — первый «строительный блок» очень распространенной кубической плотноупакованной структуры, наблюдаемой и в массивном свинце.

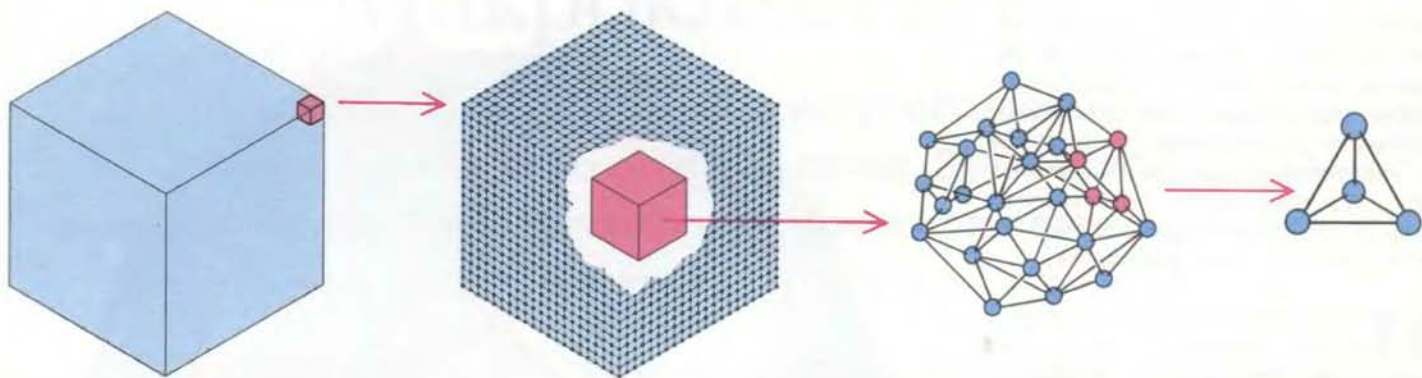
Пентагональные бипирамиды легко принимают еще шесть атомов, образуя икосаздры — почти сферические фигуры, в которых реализуется наиболее устойчивый вид плотной упаковки кластера. По своей структуре они лишь незначительно отличаются от твердого тела с плотной упаковкой атомов.

Другой пример определения структуры по масс-спектроскопическим данным — 14-атомные кластеры свинца, интенсивность пика которых составляет лишь 1/3 интенсивности пика для кластеров, ближайших к ним по размерам. Это можно объяснить относительной стабильностью, приписываемой теорией 13-атомному икосаздрическому кластеру, добавление к которому еще одного атома делает систему менее устойчивой. В результате 14-атомный кластер стремится «отторгнуть» один атом и образовать 13-атомный.

Мы заинтересовались применением магических чисел к исследованию кластеров, приготовленных из смеси металлов, образующих сплавы в твердом состоянии. Проводя исследование в Университете шт. Джорджия, мы обнаружили, что кластеры, образованные из смеси свинца с сурьмой (оба элемента входят в главные под-



ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ СТРУКТУРЫ кластеров из 60 атомов углерода (вверху) и 45 атомов кремния (внизу), согласно теории, должны обладать большой стабильностью, однако их существование еще не доказано. Форму футбольного мяча, предложенную для кластера углерода, имеет частица, обнаруженная в коптящих углеводородных пламенах и, возможно, в межзвездной пыли; она названа бакминстерфуллереном в честь изобретателя геодезического купола. Более выпуклая форма, недавно предложенная для кластера из 45 атомов кремния, образуется из тех же многоугольных элементов.



ТВЕРДОЕ ТЕЛО превратится в кластер без четко определенной точки перехода, если постепенно уменьшать его размеры. При этом различные свойства, например темпе-

ратура плавления, потенциал ионизации и геометрическая форма, изменяют свои значения от характерных для твердого тела до свойств микрораспада.

группы соответствующих групп периодической системы), по соотношению элементов, отличаются от сплавов. Два пика в масс-спектре показали отсутствие пропорциональной зависимости между содержанием свинца и сурьмы: в одном ионе на два атома свинца приходится три атома сурьмы, а в другом ионе на четыре атома свинца — пять атомов сурьмы. Такие структурные элементы наблюдались в классе стабильных молекул, известных химикам-неорганикам как ионы Цинтля; их структура была определена методом рентгеновской кристаллографии. Полученные нами микрораспада (а также родственное семейство приготовленных из сплавов газофазных кластеров, которые состоят из молекул, образованных атомами различных металлов), по-видимому, по стабильности сходны с ионами Цинтля, следовательно, их структуры аналогичны: пять атомов в тригональной бипирамиде (с шестью треугольными гранями) или девять атомов в увенчанной вершиной квадратной антипризме (с 12 треугольными гранями и одной квадратной гранью).

С точки зрения геометрии, возможно, наиболее эффектны две структуры, предложенные для описания кластеров углерода и кремния. Хотя согласно теории предполагаемые структуры очень устойчивы, поскольку соответствующие кластеры весьма инертны, их существование пока строго не доказано. Углеродная структура, образованная 60 атомами, представляет собой открытую «клетку», состоящую из шести- и пятигранников и напоминающую футбольный мяч. Смолли назвал ее «бакминстерфуллереном» в честь изобретателя геодезического купола и предполагает, что такие частицы образуют межзвездную пыль, которая поглощает излучение; так можно было бы объяснить «пробел» в ее ультрафиолетовом спектре. Недавно Смолли предло-

жил еще более сложную структуру также с шести- и пятиугольными гранями для кластера из 45 атомов кремния.

ЕСТЕСТВЕННО приписать свойства твердого состояния мельчайшим кластерам, которые действительно были бы твердыми телами при наличии достаточного количества вещества. Такой подход справедлив для тех металлов, у которых структура упаковки кластеров имеет близкое сходство со структурой массивного тела. Однако в других случаях такой подход не соответствует полученным данным.

Это можно проиллюстрировать на примере кластеров, образующих изомеры — различные молекулярные конфигурации данного химического соединения. Каждый изомер локально устойчив, поскольку соответствует минимальной энергии, однако он может перейти в другую изомерную форму, если при нагревании получит достаточно энергии. Один из примеров таких «текучих» кластеров — тример натрия: три атома образуют равнобедренный треугольник, у которого угол, образованный двумя одинаковыми сторонами, не остается в каком-то одном положении, а непрерывно перемещается с одной вершины на другую. Поскольку на микроскопическом уровне их форма не фиксирована, текучие кластеры следует рассматривать в этом случае скорее как капли жидкости, а не твердые частицы.

О геометрии кластеров можно узнать из данных другого рода. Например, содержание кластеров различных размеров непосредственно зависит от их электронных конфигураций, поскольку определенное распределение электронных связей способствует высокой устойчивости некоторых кластеров. Это зависит от того, какие орбитали первоначально занимали электроны, а также от степени свя-

занности электронов. При делокализации связей электроны распределены по всему кластеру, так что отрицательный заряд примерно одинаков в различных точках кластера, который вследствие этого приобретает некоторые свойства твердого металла (например, электропроводность). Когда все электроны прочно связаны с атомами, кластеры похожи на изолированные молекулы.

Делокализованные электроны обнаружены в кластерах таких щелочных металлов, как натрий и калий, а также в кластерах «монетных» металлов — меди и серебра. Атомы металлов обоих классов имеют один электрон на внешней *s*-орбитали, который при образовании кластера распределен между всеми его атомами. По мере увеличения числа атомов в кластере атомные орбитали объединяются с образованием молекулярных орбиталей, на которых расположены все электроны кластера; молекулярные орбитали с ростом размеров кластера постепенно переходят в «полосы», или энергетические состояния, как в твердом теле. У этих металлов пики содержания кластеров соответствуют размерам, оцененным по квантовой модели для сферически-симметричного тела с поделенными электронами. Эти величины близки к магическим числам, полученным из квантовой модели атомных ядер, и номерам электронных оболочек, рассчитанных для атома водорода.

У. Найт, М. Коуэн и их коллеги в Калифорнийском университете в Беркли установили, что пики содержания кластеров натрия соответствуют 8, 20, 40, 58 и 92 атомам. Этот набор значений дает неопровержимое доказательство того, что характер делокализации электронов в кластерах с указанными числами атомов примерно такой же, как в соответствующих твердых телах. Следует, однако, отметить, что квантовая модель, на ос-

нове которой проводились эти оценки не может быть применена к твердому состоянию, не являющемуся в отличие от кластера сферически-симметричной системой.

Связи, по-видимому, более локализованы в кластерах металлов главных подгрупп, таких как свинец и сурьма. У них внешние электроны занимают более компактные p -орбитали. Только p -электроны участвуют в образовании связей, которые имеют более локальный характер, чем в случае щелочных и «моетных» металлов. Металлы главных подгрупп, как правило, менее реакционноспособны; это объясняет, почему они иногда образуют открытые кластеры при растворении в жидкостях, как, например, ионы Цинтля. Эти ионы особенно устойчивы, поскольку их электронные оболочки замкнуты. Таким образом, в указанных электронных системах как в газовой, так и в конденсированной фазах преобладают связи с участием p -электронов. Предполагается также, что переходные металлы, такие как железо, хром и никель, образуют связи с участием d -электронов, однако эти металлы труднее моделировать.

ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ информацию об электронной конфигурации кластера можно получить из данных по энергии отрыва электронов.

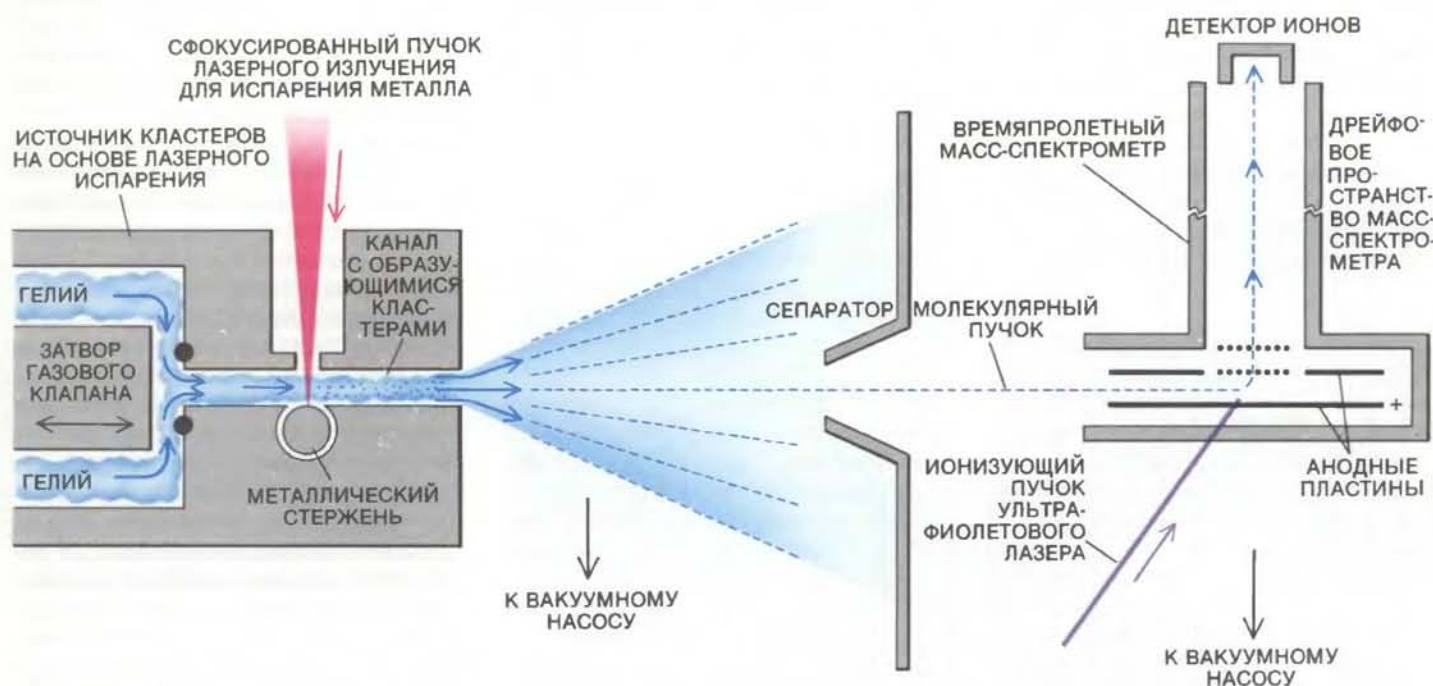
Для молекул эту энергию называют потенциалом ионизации, для твердого тела — работой выхода. Изолированные атомы сильнее удерживают электроны, чем кластеры атомов удерживают поделенные электроны, поэтому потенциалы ионизации большинства металлов примерно вдвое больше их работ выхода. Если бы кластеры вели себя подобно частицам твердого тела, то теоретически для них должна получаться плавная обратная зависимость энергии связи электрона от размера кластера, которая при неограниченном возрастании размера должна стремиться к величине работы выхода.

Э. Калдор и его коллеги из научнотехнической фирмы Еххон одними из первых определили потенциалы ионизации кластеров железа и ниобия. Они облучали кластеры светом ультрафиолетового лазера с перестраиваемой частотой, начиная с низкочастотного излучения при последующем медленном увеличении частоты до таких значений, пока в спектрометре не были зарегистрированы первые заряженные кластеры. По мере увеличения частоты лазерного излучения одновременно фиксировалось распределение кластеров по массе, и действительно было обнаружено, что с ростом размера кластера его потенциал ионизации уменьшается. Однако полученная кривая не была плавной,

потому что некоторые кластеры вели себя скорее как молекулы, а не как твердые тела. Эти результаты наряду с данными других авторов показывают, что при увеличении размера кластера металлов вплоть до 100 атомов его потенциал ионизации не достигает работы выхода. Несомненно, что переход от кластера к твердой фазе происходит в более крупных агрегатах.

По-видимому, другие свойства твердого состояния должны появляться у кластеров по мере их роста, хотя точки таких переходов были обнаружены лишь в редких случаях. Кластеры золота, нанесенные на подложку, достигают точки плавления макроскопического куска золота, только если содержат 1000 или более атомов, хотя неясно, в какой степени на точку плавления влияет подложка.

Методом рентгеноструктурного анализа было найдено, что среднее межатомное расстояние в двухатомных кластерах меди значительно меньше, чем в макроскопическом куске металла, причем эти значения сближаются, только если кластер содержит более 50 атомов. Однако несмотря на это различие, кластеры меди размером до 14 атомов уже обладают кубической плотноупакованной структурой твердого тела. Энергии орбиталей для кластеров меди, алюминия и кремния (рассчитанные по энергиям отрыва электронов под дей-



Для получения кластеров используют импульсный лазер, с помощью которого металл сначала испаряют, затем пары металла в токе гелия пропускают через цилиндрический канал и на выходе из канала происходит конденсация с образованием кластеров различных размеров. Смесь газа с кластерами выходит в вакуум, где быстро расширяется, охлаждаясь почти до абсолютного нуля. Затем

кластеры ионизируются излучением ультрафиолетового лазера и ускоряются в электрическом поле на известном расстоянии; при этом они сортируются по массе в «пакеты», которые в масс-спектре дают пики с высотой, пропорциональной содержанию кластеров соответствующих размеров. Вероятно, более высокие пики отвечают особенно стабильным структурам.

ствием излучения определенной частоты) не приближаются к соответствующим значениям для твердого состояния даже для кластеров, содержащих 40 атомов. Кластеры большего размера не исследовались таким способом частично потому, что трудно получать пучки с большим их содержанием.

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что различные физические характеристики кластеров приближаются к соответствующим значениям для твердых тел при разных размерах кластеров. Можно сказать, что твердое тело возникает не все сразу, подобно Чеширскому коту, очертания которого появляются постепенно, и прежде всего он выдает себя улыбкой.

КАК МОЖНО использовать химию поверхности кластеров? Среди перспективных областей применения — промышленный катализ (с его помощью перерабатывается основная масса сырой нефти и в результате бензиновые фракции отделяются от более тяжелых погонов), борьба с загрязнителями (окисление или восстановление вредных выбросов) и синтез фармацевтических препаратов. Каталитические превращения начинаются, когда на поверхности катализатора адсорбируются молекулы исходных соединений, например моноксида углерода и оксидов азота. Затем эти молекулы перемещаются к «активным центрам», где их химические связи разрываются и образуются новые соединения, например диокси-

ды азота и углерода. Образовавшиеся молекулы десорбируются, и на поверхность катализатора снова поступают молекулы исходных веществ. Эффективный катализатор должен достаточно сильно притягивать реагенты, чтобы происходила адсорбция, а продукты удерживать довольно слабо, чтобы не препятствовать их десорбции (см. статью: Джон Г. Зинфельт. Биметаллические катализаторы, «В мире науки», 1985, № 11). Решающую роль во всем процессе играет активный центр, геометрия которого для большинства каталитических реакций остается неизвестной.

Кластеры представляют собой идеальные модельные системы для изучения активных центров, потому что благодаря ненасыщенным валентностям они легко адсорбируются, а вследствие их малых размеров ограничивается число возможных конфигураций при адсорбции. Это ограничение обуславливает их высокоизбирательную каталитическую активность, т. е. они ускоряют лишь процессы определенного типа. Такая специфичность очень важна для технологических процессов в промышленности, поскольку многие другие катализаторы ускоряют побочные реакции так же эффективно, как и целевые.

Первые работы по кластерным катализаторам были выполнены в начале 80-х годов группами Смолли и Калдора, а также группой под руководством С. Райли из Аргоннской национальной лаборатории. Кластерный катализ исследовался в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе,

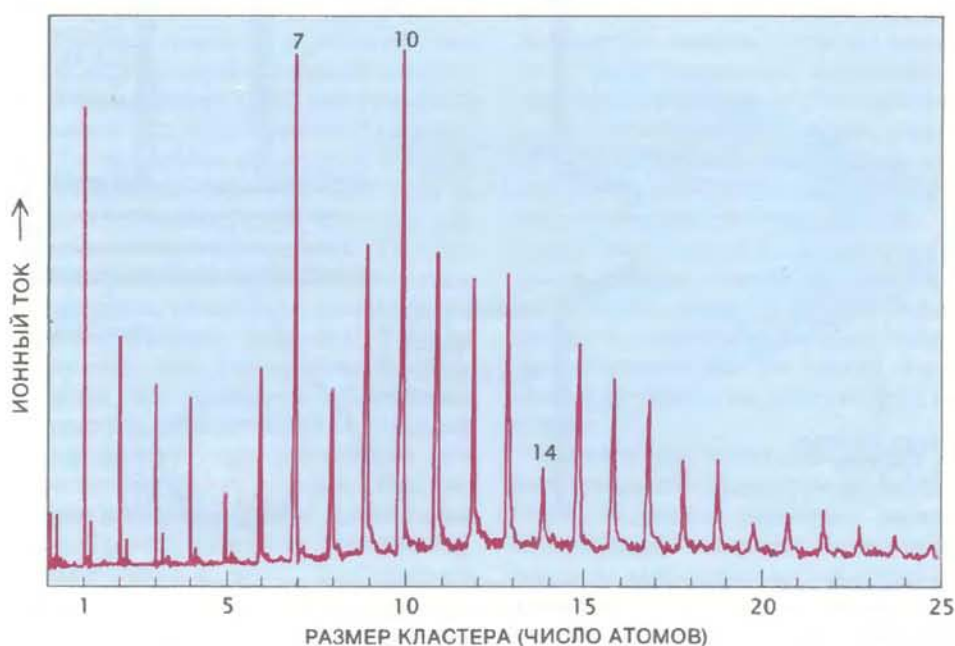
Университете шт. Юты и некоторых других научных организациях.

Поиски искусственно упорядоченного катализатора начались с исследования простых систем: кластеры железа, кобальта, ниобия или алюминия были проверены на эффективность адсорбции водорода. Во многих случаях кластеры определенных размеров оказались намного эффективнее других. Например, железо адсорбирует водород в 1000 раз быстрее в форме 10-атомных кластеров, чем 17-атомных. Группа Калдора показала, что рост скорости адсорбции соответствует уменьшению потенциала ионизации; отсюда и появилась гипотеза об участии слабо связанных электронов в адсорбции. Однако в более поздней работе было найдено, что кластеры, например ниобия, адсорбируют водород в ионизованном состоянии так же эффективно, как в нейтральном состоянии. Следовательно, они действуют как с внешними электронами, так и без них, т. е. катализ на кластерах зависит и от формы кластера, и от природы связей в нем.

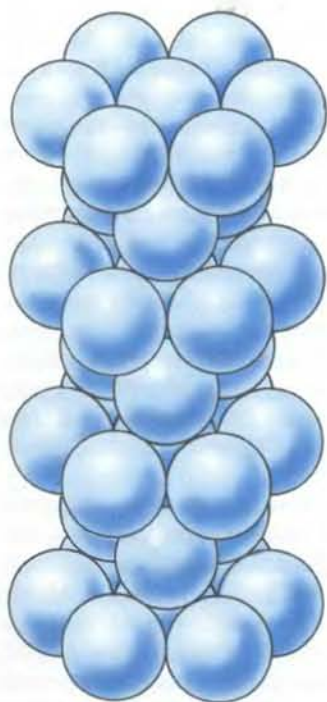
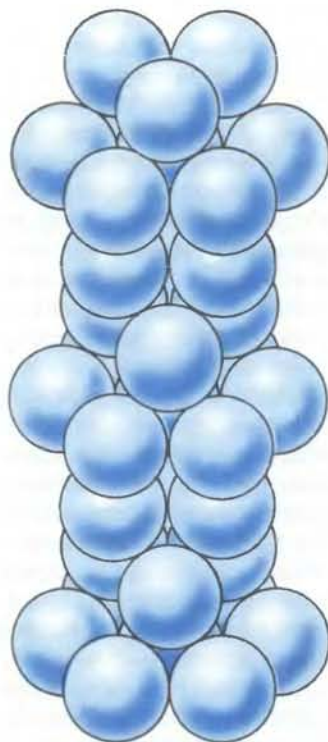
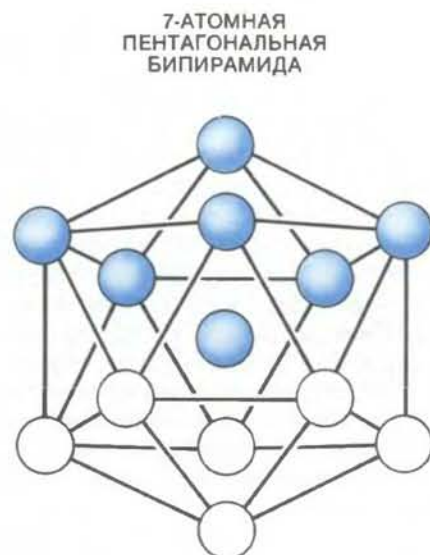
Когда было выяснено, что малые изменения размера кластера могут привести к большим различиям в адсорбционной способности, представление о кластерах как о самостоятельной фазе вещества подтвердилось. Это приводит к предположению, что специфически адсорбирующие кластеры можно выбрать по размеру и нанести на подложку промышленного катализатора, тогда как нереакционно-способные кластеры можно селективно нанести на подложку для образования защитных покрытий.

Реализация такой возможности была бы большим достижением, поскольку большинство промышленных катализаторов все еще подбирают на эмпирической основе. Теперь же, впервые, тайны катализа начинают раскрываться методами науки о кластерах. Сканирующая туннельная микроскопия — новый метод, позволяющий получать моментальный снимок отдельных атомов в реакции, — может сыграть важную роль в выяснении механизма взаимодействия между кластерами и подложкой. Миграция — процесс, в результате которого кластеры прикрепляются к подложке и затем изменяют свою конфигурацию, — одно из явлений, которое может быть изучено с помощью сканирующей туннельной микроскопии.

Э. Шумахер из Бернского университета подошел к исследованию взаимодействий кластер — подложка иначе. Он ввел кластеры щелочных металлов в большие внутренние полости алюмосиликатов, называемых



МАСС-СПЕКТР кластеров свинца имеет интенсивные пики, соответствующие кластерам из 7 и 10 атомов, и слабый пик для кластера из 14 атомов. Эти значения называют магическими числами, как в квантовой модели атомных ядер.

ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ
ПЛОТНАЯ УПАКОВКАКУБИЧЕСКАЯ
ПЛОТНАЯ УПАКОВКА7-АТОМНАЯ
ПЕНТАГОНАЛЬНАЯ
БИПИРАМИДА13-АТОМНЫЙ
ИКОСАЭДР

ПЛОТНОУПАКОВАННЫЕ РЕШЕТКИ твердых тел, которые могут быть гексагональными (слева) или кубическими (в середине), могут влиять на рост кластеров. Если это так, то

можно ожидать появления кластеров в форме 7-атомной пентагональной бипирамиды (окрашена справа) и 13-атомного икосаэдра, образующегося на ее основе.

цеолитами, которые препятствуют участию кластеров в нежелательных реакциях, однако «позволяют» им катализировать полимеризацию этилена (см. статью: Джордж Т. Керр. Синтетические цеолиты, «В мире науки», 1989, № 9). Если будет найден способ введения в цеолиты кластеров переходных металлов, возможно, удастся получить цеолитные катализаторы с весьма специфическими каталитическими свойствами.

ДАЛЬНЕЙШИЙ прогресс в катализе на кластерах будет зависеть от того, сможем ли мы систематически изучать кластеры. Прежде всего необходимо установить связь отдельных металлов и размеров индивидуальных частиц с химической активностью. Затем можно будет выбрать соответствующие кластеры, нанести их на подходящие подложки и получить регулярные трехмерные решетки, которые, подобно ферментам, могут способствовать синтезу довольно сложных молекул. В случае успеха такого подхода появились бы новые методы синтетической химии.

Тонкие пленки кластеров с подходящими электронными свойствами могут представлять большой интерес для микроэлектроники. Разработки в этой области находятся также на предварительной стадии, однако можно предвидеть в будущем их при-

менение в устройствах оптической памяти, обработки изображений и на основе явления сверхпроводимости. Возможность изготавливать детали из сети кластеров со временем приведет к созданию электронных приборов молекулярных размеров. В перспективе можно представить конструирование устройства, которое служило бы связующим звеном между электронной схемой на основе твердого тела и биологической системой, такой как система нейронов. Оно могло бы, например, передавать данные от телекамеры в мозг слепого человека.

Первый шаг на этом пути — формирование полупроводниковой кластерной пленки толщиной примерно 100 Å. Методом молекулярной эпитаксии прецизионно изготавливаются кристаллические решетки из атомов; если бы удалось найти способ использовать вместо них кластеры, можно было бы получать пленки с более сложной структурой. Трудность заключается в том, что кластер должен удариться о подложку с такой силой, чтобы произошло по возможности большее повышение температуры, не приводящее, однако, к разрушению кластера. Группа И. Ямады из Лаборатории ионных пучков Университета г. Киото провела такие эксперименты с кластерами из различных материалов, включая алюминий, и рядом

подложек (например, из кремния). Полученные пленки имели однородную толщину, оптическое отражение и устойчивость к окислению.

Работа, выполненная недавно в нашей лаборатории, показала, что смеси некоторых металлов, в том числе железа и висмута, не образующие сплавов в твердой фазе, преобразуются в кластеры в газовой фазе. Если бы такие кластеры удалось осадить в виде пленки, то можно было создать новый класс сплавов с ценными гибридными свойствами.

В НАСТОЯЩЕЕ время ученые принимают усилия для осаждения кластеров в виде тонких пленок, которые могли бы функционировать как сверхпроводники. Недавно мы приготовили оксидные итрий-барий-медные кластеры, из которых, возможно, удастся получить такие пленки. Однако это исследование все еще находится на начальной стадии, и даже наиболее ценные свойства этих пленок пока нельзя использовать в промышленности, поскольку кластеры требуемого размера невозможно производить в достаточном количестве.

Кластеры некоторых металлов сильно поглощают свет. Это обусловлено необычайно высокой плотностью их валентных электронов, большим отношением поверхности к

объему (вследствие чего многие электроны оказываются вблизи поверхности) и легкостью деформирования, или поляризации, электронных облаков. На основе химических свойств и размера данного кластера можно определить, на какой длине волны он будет поглощать свет. Такие характеристические длины волн для щелочных металлов были недавно установлены группой Найта. Кластеры часто могут поглощать более одного фотона, что является свойством, полезным для химических процессов, иницируемых светом. При распределении в прозрачной среде кластеры могут быть эффективными детекторами излучения, спектральными фильтрами или элементами системы с оптической памятью.

Со временем химические и оптические свойства кластеров можно будет использовать для создания фотопленок с новыми свойствами. Пленка экспонируется, когда при ударе фотона о микроскопический кристалл галогенида серебра какая-то его часть превращается в кластер металлического серебра. Этот кластер служит катализатором во время процесса проявления, переводящего оставшуюся часть кристалла в металлическое серебро. Если бы удалось получить более чувствительные кластеры, состоящие, возможно, из различных металлов, то это позволило изготавливать более чувствительные пленки.

Мелкие зерна, образованные подходящими кластерами, позволили бы получить более четкие изображения.

Высокая реакционная способность и четкие линии фотонной эмиссии кластеров дают возможность использовать их в качестве химически активной среды для лазеров. Дж. Гоул из Технологического института шт. Джорджия показал, что трехатомные натриевые кластеры реагируют с хлором, образуя возбужденные двухатомные частицы натрия в количестве, достаточном для создания инверсии населенности энергетических уровней, благодаря которой происходит вынужденное когерентное излучение в сине-зеленой области видимого спектра. Это излучение легко распространяется в воде, поэтому лазер с такой активной средой мог бы найти применение в качестве средств связи для подводных лодок.

За последнее десятилетие исследователи кластеров создали новое научное направление на границе нескольких областей знания и поставили фундаментальные вопросы о природе молекулярных поверхностей кластеров. Химические свойства этой новой фазы вещества все еще плохо изучены, однако в настоящее время накоплено достаточно данных, указывающих на то, что она имеет прямое отношение к таким разным областям, как материаловедение, электроника и астрофизика.

Какие-то меры все же необходимо будет принять. Главную проблему представляет озон. В 60 регионах США уровень загрязнения озоном все еще превышает стандартные нормы, установленные Агентством по охране окружающей среды (EPA). В какой степени благодаря автомобилям, работающим на М85, удастся снизить выброс в атмосферу образующих озон летучих углеводородов? Пока по этому вопросу ведутся ожесточенные споры. «Поживем — увидим, насколько качество воздуха в действительности улучшится, и какие машины будут пользоваться спросом», — заявил Дж. Мактэйг, представитель компании Ford.

Несмотря на энтузиазм экспертов из EPA по поводу автомобилей, использующих горючее на основе метанола (см. Ч. Грей, Дж. Элсон. Метанол — перспективное топливо. «В мире науки», 1990, № 1), новая совместная исследовательская программа предусматривает тщательное изучение различных составов бензина. Применение подобных смесей, которые можно использовать в уже существующих автомашинах, вероятно, будет «хорошим решением на ближайшую перспективу», утверждает Д. Слоун, представитель компании General Motors. Определенные надежды возлагаются и на сжатый природный газ.

«Лично я склоняюсь к тому, что нам не следует всецело полагаться на какое-то одно альтернативное горючее», — заявил Х. Петраускас из компании Ford. — В конечном счете у нас будет много новых видов топлива, которые можно приспособить для различных применений». В компании Ford, например, разработан опытный образец автомобиля с электродвигателем, который способен развивать скорость до 65 миль/ч (около 104 км/ч).

Представители некоторых групп работающих в области охраны окружающей среды, скептически относятся к метанолу. По словам Дж. Маккензи из Института мировых ресурсов, «метанол нельзя считать чистым топливом», поскольку он образует формальдегид. Специалисты из EPA подсчитали, что в рамках предложенной программы, уровень содержания озона в девяти крупнейших городах США снизится в среднем не более чем на 15%. Даже если к 2000 г. автомашины, работающие на чистом метаноле, будут введены в эксплуатацию, то в среднем загрязнение воздуха озоном к 2015 г. снизится только на 3,3%. Более того, Бюро по оценке технологий при конгрессе США в начале нынешнего года пришло к заключению,

Наука и общество

Чистое горючее: метанол или водород?

АВТОМОБИЛЬНАЯ и нефтяная отрасли промышленности очень быстро среагировали на решимость администрации Буша обеспечить переход в крупных городах на автомобили, работающие на «чистом горючем». Три крупные американские автомобилестроительные компании Ford, General Motors и Chrysler совместно с 14 компаниями, производящими бензин, приступили к программе исследований, предусматривающей разработку методов «объективной оценки относительного снижения автомобильных выхлопов и улучшения качества воздуха в городах... за счет изменения состава бензина и применения горючего на основе метанола».

Запланировано довести (если потребуется) производство и продажу автомобилей, работающих на чистом топливе, до 1 млн. штук в год в пери-

од с 1997 по 2004 г., что является главным требованием предложенных Белым домом поправок к закону о чистом воздухе. В настоящее время, по видимому, единственный способ достичь намеченных целей заключается в использовании смеси из 85% метанола и 15% бензина, которая получила название М85.

В то же время рабочая группа подготавливающая изменения к закону о чистом воздухе, в которую входят представители как автомобилестроительной, так и нефтяной промышленности, активно выступают против этого требования. Борьба в конгрессе может закончиться компромиссным решением, согласно которому автомобильным компаниям будет предписано произвести требуемое количество автомашин, а от обслуживания их на дорогах они будут освобождены.

Тем не менее, ввиду растущей обеспокоенности общественности качеством городского воздуха, ясно, что

что применение метанола представляет собой наименее выгодный в экономическом смысле путь снижения выхлопа летучих углеводородов. Значительно большего эффекта и при значительно меньших затратах, как говорят специалисты из упомянутого бюро, можно было бы добиться за счет сравнительно скромных усовершенствований в обычной технологии.

Маккензи отмечает, что если бы метанол производился из природного газа (самого дешевого природного топлива), то стране пришлось бы попасть в зависимость от зарубежных поставщиков. Если же для производства метанола использовать уголь, то выбросы диоксида углерода (газа, способствующего глобальному потеплению) превысят те уровни, которые обусловило бы сжигание бензина, сказал Маккензи на заседании конгресса в октябре прошлого года. Наиболее эффективной мерой он считает переход на использование водорода в качестве автомобильного топлива. Водород можно производить путем электролиза воды. Если необходимую для этого электроэнергию получать с помощью солнечных установок, то к концу века водород успешно мог бы конкурировать с метанолом, считает Маккензи.

Однако в ближайшем будущем использование водорода исключено. Хотя теоретически он обладает огромными преимуществами (практически никаких выхлопов, кроме водяного пара), существуют немало препятствий на пути создания инфраструктуры для его безопасного использования, а удельная теплотворная способность этого газа относительно мала, указывает Мактэйг. «Использование водорода, конечно, не представляет собой ничего невозможного, но это дело далекого будущего» — к такому выводу пришли в компании Ford.

Потерянное поколение

ПРОШЛО несколько месяцев после ввода в действие двух новых мощных ускорителей — Стэнфордского линейного коллайдера (SLC) в Калифорнии и Большого электрон-позитронного коллайдера (LEP) в Швейцарии. Главным результатом их работы стало бесспорное доказательство того, что в природе существует не более трех поколений элементарных частиц, общее число которых равно, таким образом, двенадцати.

Согласно господствующей в настоящее время теории, известной под названием стандартной модели, фундаментальные составляющие вещества

разбиваются на четверки, именуемые поколениями. Каждое поколение состоит из двух кварков и двух лептонов. Известны три таких поколения. В первое входят верхний (u) и нижний (d) кварки, из которых построены протоны и нейтроны, а также электрон и электронное нейтрино. Второе поколение состоит из очарованного (c) и странного (s) кварков, мюона и мюонного нейтрино. Кварки b и t вместе с лептоном τ и тау-нейтрино образуют третье поколение. Все эти частицы, за исключением t -кварка, наблюдались в экспериментах.

Для объяснения всех обычных состояний вещества достаточно фундаментальных частиц первого поколения. Существование же двух других поколений является просто загадкой. Однако стандартная модель не устанавливает предела на общее число поколений — оно может быть даже бесконечным. Исключение такой возможности стало важнейшим достижением физиков, работающих на ускорителях SLC и LEP.

Эксперименты выполнялись с помощью четырех детекторов на LEP (Aleph, Opal, L3 и Delphi) и детектора Mark II на SLC. На них измерялось время жизни частицы Z^0 ("зет-ноль"). Скорость ее распада зависит от числа видов частиц, на которые она может распадаться, подобно тому как скорость, с которой пустеет театральный зал после спектакля, указывает на число дверей для выхода зрителей. Частица Z^0 является переносчиком слабых ядерных взаимодействий, как квант света — фотон — переносчиком электромагнитных.

Оба ускорителя — и LEP, и SLC — были спроектированы так, чтобы частицы Z^0 рождались в изобилии. В этих коллайдерах Z^0 производится во встречных столкновениях электронов и позитронов, разогнанных до достаточно больших энергий — около 91 млрд. эВ (см. статью: Джон Р. Рис. Стэнфордский линейный коллайдер, "В мире науки", 1989, №12). Почти мгновенно Z^0 распадается на пару частиц — античастица при условии, что масса каждой из них не превышает половины массы Z^0 .

Измерения времени жизни Z^0 на каждом из пяти детекторов указывают на то, что Z^0 распадается только на частицы трех известных поколений. Более короткое время жизни означало бы, что существует четвертое поколение или по крайней мере четвертый вид нейтрино, поскольку нейтрино — самая легкая частица. Однако проведенные сейчас пять экспериментов привели к значительным ограничениям на существование четвертого нейтрино. Если четвертого нейтри-

но в природе нет, то, согласно стандартной модели, не должно быть вообще частиц четвертого поколения. Дж. Дорфан, руководитель группы детектора Mark II, считает, что "каждый из результатов сам по себе не исчерпывает проблему окончательно, но рассматриваемые в совокупности они приводят действительно к потрясающему выводу". Результаты, полученные на SLC, опубликованы в выпуске журнала "Physical Review Letters" от 6 ноября, а результаты европейских физиков — в выпуске журнала "Physics Letters" от 16 ноября.

Эти новые данные не исключают возможности существования тяжелого четвертого нейтрино с массой в несколько десятков миллиардов электронвольт и, следовательно, сопутствующего ему четвертого поколения частиц. Однако большинство физиков без энтузиазма относится к идее существования в природе такого мастодонта, поскольку все три известных нейтрино — безмассовые частицы.

По мнению Дорфана, для космологов желательно, чтобы было лишь три поколения фундаментальных частиц; тогда наблюдаемая распространенность гелия во Вселенной лучше всего объясняется. В то же время некоторые космологи считают, что четвертое нейтрино с массой около 65 эВ может быть ответственно за существование "темного" вещества во Вселенной, необходимого для прекращения ее расширения (см. статью: Дейвид Б. Кляйн. За пределами "истины" и "прелести": четвертое поколение частиц, "В мире науки", 1988, № 10). Теперь они вынуждены оставить свои надежды.

Но почему должно быть только три поколения фундаментальных частиц? "Мы бы хотели это знать", — заявил С. Вайнберг из Техасского университета в Остине. В 1979 г. Вайнберг с коллегами получил Нобелевскую премию за введение слабых ядерных взаимодействий в стандартную модель. "Тот факт, что мы этого не знаем, вскрывает какие-то существенные пробелы в нашем понимании законов природы", — считает Вайнберг.

Хотя результаты по числу поколений были получены всего через несколько месяцев после запуска ускорителей SLC и LEP, по мнению Дорфана, "физическую программу ни в коей мере нельзя считать завершенной". С ним согласен и Вайнберг, считающий, что с использованием ускорителей типа LEP, способных производить сотни тысяч частиц Z^0 , "эксперименты впервые достигли точности, достаточной для установления пределов применимости стандартной модели".



Райские птицы

Социальное и половое поведение этих тропических птиц определяется главным образом их рационом, в связи с которым одни виды моногамны, а другие склонны к промискуитету

БРЮС М. БИЛЕР

РАЙСКИЕ ПТИЦЫ — обитатели тропического царства, весьма удаленного от музеев и лабораторий западного мира, давно привлекают внимание ученых. В 1871 г. Чарлз Дарвин в своей книге "Происхождение человека и половой отбор" упоминает райских птиц: "Наблюдая, как самец тщательно демонстрирует свои изящные перья и роскошную окраску перед самкой ... невозможно сомневаться в том, что она восхищается своим партнером".

Хотя с того времени как Дарвин впервые обратил внимание на оперение самцов райских птиц, прошло почти 120 лет, эволюция специализированных перьев у этих животных, а также других аспектов их репродуктивного поведения остается в центре внимания биологов. За последние 10 лет усилиями нового поколения исследователей, вооруженных новыми идеями, почерпнутыми из социобиологии и поведенческой экологии, получены новые данные о социальной организации райских птиц.

Т. Пратт из Службы рыбных ресурсов и диких животных шт. Гавайи, К. Фрит и Д. Фрит из Международной службы охраны диких животных, С. Прют-Джонс и М. Прют-Джонс из Чикагского университета и я в течение десяти лет совместно изучали жизнь райских птиц. В результате тысяч часов полевых наблюдений мы установили, что особенности социального и сексуального поведения в этом своеобразном семействе птиц имеет экологическую основу. Кроме того, стало известно, что птицы, питающиеся преимущественно плодами, играют ключевую роль в сохранении и восстановлении дождевых лесов Новой Гвинеи.

Моя работа, посвященная райским

птицам, началась с 15-месячного пребывания в Папуа — Новая Гвинея в 1975 г. Хотя с тех пор как я впервые ступил на землю этого острова, прошло 14 лет, те путешествия в лес помнятся очень ярко. Прокладывая путь сквозь пышные заросли тропической растительности в долине Уатут, я подошел к высокому дереву, на котором сидело восемь взрослых самцов красной райской птицы — прекрасные экземпляры с желтыми головами, зелеными с отливом пятнами на горле и бархатистыми коричневыми грудками. Мелькали их длинные оранжевые перья, так как самцы то и дело кланялись, демонстрируя перед самкой, которая сидела в 10—15 см от одного из них в центре группы. Краски, движения и звуки этих брачных демонстраций до сих пор остаются для меня одним из наиболее впечатляющих природных зрелищ.

В СЕМЕЙСТВЕ райских птиц (Paradisaeidae) известно 42 вида. Из них 38 — эндемики Новой Гвинеи и прилежащих островов, 4 обитают на востоке Австралии и 2 вида расселились к западу вплоть до северной части Молуккских островов. Семейство включает весьма разнообразных птиц: серпоклювые райские птицы, паротии, длиннохвостые астрапии, украшенные длинными плюмажами настоящие райские птицы и синечерные манукоды. Все они обладают плотным телосложением и крепкими ногами, но разные виды значительно различаются по окраске и оперению. У большинства видов наблюдается половой диморфизм, т. е. самцы и самки внешне совсем непохожи: самцы ярко окрашены и имеют длинные украшающие перья — так называемые брачные плюмажи, тогда как у самок такие перья отсутствуют, а окраска преобладает коричневая или черная.

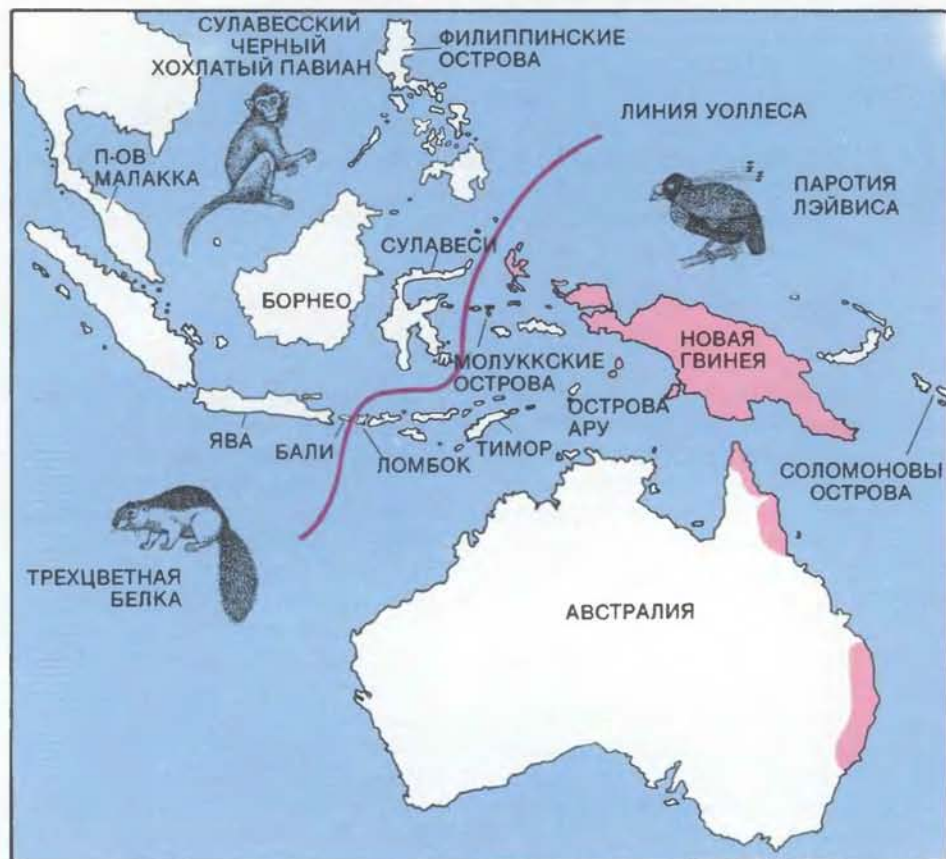
Яркая окраска и брачные демонстрации самцов райских птиц служат свидетельством мощи полового отбора, в результате которого одни особи приобретают, а другие теряют "право" на размножение. Конкуренция между особями одного пола (обычно

между самцами) за доступ к особям другого пола (обычно к самкам) объясняет резкие различия между самцами и самками, столь часто встречающиеся в мире животных. Например, самцы кардинала (мелкой птицы семейства воробьиных, широко распространенной в Северной Америке) имеют ярко-красную окраску, тогда как самки этого вида окрашены в бледно-коричневый цвет. Самцы оленей, как правило, украшены рогами, самки же обычно безроги.

В настоящее время в дискуссиях по поводу полового отбора уделяют много внимания взаимодействию между самцами, равно как между самками и самцами. Почему, скажем, половой диморфизм столь резко выражен у одних видов райских птиц, но практически отсутствует у других? Действительно ли замечательные плюмажи самцов служат символом доминирования в рамках иерархии при спаривании или же они служат для самки признаком здоровья и силы самца? Если верно последнее, то есть ли доказательства того, что самки действительно различают самцов по их физическим данным? Хотя исчерпывающие ответы на все эти вопросы остаются пока делом будущего, уже сейчас многое известно об экологических основах поведения райских птиц. Однако прежде чем перейти к обсуждению открытий в этой области, следует рассказать о социальной организации Paradisaeidae.

ПОЛОВОЙ диморфизм существует не у всех видов райских птиц. Из 42 видов 9 мономорфны, т. е. самцы и самки по внешнему облику почти не различимы. Мономорфные виды, такие, например, как манукод-трубач (*Manucodia keraudrenii*), к тому же и моногамны: птицы образуют прочные пары, которые, вероятно, сохраняются в течение всей их жизни и в выращивании потомства принимают участие оба родителя. Напротив, диморфным видам, примером которых может служить красная райская птица (*Paradisaea raggiana*), свойственна полигамия, а именно полигиния: самцы склонны к промискуитету и спари-

САМЕЦ КРАСНОЙ РАЙСКОЙ ПТИЦЫ демонстрирует перед сидящей неподалеку самкой (на снимке не видна). Самец "кланяется", опуская голову, и распускает крылья и боковые оранжево-красные плюмажи. Не менее 6 месяцев в году самца ежедневно можно видеть сидящим на "своей" ветке.



РАЙСКИЕ ПТИЦЫ — эндемики дождевых лесов Австралии, Новой Гвинеи и Молуккских островов. Эти птицы занимают в известном смысле такую же экологическую нишу, какая в других регионах принадлежит плодоядным млекопитающим. Отсутствие млекопитающих, возможно, обусловлено тем, что острова Юго-Восточной Азии отделены от Новой Гвинеи и Австралии барьером глубокой воды. Существование этого барьера впервые отметил Альфред Рассел Уоллес в 1863 г.; с 1910 г., когда была установлена его конфигурация, он называется линией Уоллеса. К востоку от нее живут райские птицы, к западу — плацентарные млекопитающие, включая трехцветную белку и сулавесского черного хохлатого павиана, которые питаются плодами.

ваются за сезон со многими самками. После спаривания самка не получает никакой помощи со стороны самца и выращивает потомство в одиночку.

Почему в одном семействе в процессе эволюции возникли столь разные стратегии спаривания? В частности, почему некоторые виды полигамны, тогда как другие — моногамны? В поисках ответов на эти вопросы мы проанализируем влияние на полигинию анизогамии (неравнозначности мужских и женских половых клеток), а затем рассмотрим кормовое поведение видов и влияние рациона на репродуктивную стратегию.

В отличие от яиц, образование которых связано с высокими энергетическими затратами, сперма обходится организму относительно «дешево», поэтому у многих видов самцы могут увеличивать свой суммарный репродуктивный успех (т. е. число генов, переданных следующим поколениям) путем спаривания с возможно большим числом самок. Самки, наоборот, могут произвести лишь небольшое количество яиц, что в целом ограничивает их суммарный репродуктив-

ный успех. В результате возникают поведенческие и морфологические различия между полами: самцы стремятся к промискуитету и конкурируют — порой жестоко — за доступ к самкам, в то время как тем принадлежит право выбора самцов, чем-либо превосходящих конкурентов.

В моногамных популяциях, где пары постоянные и соответственно конкуренция выражена слабо, половой диморфизм незначителен. В полигамных популяциях с сильной конкуренцией возникает половой диморфизм, поскольку самцы с более ярким оперением и производящие более сложные демонстрации спариваются с большим числом самок и таким образом интенсивнее передают свои гены и признаки следующим поколениям. Для самца, конкурирующего со своими соседями, даже незначительное преимущество — более громкие крики, повышенная агрессивность или более заметное оперение — может определить, будет ли у данной особи много половых партнеров или ни одного.

И в моногамных, и в полигамных

популяциях самки, как правило, имеют неяркую окраску. Поскольку на них всегда есть спрос со стороны самцов, самкам не нужен броский облик. Коль скоро яркая окраска у самок не несет никакой функции в сфере размножения, то можно думать, что в процессе естественного отбора незаметные особи обладают преимуществом перед самками с яркой окраской: для самки с покровительственной окраской меньше вероятность того, что она привлечет внимание хищников к себе и своему гнезду.

САМЦЫ красной райской птицы, совместные демонстрации которых я наблюдал в 1975 г., во многих отношениях типичны для полигамных видов с выраженным половым диморфизмом. Их поведение при ухаживании весьма сложно и, поскольку оно выполняется одновременно несколькими самцами, расположившимися неподалеку друг от друга, сопряжено с конкуренцией. Группа самцов собирается каждое утро на рассвете в кроне какого-нибудь дерева. Они извещают самок о своем присутствии громкими криками «уау, уау, уау, уау», которые постепенно становятся все чаще и громче. Как только туда прилетает самка, самцы начинают брачный танец: не переставая кричать, они поднимают свои оранжевые демонстративные плюмажи, встряхивают крыльями и прыгают из стороны в сторону.

После кратковременных шумных демонстраций самцы замолкают и повисают на своих ветках спиной вниз, так что их крылья вытягиваются вперед, а поднятые оранжевые плюмажи образуют как бы фонтаны. Они сохраняют эту позу до тех пор, пока самка, молчаливо передвигающаяся среди самцов, не выберет партнера и не примет приглашающую позу. Остальные самцы пассивно наблюдают за тем, как избранник выполняет предкопуляционный танец, а затем совершает садку и спаривается с самкой. Вскоре самка покидает партнера и летит к своему гнезду, где через 1—2 дня откладывает яйцо.

Самцы других полигамных видов ведут себя похоже, однако у каждого вида брачный ритуал обладает своеобразными чертами, которые усугубляются присущими данному виду специфическими особенностями строения и окраски оперения. Например, самец серпоклювой райской птицы (*Epimachus albertisi*) во время демонстрации подвешивается к ветке спиной вниз и поднимает свои плюмажи так, что образуется круглая пелерина. У самца великолепной райской птицы (*Cicinnurus magnificus*) перья образуют вокруг шеи как бы высокий

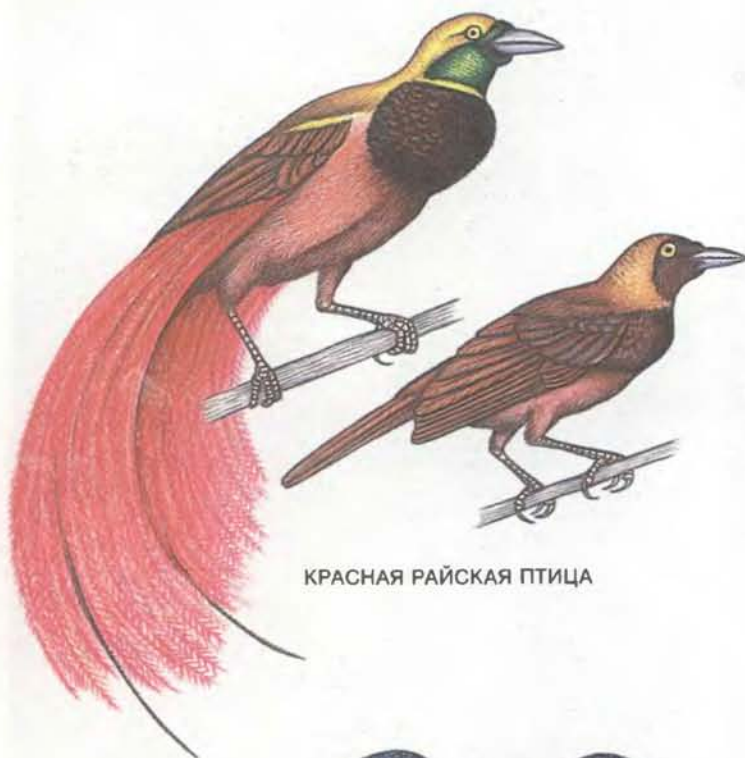
воротник; при демонстрации самец, прицепившись к стволу дерева или вертикальной ветке танцует, словно механическая игрушка, и приподнимает хвост. Паротия Лэйвиса (*Parotia lawesii*) демонстрирует на лесной подстилке: пока самка наблюдает сверху, самец, у которого на голове имеется шесть жестких длинных перьев, направляет их вперед, словно антенны, расправляет похожие на юбку плюмажи и слегка припрыгивает.

У некоторых полигамных видов, таких как красная райская птица, самцы собираются группой в одно место (ток) и демонстрируют перед прилетающими туда самками. Организация тока варьирует у разных видов.

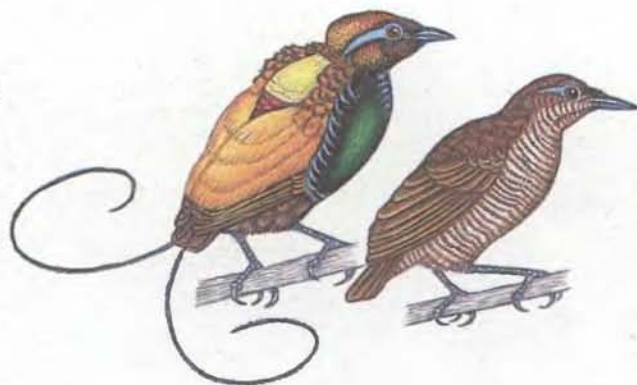
Самцы красной райской птицы обычно собираются на одном дереве. А самцы паротии Лэйвиса образуют более аморфное скопление (диффузный ток): они не стремятся приблизиться друг к другу на расстояние 1—5 м, а сохраняют дистанцию от нескольких десятков до ста метров (иногда и больше), однако при этом ведут себя как члены единой группы. У некоторых видов, например у великолепной райской птицы, самцы держатся поодиночке, и токов не бывает.

В связи с наличием или отсутствием токов возникает еще ряд вопросов, касающихся эволюции стратегий спаривания у райских птиц. В большинстве случаев один или два доми-

нирующих самца — обычно это те, которые находятся в центре тока, — спариваются наиболее часто. Самцам, располагающимся на периферии группы, возможность для спаривания представляется редко. Например, по моим наблюдениям, один и тот же самец малой райской птицы (*Paradisaea minor*) совершил 25 из 26 отмеченных на току копуляций на протяжении одного месяца в сезон спаривания. Но если конкуренция между самцами столь сильна, то почему же они объединяются в группы? Не могут ли самцы иметь лучшие шансы для спаривания не на току, а за его пределами? И почему, наконец, у одних видов есть тока, а у других их нет?



КРАСНАЯ РАЙСКАЯ ПТИЦА



ВЕЛИКОЛЕПНАЯ РАЙСКАЯ ПТИЦА



МАНУКОД-ТРУБАЧ



СЕРПОКЛЮВАЯ РАЙСКАЯ ПТИЦА

ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ, т. е. физические различия между самцами и самками, у разных видов райских птиц выражен различно. Наиболее заметен он у красной райской птицы (вверху слева): самцы крупнее самок и имеют оранжево-красные боковые плюмажи, которые хорошо заметны при демонстрации. Самки этой птицы, как и у других видов райских птиц, тускло окрашены. У великолепной райской птицы (вверху справа) самцы и самки примерно одинако-

вого размера, но самец ярко окрашен и имеет два необычных пера, которые используются для демонстраций при ухаживании. Серпюклювая райская птица (внизу справа) обладает длинным изогнутым клювом, с помощью которого извлекает насекомых из трещин коры или мякоть плодов из твердых оболочек. У манукода-трубача (внизу слева) самцы и самки по внешнему виду почти неразличимы.

Ответы на эти вопросы показывают, что формирование токов связано с экологией питания видов.

ВПЕРВЫЕ предположение о том, что полигиния может зависеть от рациона возникло у меня при знакомстве с исследованиями Д. Сноу и Б. Сноу из Британского музея естественной истории. Они изучали соотношение между особенностями брачного поведения и питания в двух семействах птиц — у котингов (Cotingidae) и манакинов (Pipridae), эндемичных для дождевых лесов Южной и Центральной Америки. Хотя котинги

и манакины являются довольно дальними родственниками райских птиц, они весьма сходны с последними по половому диморфизму и брачному поведению.

Сноу обнаружили, что виды, в максимальной степени склонные к полигинии, питаются в основном плодами, тогда как моногамные виды — главным образом или почти исключительно насекомыми. Как выяснилось в ходе поведенческого исследования, питание насекомых сопряжено с более высокими затратами времени и энергии, нежели питание плодами. Был сделан вывод, что только будучи

растительноядными, самцы могут располагать достаточным “свободным” временем для того, чтобы осуществлять промискуитетную стратегию спаривания. Я задался вопросом, действуют ли такие же закономерности у райских птиц?

Оказалось, что корреляция между питанием и брачным поведением у райских птиц значительно сложнее, чем у котингов или манакинов, хотя исследования, проведенные моими коллегами и мною, подтвердили важность экологии питания в эволюции семейства Paradisaeidae. Пищевая специализация, по-видимому, спо-



РИТУАЛ СПАРИВАНИЯ у райских птиц, представляющий собой весьма сложное действие, варьирует у разных видов. Самец голубой райской птицы (слева) висит вверх ногами, взмахивая своими перьями в сторону самки, которая

наблюдает сверху. Самец красной райской птицы (справа) завершил демонстрацию в подвешенном положении и готовится к спариванию с самкой, сидящей над ним.

собствовала видовому разнообразию семейства и одновременно переходу к полигинии.

Плоды, которыми питаются райские птицы, можно разделить на две категории. Первую составляют простые плоды типа малины. К ней относится, например, дикий инжир, которого в лесу довольно много. Они представляют собой готовый источник воды и углеводов. Вторая категория — это сложные плоды, примером которых может служить мускатный орех. Такие плоды, покрытые плотной и твердой оболочкой, созревают обычно в небольшом количестве, зато они богаты жирами и белками, что делает их весьма ценной пищей для птиц.

Пратт и я обнаружили, что райские птицы, как, впрочем, и большинство других птиц дождевого леса, поедают большое количество инжира, когда он созревает. Каждое фиговое дерево имеет свой собственный ритм плодоношения, который не подчиняется годичной цикличности и не синхронизирован у разных деревьев. В результате спелый инжир есть в лесу круглый год, однако время его созревания непредсказуемо для каждого отдельного дерева. Птицы бурно реагируют на поспевание плодов. Горлицы, попугаи, медоносы и райские птицы стадами слетаются к плодоносящему дереву и жадно лакомятся зрелыми ягодами.

Тем не менее только одна из райских птиц — моногамный манукод-трубач — питается почти исключительно инжиром. Хотя большинство других райских птиц спорадически тоже поедают инжир, основная часть времени у полигамных видов тратится на поиски сложных плодов, как правило, с плотной кожурой. Такие плоды созревают в небольшом количестве на протяжении длительного сезона плодоношения. Птицы ежедневно посещают плодоносящие деревья, отыскивая на них поспевшие плоды. Сложный плод съесть труднее, чем инжир, потому что он покрыт прочной одревесневшей оболочкой и содержит одно семя с прикрепленными к нему съедобными частями, которые птицы глотают целиком.

Было установлено, что способность птиц того или иного вида употреблять в пищу плоды в оболочках, которые трудно находить и раскрывать, связана с их способностью питаться насекомыми. Райские птицы кормятся на ветвях и стволах деревьев, отрывая куски коры и сухой древесины в поисках жуков-короедов и других насекомых, наподобие дятлов. Они поедают также тех насекомых, которые прячутся внутри скрученных

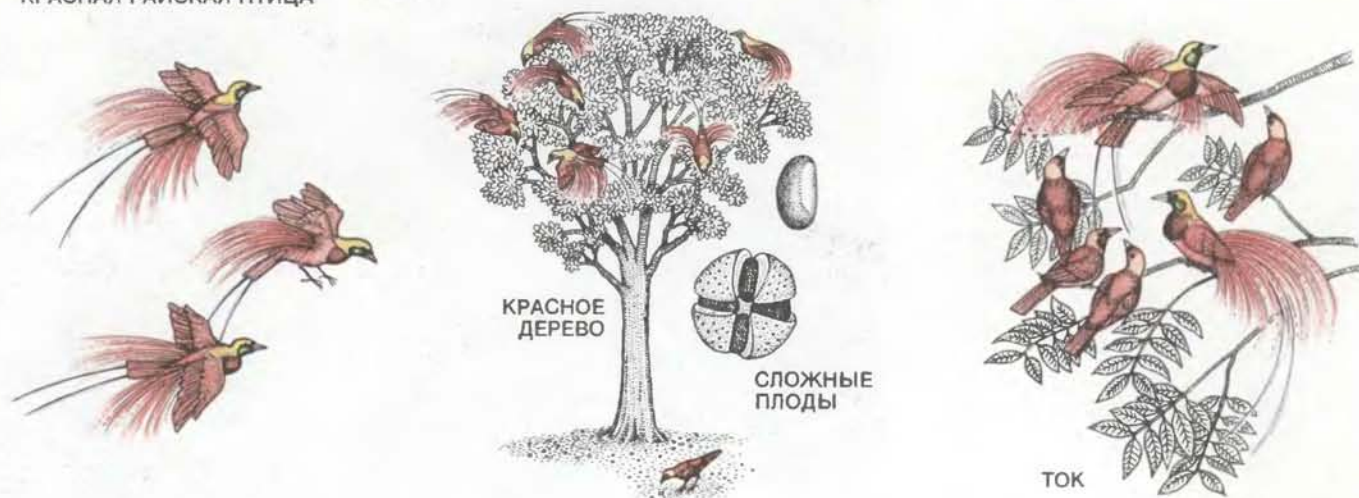


САМКА ПАРОТИИ ЛЭЙВИСА сидит на ветке, наблюдая за демонстрациями самца на земле. Самец распушил свои боковые плюмажи наподобие юбки. После "танца" он взлетит к самке и попытается спариться с ней. Самцы паротии обрезают диффузный ток: они демонстрируют вместе и одновременно, но держатся поодаль друг от друга.

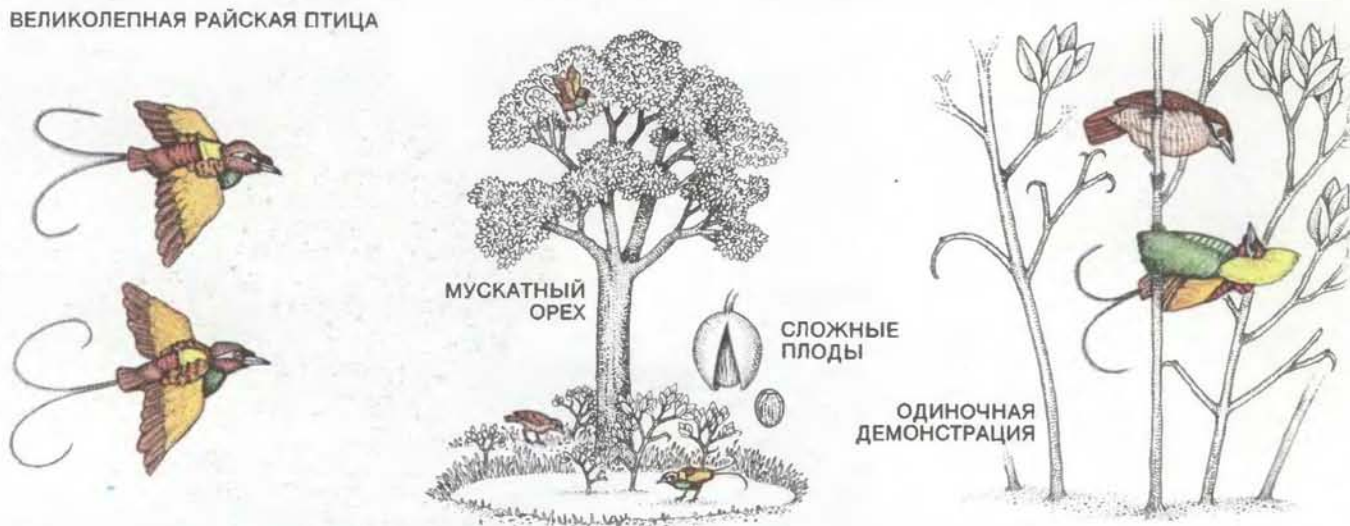
МАНУКОД-ТРУБАЧ



КРАСНАЯ РАЙСКАЯ ПТИЦА



ВЕЛИКОЛЕПНАЯ РАЙСКАЯ ПТИЦА



СОЦИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ у райских птиц зависит от экологии питания вида. Манукод-трубач (вверху) является моногамным и мономорфным видом: самцы и самки образуют постоянные пары и в равной мере участвуют в заботе о потомстве. Эта птица питается главным образом инжиром, мякотью которого кормит также птенцов. Красная райская птица (в середине) характеризуется полигинией и ярко выраженным половым диморфизмом. Самцы активно ухаживают за самками, а затем спариваются с любой рецептивной самкой. Устойчивых пар не бывает и самки выкармливают птенцов в одиночку. Пищу этого вида составляют в основном сложные плоды, такие, например, как на красном дереве. Самцы образуют плотные группировки —

тока, куда они привлекают самок, перемещающихся по лесу в поисках пищи. Великолепной райской птице (внизу) также свойственны половой диморфизм и полигиния. Подобно красной райской птице, она кормится главным образом сложными плодами, такими как мускатный орех. Но самцы этой птицы демонстрируют поодиночке. Каждый самец занимает определенное место в густой чаще и, обрывая листья вокруг себя, освобождает небольшое сферическое пространство, где и происходят демонстрации. Самец поет на своем «посту» и при появлении самки демонстрирует перед ней, прицепившись к стволу молодого деревца или стеблю лианы.

листьев; при этом птица держит лист в лапах и клювом достает добычу. Анатомические приспособления, в частности длинный клюв и хорошо развитые когти, при помощи которых птицы питаются насекомыми, вместе с тем позволяют им использовать в пищу плоды с плотной оболочкой.

Птицы, предпочитающие инжир, редко кормятся на деревьях с плодами в твердых оболочках, а многие деревья, на которых созревают такие плоды, посещаются главным образом или исключительно райскими птицами полигамных видов. Каково происхождение этих избирательных трофических связей? Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к биогеографии.

Обезьяны и белки (как и большинство плацентарных млекопитающих) в ходе своего расселения не смогли преодолеть «барьер» глубокой воды, названный линией Уоллеса, который отделяет Австралию и Новую Гвинею от островов шельфовой зоны юго-восточной Азии. В тропических местообитаниях к западу от этой линии обезьяны и белки потребляют практически весь урожай плодов, в том числе и с твердыми оболочками. При этом во многих случаях растения не извлекают никакой пользы, так как в противоположность райским птицам млекопитающие часто разрушают или полностью поглощают семена, а не распространяют их. А на Новой Гвинее относительно мало млекопитающих, поедающих семена, поэтому райские птицы по существу не имеют конкурентов в потреблении высокопитательных плодов в твердых оболочках.

Но это еще не все. Мы с Праттом показали, что среди всех обитателей дождевого тропического леса райские птицы наилучшим образом способствуют распространению семян тех растений, плоды которых они регулярно используют в пищу. Эти птицы съедают относительно немного плодов за один раз и переваривают только съедобную оболочку плода, оставляя само семя в целостности и сохранности. Перелетая с дерева на дерево в течение дня, птицы распространяют семена по лесу относительно равномерно и не сосредотачивают их в отдельных местах, как поступают нередко другие потребители плодов. Сложные плоды, покрытые оболочкой и недоступные для большинства животных, возникли в процессе эволюции как адаптация растений к деятельности специализированных потребителей, которые не только эффективно используют такие плоды в пищу, но и способствуют распространению семян этих растений.



САМЕЦ ПАРОТИИ ЛЭЙВИСА внешне сильно отличается от самки. Его переливающаяся разными цветами грудь и удлинённые жесткие перья на голове представляют собой вторичные половые признаки, которые у паротий и других видов с половым диморфизмом выработались в процессе эволюции в связи с конкуренцией среди самцов за доступ к самкам.

СРАВНИМ пищевые стратегии многоманукода-трубача и полигамной великолепной райской птицы. Манукод весьма специализирован: он плохо приспособлен к питанию насекомыми и кормится в основном инжиром. Эта пища имеет свои преимущества: инжира много, его легко есть и он хорошо переваривается. В то же время появление инжира трудно предсказать, так что птицам приходится постоянно его разыскивать. Кроме того, в таком рационе мало некоторых питательных веществ, необходимых для роста и развития. Поэтому самец должен помогать самке выкармливать птенцов.

Великолепная райская птица специализируется на питании сложными плодами, однако ее социальное поведение определяется тем, что она существенно дополняет свой рацион насекомыми. Преимущества смешанного питания сложными плодами и насекомыми состоят в том, что оба ресурса предсказуемы во времени и вместе надежно обеспечивают птиц пищей в течение всего года. Еще важнее то, что эта пища достаточно богата всеми питательными веществами; это позволяет самке выкармливать выводок в одиночку. Тем самым самцы могут проводить почти все время на демонстрационных постах, откуда они отлучаются лишь для того, чтобы поесть.

На основании наших исследований мы заключили, что переход от моногамии к полигамии произошел у ви-

дов, которые питались не только насекомыми и простыми плодами, но также и сложными плодами. У тех видов, которые, как манукод-трубач, питаются почти исключительно инжиром, это не случилось, вероятно, потому, что как самцы, так и самки должны принимать участие в заботе о потомстве.

Как в свете вышеописанных фактов можно представить себе формирование токов у райских птиц? Почему у красной райской птицы самцы собираются для демонстраций в плотные группировки, тогда как у великолепной и серпоклювой райских птиц они демонстрируют по одиночке? Дж. Бредбери из Калифорнийского университета в Сан-Диего утверждает, что эволюция токов связана с особенностями распределения в пространстве самок, которое в свою очередь зависит от их кормового поведения и в конечном счете — от их рациона. По его мнению, тока образуются в тех случаях, когда самки перемещаются в поисках корма по обширной территории, причем участки их обитания перекрываются. В этих условиях самцы, собираясь вместе на один ток, получают возможность привлечь многих из широко перемещающихся и нетерриториальных самок.

Гипотеза Бредбери хорошо согласуется с нашими данными. Самки таких относительно хорошо изученных видов, как красная райская птица и паротия Лэйвиса, имеют обширные перекрывающиеся участки обитания. У

этих видов место расположения тока посещается многими самками, что увеличивает вероятность полигинии. У других видов, примером которых могут служить великолепная и серпоклювая райские птицы, самки перемещаются не столь широко и кормятся на относительно небольших непрерывающихся участках леса. В результате лишь немногие из них могут попасть к месту демонстраций самцов, что снижает вероятность полигинии.

Можно заключить, что полигиния и образование токов определяются тремя факторами. Во-первых, неравномерное распределение плодов создает условия, при которых самец, находясь в одном месте, может рассчитывать на встречу со многими самками. Во-вторых, предсказуемость появления и пищевая ценность сложных плодов позволяют самкам выкармливать птенцов без помощи партнеров, что создает предпосылки для перехода самцов к промискуитету. В-третьих, возрастание роли плодов в питании ведет к расширению участков обитания самок и обуславливает возникновение системы токов. Красная райская птица и паротия питаются почти исключительно сложными плодами (изредка насекомыми) и образуют тока, а великолепная и серпоклювая райские птицы часто кормятся насекомыми и токов у них нет.

ИЗУЧЕНИЕ эволюции брачного поведения райских птиц с экологической точки зрения привело к новому представлению о роли питания как фактора, влияющего на социальную организацию. Стало ясно, что птицы и растения, служащие им пищей, тесно взаимосвязаны. Я и мои коллеги пришли к убеждению, что только путем осмысления роли райских птиц в экосистеме дождевого тропического леса можно достичь удовлетворительного понимания разнообразия репродуктивных стратегий в этом замечательном семействе пернатых.

Тем не менее на многие вопросы еще нет ответов. Например, справедливы ли сделанные нами выводы относительно питания и поведения для тех видов райских птиц, которые пока не изучены? По каким признакам самка выбирает себе партнера на току среди многих самцов? Почему плотность расположения самцов на току варьирует у разных видов? Наконец, почему самцы стремятся на ток, где между ними возникает жестокая конкуренция? Эти и другие социобиологические загадки сохраняют свою привлекательность для биологов еще многие годы.

Концепция Геи меняется

В КОНЦЕ 60-х годов Дж. Лавлок, независимый английский исследователь, работающий в своей домашней лаборатории, начал проповедовать идеи, в которых растущую обеспокоенность относительно состояния окружающей среды он объединил с элементами своеобразного мистицизма. Его концепцию можно сформулировать в простой и привлекательной форме: все животные и растения, населяющие Землю, представляют единый колоссальный организм, способный регулировать процессы, протекающие в атмосфере, геосфере и гидросфере, с целью удовлетворения своих потребностей. Лавлок назвал этот организм Гею по имени древнегреческой богини Земли.

Лавлок, первоклассный изобретатель, пришел к этой идее, конструируя датчики обнаружения жизни для автоматических межпланетных станций «Викинг», совершавших экспедиции к Марсу. Отметив, что атмосфера Земли (в отличие от Марса или Венеры) уже давно и далеко отошла от состояния химического равновесия, он предположил, что Гея пытается сохранить оптимальные условия перед лицом изменяющихся астрономических воздействий, таких, например, как постепенное увеличение яркости солнца.

Размышления Лавлока привели к двум последствиям. Под их влиянием возникло полуполитическое движение со штаб-квартирой в Лондоне и своими собственными печатными органами. Оно насчитывает тысячи сторонников в США и странах Западной Европы. Гея стала почти символом официальной идеологии «зеленых» партий в Европе: она, конечно, привлекает к себе людей, не слишком искушенных в науке, но обеспокоенных состоянием природной среды. «Множеству людей, не доверяющих науке, Гея действительно пришлась по душе», — пишет биолог У. Дулитл из Университета Далхузи в Галифаксе (пров. Новая Шотландия, Канада).

Но Гея вызвала также острую аллергическую реакцию у некоторых ведущих ученых-биологов. Основные возражения против этой концепции высказали, в частности, Дулитл и Р. Доукинз из Оксфордского университета. Гея, по их представлениям, требует, чтобы определенные виды ограничили свою способность к размножению в интересах более широкого сообщества. Однако естественный отбор содействует сохранению генов, которые увеличивают частоту своего

присутствия в организмах. Таким образом, не может существовать механизма эволюции организмов, которые искусственно жертвуют преимуществом, имеющимся у них в данный момент, ради отдаленного будущего, если только жизнь не обладает свойством предвидения. Она им не обладает. Следовательно, заключает Доукинз, «эгоистические» гены должны просто вытеснить гены, обладающие «воображением».

В ответ на критику подобного рода Лавлок несколько модифицировал концепцию Геи. В его недавно вышедшей книге «Эпохи Геи» (The Ages of Gaia) вместо первоначальной «жесткой» Геи перед нами предстает более гибкая версия. Новая, «мягкая» Гея «обладает способностью регулировать температуру и состав земной поверхности, поддерживая ее комфортной для живых организмов», однако она не оптимизирует среду в глобальном масштабе — такую гипотезу эволюционисты находят бессмысленной. Лавлок тщательно избегает утверждения, будто Гея обладает даром предвидения.

Тем не менее версия Геи образца 1988 г. все еще проявляет свойства гомеостаза (это означает, что она, подобно термостату, старается противостоять изменению влияющих на нее внешних факторов). «Эволюция организмов и эволюция окружающей их среды тесно связаны как единый процесс», — пишет Лавлок. — Саморегуляция — естественное свойство этого процесса».

Но большинству биологов все-таки трудно принять даже идею глобального гомеостаза. Дело в том, что почти невозможно представить себе переходное звено от локальных эффектов к изменениям в масштабе планеты. Организмы, изменяющие свою среду в интересах потомства, конечно, получают за счет этого преимущество: вот почему птицы, к примеру, строят гнезда. Но трудно понять, каким образом эта чисто дарвинистская «семейственность» может действовать в масштабе многих поколений и на континентальных расстояниях.

Пытаясь противостоять критике Доукинза и Дулитла, Лавлок придумал иллюстративную математическую модель, которую он назвал «миром маргариток». Модель показывает, как «маргаритки» различных цветовых оттенков, подверженные влиянию естественного отбора, могут регулировать температуру воображаемой планеты по мере того, как «солнце» изменяет свою яркость. Более темные маргаритки распространяют-

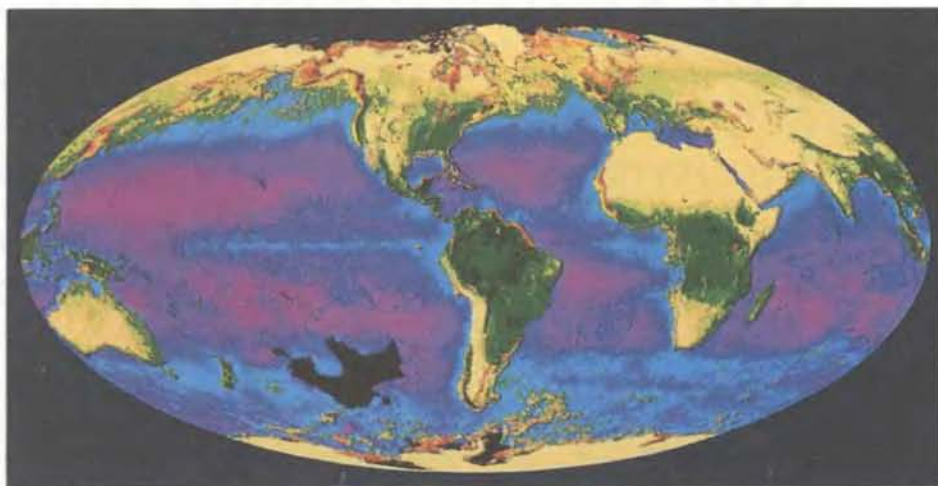
ся, когда солнце становится относительно холодным, и, поглощая тепло, согревают планету. Обратное справедливо по отношению к светлым маргариткам.

Лавлок утверждает, что его мир маргариток доказывает, что естественный отбор по Дарвину может способствовать поддержанию глобального гомеостаза. Другие не соглашались. «Мир маргариток — по существу произвольный взгляд на то, как работают природные механизмы», — говорит Дж. У. Кирхнер из Калифорнийского университета в Беркли. Модель, по его словам, регулирует только температуру, поскольку маргаритки чувствительны лишь к температуре и обладают искусственными нереалистичными свойствами. Если бы в этом мире возникли более реалистичные маргаритки, то мир уже не смог бы достичь стабильности.

Л. Маргулис из Массачусетского университета в Амхерсте, убежденная сторонница взглядов Лавлока, отвергает критические аргументы Дулитла — Доукинза, считая, что они отражают непонимание химической экологии. Она утверждает, что Гея способна активно регулировать условия, в то время как согласно стандартному дарвинистскому подходу условия изменяются случайно и организмы лишь приспосабливаются к ним. По мнению Маргулис, взаимодействия между организмами приводят к экологическому разнообразию и, как следствие, к его устойчивости, поскольку запасы биологически активных элементов, таких как углерод и кислород, постоянно обновляются за счет природных циркуляций. Например, локальное увеличение концентрации какого-нибудь газа — скажем, метана — вызывает противодействующую реакцию, проявляющуюся в том, что организмы начинают его поглощать. «Люди, считающие себя биологами-эволюционистами, пренебрегают окружающей средой просто до неприличия», — говорит она.

Маргулис признает, что критические замечания со стороны представителей официальной биологии убедили ее, точно так же, как и Лавлока, что Гею не следует наделять способностью к оптимизации. Ей не нравится также, когда Гею описывают как единый организм (поскольку организм не перерабатывает своих отбросов). Более того, Маргулис отрекается и от гомеостаза, так как регулируемые уровни меняются во времени. «Гея приводит к расхождению между тем, чего следовало бы ожидать, основываясь лишь на химических соображениях, и тем, что мы видим на самом деле», — говорит она.

Каким образом можно было бы от-



БИОСФЕРА, как она видна со спутника НАСА «Нимбус-7». Один из приборов фиксировал изменения цвета морской поверхности, обусловленные жизнедеятельностью планктона; другой наблюдал за растительностью на суше. Бурый цвет соответствует областям, где уровень содержания хлорофилла наиболее высок, а фиолетовый — с наиболее низким содержанием хлорофилла; зеленый соответствует самому высокому содержанию хлорофилла на суше. Снимок предоставлен Годдардовским центром космических полетов и Университетом в Майами.

личить «активную регуляцию» от простого влияния? Одна из возможностей состоит в том, что регуляция должна приводить к устойчивости. Однако некоторые ученые, с интересом относящиеся к концепции Геи, такие как С. Шнейдер из Национального центра атмосферных исследований, уже давно утверждают, что некоторые пищевые циклы, связывающие живые организмы и окружающую среду, по всей видимости, способствуют дестабилизации. Более того, климат и состав атмосферы сильно менялись со времен формирования планеты и многие изменения оказывались губительными для жизни: хроника ископаемых остатков свидетельствует о периодах массовой гибели живых организмов. Маргулис признает, что здесь возникает проблема относительно того, можно ли считать состояние среды устойчивым в условиях постоянно меняющихся экосистем, но она не предлагает никакого решения.

Тогда не является ли Гея просто метафорой или афоризмом, чем-то вроде «природы красной зубом и когтями»? Лишь постольку, поскольку вся наука является метафорой, парирует Лавлок. В своей книге «Эпохи Геи» он характеризует попытки доказать, что Гея живая, как «досужее» занятие. Важно то, считает он, что Гея стимулировала поиски глобальных эффектов, производимых жизнью. Шнейдер согласился. «Эта идея интересна тем, что она заставляет нас задуматься о системе с другой точки зрения», — заметил он.

Гея стимулировала, например, поиски серосодержащей молекулы, диметилсульфида, которая выделяется

бактериями, обитающими в океане, и является основой частичек, на которых конденсируются в облаках капельки воды. Сторонники Геи высказали предположение, что выделяемые бактериями вещества могут регулировать облачность и тем самым климат. (По иронии судьбы, недавние анализы образцов антарктического льда говорят о том, что этот химический агент может скорее дестабилизировать климат, нежели способствовать устойчивому режиму. Таким образом, главный пример научных исследований, обусловленных влиянием Геи, может решительно свидетельствовать против нее.)

Итак, Гея, которой скоро исполнится три десятка лет, не напоминает живой организм; она теперь не обладает даром предвидения, уже не оптимизирует среду и (по мнению Маргулис) не поддерживает гомеостаза. Что же осталось от Геи, отличающее ее от традиционного взгляда на эволюцию, согласно которому организмы просто пытаются воспользоваться предоставляющимися им возможностями? Каким образом можно обнаружить не гомеостатическую Гею? Даже те геохимики, которые не видят нужды в концепции Геи для объяснения геологической истории, такие как Г. Холланд из Гарвардского университета, признают, что жизнь всегда оказывала влияние на атмосферу.

Может быть Гея представляет собой не больше чем простое стремление жизни к выживанию? Если так, то ей еще только предстоит заявить о себе. Однако многочисленные поклонники Геи, кажется, не желают и слышать о том, что богиню их храма нигде невозможно найти.

Дистанционно управляемые манипуляторы

При отсутствии полностью автономных роботов механизмы, управляемые человеком на расстоянии, могут выполнять различные операции в недоступных или опасных рабочих зонах

УИЛЬЯМ Р. УТТАЛ

КАК МОЖНО успешно выполнить ту или иную физическую работу в опасной, тяжелой обстановке, например в активной зоне ядерного реактора, на линии фронта боевых действий, в глубинах океана? Один из подходов к решению этой проблемы заключается в использовании самоуправляемых (автономных) роботов, но пока этот подход можно рассматривать только в теоретическом плане. Другой подход, уже имеющий практическое воплощение, — использовать телеоператоры, или дистанционно управляемые манипуляторы — механизмы, управляемые человеком на расстоянии. Такое устройство может заменить присущие человеку восприятие, сноровку и расчётливость, необходимые для выполнения той или иной задачи, позволяя при этом самому рабочему управлять телеоператором из удобного и безопасного места.

Где бы ни находилась недоступная или опасная для человека рабочая зона — в соседней комнате или на далекой планете — основная идея применения дистанционно управляемых манипуляторов заключается в том, чтобы предоставить рабочему доступ к месту действия с более далекого расстояния, чем могут обеспечить обычные инструменты и приспособления. В строгом смысле такой манипулятор не является роботом, так как он управляется человеческим интеллектом, его двигательными и сенсорными способностями, а не процессором компьютера. Следовательно, дистанционное управление, или процесс двусторонней передачи информации на большие расстояния, по существу сводится к обеспечению взаимной связи между объектом и субъектом. Когда человек-оператор посылает управляющие сигналы к инструментам, работающим на удаленном участке, он в то же время сам должен постоянно контролировать «положение дел» на этом участке.

То, что дистанционно работающие манипуляторы управляются людьми,

в действительности является главным преимуществом. За последние три десятилетия наблюдалось несколько всплесков оптимизма по поводу того, что полностью автономные, управляемые компьютерами роботы смогут работать в зонах, где человек подвергается риску или его присутствие нецелесообразно, поскольку связано с большими затратами времени и средств, а также в удаленных местах, недоступных для человека. Время от времени эти надежды ослабевали вследствие возникновения технических трудностей на пути к созданию необходимого для данной задачи искусственного интеллекта, что оказалось сложнее, чем ожидалось. Некоторые препятствия как будто только и ждут нового шага в развитии технологии, чтобы их преодолели. Другие барьеры на пути к полной автоматизации кажутся более сложными.

К счастью, для того чтобы выполнить необходимую работу в опасной или отдаленной зоне, можно обойтись и без «всезнающего» и автономного компьютера. Имеется немало примеров успешного использования дистанционно управляемых манипуляторов, например при недавнем исследовании затонувшего «Титаника». Несколько лабораторий разных стран, включая Гавайскую лабораторию Центра океанических систем (NOSC) ВМС США, где автор работал в течение 3 лет, пытаются расширить сферу применения подобных устройств. Основной проблемой при этом является разработка мощных и гибких связей между человеком-оператором и удаленным от него механизмом. Эта задача включает в себя как сугубо инженерные аспекты, так и способности человека к восприятию, познанию и движению.

ВСЕ МАНИПУЛЯЦИОННЫЕ системы дистанционного управления конструктивно состоят из нескольких основных элементов: датчиков для получения информации о рабочей зоне; системы отображения информа-

ции, которая позволяет человеку контролировать ситуацию в зоне проведения работ; органов управления, с помощью которых оператор осуществляет рабочие операции; рабочих органов или инструментов и линий связи (которые, пожалуй, являются наиболее важным элементом) для передачи информации от датчиков к системе отображения и от органов управления к инструменту. В дополнение к этому каждый дистанционно управляемый манипулятор должен отвечать некоторым эксплуатационным требованиям: он должен быть удобным для транспортировки к месту работы, быть способным менять свое местоположение в процессе работы в соответствии с командами управления и обладать требуемой мощностью для приведения в действие инструмента и любого вспомогательного механизма.

Первыми телеоператорами, достойными этого названия, были дистанционно управляемые манипуляторы для работы с радиоактивными материалами, появившиеся в 40-е годы. Для наблюдения за действиями рабочих органов в них использовалось обыкновенное окно, куда смотрел оператор, а органы управления были напрямую связаны с рабочим органом, представляющим собой простое захватное устройство, либо посредством жестких стержней, либо тросами и проводами. В современных телеоператорах такая связь осуществляется с помощью сигналов, передаваемых по электрическим кабелям, оптическим волокнам или от антенны к антенне, когда передаются радио- или телевизионные волны. В некоторых современных системах, работающих на небольших расстояниях, применяются силовые гидравлические приводы, которые оказались весьма эффективными. Какой бы ни была технология передачи информации и независимо от расстояния, задача средств связи остается неизменной. Они должны обеспечивать оператора адекватной информацией о состоянии инструмен-

та и среды, в которой он работает, и передавать сигналы управления, в соответствии с которыми рабочий орган манипулятора воспроизведет движения человека.

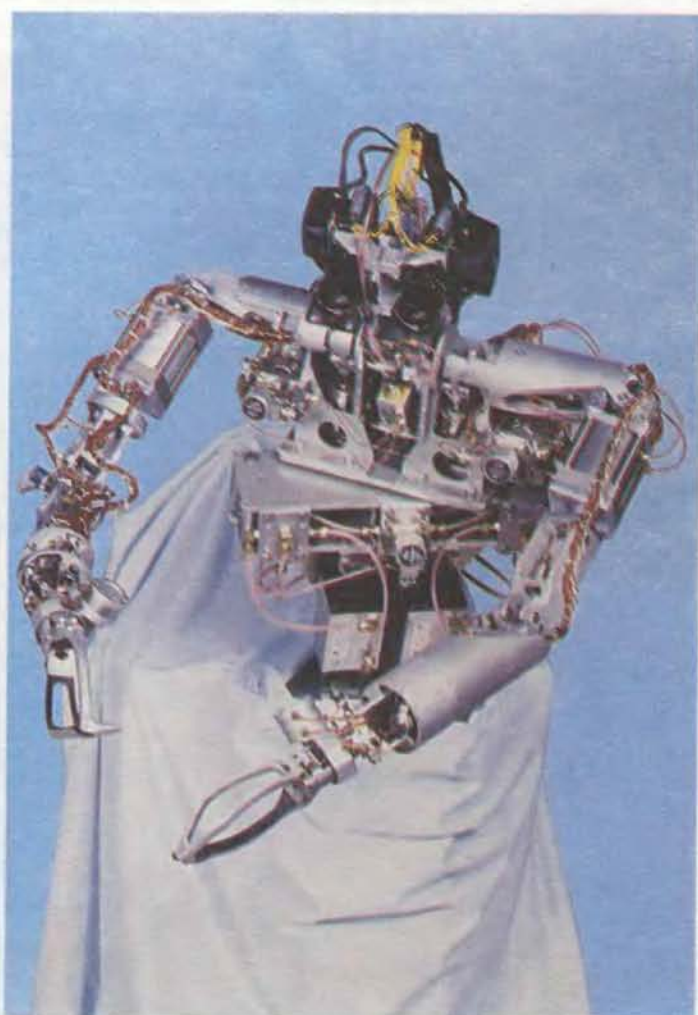
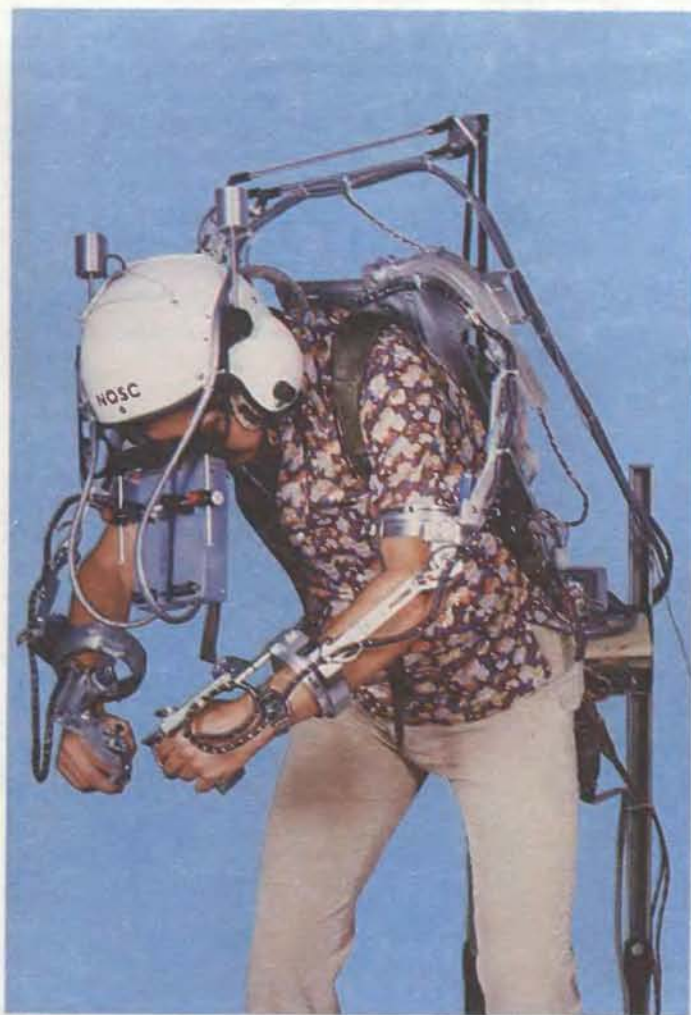
Поскольку система отображения информации воспроизводит обстановку в рабочей зоне манипулятора, у оператора возникает иллюзия собственного непосредственного присутствия. До сих пор специалисты не пришли к единому мнению о том, является ли иллюзия присутствия фактором, сколько-нибудь повышающим производительность. Также неизвестно, каким образом эту иллюзию лучше создавать. Ясно одно: никто не хотел бы воспроизвести на рабочем месте оператора те же условия, что и в рабочей зоне манипулятора — температуру, давление, радиацию или другие опасные факторы, которые и заставили прибегнуть к манипуляторам с дистанционным управлением.

В то же время несоответствие между изображаемой на индикаторе системы визуального отображения информацией и реальной рабочей обстановкой, безусловно, может затруднить выполнение задачи. В результате потребовалось приложить немало усилий на то, чтобы определить оптимальное поле зрения индикатора, которое оказывает большое влияние на воспринимаемую оператором скорость перемещающихся в рабочей зоне объектов. Вопрос о том, какая именно визуальная информация должна быть доступна оператору и в какой форме, является главной задачей в дальнейшем совершенствовании дистанционно управляемых манипуляторов.

В НЕСКОЛЬКИХ манипуляторах с дистанционным управлением, разрабатываемых NOSC, оператор наблюдает за обстановкой с помощью стереоскопического индикатора си-

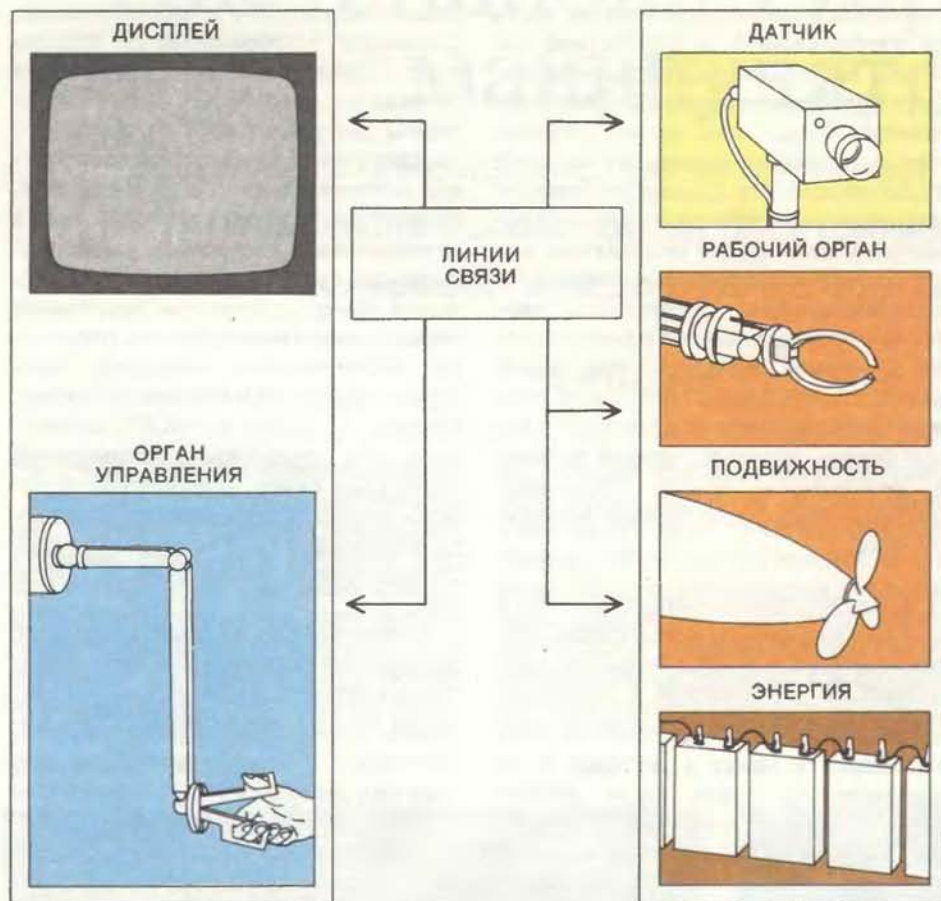
стемы визуального отображения информации. Изображение на индикаторе получается от двух одинаковых телекамер, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, что создает сильную иллюзию присутствия непосредственно в рабочей зоне. Разнесение камер не нуждается в ограничениях, диктуемых расстоянием между глазами человека. Расположение камер на большем расстоянии может существенно помочь оператору воспринимать взаимное пространственное размещение объектов. Однако Э. Спейн из NOSC обнаружил, что существует оптимальное разнесение камер, превышение которого ухудшает способность оператора воспринимать относительное пространственное расположение объектов.

Телевизионные датчики, способные воспринимать различные виды электромагнитного излучения, отличающиеся от видимого света, также мо-

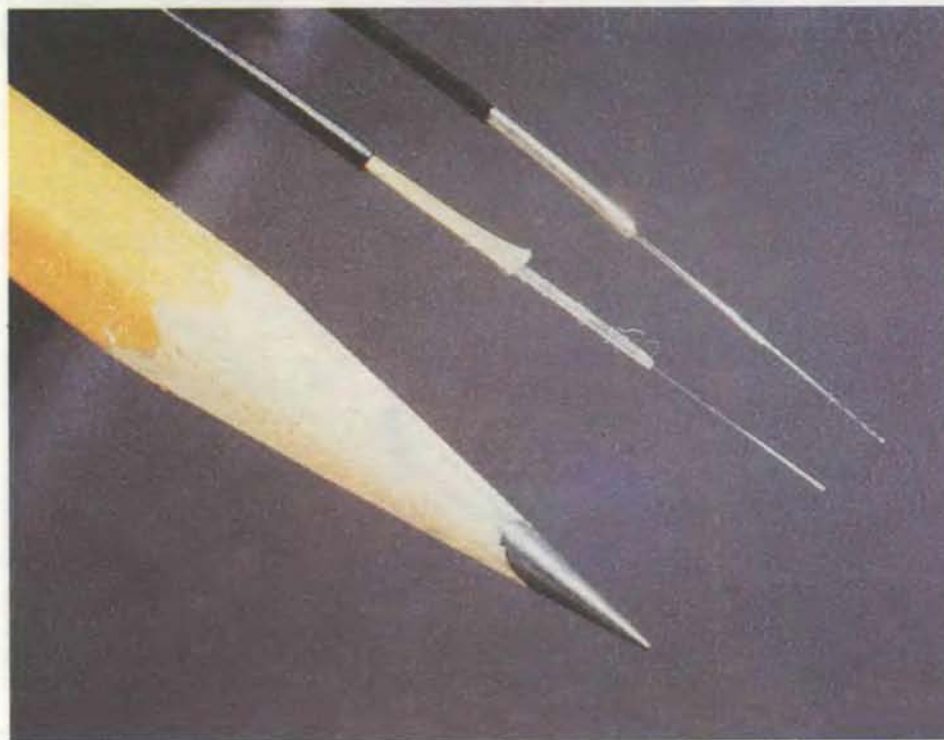


«GREEN MAN» (зеленый человек) позволяет оператору (слева) дистанционно управлять человекоподобной рабочей установкой (справа). Две телевизионные камеры на установке передают информацию двум миниатюрным, вмонтированным в шлем оператора, телеэкранам, расположенным прямо перед глазами человека; одновременно передается и звук. Движения оператора зеркально отображаются

в движениях рабочей установки. Сигналы управления передаются гидроприводом от «доспехов», в которые облачен оператор, к установке. Эта экспериментальная система, разработанная в Гавайской лаборатории Центра океанических систем (NOSC) ВМС США предназначена для изучения воздействия на человека факторов, обусловленных спецификой дистанционного управления объектами.



БЛОК-СХЕМА системы дистанционного управления. Такая система включает в себя средства отображения информации, орган управления, датчик, рабочий (исполнительный) орган (или инструмент) и линии связи. Другие составные элементы могут служить для обеспечения этого устройства энергией и придания ему мобильности.



ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА — прекрасное средство передачи информации в устройствах дистанционного управления. Диаметр оптоволоконного кабеля может быть менее 0,25 мм и при этом обладать значительной механической прочностью, чтобы, не повреждаясь, растягиваться с летящего самолета.

гут усилить восприятие оператора, позволяя ему «видеть» те объекты, которые обычно человеку невидимы с его рабочего места. Вероятно, в ближайшем будущем компьютерная техника распознавания изображений увеличит объем данных, поступающих от датчика в систему отображения видеoinформации. Объекты будут выделяться на сложном фоне, а мало-контрастные поверхности автоматически преобразовываться. Однако визуальная информация невысокого качества не всегда требует компьютерной коррекции. Опыт исследований автора показал, что наблюдатель может без труда воспринимать объект почти целиком, даже если на экране он представляется неполным или искаженным.

В некоторых устройствах к системе отображения визуальной информации добавляется звуковое сопровождение. Например, звуком можно предупредить оператора, управляющего подвижным средством под водой, об опасности столкновения в непрозрачной среде. В системы дистанционного управления манипуляторами разработчики также пытаются включить и средства отображения тактильной информации. Такие средства могут обеспечить обратную связь с работающими на расстоянии инструментами и позволить оператору регулировать усилие, прилагаемое им к объекту, и тем самым избежать повреждения инструмента. В современных системах информация от дистанционного тактильного датчика воспроизводится в похожем на перчатку средстве отображения, позволяющем оператору «ощупывать» удаленный объект. Системы со средствами отображения тактильной информации могут передать очертания объекта, когда визуальные датчики не могут его «рассмотреть» в затемненной среде (например, в мутной воде) или когда работа производится вне поля зрения камеры. Способность дистанционно управляемого манипулятора «ощупывать» объекты может иметь исключительную важность для оператора, почти столь же значимую, как и для человека, пробирающегося на ощупь в темноте или работающего с чем-нибудь скрытым от глаз.

ПОСКОЛЬКУ в дальнейшем совершенствовании дистанционно управляемых манипуляторов большое внимание уделялось развитию визуальных и тактильных средств отображения информации, разработкой новых органов управления почти не занимались. До настоящего времени управление в основном осуществлялось с помощью обыкновенных

рукояток, переключателей и рычагов. Эти приспособления предназначены только для того, чтобы заставить работающий на расстоянии инструмент воспроизводить двигательную реакцию оператора: например, сомкнуть захватное устройство в тот момент, когда оператор смыкает свое.

С недавнего времени в системах дистанционного управления широкое применение нашли компьютеры. Для улучшения качества изображения компьютер можно включить в цепь между датчиком и отображающим устройством, но его можно включить и в линию связи между органами управления и рабочим инструментом. В этом последнем случае компьютер может, например, исключить необходимость в каком-либо манипулировании органом управления, чтобы вызвать соответствующее движение рабочего инструмента. Достигается это за счет способности компьютера автоматически переводить действия оператора, совершаемые в одной системе координат (на входе), в действие инструмента, работающего в дру-

гой системе координат (на выходе). Компьютер можно также запрограммировать на нелинейное усиление реакции инструмента, и тогда оператору не нужно будет прикладывать во столько же раз большее усилие к рабочему органу. Другие преобразования, производимые компьютером, как сложные, так и простые, могут сделать взаимодействие между оператором и органами управления по возможности наиболее естественным.

В настоящее время для дистанционно управляемых манипуляторов разрабатывается ряд принципиально новых органов управления. Так, Дж. Фоли из Университета Джорджа Вашингтона разработал устройство в виде перчатки, которое способно «улавливать» сложные движения кисти человека и передавать информацию о ее движении работающему на расстоянии инструменту, форма которого также похожа на кисть человека (см. Дж. Фоли. Человеко-машинные интерфейсы. В мире науки, 1987, № 12). Другие исследователи разрабатывают системы управления

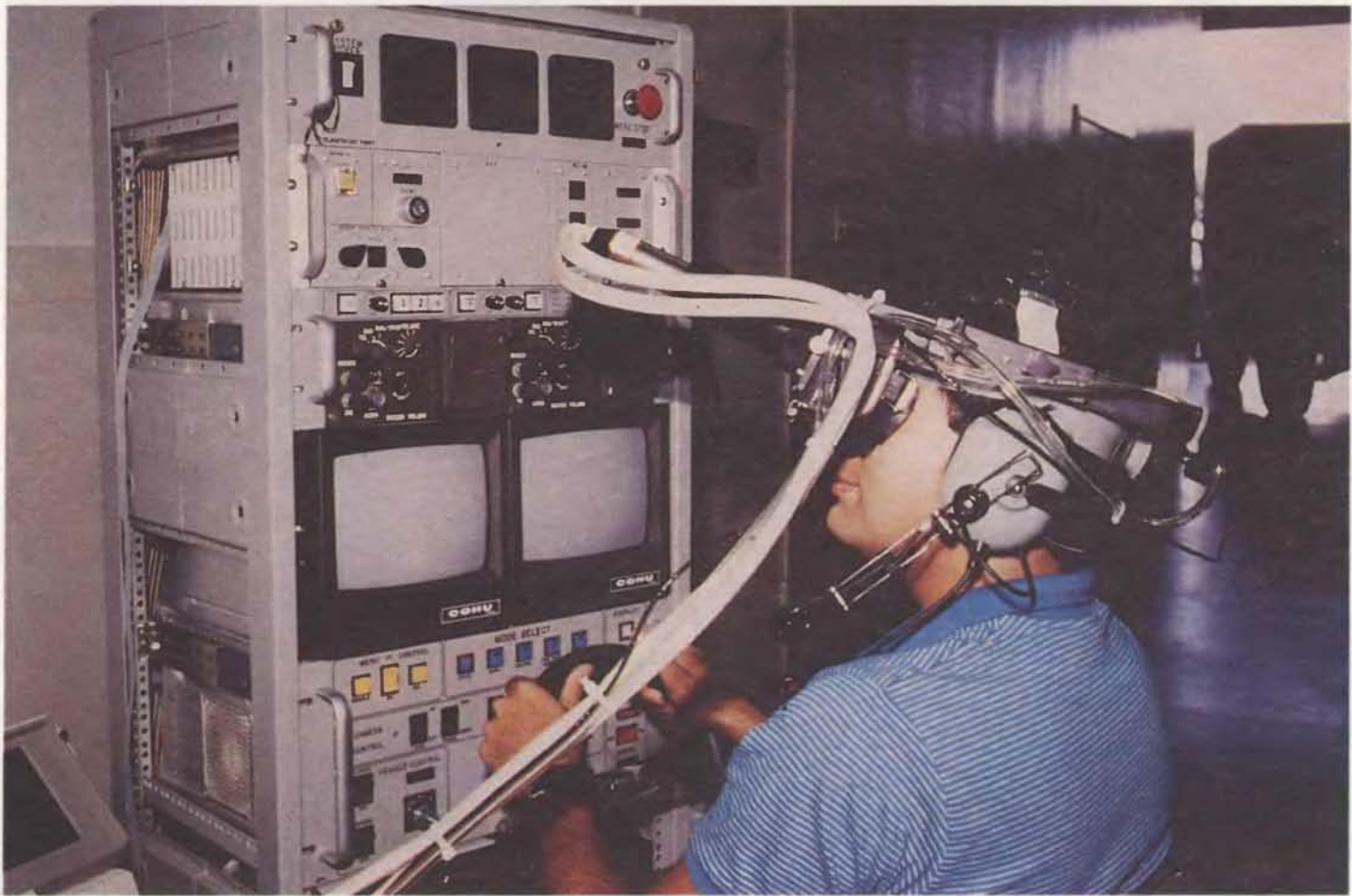
протезами, которые генерируют электрические сигналы в ответ на движение мускулов. (Несмотря на то что расстояния, на которые обычно должны перемещаться протезы, гораздо меньше тех, на которые, как правило, перемещаются манипуляторы с дистанционным управлением, системы эти все же решают задачи, схожие с теми, с какими сталкиваются разработчики дистанционно управляемых манипуляторов.)

В НЕКОТОРЫХ манипуляторах для передачи сенсорной и управляющей информации успешно могут использоваться обычные электрические провода и механические или гидравлические системы. Однако в большинстве систем поток информации между оператором и рабочим органом манипулятора довольно большой. Требования к передаче сигналов управления не очень высокие, но стереоскопическое устройство для отображения визуальной информации обычно занимает частотный диапазон двух каналов цветного телевидения.



СРЕДСТВА визуального представления информации и органы управления систем дистанционного управления могут быть довольно сложными. Здесь приведена фотография наземной станции дистанционного управления под-

водной рабочей установкой, разработанной в NOSC. Устройство в виде руки справа — это орган управления подводным манипулятором.



ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЙ АВТОМОБИЛЬ оказался очень удобной разведывательной машиной, способной обнаружить опасные зоны на местности, не подвергая риску человека. Автомобиль (вверху) оснащен двумя одинаковыми телекамерами, установленными на месте водителя,

и управляется сигналами, посылаемыми по оптоволоконному кабелю из операторской станции, расположенной на расстоянии. Органы управления (внизу) на операторской станции в точности повторяют соответствующие им органы на автомобиле.

Решение проблемы связи датчиков с системой отображения информации иногда может быть облегчено за счет использования развитых способностей человека к восприятию. Р. Пеппер из Международной корпорации по прикладным наукам доказал, что перегрузку системы связи можно снизить путем передачи цветного изображения с низким разрешением по одному телеканалу и одноцветного изображения с высоким разрешением по другому. Объединение изображений на рабочем месте оператора дает довольно приемлемое стереоизображение среднего качества. Для визуального наблюдения качество такого изображения достаточно хорошее и при этом достигается экономия в загрузке линий связи.

Манипуляторы, предназначенные для работы на очень больших расстояниях, в космосе или на Земле, должны оснащаться системами радио- и телевизионной связи, а в некоторых случаях и системами акустической связи (например, при работе в океанских глубинах). Что касается дистанционно управляемых манипуляторов, в которых оператор непосредственно физически связан с инструментом, то для них весьма подходящими оказались оптические волокна, способные передавать за 1 с до 400 млн. бит, или единиц информации. Тонкие оптические волокна можно прокладывать без стыков на большие расстояния, вплоть до 300 км. Смотанное в катушку волокно может даже растягиваться на высокой скорости с летящего самолета для того, чтобы оператор мог дистанционно управлять военным средством поражения; применение оптического волокна в этих целях было продемонстрировано Дж. Хольцшух, который использовал для этого специальное волокно, разработанное А. Накагавой и его коллегами из центра NOSC.

Оптические волокна, развертываемые с идущего корабля, используются также и для дистанционного управления подводными объектами. В таких манипуляторах, к числу которых относится система Advanced Tethered Vehicle, которую разработал Р. Гоффман в NOSC, дистанционная рабочая установка подвешивается на кабеле, который помимо передачи информации должен также снабжать установку энергией и удерживать значительную массу. В нее входит не только масса рабочей установки, но и самого кабеля, который может быть не таким уж легким. Заменяя в средствах связи обычные провода на оптические волокна, можно значительно снизить вес кабеля — с 23 до 9 т в случае, когда он поддерживает глубоководную установку. (Для выполнения

других функций, не относящихся к обеспечению связи, кабель все же нуждается в большом количестве меди, стали и других материалов.)

Помимо легкости и компактности оптические волоконные кабели при наличии хорошей защиты обладают значительной жесткостью и прочностью. Транспортные средства, например, могут многократно переезжать через такие кабели, при этом они остаются неповрежденными и сохраняют свою способность передавать оптические сигналы. Кроме того, в отличие от электрических оптоволоконных кабелей являются надежными с точки зрения защиты от перехвата передаваемой по ним информации.

ИТАК, после описания основных компонентов систем дистанционного управления манипуляторами и некоторых проблем, с которыми приходится сталкиваться при их разработке, рассмотрим некоторые последние модели дистанционно управляемых систем, разработанных в NOSC. Пожалуй, одной из самых впечатляющих из них является так называемый «Green Man» (зеленый человек) — прототип антропоморфного (человекоподобного) манипулятора с дистанционным управлением. Это устройство сконструировано Д. Смитом и Ф. Армогидой, а изготовлено оно фирмой Herbert Mummery. Оператор облачается в доспехи, конструктивно похожие на скелет человека, и наблюдает за обстановкой на рабочем участке через два миниатюрных, вмонтированных в шлем, телеэкраны, которые расположены непосредственно перед его глазами. Органы управления манипулятора состоят из соединенных с помощью шарниров «костей» скелета, повторяющих движения оператора. Помимо дублирования движения головы и рук «Green Man» способен воспроизводить движения шеи и туловища оператора.

Рабочая установка, которая располагается всего в нескольких футах от оператора, представляет собой человекоподобный «инструмент». Она оснащена двумя телекамерами для передачи изображения на экраны и двумя микрофонами для передачи звука в наушники оператора. В то же время сигналы от оператора, передаваемые по гидравлической системе связи, приводят в движение туловище, шею и руки с клешнеобразными кистями. Движения установки повторяют движения оператора.

Антропоморфные системы дистанционного управления имеют многие преимущества и исключительно удобны для выполнения некоторых видов работ, таких как ремонтные операции под водой, характер которых со всей



ЛЕТАЮЩАЯ ПЛАТФОРМА может управляться оператором с дистанционного пульта. Эта экспериментальная платформа высотой около 60 см, удерживаемая в воздухе пропеллером, может парить и обозревать большую территорию, собирая необходимую разведывательную информацию. Сигналы, поступающие с платформы на телеэкраны оператора, создают у него иллюзию полного присутствия на борту этого аппарата.

полнотой нельзя предвидеть заранее. Иллюзия присутствия, которую испытывает оператор при работе с установкой «Green Man», достаточно сильна, и ему фактически не нужно думать о том, как передать свои движения рабочей установке, чтобы она их повторила. Такие дистанционно управляемые манипуляторы пока не могут работать повсеместно. Необходимо еще многое сделать для их конструктивного совершенствования, чтобы они обрели некоторые качества, присущие человеку, такие, например, как сноровка.

Тем временем Т. Хьюджес вместе со своими коллегами разрабатывает дистанционно управляемую версию армейского высококомобильного многофункционального подвижного устройства на колесах HMMWV (High-Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle) — преемника классического джипа. Оператор наблюдает за территорией, где перемещается устройство, через вмонтированный в шлем стереоскопический индикатор, который получает сигналы, передаваемые по оптоволоконному кабелю от двух одина-

ковых телекамер, расположенных на водителском месте на уровне головы. Оптические свойства камер и индикатора оказывают сложное влияние на способность оператора управлять установкой. Это влияние сейчас интенсивно изучается.

Довольно неприятным и присущим только человеку фактором, с которым приходится сталкиваться разработчикам таких систем дистанционного управления, является «болезнь имитатора» (эвфемизм, употребляемый вместо «тошнота»), часто выводящая оператора из строя. Она вызывается сильным несоответствием между воспринимаемым оператором движением (которое к тому же усиливается стереоиндикатором) и отсутствием раздражения внутреннего уха. Индивидуальная восприимчивость к этой болезни изменяется в широких пределах, и исследователи настойчиво пытаются установить точные причины ее возникновения.

Другое дистанционно управляемое устройство, которое делает Хьюджес и его коллеги, — AROD (Aaiborne Remotely Operated Device), устройство, способное парить в воздухе. Это небольшая, высокоомобильная и управляемая оператором наблюдательная платформа, которая может зависать или двигаться и передавать разведывательные данные, недоступные для наблюдения с Земли. И в этой системе роль человека исключитель-

но высока. Хотя оператор может выполнять огромный объем вычислительной работы, небольшие изменения в конфигурации системы могут существенно повлиять на способность оператора управлять ею. Никто не знает, например, нужно ли располагать датчики на платформе, чтобы вызвать у оператора иллюзию полета на ее борту, или же датчики должны наблюдать за платформой с некоторого расстояния. Оптимальный способ отображения информации может быть различным для начинающего и опытного оператора, а также и для разных этапов выполнения рабочего задания.

Эти существующие пока только в виде опытных образцов дистанционно управляемые механизмы, показывают, что большинство технологий, необходимых для физической реализации этих исключительно сложных и полезных устройств, уже имеются. Основные задачи сейчас лежат в области изучения различных аспектов взаимодействия человека и машины. До тех пор пока прогресс компьютерной технологии не продвинется настолько, чтобы сделать возможной замену человеческого интеллекта искусственным, темпы развития дистанционно управляемых рабочих установок будут сдерживаться несовершенством психологической связи человека с техникой.

тута аллергии и инфекционных заболеваний (NIAID). — В этом существенное несоответствие».

По мнению Дейтона, критически важно уменьшить это несоответствие, поскольку для многих зараженных вирусом СПИДа клинические исследования — единственный путь к лечению. Управление по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) официально одобрило только три лекарственных препарата для лечения СПИДа: противовирусный препарат азидотимидин, аэрозоль пентамидин против сопутствующей СПИДу пневмонии и α -интерферон, который сдерживает развитие связанного со СПИДом ракового заболевания, называемого саркомой Капоши. Из примерно 60 потенциальных средств лечения, находящихся сейчас в процессе исследований, многие доступны только в клинических испытаниях.

Кроме того, результаты испытаний, полученные для одной группы населения, могут вовсе не подходить к другой. Например, у многих женщин при СПИДе развиваются тяжелые влагалищные инфекции; саркома Капоши бывает почти исключительно у гомосексуалистов мужского пола; наркоманам, практикующим внутривенные инъекции, часто грозит туберкулез и эндокардит (инфекционное поражение сердечных клапанов).

За последнее время NIAID предоставил 18 организациям — клиникам, больницам, районным центрам здравоохранения — 9 млн. долл. на организацию клинических испытаний с участием женщин и представителей национальных меньшинств. Дейтон, который контролирует эту программу, говорит, что в ее рамках протоколы будут менее ограничивающими, чем в традиционных испытаниях, и что хотя, конечно, существуют некоторые научные стандарты ведения клинических испытаний, но в случае СПИДа исследования должны сочетаться с лечением.

Организации, получившие финансовую поддержку от NIAID, столкнутся, по-видимому, с рядом трудностей. Так, Л. Браун из Корпорации по лечению и исследованию наркомании в Бруклине (Нью-Йорк) отмечает, что многие чернокожие все еще вспоминают исследование, в ходе которого правительственные научные сотрудники следили за развитием сифилиса у тюремных заключенных негритянского происхождения в течение нескольких десятилетий, не предлагая больным никакого лечения. Хотя это исследование прекращено более двадцати лет назад, недоверие к научным

Наука и общество

Приблизиться к истине

В США из 106 тыс. зарегистрированных больных СПИДом 27% составляют негры, 15% — латиноамериканцы. Среди них 9% женщин, а 28% внутривенно употребляют наркотики. Доля всех этих групп больных значительно выросла по сравнению с временем начала эпидемии СПИДа, когда он встречался почти исключительно среди белых гомосексуалистов мужского пола.

Однако в клинических испытаниях, связанных с лечением СПИДа, до сих пор более 80% участников составляют белые мужчины. А. Лонг из информационной службы по СПИДу в Нью-Йорке отмечает, что протоколы этих испытаний нередко исключают женщин и наркоманов, которые почти все негритянского или латиноамериканского происхождения и притом бедняки. Женщин избегают привле-

кать для проверки новых средств лечения потому, что если участница испытаний впоследствии забеременеет и ребенок родится с каким-либо врожденным дефектом, она может предъявить иск изготовителю испытывавшегося на ней препарата или правительственным чиновникам, обеспечивавшим испытания. Наркоманов же считают людьми ненадежными, которые могут неожиданно прекратить участие в испытаниях.

Но даже если представители перенесенных выше групп населения приемлемы в качестве испытуемых, для них участие в работе исследовательских центров, которые обычно существуют на базе университетов, может оказаться малодоступным. «СПИД все больше становится болезнью цветных бедняков, а в клинических исследованиях участвуют белые из среднего класса, — признает Л. Дейтон из Национального инсти-

экспериментам над больными до сих пор сохраняется.

Дж. Эрнст из отделения СПИДа Ливанской больницы в Бронксе (Нью-Йорк) полагает, что среди национальных меньшинств не будет недостатка в желающих принять участие в клинических испытаниях. Трудность в другом: по его словам, у него есть три вакансии, но никого не удастся убедить пойти на эту работу.

Эти проблемы можно преодолеть, если, как надеется М. Карли, управляющий программой NIAID, она сможет создать постоянный контингент кадров для обслуживания городской бедноты. Такие кадры нужны, чтобы бороться не только со СПИДом, но и с наркоманией и другими болезнями, поражающими преимущественно бедные слои населения.

Генетическая дактилоскопия спасет слонов

МЕТОД, известный под названием генетической дактилоскопии, уже помог раскрыть ряд преступлений, совершенных в США и Великобритании. Суть его заключается в том, что путем анализа ДНК проверяют генетическую идентичность тканей подозреваемого и крови, кожи или другого содержащего клетки материала, собранного в качестве улики. По-видимому, с помощью этого метода можно также приостановить истребление слонов в Африке. Такова цель проекта, который намерена осуществить Международная группа по сохранению дикой природы (WCI), входящая в Нью-Йоркское зоологическое общество.

Катастрофическое падение численности слонов в Африке в основном объясняется браконьерством ради слоновой кости: за последнее десятилетие их поголовье, составлявшее 1,3 млн., уменьшилось более чем вдвое. Недавно Кения, Танзания и другие страны, животный мир которых особенно страдает от браконьерства, убедили большинство участников Конвенции по международной торговле исчезающими видами животных (CITES), в том числе главных импортеров — Японию и США, полностью запретить торговлю слоновой костью.

Однако некоторые страны — члены CITES, играющие ключевую роль в этой организации, в частности Ботсвана и Зимбабве, отказались подчиниться запрету. В этих странах в результате борьбы с браконьерством поголовье слонов в настоящее время растет и уже приходится контролировать их численность из-за опасности



СЛОНЫ в Национальном парке Замбуру в Кении при виде человека убегают и прячутся за деревьями. Такое поведение говорит о том, что стадо подвергалось нападению браконьеров. (Фотография С. Гилберт.)

“перенаселения”. Парадоксально, но, по заверениям официальных лиц Ботсваны и Зимбабве, средства для финансирования мероприятий по охране природы дает торговля мясом, кожей и шерстью слонов, а также слоновой костью.

К несчастью, существование легального рынка создает лазейку и для дельцов черного рынка, которым нужно лишь организовать контрабанду слоновой кости в страны, где разрешена торговля, или подделать документы, удостоверяющие законность происхождения товара. Некоторые члены WCI считают, что генетическая дактилоскопия поможет закрыть эту лазейку. “Нужен метод, позволяющий определять место происхождения слоновой кости,” — говорит директор Кенийского отделения WCI Д. Вестерн.

Дж. Пэттон из Вашингтонского университета, получив средства от WCI, исследует возможности метода генетической дактилоскопии. Он проанализировал кровь двух слонов из Зимбабве, живущих в зоопарках США, а также ткани 100 слонов, убитых браконьерами в Кении и Танзании. (Собственно слоновая кость, подобно зубной эмали, не содержит клеток, поэтому ее нельзя использовать для анализа ДНК.) Данные, полученные Пэттоном к настоящему времени, свидетельствуют, что слонов из разных районов Африки мож-

но четко различать по результатам анализа ДНК; однако, чтобы подтвердить этот вывод, необходимо обследовать значительно более широкую выборку животных.

Вестерн отмечает, что для внедрения генетической дактилоскопии с целью определять происхождение слоновой кости, необходимо сотрудничество всех стран, ее добывающих. Он призывает официальных лиц этих стран предоставить пробы крови или других тканей слонов для создания базы данных, а также ввести требование, чтобы бивни на продажу содержали достаточно ткани для проведения анализа ДНК.

По словам Вестерна, проект WCI важен не только для судебной экспертизы, но и с научной точки зрения. Например, он может позволить установить генетические взаимоотношения между слонами, живущими на открытых пространствах саванн и предпочитающими джунгли горных районов. Сотрудникам зоопарков и заповедников проект поможет подбирать для размножения пары особей, являющихся генетически совместимыми.

Вестерн предостерегает, что, если такая система проверки не будет внедрена достаточно быстро, спасти популяции слонов в некоторых странах уже не удастся. По его словам, после перерыва в несколько месяцев Кенийская популяция вновь сильно пострадала от браконьеров.

Загадки митраизма

Изображения, относящиеся к этому древнему культу, некогда распространенному в Средиземноморье, могут быть разгаданы лишь в контексте представлений, согласно которым силы, повелевающие людскими судьбами, находятся не на Земле, а на небе

ДЕЙВИД ЮЛАНСИ

ВСОТНЯХ подземных храмов, разбросанных по всей территории бывшей Римской империи, от Англии до Сирии, археологи обнаруживают рисованное или выгравированное изображение юноши, убивающего быка. Этот главный символ тайного культа, известного как митраизм, представляет собой одну из величайших и пока неразрешенных загадок в археологии нынешнего столетия. С каким мифическим событием связан этот символ? Что символизирует в митраизме сцена убийства быка? Я и несколько других исследователей пришли к выводу, который на первый взгляд может показаться невероятным: упомянутое изображение не связано с мифом о каких-либо событиях на земле, а представляет собой «астрономический код» с глубоким религиозным содержанием.

Такая интерпретация выглядит достаточно убедительной, если принять во внимание разительные перемены, происходившие в религиозной и общественной жизни того времени. В течение почти 700 лет между правлениями Александра Македонского и императора Константина средиземноморская цивилизация была исключительно благоприятной средой для зарождения новых религий. Завоевания Александра Македонского, упроченные его греческими и римскими последователями, привели к быстрому становлению единой средиземноморской культуры, вобравшей в себя разнообразие наций, городов-государств и племен. Более древние формы религиозного выражения, существовавшие в небольших, тесно связанных обществах, уже не могли служить духовной опорой для людей, оказавшихся частичками обширной и безразличной к людским судьбам империи.

По мере поглощения Эллинистической и Римской империями более древних городов-государств и племен, в людях росло ощущение, что силы, повелевающие их судьбами, недо-

сягаемы и находятся в отдаленных частях империи. Любая философия или религия, дающая возможность хоть как-то осмыслить происходящее, быстро находила много последователей.

Возникновение христианства явилось одной из ответных реакций на эти условия. Эта религия давала возможность объединиться в символическое сообщество — «Новый Израиль» — тем людям, действительные сообщества которых, подчиненные имперскому порядку, уже не внушали твердого чувства самосознания. Другой реакцией было зарождение фатализма — представлений, что жизнь человека полностью предопределена судьбой. Персонифицированная форма Рока или Случая почиталась как божество во многих эллинистических культах. Слово «стоицизм», являющееся названием одного из течений эллинистической философии, в котором отчетливо выражены идеи фатализма, используется и сейчас, что свидетельствует о стойкости того, что когда-либо рождено жизнью.

Фатализм подготовил почву для быстрого развития своей более специфической формы — астрологии. Астрологи, идеи которых получили широкое распространение в эллинистический период (после завоеваний Александра Македонского), утверждали, подкрепляя свои доводы математическими расчетами, подкупающими своей точностью, что все события на Земле предопределены силами небесными. Распространение фатализма и астрологии в тот период, видимо, и привело к появлению религии, основанной на вере в эти силы и известной как митраизм.

МИТРАИЗМ, или митраистические мистерии, был одной из основных (и, несомненно, одной из самых загадочных) религий, возникших примерно в то же время, что и христианство. Время зарождения митраизма относится к I в. до н. э. В одной из своих работ Плутарх пишет, что к

67 г. до н. э. митраизм исповедывали киликийские пираты. (В провинции Киликия, на полуострове Малая Азия, жили примерно 20 тыс. пиратов, которые в период процветания осуществляли свои операции на всем Средиземном море). Митраизм достиг наибольшего распространения в 3 в., а впоследствии (в конце 4 в., примерно в период распада Западной Римской империи) был вытеснен христианством.

Приверженцами митраизма были в основном солдаты, служащие и купцы; культ исключал женщин. Как и в ряде других древних культов (среди них мистерии Изиды и элевсинские мистерии), исповедовать митраизм мог только тот, кто совершил тайный обряд посвящения. Посвященным запрещалось рассказывать иноверцам о таинствах культа, которые были названы *мистерией* (это слово происходит от греческого *mysterion* — тайна, таинство). Английское слово *mystery* (тайна) и связанные с ним слова, такие как *mysticism* (мистицизм, мистика), восходят к греческому слову, от которого произошло название культов. Митраизм имел несколько ступеней посвящения, образующих иерархическую структуру, по которой постепенно поднимались посвященные.

Требованием сохранения тайн культа объясняется отсутствие письменных источников, в которых раскрывалась бы суть митраизма. Поэтому для ученых, пытающихся воссоздать основы этого учения, единственно доступной информацией является искусная иконография митраизма. Большинство изображений в митраистических храмах отражают различные деяния бога Митраса, однако главным изображением является так называемая «тауроктония», или сцена убийства быка. На тауроктонии мы видим бога Митраса, убивающего быка, а также другие фигуры. Тауроктонию обнаруживают на самом видном месте по существу в каждом митраистическом храме, и, несомненно, в ней со-

держится ключ к разгадке тайн митраизма. Вместе с тем в отсутствие каких-либо письменных источников расшифровка этого изображения представляет собой чрезвычайно сложную задачу.

Для большинства ученых, предпринявших в XX в. попытку расшифровать тауроктонию, основополагающей была работа Франца Кюмона, известного бельгийского историка религии. В своей интерпретации, впервые опубликованной в 1899 г., Кюмон исходил из того, что слово *Mitras* является греческим и латинским вариантом имени намного более древнего иранского бога Митры. Ученый пришел к выводу, что митраизм произошел от древнеиранского культа Мит-

ры, бога света и истины, который считался стражем договора людей. По мнению Кюмона, для расшифровки тауроктонии достаточно было найти параллели ее символическим элементам в мифологии Древнего Ирана.

Подход Кюмона заключал в себе значительные проблемы. Самой важной из них было то, что никому не известен иранский миф, в котором Митра имел бы какое-либо отношение к убиению быка. Кюмон ссылается здесь на миф созидания, в котором Ариман, воплощение зла, убивает быка, из крови и туловища которого возникло все живое на Земле. Как утверждал Кюмон, должен был существовать вариант этого мифа (свидетельства чего, однако, до сих пор не обнаружены), в котором быка убивает не злой Ариман, а бог Митра. Авторитет Кюмона был столь высок, что в течение более 70 лет его представления считались бесспорными.

На I международном конгрессе по вопросам митраизма, состоявшемся в 1971 г. в Манчестерском университете, многие исследователи поставили под сомнение «иранский контекст» тауроктонии, а вместе с ним и интерпретацию Кюмона. Несколько ученых, включая Джона Хиннелса из Манчестера и Р.Л. Гордона из Университета Восточной Англии, высказали предположение, что митраизм возник как совершенно новая религия в греко-римском мире и что он просто

тества чего, однако, до сих пор не обнаружены), в котором быка убивает не злой Ариман, а бог Митра. Авторитет Кюмона был столь высок, что в течение более 70 лет его представления считались бесспорными.



СЦЕНА УБИЕНИЯ БЫКА, изображенная на рельефе, обнаруженном в Западной Германии. Это изображение является главным в митраизме. Фигуры, соответствующие созвездиям и знакам зодиака, расположены по дуге над центральной фигурой божества. По мнению автора, это изображение связано с астрономическим явлением смещения

точек равноденствия. Примерно к 2000 г. до н. э. точка весеннего равноденствия, прежде находившаяся в созвездии Тельца, переместилась в созвездие Овна. Те, кто исповедовал культ Митраса, считали, что их бог вызывает такое смещение. Сцена убиения быка символизирует это деяние Митраса.

перенял имя иранского бога для большей экзотичности и придания культу духа древности.

Что же отображает тауроктония, если не иранский миф? Начиная с середины 1970-х годов несколько ученых, включая Роджера Бека из Торонтского университета, Стенли Инслера из Йельского университета, Майкла Спейдела из Гавайского университета и меня, предложили свои интерпретации тауроктонии (и митраизма), основанные на предположении, что на самом деле она представляет собой звездную карту.

В период зарождения митраизма духовная жизнь и религии Средиземноморья были пронизаны астрологическими идеями. Отчасти это было обусловлено широким распространением фатализма в тот период. Кроме того, для людей, оторванных от сво-

их местных традиций и свободно перемещающихся по территории империи, астрология послужила источником новых символов, которые придавали смысл повседневной жизни и в то же время не были связаны с каким-то конкретным местом или сообществом, как в прежних религиях. Конфигурация звезд оставалась неизменной, независимо от того, в каком месте империи находился путешественник, и поэтому эта конфигурация могла служить замечательной основой для такой универсальной символической системы.

Принятие астрологических идей привело к укреплению веры, что истинным местом обитания богов было царство звезд. Именно в эллинистический период планетам стали давать названия по имени греческих богов, например Зевс (Юпитер) и Арес

(Марс). Астрология также способствовала укоренению новой идеи о жизни после смерти, согласно которой душа попадает не в преисподнюю, как считалось ранее, а поднимается через планетарные сферы, или небеса, к сфере неподвижных звезд, а затем в рай, расположенный за самой далекой сферой. Этот путь считался очень трудным и опасным, и для прохождения каждого планетарного порога нужно было знать тайные слова.

Астрономические идеи, вероятно, играли важную роль в митраизме, если судить по частому изображению астрономических символов в иконографии этого культа. На тауроктонии и других произведениях митраистического искусства часто можно встретить 12 знаков зодиака и знаки Солнца, Луны и планет. Классический автор Эвбул, чьи работы отно-



МИТРАИСТИЧЕСКИЕ ХРАМЫ были построены под землей на территории всей Римской империи. Большинство остат-

ков митраистической культуры было найдено в Италии и вдоль рек Дуная и Рейна. Посвященные в митраизм были

яются к первому или второму столетию, отмечал, что митраистический храм считался «образом космоса». Судя по всему, и сама тауроктония была астральным символом.

КРОМЕ Митраса и быка на тауроктонии имеются и другие фигуры: собаки, змеи, ворона, скорпиона и иногда льва и чаши. Нельзя считать совпадением то, что каждая из фигур соответствует какому-то созвездию: Малого Пса, Гидры, Ворона, Скорпиона, Льва и Чаши (бык соответствует Тельцу). Цель моей работы заключалась в том, чтобы объяснить, почему эти созвездия представлены на главном изображении мощного в свое время религиозного течения.

В расположении этих семи созвездий на небе и их образов на таурокто-

нии имеется определенная связь: за исключением созвездия Льва они расположены вдоль линии, соответствующей положению небесного экватора в то далекое время. Небесный экватор — это проекция земного экватора на небесную сферу. Он представляет собой воображаемую окружность, лежащую в плоскости, которая наклонена под углом в 23° к плоскости земной орбиты (плоскости, определяющей круг зодиака). Небесный экватор пересекает зодиак в точках весеннего и осеннего равноденствия.

В античную эпоху небесный экватор означал гораздо больше, чем просто воображаемая окружность. Древние астрономы полагали, что Земля находится в центре Вселенной и абсолютно неподвижна, а звезды закреплены на небесной сфере, которая за сутки делает полный оборот вокруг Земли, вращаясь вокруг оси, проходящей через северный и южный полюса сферы. Элементы этой сферы, такие как полюса и экватор, были очень важны для понимания «устройства» космоса. Поэтому небесный экватор «былизучен» гораздо лучше в античности, чем сейчас. Например, Платон в своем диалоге «Тимей» писал, что творец Вселенной начал создавать космос с того, что сформировал его вещество в букву X, отображающую пересечение эклиптики и небесного экватора.

В те времена считалось, что ось небесной сферы была, как и сама Земля, неподвижной. На самом деле ось вращения Земли (современный эквивалент древней космической оси) не является неподвижной и совершает колебательные движения. Вместе с ней совершает колебательные движения и экватор, а относительные положения экватора и эклиптики меняются. Эта так называемая прецессия равноденствий означает, что положение Солнца на небе в равноденствии смещается назад вдоль эклиптики, и поэтому каждый год равноденствие наступает несколько раньше. Период прецессии равен примерно 25 920 годам, при этом Солнце проходит через одно созвездие каждые 2 160 лет. В настоящее время точка весеннего равноденствия приходится на созвездие Рыб; примерно к 2200 г. она «войдет» в созвездие Водолея. В греко-римские времена точка весеннего равноденствия приходилась на созвездие Овна, в которое она «вошла» примерно в 2000 г. до н. э. До этого же она приходилась на созвездие Тельца.

За исключением Льва, все созвездия, отображенные на тауроктонии, лежат на небесном экваторе; такая картина соответствует расположению точки весеннего равноденствия в

созвездии Тельца. Созвездие Льва отмечает положение Солнца в точке летнего солнцестояния (это положение также смещается в результате прецессии) в ту эпоху. Таким образом, расположение образов созвездий на тауроктонии соответствует астрономической ситуации за 2000 лет до возникновения митраизма.

Откуда последователям митраизма было известно о таком расположении созвездий и почему они придавали этому религиозное значение? Явление смещения точек равноденствия не было известно в течение большей части античной эпохи. Оно было открыто примерно в 125 г. до н. э. греческим астрономом Гиппархом, всего за несколько десятилетий до возникновения митраизма. Его тщательные наблюдения показывали, что небесный экватор в самом деле постепенно смещался назад по зодиаку. Расчеты, произведенные Гиппархом, также показывали, какие созвездия должны расположиться вдоль небесного экватора, когда точка равноденствия приходится на созвездие Тельца (ее последнее положение до греко-римского периода).

С геоцентрической точки зрения, прецессия (движение оси вращения Земли) представляется как смещение всего небосвода. Для людей, которые имели геоцентрическое мировоззрение и верили, что движение звезд влияет на судьбы людей, открытие явления прецессии было настоящим потрясением: устойчивая сфера с фиксированными звездами оказалась неустойчивой вследствие действия некоторой силы, очевидно большей, чем сам космос. Древние мыслители, привыкшие видеть в природных явлениях проявление силы богов, видимо, сразу интерпретировали это движение как свидетельство существования некоего могучего, ранее неизвестного божества.

В ЭТОМ контексте смысл тауроктонии становится понятным: смерть быка символизировала недвусмысленно конец «правления» созвездия Тельца как созвездия весеннего равноденствия и начало новой эры. Другие фигуры на тауроктонии представляют созвездия, чье положение на небе также изменилось в результате прецессии.

Убив быка (что вызвало смещение точек равноденствия), Митрас, по сути дела, сдвинул всю Вселенную. Бог, способный на совершение такого грандиозного поступка, несомненно, заслуживал поклонения. Кроме того, если Митрас мог сдвинуть небесную сферу, то значит он обладал и другими способностями, например, он мог преодолевать силы судьбы, находя-



в основном солдаты и служащие, поэтому эта религия была наиболее сильной в провинциях.

щиеся на звездах, и позволять душе свободно проходить через планетарные сферы после смерти.

Другие митраистические изображения свидетельствуют о том, что действительно Митрасу приписывались такие космические способности. Существуют изображения Митраса-юноши, который в одной руке держит космическую сферу, а другой вращает зодиак. На нескольких тауроктониях звездное небо изображено под мантией Митраса.

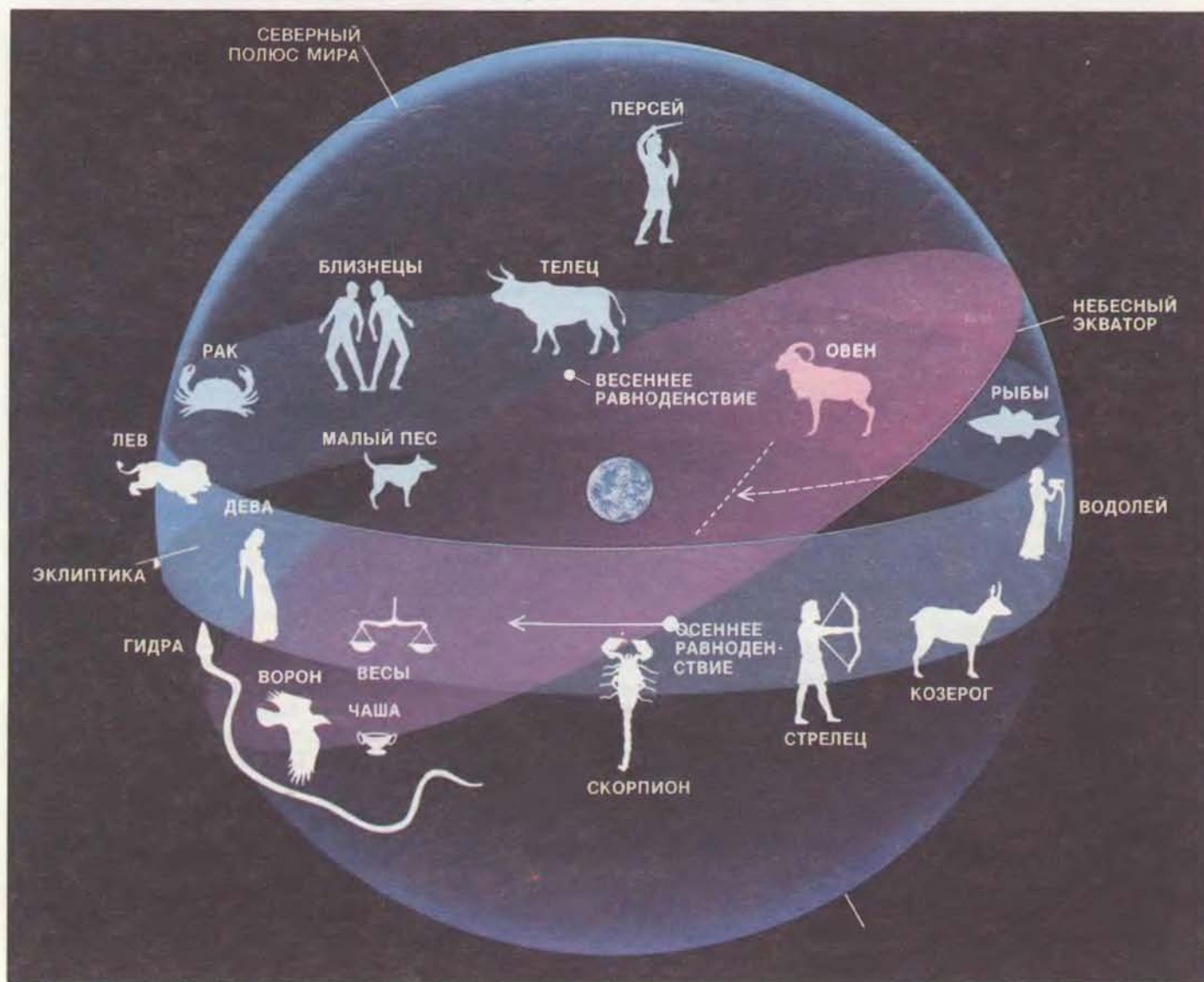
Статусом бога Митраса как силы, вызвавшей смещение точек равноденствия, можно объяснить и тайную природу митраистических мистерий. Поборники этой религии, должно быть, верили, что они обладают великой тайной, которую им самим и избранным посвященным лучше держать при себе. Для посвященных зна-

ние сложной астрономической структуры, лежащей в основе митраизма, требовало более длительного приобщения к религии. Только приобретя необходимые знания, можно было оценить нового бога.

ЕСЛИ ВСЕ фигуры на тауроктонии представляют созвездия, то какое созвездие представляет Митрас? На тауроктонии Митрас расположен поверх быка и всегда изображается как юноша с клинком в головном уборе конической формы, известном как фригийский колпак. Над Тельцом находится созвездие Персея (героя греческой мифологии), также обычно изображаемого как юноша с клинком во фригийском колпаке. Персею поклонялись как богу в Киликии — именно в том районе, где, по мнению Плутарха, зародился митраизм.

Тарсус, столица Киликии, был местом нахождения одной из самых важных интеллектуальных общин в Средиземноморье. В этой общине доминировали стоики, известные не только своим фатализмом (который привел их к твердой вере в астрологию), но и своей традицией персонифицировать силы природы в виде богов и героев. Наиболее вероятно, что митраизм развился из представлений мыслителей Тарсуса о силе, вызвавшей только что открытое явление смещения точек равноденствия; они «наделили» этой силой местного киликийского бога Персея. Одно из созвездий уже носило имя Персея, и его положение на небе вполне отвечало этим представлениям.

Однако если Митрас был в определенном смысле Персеем, то как к нему перешло имя Митры? Во-первых,



НЕБЕСНЫЙ ЭКВАТОР (синяя полоса) смещается в результате прецессии земной оси. Точки равноденствия, в которых небесный экватор пересекает плоскость эклиптики, постепенно смещаются назад через созвездия зодиака. Те, кто считал, что Земля является центром Вселенной, истолковывали прецессию как движение небесной сферы — и

поэтому как смещение всего космоса. Фигуры, изображенные на тауроктонии, или сцене убийства быка, соответствуют созвездиям, которые лежали на небесном экваторе между 4200 и 2000 гг. до н. э., когда точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Тельца.

вполне естественно для тайной религии скрывать имя своего божества. Во-вторых, в античности Персей считался основателем Персии (Ирана) и таким образом мог быть легко связан мифологически с иранским богом света и истины — Митрой. В-третьих, примерно в то время, когда зародился митраизм, большая часть Малой Азии находилась под господством царя Митридата Понтийского, который основал сильный союз с киликийскими пиратами. Митридат принадлежал династии, названной по имени Митры. Кроме того, он и его потомки верили, что они происходят от Персея. Вероятно, в кругах царя Митридата (который считал себя интеллектуалом и проявлял особый интерес к греческой религии) образовалась связь между Персеем и Митрой, которая и привела к принятию имени Митрас (греческая форма имени Митра).

В НАСТОЯЩЕЕ время христианство является одной из мировых религий, митраизм же (вместе с большим числом других культов) не сохранился. Почему?

Одно из самых главных различий этих религий состоит в том, что христианство старалось обратить в свою веру как можно больше людей. Например, в последних строках евангелия от Матфея есть такие слова: «Итак идите, научите все народы...». Митраизм, наоборот, был тайным культом, и тайны этого культа теряли свою силу с увеличением числа посвященных.

Кроме того, митраизм исповедовали в основном солдаты, служащие и купцы, т. е. люди, которые были тесно связаны с социальным порядком империи, и иерархическая структура Митры (в отличие от раннего христианства с его апокалиптическим учением о втором пришествии мессии и неприятием всего мирского) вполне отвечала этому порядку. Первые христиане, чей социальный статус обычно был весьма неопределенным, обладали «революционным порывом», совершенно несвойственным митраизму.

Христиане стремились просветить мир, тогда как приверженцы митраизма искали индивидуального просвещения и совершенствования в пределах существующей культуры. Поэтому они без сомнения принимали условия, которые ограничивали число посвященных в культ, таких как недопущение женщин в культ, строительство небольших подземных храмов и установление сложной последовательности обрядов посвящения. Вопрос заключался не столько в том, почему митраизм не стал таким же распространенным, как христианство, а в том, как христианство достигло та-



НА ТАУРОКТОНИИ, нарисованной во 2 в. н. э. в Италии, изображен бог Митрас в положении (относительно Тельца), соответствующем созвездию, которое представляет древнегреческого героя Персея, с кем был связан культ Митраса. На картине мантия Митраса охватывает звезды и планеты, что символизирует его власть над космосом.

кого успеха, к которому оно стремилось: к концу 4 в. в Средиземноморье оно почти полностью вытеснило соперничавшие с ним религии.

Истинные причины успеха христианства и поныне являются предметом оживленных дискуссий среди ученых. Однако все они согласны с тем, что наиболее важную роль сыграл фактор исключительности. Быть христианином означало отказаться от всех других вероисповеданий. Другие религии того времени не требовали такого единомыслия: посвященные могли почитать и культ Митры, и культ Изиды, участвовать в жертвоприношениях Юпитеру и в то же время почитать дух умершего императора. В период, когда многие люди утрачивали свою традиционную веру, вселявшую в них чувство собственной значимости, христианство, с его чрезвычайной исключительностью, выглядело весьма привлекательным: оно давало возможность людям сделать решающий выбор; те, кто становился христианином, обретали веру, что их жизнь действительно имеет цель и смысл. В эпоху смятения это имело особое значение.

Следует отметить, что христианство отвечало также некоторым астрально-религиозным концепциям, лежавшим в основе митраизма и других культов. Иисуса Христа представляли часто как имеющего власть над миром звезд. Например, в первой главе евангелия от Марка (самом раннем из христианских евангелий), где описывается крещение Христа от Иоанна, читаем «...увидел Иоанн разверзающиеся небеса...» Таким образом, автор, видимо, хотел передать идею,

что жизнь Иисуса представляла нарушение космического порядка (проявление силы, большей, чем сила небесная).

В том же евангелии от Марка (гл. 13) Христос говорит следующее: «Но в те дни... звезды спадут с неба... Небо и Земля прейдут, но слова мои не пройдут». А вот что говорит св. апостол Павел в своем Послании к Галатам: «Так и мы, доколе были в детстве, были поработены вещественными началами мира; но когда пришла полнота времени, Бог послал Сына Своего... чтобы искупить подзаконных...» (гл. 4, ст. 4—5). Как Митрас, сдвинув небесную сферу, нарушил порядок Вселенной, так и приход Христа, как виделось верующим в него людям, нарушил целостность космоса.

Не только раннее христианство и митраизм, но и многие другие религиозные и философские течения того времени выражали общее стремление найти силу, которая могла бы нарушить границы космоса и открыть доступ в царство, находящееся за пределами обычного опыта. Такое стремление усиливалось потрясениями того времени: по мере подрыва местных оснований культуры происходило расширение индивидуальных горизонтов. В то же время ученая мысль поднялась до грандиозного видения небесных сфер. Между нынешним миром с его развивающейся общемировой культурой и наукой, которая за одно поколение раскрыла многие тайны самых далеких галактик, и между тем античным миром Средиземноморья можно провести разительные параллели.

Наука вокруг нас

Почему надувать воздушный шарик труднее вначале и легче в конце?



ДЖИРЛ УОЛКЕР

ВОЗДУШНЫЙ шарик — одна из самых простых детских игрушек, но анализ физических процессов, происходящих во время надувания шарика, простым не назовешь. Почему, например, вначале шарик надувать тяжелее, а когда он увеличится в размерах — легче? (На первый взгляд кажется, что чем сильнее растягивается резиновая оболочка, тем больше усилий нужно прилагать.) Другой вопрос: почему когда вы надуваете продолговатый шарик, вначале начинает расширяться одна его часть и лишь затем процесс распространяется к его концу? Представим, наконец, что два надутых шарика разных размеров соединены трубкой: будет ли воздух перетекать из одного шарика в другой и будут ли при этом шарик изменяться в размерах, а если да, то станут ли они в конце концов одинаковыми?

Прежде чем начать отвечать на эти вопросы, рассмотрим более простой пример — расширение сферического мыльного пузыря. Размер пузыря зависит от соотношения двух сил. Одна сила, связанная с давлением воздуха внутри пузыря, стремится растянуть его. (В действительности величина растягивающей силы определяется разностью между давлением воздуха внутри пузыря и несколько меньшим атмосферным давлением снаружи, однако для краткости эту разность я и буду называть внутренним давлением.) Расширению пузыря препятству-

ет поверхностное натяжение мыльной пленки. Физическая природа поверхностного натяжения состоит в электрическом притяжении между молекулами, находящимися на внутренней и внешней поверхностях пленки и вблизи этих поверхностей. Силы поверхностного натяжения стремятся сжать пузырь.

Когда пузырь надувают, его размер и давление внутри него становятся такими, чтобы уравновешивались две указанные выше силы. В этом состоянии равновесия давление пропорционально кривизне поверхности пузыря, т. е. обратно пропорционально его радиусу. Отсюда следует, помимо прочего, что в маленьком пузыре давление воздуха выше, чем в большом.

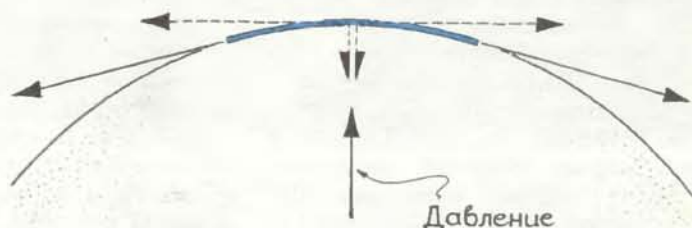
Чтобы понять, почему давление в пузыре ниже, если его радиус больше, рассмотрим поперечное сечение через маленький участок поверхности пузыря (см. рисунок внизу). Края этого участка растягиваются во все стороны соседними участками пленки. Если рассмотреть центр выделенного участка, то относительно него каждую тянущую силу можно разложить на две составляющие — касательную к пленке и перпендикулярную. Касательные составляющие равны по величине и направлены в противоположные стороны, поэтому они уравновешивают друг друга. Перпендикулярные составляющие также равны по величине, но направлены в одну сторону — внутрь по радиусу, поэто-

му они складываются. Когда пузырь находится в равновесии, сила давления, действующая изнутри на всякий участок его поверхности, уравновешивает направленную внутрь составляющую сил поверхностного натяжения.

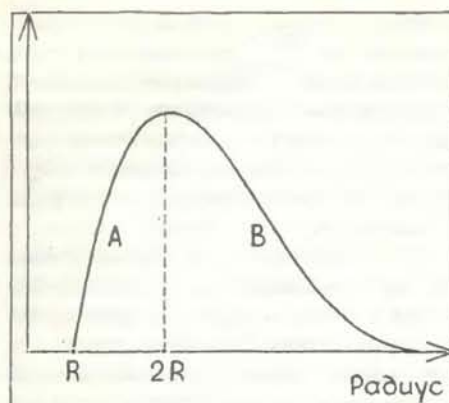
Растягивающие силы, действующие на стороны участка поверхности пузыря, определяются только величиной поверхностного натяжения, которая не зависит от радиуса пузыря. Однако составляющая, направленная внутрь пузыря по радиусу, зависит от кривизны поверхности. Таким образом, давление внутри пузыря тоже оказывается зависящим от кривизны поверхности. Когда пузырь мал и его поверхность сильно искривлена, радиальная составляющая велика, а значит, велико и давление. Если пузырь надувать до большего размера, его поверхность станет менее искривленной, и радиальная составляющая сил поверхностного натяжения и давление внутри пузыря уменьшатся.

Из-за того что поверхностное натяжение мыльной пленки не изменяется при раздувании пузыря, не возникает и сопротивления растяжению поверхности, и внутреннее давление определяется только кривизной. Резиновая оболочка воздушного шарика ведет себя иначе. Резина обладает упругими свойствами: чем больше ее растягивают, тем сильнее она сопротивляется дальнейшему растяжению. Это сопротивление опять-таки может быть приписано поверхностному натяжению, которое, однако, определяется уже не простым электрическим притяжением между молекулами, а поведением «сетки» из переплетенных длинных и гибких молекул. Чем больше растянута резина, тем сильнее сопротивляется «сетка» молекул, стремясь вернуться в первоначальное состояние.

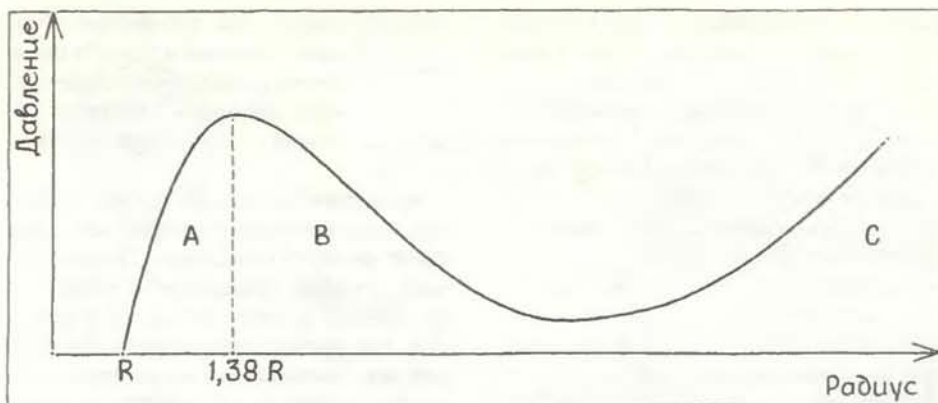
Упругие свойства резины, из которой сделан воздушный шарик, затрудняют исследование того, как меняется внутреннее давление в воздушном шарике по мере его надувания. Как и в мыльном пузыре, кривизна поверхности играет определенную



Силы, действующие на участок поверхности в маленьком и большом мыльных пузырях



Изменение давления при расширении воздушного шарика.



Другой анализ: резиновая поверхность воздушного шарика сопротивляется чрезмерному растяжению

роль, так как от нее зависит величина радиальной составляющей растягивающих сил, которые действуют на любой участок поверхности. Однако в отличие от мыльного пузыря натяжение оболочки зависит от размера шарика. По мере увеличения размера уменьшение кривизны его поверхности влечет за собой уменьшение давления, тогда как увеличение натяжения резины приводит к увеличению давления.

Чтобы понять, какая тенденция берет верх при надувании шарика, необходимо знать, как растягивается резина. В 1986 г. Грэхем Рид из Открытого университета в Милтон-Кейнсе (Великобритания) использовал для анализа предположение, что растяжение резиновой оболочки можно уподобить растяжению пружины. Сила сопротивления пружины при растяжении пропорциональна удлинению. Например, если вы растянете пружину в два раза, сопротивление растяжению станет вдвое больше прежнего, поэтому, чтобы удерживать пружину в растянутом положении или удлинить ее хотя бы чуть-чуть, нужно приложить вдвое большие усилия.

С помощью этих модельных представлений Рид рассчитал, как зависит давление внутри сферического воздушного шарика от его радиуса. Результаты расчетов иллюстрируются на рисунке сверху слева. (Напомним, что «давлением» мы называем разность давлений между внутренностью шарика и внешней средой.) Согласно расчетам, по мере раздувания шарика давление вначале возрастает (участок A), достигает максимума, а затем начинает падать (участок B). На участке A изменение давления определяется главным образом растяжением резины. На участке B оно определяется в основном кривизной шарика. Максимум соответствует моменту, когда определяющим ста-

новится кривизна и шарик начинает вести себя как мыльный пузырь.

Чтобы проследить за характером поведения кривой, вообразим себе, что мы надуваем шарик. Вначале шарик плоский; после первых нескольких выдохов он приобретает сферическую форму, но резина не растягивается. Пусть R обозначает радиус шарика в этот момент. Значения давления и радиуса определяется самой низкой точкой участка A.

Если продолжать надувать шарик, точка, характеризующая состояние шарика, смещается по кривой вверх. Шарик расширяется и давление в нем возрастает. На участке A главенствующую роль играет сопротивление резины растяжению, поэтому для достижения шариком всякий раз нового состояния равновесия при большем размере давление при каждом последующем выдохе должно быть больше. Рид обнаружил, что давление достигает максимума, когда радиус шарика становится равным $2R$. При большем радиусе (участок B) каждый дополнительный выдох переводит шарик в состояние равновесия с более низким давлением, поэтому надувать шарик становится все легче и легче. Хотя, продолжая надувать шарик, мы всегда должны преодолевать давление воздуха в нем, давление, соответствующее равновесному состоянию, постепенно уменьшается.

Согласно Риду, давление падает все время, пока шарик расширяется. В предельном случае, когда его кривизна обращается в бесконечность, растяжение резины и растягивающие силы бесконечны, но эти силы не имеют радиальных составляющих. (Разумеется, настоящий шарик лопнет задолго до этого.)

Другой анализ раздувания воздушного шарика выполнили в 1978 г. Д. Р. Мерритт и Ф. Уэйнхаус из Университета в Санта-Кларе. Они использовали более сложную модель

растяжения резины, но полученный ими график во многом похож на график Рида (см. рисунок сверху справа). Согласно этой модели, давление вначале растет, достигает максимального значения, а затем начинает падать. По расчетам, максимум давления приходится на значение радиуса $1,38R$. Кроме того, в этой модели, когда радиус шарика уже превышает несколько R , давление вновь начинает возрастать (участок C). Возрастание давления на этом участке означает, что при очень сильном растяжении резины эффект сопротивления дальнейшему растяжению вновь начинает преобладать над эффектом уменьшения кривизны поверхности.

Еще одно исследование по этому вопросу было опубликовано в 1973 г. Г. Д. Крейн из Станфордского исследовательского института. Крейн изучал поведение пленки, закрывающей отверстие трубки, которая подсоединена к компрессору. Вспомним из предыдущего, что давление воздуха за пленкой пропорционально ее кривизне. До того как клапан регулятора давления открыт, пленка плоская — ее кривизна равна нулю. По мере возрастания давления в трубке пленка выпячивается наружу и ее кривизна увеличивается. Когда радиус пленки сравняется с радиусом трубки, пленка превращается в полусферу. Кривизна ее в этом случае максимальна и, значит, давление, которое может выдержать пленка, достигло наибольшей величины. Если повысить давление в трубке, пленка начнет выпячиваться сильнее, но ее кривизна будет уменьшаться, а раз так, то будет уменьшаться и способность пленки сдерживать давление воздуха. Таким образом, пленка становится неустойчивой, начинает неконтролируемым образом расширяться и наконец лопается.

Поведение мыльной пленки иллюстрируется графиком на левом ри-



Пленка, расширяющаяся на конце трубки

сунке в среднем ряду на этой странице. График построен в координатах давления и объема, ограниченного пленкой. Этот график напоминает предыдущие, хотя в данном случае по горизонтальной оси откладывается не радиус, а объем. Контролируемое расширение пленки до полусферы соответствует участку *A*. Быстрое выпячивание пленки при пиковом значении давления представлено горизонтальной пунктирной линией. Участок *B* показывает, какое давление может сдерживать пленка, когда она стано-

вится больше, чем полусфера. Разность между сплошной кривой и пунктирной линией определяет величину избыточного давления, которое заставляет пленку спонтанно растягиваться.

Аналогичный анализ можно провести и для резиновой пленки, закрывающей отверстие трубки. Теперь, однако, график зависимости давления от объема имеет еще один участок (*C*), где кривая поднимается во второй раз. Наличие этого участка объясняется упругостью пленки и соответствует тому условию, что эффект сопротивления растяжению пленки начинает оказывать большее влияние, чем уменьшение кривизны; в результате давление за пленкой возрастает.

Представим теперь весь процесс сначала. Точка, характеризующая состояние пленки, вначале движется по участку *A*, поднимаясь по кривой, пока не достигает пика. Если давление повысить хотя бы чуть-чуть, пленка внезапно растянется, поскольку при данной кривизне она уже не может сдерживать давление в трубке. Резиновая пленка расширяется так же резко, как и мыльная. До того как давление достигло максимума, пленка лишь ненамного выпячивается из

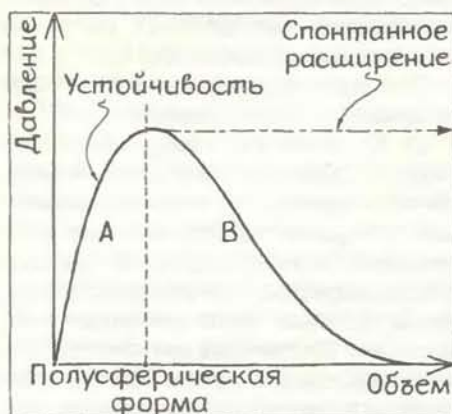
трубки. Когда вы слегка поворачиваете вентиль регулятора давления, пленка резко расширяется в несколько раз. Однако в этом случае растяжение не продолжается неограниченно долго, поскольку пленка достигает нового состояния равновесия (точка на участке *C*).

Теперь представим себе, что произойдет, если давление медленно снижать. Точка, характеризующая состояние пленки, будет двигаться вниз по кривой, пока не достигнет нижней точки «ямы» — минимума между участками *B* и *C*. Если снизить давление хотя бы еще чуть-чуть, пленка резко изменит форму: она сожмется в размерах, перейдя в новое равновесное состояние, с кривизной, соответствующей новому значению давления (участок *A*). На графике этому сокращению соответствует горизонтальная пунктирная линия, соединяющая нижнюю точку «ямы» и участок кривой *A*.

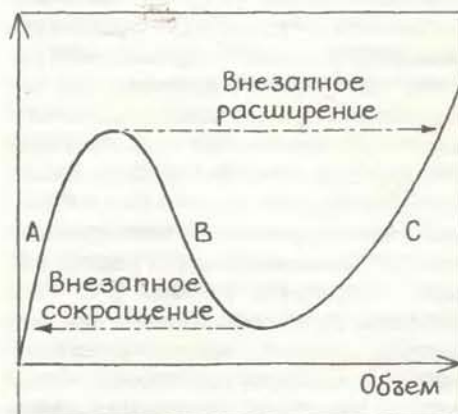
По мнению Крейна, такое же внезапное сжатие происходит в том случае, когда надутый воздушный шарик отпускают и он начинает, подобно ракете, летать по комнате. Предположим, что вначале шарик надут до состояния, соответствующего участку *C*. Когда воздух начинает выходить из шарика, давление падает, пока точка, описывающая его состояние, не достигнет дна «ямы» между участками *C* и *B*. Здесь влияние кривизны берет верх над влиянием давления, воздух резко выбрасывается из шарика и тот получает дополнительный толчок вперед.

В какой мере эти рассуждения относительно размеров шарика и давления внутри его применимы к удлиненному шарик? В 1984 г. Э. Чейтер и Дж. Хатчинсон опубликовал результаты анализа расширения цилиндрического воздушного шарика. Вначале, как и в случае сферического шарика, надувать его труднее, затем легче. Однако область растяжения вначале ограничена — как правило, это часть шарика, ближайшая к отверстию.

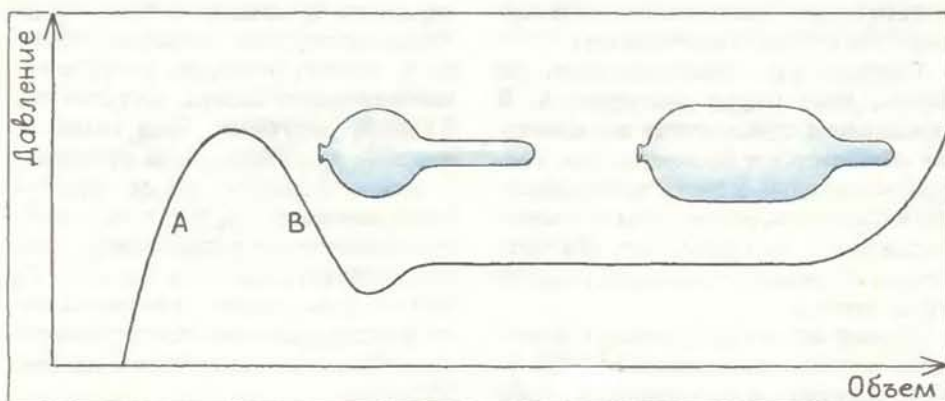
Рассмотрим график зависимости давления от объема, построенный Чейтером и Хатчинсоном (см. нижний рисунок слева), хотя механику раздувания шарика я буду интерпретировать несколько иначе. Пока при повышении давления состояние шарика описывается участком *A*, шарик расширяется радиально в ограниченной области. Первоначально область вздутия ведет себя как сферический шарик: после того как давление достигает максимального значения, уменьшение кривизны вздутия ведет к уменьшению давления (участок *B*). Когда растяжение резины в области



Мыльная пленка на конце трубки



Резиновая пленка на конце трубки



Давление в расширяющемся продолговатом воздушном шарике

вздутия возрастает в достаточной степени, давление начинает повышаться во второй раз и при этом происходит новое явление: вздутие начинает распространяться вдоль шарика.

Рассмотрим теперь, что происходит, когда вы делаете еще один выдох в шарик. Шарик должен в каком-то месте растянуться. Уже имеющееся вздутие сопротивляется дальнейшему расширению, поскольку резина здесь и так достаточно растянута. Большая часть слабо надутых областей тоже сопротивляется растяжению, поскольку ее состояние описывается участком *A*, где преобладает эффект упругости резины. В то же время слабо надутая часть шарика, примыкающая к вздутию, может расширяться без особого труда, поскольку здесь имеется особенность кривизны. Хотя везде на вздутии резиновая пленка выпукла, в узкой полоске, где вздутие граничит со слабо надутым участком шарика, она вогнута. Составляющие сил натяжения на вогнутой поверхности направлены по радиусу наружу, что облегчает расширение шарика в данном месте при дополнительном поступлении воздуха внутрь. В результате граница вздутия движется от отверстия к концу шарика. До тех пор пока она не достигнет конца, давление в шарике остается постоянным.

Прекратите надувать шарик до того, как он раздуется полностью. Теперь сожмите какое-нибудь место в надутых областях и отгоните два образовавшихся меньших вздутия к разным концам шарика. Это можно сделать также, перевернув шарик в каком-либо месте. Если вы разожмете пальцы, это место останется сдвинутым. Подобно ненадутому концу шарика, в описанном выше случае оно не может расширяться, пока в шарик не поступит дополнительное количество воздуха.

Вернемся теперь к задаче о двух шариках, соединенных трубкой. Простейшей моделью, как и ранее, будут служить два мыльных пузыря. Предположим, два пузыря разных размеров соединены трубкой с краником, вначале закрытым, так что воздух не может перетекать от одного пузыря к другому. Что случится, если открыть краник? Давление в маленьком пузыре выше, поэтому воздух из него будет перетекать в большой пузырь; в результате большой пузырь станет увеличиваться, а маленький сжиматься. Чем меньше становится маленький пузырь, тем с большей силой он выталкивает воздух в большой пузырь, поскольку разность давлений растет.

Если вначале пузыри имеют одинаковые размеры, они теоретически мо-



Шарики (пузырьки), соединенные трубкой

гут находиться в состоянии равновесия, но это равновесие неустойчиво. При малейшем внешнем воздействии один из них тут же начнет расширяться, а другой сжиматься.

Такое взаимодействие мыльных пузырей описал в 1902 г. известный английский популяризатор К. Бойз, однако он ничего не говорил о конечном размере меньшего пузыря. Этот вопрос заинтересовал меня, когда я ознакомился с опытами Крейна с мыльной пленкой на конце трубки. Давление в маленьком пузыре не возрастает неограниченно при его уменьшении. Когда пузырь принимает форму полусферы, давление достигает максимальной величины; после этого оно может только уменьшаться, так как уменьшается кривизна пленки. Давление в расширяющемся пузыре также должно уменьшаться, поскольку его кривизна также убывает. В зависимости от начальных условий пузыри могут прийти к некоторому конечному равновесному состоянию с равными давлениями. При этом меньший пузырь станет более плоским, чем полусфера, но не совсем плоским.

Что произойдет, если замесить мыльные пузыри детскими воздушными шариками, надутыми до разных размеров? На этот вопрос в 1978 г. ответили Ф. Уэйнхауз и У. Бакер. В 1986 г. независимо от них эту задачу решил Рид. Все зависит от начальных условий. Если состояния шариков описываются точками на участке *A*, то большой шарик будет «надувать» маленький шарик, пока их размеры и давления в них не станут одинаковыми.

Если количество воздуха в обоих шариках больше некоторой критической величины, то шарики придут в состояние с одинаковым давлением, но их размеры при этом будут разли-

чаться. Один шарик будет находиться в состоянии, соответствующем участку *A*, другой — в состоянии, соответствующем участку *B*. Критическое количество воздуха — это количество, необходимое для того, чтобы надуть оба шарика до состояния с максимальным давлением между участками *A* и *B*. Этому условию могут соответствовать два случая: либо один шарик находится в состоянии *A*, имея внутри небольшое количество воздуха, а другой находится в состоянии *B*, так что полное количество воздуха превышает критическую величину, либо оба шарика находятся в состоянии *B*. (Если один шарик находится в состоянии *A*, а другой в состоянии *B*, но количество воздуха в них меньше критической величины, то оба шарика достигнут состояния *A* с одинаковыми размерами и давлениями.)

Вниманию читателей!

БИОСЕНСОРЫ. ОСНОВЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Пер. с англ.
Под ред. Э. Тернера, И. Карубе,
Дж. Уилсона.

Коллективная монография, посвященная биоэлектрохимии — новой дисциплине, возникшей на стыке биологии и электрохимии. Рассматриваются принципы действия и практическая реализация биосенсоров — «ферментных электродов», с помощью которых становится возможным непрерывный контроль *in vivo* метаболитов, ферментов, белков и лекарственных препаратов.

Для биохимиков, электрохимиков, биологов, медиков.

М.: Мир, 1990. — 57 л.: ил. 6 р.

Заказы направляйте в магазины научно-технической литературы.

Издательство заказы не принимает.



Занимательный компьютер

О разуме, машинах и метафизике



А. К. ДЬЮДНИ

«Подчиняется ли разум физическим законам? Да и что такое физические законы?»

РОДЖЕР ПЕНРОУЗ
«Новый ум императора»

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ разум превосходит системы искусственного интеллекта, потому что использует физические законы на квантовомеханическом уровне. К такому не бесспорному утверждению склоняется в своей новой книге Роджер Пенроуз, известный ученый, работающий в области математической физики. Хотя (как признает Пенроуз) это утверждение в настоящее время не может быть строго доказано, некоторые интригующие аргументы, содержащиеся в его книге «Новый ум императора», дают достаточно серьезные основания усомниться в справедливости философских положений, которые лежат в основе искусственного интеллекта.

Ниже мы рассмотрим аргументы Пенроуза, но поскольку в данной рубрике мы пользуемся своим компа-

сом, совершая плавание по неизведанным морям, я подвергну критике некоторые его выводы, а некоторые его идеи попробую развить. В частности, вопрос «Как же все-таки люди думают?» я поставлю в более широком плане и сформулирую его так: «Получат ли люди когда-нибудь достаточно знаний, чтобы ответить на такой вопрос?» Если структура Вселенной бесконечна, то люди, вероятно, никогда не смогут ответить на этот вопрос в полной мере. С другой стороны, бесконечная регрессия структуры позволяет подойти к ответу на поставленный вопрос расчетным путем.

Но прежде чем погрузиться в рассматриваемую проблему, я приглашаю читателей вместе со мной исследовать глубины «Нового ума императора». Сначала мы посетим знаменитую китайскую комнату, чтобы узнать, понимают ли «разумные» программы, что они делают. Затем нанесем короткий визит в бильярдный зал, где увидим бильярдный стол, на котором с учетом законов классической физики об упругих столкновениях

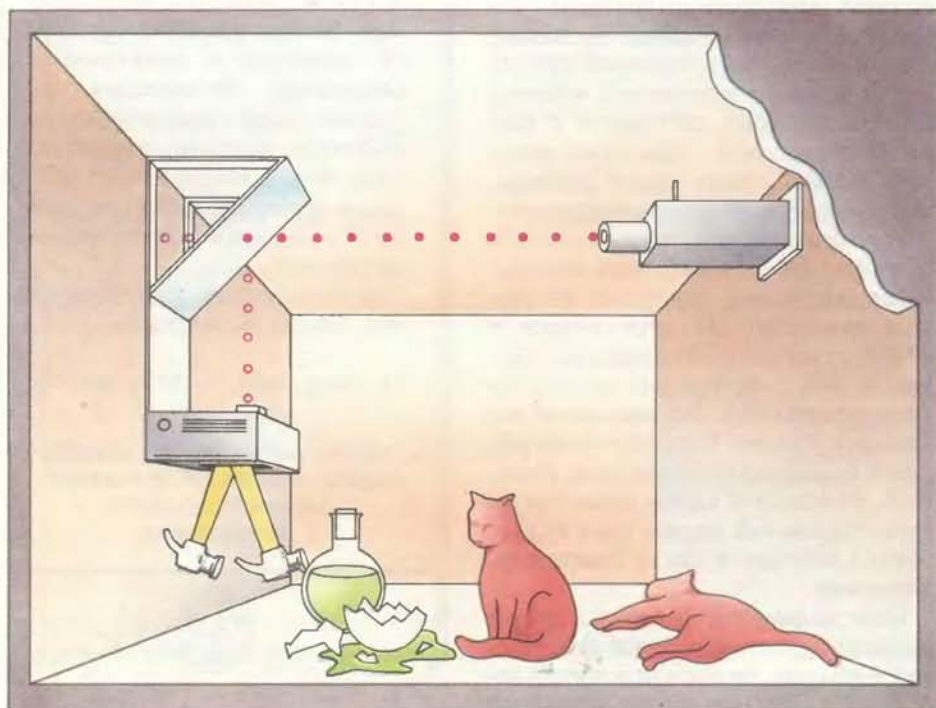
могут совершаться практически любые вычисления. Перейдя в лабораторию Эрвина Шредингера, мы справимся о здоровье его кошки, чтобы проанализировать отношение между классической физикой и квантовой механикой. И наконец, достигнув пункта назначения, мы рассмотрим компьютер с бесконечным интеллектом, способный решать такие задачи, которые ни один обыкновенный конечный компьютер никогда не сможет одолеть.

Несколько лет назад внимание Пенроуза привлекла телевизионная передача, в которой сторонники искусственного интеллекта позволили себе, с его точки зрения, неосторожное заявление. Они утверждали, что компьютеры, принципиально не очень отличающиеся от существующих, через какое-то время смогут проявить себя не менее разумными, чем люди, — а может быть, и превзойти их. Пенроуз был раздражен этим заявлением. Каким образом все тонкости человеческого интеллекта, в особенности его творческие способности, могут возникнуть из алгоритма, «щелкающего» в электронном мозге компьютера? Эти невероятные утверждения заставили его заняться исследованиями, которые, в свою очередь, привели к появлению книги «Новый ум императора».

Методично изучив теорию вычислений, Пенроуз подверг критике одно из ее ключевых положений — тест Тьюринга. Многие специалисты принимают этот тест в качестве критерия, с помощью которого можно отличить разумную программу от неразумной. Тест заключается в следующем. Человек-экзаменатор печатает сообщения двум скрытым от него субъектам, одно человеку, другое компьютеру, запрограммированному так, чтобы разумно отвечать на вопросы. Если в ходе достаточно продолжительного эксперимента экзаменатор не сможет отличить ответы человека от ответов компьютера, то программа успешно проходит тест Тьюринга.

Пенроуз отмечает, что тест дает лишь косвенное свидетельство наличия разума. В конце концов, то, что иногда кажется разумным, на самом деле может оказаться пародией, точно так же, как предмет и его зеркальное отображение, которые внешне, хотя и выглядят одинаково, все же различаются во многих других аспектах. Пенроуз утверждает, что прямой метод измерения разума может потребовать значительно большего, чем простой тест Тьюринга.

Чтобы подкрепить свою аргументацию, Пенроуз прибегает к так называемой «китайской комнате», свое-



Кошка Шредингера — мертва, жива или и то и другое одновременно?

образной вариации на тему теста Тьюринга, которая была предложена философом Дж. Сирле. Человек-экзаменатор стоит перед дверью в комнату, через которую могут войти и выходить лишь письменные сообщения. Экзаменатор пишет некую историю, а также ряд относящихся к ней вопросов и передает сообщение в комнату. При этом необходимо соблюдать одно необычное требование: сообщения, как входящие, так и выходящие, должны быть написаны китайскими иероглифами.

Чтобы ситуация выглядела еще более необычной, человек, находящийся в комнате, выполняет программу, которая реагирует на представленную ей историю, отвечая на прилагаемые к ней вопросы. Этот человек полностью заменяет собой компьютер. Его работа была бы скучной и утомительной, но после того, как он овладевает правилами работы машины, у него уже не возникает никаких сложностей. Гарантацией неведения человека-компьютера служит то, что он не знает китайского языка. Тем не менее то, что (или кто) находится в китайской комнате, кажется, прекрасно понимает рассказ и разумно отвечает на вопросы.

Этот мысленный эксперимент, по мнению Пенроуза, приводит нас к выводу, что «простой факт выполнения удачного алгоритма еще не свидетельствует о наличии какого бы то ни было понимания». Этот вывод, разумеется, справедлив по отношению к тому, кто выполняет программу, будь то человек или компьютер. В конце концов, в принципе, выполняется ли программа человеком или компьютером, не имеет значения для взаимодействия этой программы с внешним миром.

Но именно по этой причине человек в китайской комнате — это что-то вроде соломенного чучела. Никто не станет придирается к программе лишь на том основании, что выполняющая ее аппаратура ничего в ней не понимает. С еще большей строгостью можно сказать, что никому и в голову не придет критиковать поведение нейрона за то, что он не понимает смысла в тех импульсах, которые воздействуют на него и которые он сам вырабатывает. Это справедливо, независимо от того, выполняет нейрон лишь часть алгоритма или решает значительно более сложные задачи. Таким образом, любое свидетельство о наличии разума в искусственном интеллекте должно содержаться в самом алгоритме. Именно здесь Пенроуз наносит свой следующий удар.

Мир алгоритмов по существу сводится к миру вычислимых задач. По словам Пенроуза, алгоритмы пред-

ставляют собой «лишь очень узкую и ограниченную часть математики». Пенроуз верит (так же, как я и многие другие математики), что математические объекты обладают своеобразной платонической реальностью. Одно из свидетельств существования таких объектов заключается в нашей полной неспособности изменить их. Они просто даны нам, как горы или океаны.

В качестве примера Пенроуз приводит множество Мандельброта. Оно не было «изобретено» Бенуа Б. Мандельбротом, известным исследователем из фирмы IBM, оно было им открыто. Подобно планете Нептун, множество существовало задолго до того, как его увидели люди и поняли его значение. Множество Мандельброта несет в себе важное сообщение тем, кто считает его созданием компьютера. Это вовсе не так. Множество Мандельброта даже невозможно вычислить! Не слышу ли я возгласов возмущения? Строго говоря, Пенроуз прав.

Множество Мандельброта, хотя оно является лишь одним из объектов платонического мира, находится довольно далеко от сферы интересов людей, которые занимаются исследованием алгоритмов. Читатели, наверное, помнят, что внутреннюю часть множества можно найти с помощью итерационного процесса: комплексное число c возводится в квадрат, затем результат, z_1 , возводится в квадрат и прибавляется к c , затем второй результат, z_2 , возводится в квадрат и складывается с c и т. д. Если последовательность значений z , полученных таким образом, никогда не уходит в бесконечность, то c принадлежит внутренней части множества. Однако здесь возникает трудный вопрос. Как долго следует продолжать процесс, чтобы убедиться, что последовательность остается ограниченной? По существу правильный ответ — бесконечно долго!

На практике вычисления прерываются на некотором этапе. При этом неизбежно во множество оказываются включенными несколько точек, не принадлежащих ему, поскольку для них должно пройти больше времени, прежде чем проявится неограниченность соответствующих последовательностей. Трудности, возникающие при вычислении множества Мандельброта, ничтожны в сравнении с другими ограничениями, присущими алгоритмам. Например, математика сама по себе формально считается построенной из аксиоматических систем. Предложите небольшой набор аксиом, определите одно-два правила вывода — и у вас есть математическая теория. Концептуальный алгоритм,

называемый «алгоритмом британского музея», генерирует все возможные теоремы, которые доказуемы в рамках формальной системы аксиом и правил вывода. К сожалению, полученные таким образом теоремы не обязательно содержат в себе все истины данной системы.

Это открытие, сделанное математиком Куртом Геделем, сокрушило надежды на то, что вся математика может быть механизирована. Пенроуз пользуется знаменитой теоремой Геделя как свидетельством, что человеческий интеллект способен превзойти возможности алгоритмического метода: «... из теоремы Геделя со всей очевидностью следует, что понятие математической истины не может быть заключено в рамки какой бы то ни было формальной схемы». Но тогда возникает вопрос: «Как может сама теорема Геделя быть результатом алгоритма?»

Я не могу дать ответа на этот вопрос, хотя мне известно, что он уже обсуждался. Возможно, что теореме Геделя можно вывести из других аксиом и правил вывода и, следовательно, ее можно получить при помощи алгоритма. Теорема может быть лишь частью нескончаемого потока метатеорем. Я был бы благодарен знающим читателям, которые помогли бы разобраться в этом вопросе.

Однако, каким бы ни было наше мнение на этот счет, «Новый ум императора» атакует претензии искусственного интеллекта на другом фронте: со стороны физики вычислений. Пенроуз склонен считать, что вычислительные процессы в значительно большей мере «чувствуют себя как дома» в осязаемом мире классической физики, нежели в непостижимом царстве квантовой механики. Современный компьютер является детерминированной системой, которая главным образом просто выполняет алгоритмы. В несколько шутиливой манере Пенроуз выбирает бильярд, так часто служащий в качестве примера при изучении классических столкновений, как подходящую среду для компьютера, работающего в классическом стиле.

Если изменить конфигурацию бортиков бильярдного стола, то можно построить своеобразный компьютер, в котором бильярдные шары действовали бы в качестве носителей сигналов, а их взаимодействие играло бы роль логических операций. Бильярдный компьютер был впервые сконструирован несколько лет назад исследователями из Массачусетского технологического института Э. Фредкином и Т. Тоффоли. О простоте и эффективности бильярдного компьютера читатели могут судить сами, рас-

смотрев диаграмму, приведенную внизу.

На диаграмме представлено бильярдное логическое устройство. Два входных канала принимают движущиеся шары в специальную камеру, которая имеет три выходных канала. Если в камеру через один из входных каналов входит только один шар, он покинет ее либо по нижнему, либо по верхнему правому выходному каналу. Однако если в камеру одновременно входят два шара, то один из них покинет ее через выходной канал, расположенный справа внизу. Присутствие или отсутствие шара в данном выходном канале представляет результат известной логической операции, выполняемой вентилем И. На выходе шар появляется тогда и только тогда, когда один шар поступает в первый входной канал и другой шар — во второй канал.

Компьютер можно построить, пользуясь вентилями только что описанного типа и еще одного типа, представляющего собой камеру, которую шар покидает по определенному каналу тогда и только тогда, когда по другому каналу не входит шар. Читателям, наверное, будет интересно сконструировать камеру такого типа, имея в виду, что полезную роль в этом устройстве могут сыграть дополнительные шары.

Нам всем нравится наблюдать за плавными, классическими движениями бильярдных шаров. У них есть и другие желательные свойства, о которых мы едва ли задумываемся. Например, никому и никогда не приходило в голову, что бильярдный шар может оказаться сразу в двух местах в один и тот же момент времени. Однако в квантовой механике такие явления

вполне допустимы. Квантовомеханические системы, такие как в знаменитом эксперименте с двумя щелями, допускают возможность одновременного присутствия фотона в двух местах (см. Э. Шимони. Реальность квантового мира, «В мире науки», 1988, № 3).

В нескольких словах: когда фотоны проходят через двойную щель, их можно рассматривать как волны, интерферирующие сами с собой. На экране позади щелей появляется интерференционная картина, если только мы не установим по детектору у каждой щели. Сам акт наблюдения как бы заставляет фотон решиться, через какую щель ему пройти! Это явление называется коллапсом вектора состояния. Эксперимент можно расширить для щелей, отстоящих друг от друга на километр (и даже на расстояние, равное световому году). Как утверждают многие физики, фотон может лишь в том случае решить, через какую щель ему пройти, если он по существу находится в обоих местах одновременно.

В какой точке бесконечного множества масштабов, от атомного до галактического, квантовомеханическая система становится классической? Эта дилемма иллюстрируется знаменитой кошкой Шредингера. В воображаемом эксперименте ученый, не страшась активистов движения в защиту животных, помещает кошку и сосуд с ядовитым газом в камеру, содержащую лазер, наполовину посеребренное зеркало, фотодетектор и молоточек. После того как дверь в камеру заперли, лазер испускает фотон по направлению к зеркалу. Если фотон проходит через него насквозь, кошке не причиняется никакого вреда. Если же фотон отражается от зеркала, он попадает в фотодетектор; последний приводит в действие молоточек, который ударяет по сосуду с газом и разбивает его; ядовитый газ убивает кошку. Находясь снаружи, мы не можем узнать, жива кошка или нет.

В мире квантовой механики два возможных события могут сосуществовать как суперпозиция двух реальностей. В классическом же мире может произойти либо одно, либо другое событие. Вектор состояния (а с ним, возможно, и жизнь кошки) должен претерпеть коллапс. По мнению Пенроуза, в современной теории отсутствует переходная область между классической физикой и квантовой механикой. Теория как бы расщепляется на две части, вместо того чтобы плавно переходить от одного масштаба к другому на всем их протяжении. Возможно, желаемый синтез будет полу-

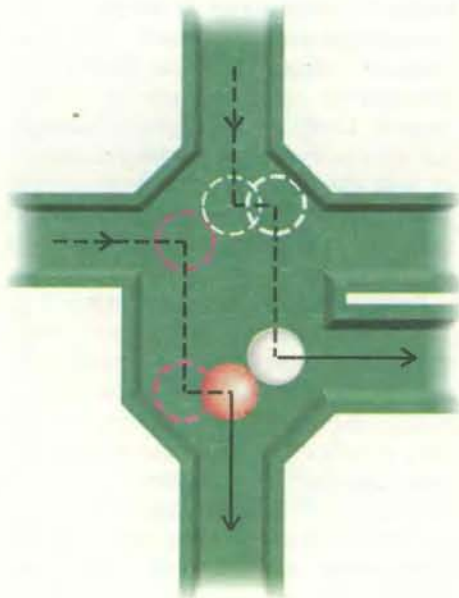
чен с помощью теории квантовой гравитации.

Теперь вернемся, наконец, к человеческому разуму. Пенроуз полагает, что в человеческом сознании присутствует неалгоритмическая компонента. На квантовом уровне возможно сосуществование взаимоисключающих, альтернативных вариантов реальности. Одно квантовое состояние может в принципе состоять из большого количества различных, одновременно проходящих явлений. Может быть, человеческий мозг каким-то образом использует такие явления? Едва ли мне удастся проанализировать эту кажущуюся такой необычной возможность так же хорошо, как это делает Пенроуз. Поэтому я советую заинтересованным читателям приобрести и прочитать его книгу.

Однако у меня возникло желание рассмотреть другой вопрос, имеющий некоторое отношение к затронутой теме. Могут ли люди количественно оценить возможности своего интеллекта во Вселенной, которая обладает бесконечной структурой? В самом деле, существование какого-то определенного предела в структуре материи, будь то одна элементарная частица или набор таких частиц, кажется невероятным. При этом я имею в виду не только частицы, но вообще любую структуру, скажем энергетическую или чисто информационную, лежащую в основе обсуждаемых явлений.

Мне представляется, что физика сама по себе может оказаться бесконечной наукой по той простой причине, что, как только будет открыта какая-то предельная «элементарная» структура, сразу же возникнет проблема объяснения предельных элементарных законов и самого факта их существования. Во всяком случае, я предпочитаю жить во Вселенной, обладающей бесконечной структурой. Во-первых, наш разум мог бы лучше понять такую Вселенную по сравнению со Вселенной, которая обладает конечной структурой.

Компьютеры конструируются таким образом, чтобы исключить влияние любого физического процесса, протекающего на уровне, масштабы которого меньше определенного порога. Алгоритм должен быть защищен от «ошибок». Возможно, наш мозг структурирован так же, но, возможно, что и не так, считает Пенроуз. Не исключено, что физические явления, протекающие на атомарном уровне, играют важную роль в процессе нашего мышления. Что касается молекулярного уровня, то это определено так. Достаточно лишь вспомнить о влиянии молекул ней-



Вентиль И на бильярдных шарах

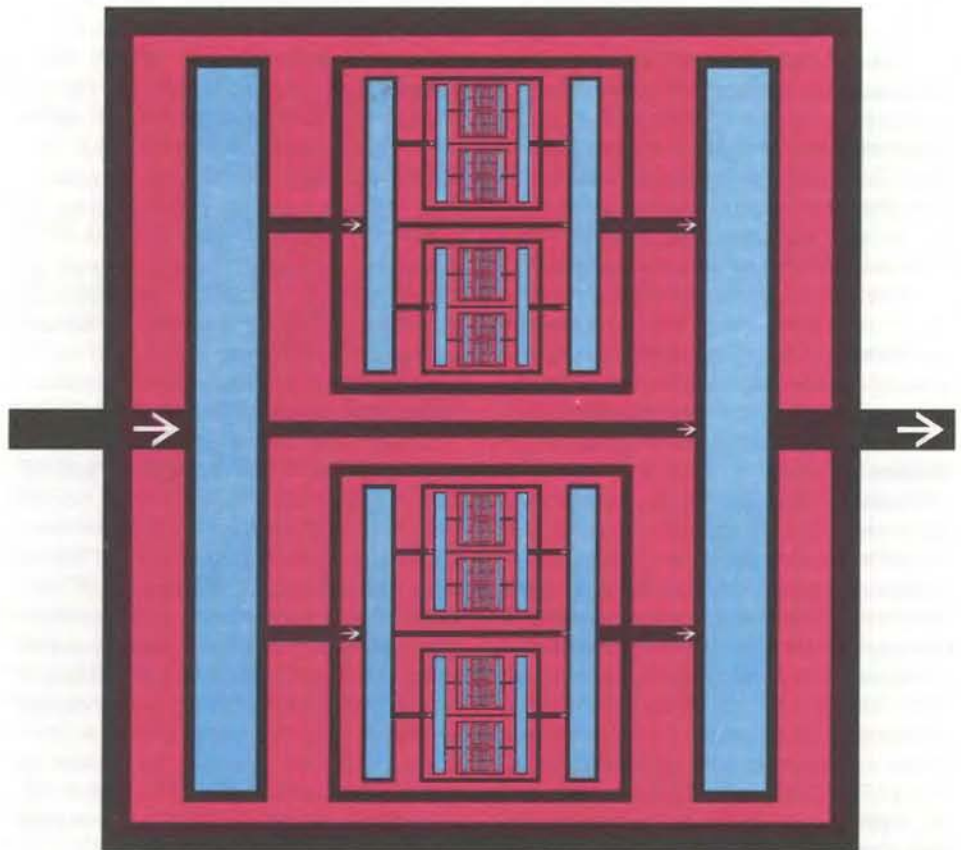
ротрансмиттеров на поведение нервных клеток. Более того, хорошо известно, что природа обладает свойством использовать физические возможности, ставя их на службу для реализации биологических операций. Если физические структуры простираются до определенного уровня, то имеем ли мы какие-то априорные основания полагать, что мозг не может воспользоваться явлениями, протекающими на этом уровне?

А что, если мозг способен пользоваться всеми уровнями структуры в бесконечно структурированной Вселенной? Чтобы продемонстрировать в самой грубой форме потенциальные возможности бесконечного мозга, я построил схему бесконечного компьютера, который пользуется в своей работе структурами всех уровней. В целях удобства демонстрации я буду условно считать, что во всех масштабах физические структуры обладают классическими свойствами.

Мой бесконечный компьютер (см. рисунок справа) по существу представляет собой квадрат, содержащий два прямоугольника и два других квадрата меньшего размера. Входная линия подведена слева к большому квадрату, и войдя в него, она сразу идет к первому прямоугольнику. Последний представляет собой устройство обработки сигналов, которое я назову модулем подстановки. От модуля подстановки отходит по одной линии к каждому из меньших квадратов, а также к другому прямоугольнику, который мы будем ниже называть модулем сообщения.

Структура этого компьютера обладает свойством бесконечной регрессии. Каждый из меньших квадратов является точной копией большего квадрата, но имеет вдвое меньшие размеры. Когда сигнал распространяется по проводникам и модулям вдвое меньшего размера, ему требуется вдвое меньше времени для прохождения соответствующего пути, поэтому модули подстановки и сообщения срабатывают в два раза быстрее соответствующих модулей внешнего уровня.

Бесконечный компьютер решает знаменитую задачу о преобразовании слов, изобретенную математиком Акселем Туэ. В этой задаче даны два слова и словарь допустимых подстановок. Можно ли, пользуясь только допустимыми подстановками, получить второе слово из первого? Рассмотрим задачу на следующем примере: предположим, первое «слово» представлено цепочкой 100101110, а второе — 01011101110. Возможно ли прийти от первого слова ко второму, пользуясь подстановками 010 вместо



Фрактальный компьютер решает задачу Туэ о преобразовании слов

110, 10 вместо 111 и 100 вместо 001? Пример был выбран совершенно произвольно, и я специально не буду пытаться решить его.

Может случиться так, что ни одна последовательность подстановок не приведет к преобразованию первой цепочки во вторую. В то же время такая последовательность существует. В процессе применения подстановок могут возникнуть очень длинные промежуточные слова. В этом и заключается проблема. Так же, как и в отношении некоторых точек множества Мандельброта, мы по существу не можем прийти к ответу. Не существует алгоритма решения этой задачи, поскольку любая алгоритм (по определению) должен когда-то остановиться. Опасность состоит в том, что алгоритм может остановиться прежде, чем будет получен ответ. По этой причине о задаче Туэ говорят как о неразрешимой. Ни одна компьютерная программа, даже в принципе, не сможет решить всех частных случаев этой задачи.

Введем условие задачи в бесконечный компьютер. Слово, к которому нужно прийти, вводится в компьютер через его главную входную линию. За четверть секунды оно попадает в первый подстановочный модуль. Затем слово передается этим подстановочным модулем двум другим подстановочным модулям следующего уровня.

Однако теперь передача данных потребует уже только 1/8 секунды. Пересылки на следующие уровни потребуют соответственно 1/16, затем 1/32 с и т.д. Время, которое потребуется, чтобы загрузить все подстановочные модули вторым словом, составит, таким образом, половину секунды.

Потом в ходе аналогичного процесса, протекающего с той же скоростью, в компьютер вводятся три (или сколько угодно) подстановочные формулы. Однако на этот раз различные подстановочные модули на разных уровнях запрограммированы так, чтобы воспринимать только определенные модули из вводимой последовательности. Каждый подстановочный модуль, согласно содержащейся в нем программе, должен всегда пытаться проводить определенную подстановку в определенной позиции слова, которое поступает в него из внешнего уровня. Подробное описание схемы распределения подстановок и позиций в слове по различным модулям, наверное, утомило бы читателя, поэтому я опускаю его. Однако это не должно помешать тем, кто любит анализировать бесконечные процессы, представить себе, каким образом можно все устроить.

Вычисление начинается, когда мы посылаем первое слово в компьютер. Первый подстановочный модуль пы-

тается провести свою подстановку на отведенной для нее позиции введенного слова. Если подстановка не может быть выполнена в требуемом месте, слово передается следующему подстановочному модулю, принадлежащему более низкому уровню машины; если ему удастся провести подстановку, он посылает преобразованное слово в квадрат более высокого уровня. Если подстановка оказывается успешной и полученное в результате слово совпадает со вторым заданным словом, хранящимся в памяти подстановочного модуля, то последний посылает сигнал модулю сообщения: «успешно».

Каждый квадрат каждого уровня работает в соответствии с только что описанным алгоритмом. Как уже говорилось выше, всегда можно распределить подстановки (и позиции, в которых их следует применять) по бесконечному компьютеру таким образом, чтобы задача преобразования слов успешно решалась. Ответ будет выдан не позднее чем через одну секунду: половина секунды потребует, чтобы провести вычисления на всем пути до бесконечно малых модулей, и половина секунды на то, чтобы сообщение «успешно» достигло главной выходной линии компьютера. Если подходящей последовательности подстановок не существует, то отсутствие сообщения по истечении одной секунды можно принять как ответ «нет». Читателям, возможно, будет интересно поразмыслить над бесконечным компьютером, воспользовавшись при этом многочисленными (а может быть, и бесконечным числом) структурами своего собственного мозга.

КАЖЕТСЯ, это было уже так давно, когда в октябрьском номере нашего журнала за 1984 г. появилась статья с задачей о бобре-работяге: если машина Тьюринга обладает не более чем n состояниями, то сколько единиц она может выдать перед тем, как остановиться? Машина Тьюринга — это воображаемое устройство, читающее и записывающее нули и единицы на ленте. Для каждого допустимого состояния, в котором может находиться машина, она определенным образом реагирует на каждый из возможных символов, находящийся в той ячейке ленты, которую машина читает в данный момент. Ответ машины Тьюринга заключается в том, какой символ записать на ленте и в какую сторону переместить по ленте головку чтения-записи перед следующим циклом операций.

В задаче о бобре-работяге роль последнего играет машина Тьюринга.

Вопрос, образно говоря, заключается в том, «как много мы его может заставить поработать?». Задача была решена для машин Тьюринга с одним, двумя, тремя и четырьмя состояниями. Перед опубликованием статьи в 1984 г. самый работающий из известных бобров с пятью состояниями записал 501 единицу прежде, чем остановиться. Затем одному из наших читателей, Дж. Юхингу из Бронкса (шт. Нью-Йорк), удалось открыть машину с пятью состояниями, которая записала 1915 единиц. До недавнего времени это был мировой рекорд.

Теперь А. Брэйди из Университета шт. Невада в Рено сообщил о новом, еще более работоспособном бобре, который был открыт Х. Марксом и Ю. Бунтроком из Берлинского технического университета (Западный Берлин). Бобер Маркса и Бунтрока почти в четыре раза превзошел результаты, показанные бобром Юхинга. Он выдает 4098 единиц и совершает 11798826 циклов прежде, чем остановиться! Может ли бобер быть еще более трудолюбивым? Возможно, одному из наших читателей удастся найти такого.

В октябрьском номере в статье из рубрики «Занимательный компьютер» я поставил перед читателями за-

дачу, принадлежащую Д. Саша из Нью-Йоркского университета. В его книге «Удивительные приключения доктора Экко» есть задача о планировании антарктической научной станции, которая должна состоять из 31 комнаты. Ни у одной из комнат не должно быть больше четырех дверей, и комнаты должны быть расположены так, чтобы можно было пройти из любой комнаты в любую другую, не пересекая более шести дверей. Я попросил читателей спланировать станцию с большим, чем 31, числом комнат.

Более ста читателей прислали свои ответы Д. Саша. Многим из них удалось разместить 53 комнаты в виде древовидной структуры, а несколько самых изобретательных исследователей заметили, что совсем не обязательно, чтобы все пути проходили через центральную комнату. И действительно, объединив два дерева так, чтобы они имели общие «листья», эти читатели получили архитектуру с 70 комнатами на одном этаже. Двое читателей Э. Джордан и Э. Уикс из Даунерс-Гроува (шт. Иллинойс) прислали совместное решение, в котором, применив еще более хитрый подход, им удалось расщепить некоторые комнаты-листья на две комнаты.

Наука и общество

Сибирская «змейка»

СИБИРСКАЯ «змейка» представляет собой магнитное устройство, обеспечивающее упорядоченное собственное вращение протонов при их движении по круговым орбитам в ускорителе. Результаты последних экспериментов показывают, что это устройство могло бы существенно увеличить возможность протонных коллайдеров, в том числе проектируемого в настоящее время сверхпроводящего суперколлайдера (SSC), в проверке теорий фундаментального строения вещества.

Все субатомные частицы характеризуются квантовомеханическим свойством — спином (собственным угловым моментом вращения), который играет важную роль при их взаимодействиях. Исследовать влияние спина на взаимодействие сталкивающихся частиц в ускорителе намного легче, если они поляризованы, т. е. если их спины ориентированы в определенном направлении, а не хаотично. Однако при ускорении до высоких энергий протонов, которым отдается предпочтение в большинстве совре-

менных коллайдеров, сохранить их поляризацию труднее. Для решения этой проблемы в ускорителях, например в синхротроне с переменными градиентами (AGS) в Брукхейвенской национальной лаборатории, физики разработали различные сложные методы, но для более высоких энергий они не применимы.

В 1974 г. два советских физика, Я. С. Дербенев и А. М. Кондратенко, работавшие в Институте ядерной физики Сибирского отделения АН СССР, предположили, что прохождение пучков протонов через ондуляторное* магнитное поле может нейтрализовать эффекты деполяризации. Это предположение заинтриговало многих физиков (в том числе Э. Куранта из Брукхейвенской лаборатории, который и дал этому устройству название «сибирская змейка»), однако ни в одном из существующих в мире ускорителей не оказалось свободного места, достаточного для размещения

*Периодически изменяющееся в пространстве (вдоль прямой линии) магнитное поле, например знакопеременное («змейка»), винтовое и т. п. — *Прим. перев.*

длинной магнитной системы, необходимой для проверки этой идеи.

Тем не менее летом 1989 г. исследователи из Брукхейвенской лаборатории и Университетов штатов Мичиган и Индиана установили и испытали 10-метровую «змею», получив успешный результат. Руководитель этого эксперимента А. Криш надеется провести следующее испытание «змеи» на установке большего размера, например на ускорителе Tevatron в Национальной ускорительной лаборатории им. Ферми. Если этот эксперимент также будет успешным, то, по мнению А. Криша, для новых мощных ускорителей, включая SSC в США, HERA в ФРГ и Ускорительно-накопительный комплекс (УНК) в СССР, следует принять во внимание возможность введения таких устройств в их конструкцию.

Как отмечает Л. Ратнер из Брукхейвенской лаборатории, если на этих ускорителях будут получены пучки поляризованных протонов, то с их помощью можно было бы получить ответ на ряд вопросов, недавно возникших в квантовой хромодинамике. В настоящее время она дает самое лучшее теоретическое описание сильных взаимодействий, связывающих протоны и нейтроны в ядре. Он считает, что эти сомнения появились в результате экспериментов с поляризованными протонами, выполненных на брукхейвенском синхротроне AGS и других коллайдерах (см. статью: Алан Д. Криш. Столкновения вращающихся протонов, «В мире науки», 1987, № 10).

По оценке Л. Тэнга из Лаборатории им. Ферми и Аргоннской национальной лаборатории, стоимость установки «змеи» не представляет фантастически большую величину. Оборудование таким устройством ускорителя Tevatron обойдется примерно в 20 млн. долл., а SSC — в два раза дороже. Однако Л. Тэнг предупреждает, что медлительность официальных лиц в решении этого вопроса, а также мнение большинства физиков о том, что спин не представляет собой параметра первостепенной важности во взаимодействиях при высоких энергиях, могут привести к отказу от установки такого устройства на ускорителях Tevatron и SSC.

Руководители проекта SSC, продолжающие еще бороться за поддержку и финансирование проекта в конгрессе, признают, что вопрос о «змеи» не принадлежит к числу приоритетных. Однако Д. Эдвардс из центральной проектной группы SSC сообщил, что они намерены вскоре обсудить вопрос о возможности уста-

новки «змеи». По его словам, даже если сначала будет принято решение не устанавливать это устройство, надо оставить место для последующей его установки.

Что такое гоацин?

ГОАЦИН — это необычная птица, обитающая во влажных тропических лесах бассейна реки Амазонки. Птенцы гоацина, еще не способные летать, умеют плавать под водой, где скрываются от хищников. У оперившихся птенцов, обладающих защитной «грязноватой» окраской, есть когти на крыльях, при помощи которых они, словно обезьяны, цепляются за ветки, перелетая с дерева на дерево. У взрослого гоацина ярко-голубая голова с кроваво-красными глазами и лихой прической а-ля индеец-могавк; эта ультрамодная голова сидит на довольно неуклюжем, совсем не изысканном тельце.

Пожалуй, самая бросающаяся черта гоацина — его запах. Эта птица пахнет коровьим навозом! Жители Колумбии так и зовут гоацина — rava hedionda, что значит «вонючий петух». Недавно группа исследователей из Венесуэлы, Шотландии и США раскрыла причину «аромата» гоацина (статья об этом опубликована в журнале «Science»). Хотя гоацин и птица, питается он совершенно, как корова. В отличие от подавляющего большинства птиц, гоацин ест почти исключительно листья. Более того, у него зоб и пищевод подобны рубцу

жвачных; в этом отношении гоацин уникальная птица. Вначале пища — листья — измельчается в мускулистом складчатом зобе — аналогично жвачке коровы. Затем под действием бактерий, живущих в зобе и пищевод, пищевая кашица подвергается брожению; при этом образуются питательные вещества, которые всасываются в кишечнике, а также безвредные для гоацина токсины.

Переваривание пищи в передних отделах пищеварительного тракта свойственно корове, овце, оленю и ряду других млекопитающих. Но, согласно С. Строну из Нью-Йоркского зоологического общества, маленький гоацин (взрослые особи весят не более 1 кг) не имеет общих предков с крупными жвачными млекопитающими и сходная пищеварительная система развилась у него в ходе эволюции независимым путем. Некоторые орнитологи считают гоацина примитивным из-за когтей на крыльях, как у археоптерикса. Строн же находит этот вид высокоспециализированным, отмечая, что когти на крыльях есть у многих других птиц (например, у лебедя и ибиса), которые ими никогда не пользуются.

Гоацин летает не очень хорошо; его зоб так велик, что остается мало места для крыловых мышц. Да ведь и нет никакой нужды быстро и далеко летать, чтобы найти листья в тропическом лесу. В то же время, принимая во внимание изобилие такого источника питания, как листья, кажется удивительным, что гоацин единственная птица со «жвачным» пищеварением.



ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЙ ТРАКТ ГОАЦИНА, который питается листьями. В объемистом мускулистом зобе пища измельчается и затем подвергается брожению под действием бактерий в зобе и нижнем отделе пищевода.

Книги

Обзор книг для юного читателя



ФИЛИП И ФИЛИС MORRISON

НАШ ДОМ — ЗЕМЛЯ. Редактор-составитель Кевин У. Келли. Ассоциация участников космических полетов THE HOME PLANET, conceived and edited by Kevin W. Kelly for the Associated of Space Explorers. Addison-Wesley Publishing Company and Mir Publishers, Moscow, 1988 (\$39.95)

ЭТО ВЕЛИКОЛЕПНОЕ издание, прекрасно иллюстрированное сделанными из космоса фотографиями, (большая заслуга в этом принадлежит талантливому и умелым итальянским полиграфистам) вызывает и горькие мысли и чувство гордости. Книгу завершает список, включающий 201 космонавта, которые на 1 января 1988 г. совершили не менее одного витка вокруг Земли (сейчас их уже человек на десять больше). Многие из них — члены Ассоциации участников космических полетов, независимой международной организации. Каждый был послан в космос в качестве посланца своей страны; теперь же их объединяет одно общее воспоминание: вид нашей хрупкой голубой планеты под изогнутой кромкой горизонта.

Около 150 фотоснимков, полученных с орбиты и снабженных комментариями о том, когда, где и как они были сняты (в основном обычными камерами), сейчас хранятся в советских и американских архивах. Отбирались они в основном по эстетическому принципу и степени воздействия на зрителя и были дополнены материалами, полученными с помощью специальных широкоформатных камер, воссоздающих все разнообразие земных ландшафтов. Иллюстрации перемежаются с текстом, передающим впечатления космических путешественников, каждое из которых приводится на родном языке космонавта: арабском, немецком, хинди, вьетнамском и т. д. с переводом на английский язык (или на русский — для русского издания*).

*См.: Наш дом — Земля. Редактор-составитель Кевин У. Келли. Ассоциация участников космических полетов. — М.: «Мир»/«Эддисон-Уэсли», 1988.

Некоторые воспоминания написаны довольно сухо, другие образно или с юмором, но все они интересны благодаря уникальному опыту их авторов. Остановимся на некоторых из них. Виталию Севастьянову удалось вызвать у читателя ощущение космической скорости: «... Утром я сделал зарядку — проехал на велоэргометре от Южной Америки до Владивостока, благополучно преодолев Гималаи. Вечером прошел пешком с перебежками от Лос-Анджелеса до Лиссабона и даже не заметил шторма на Атлантическом океане ...» Джеффри Хоффман внезапно со всей ясностью понял, где он находится: «Вдруг я увидел метеор, который прошел под нами. Однако тут же я подумал: «Не может быть, что это метеор. Метеоры сгорают в атмосфере над головой, а это — под нами». Потом я все же сообразил, как оно на самом деле». А Валерий Кубасов приводит джонсоновское доказательство ньютоновской динамики в условиях невесомости: «В невесомости испытываешь странное, будто во сне, чувство полного физического раскрепощения: раскинул руки, ноги — и паришь. Однако надо быстро научиться избегать твердых предметов, стенок корабля. Загавался — и потирая ушибленное место, вспоминаешь, что твоя масса всегда останется при тебе ...»

Эта книга, наиболее впечатляющий из многочисленных альбомов о космосе, «детям Земли посвящается» и, несомненно, она будет принята ими с энтузиазмом.

Руперт О. Мэтьюз. Атлас чудес природы THE ATLAS OF NATURAL WONDERS, by Rupert O. Matthews. Facts on File, Inc., 1988 (\$35)

ОТКРЫВШИЙ эту книгу читатель отправится в увлекательное путешествие вокруг света, во время которого, двигаясь с запада на восток, он сможет с помощью прекрасных цветных фотографий осмотреть 52 отмеченные на карте достопримечательности. Два-три удачных снимка,

подробные карты, сопровождаемые емким и живым описанием рельефа, животного и растительного мира, а также живущих там людей знакомят нас с очередным пунктом, обозначенным в путеводителе. Почти все эти места относятся к природным жемчужинам земного шара, описанным и заснятым несчетное число раз.

Перед нами Байкал — самое древнее и глубокое озеро. Сравнение профиля его дна с профилями Великих озер наглядно демонстрирует несоизмеримость их глубин: Байкал один содержит больше воды, чем все пять американских озер вместе взятых. Более половины видов рыб, обитающих в этом удивительном озере, эндемичны и не встречаются больше нигде; многие из них обитают в мрачных глубинах, питаются остатками, выпадающими на дно из приповерхностных вод. Еще одни необычные обитатели Байкала — тюлени, по всей вероятности попавшие сюда из Арктических морей во время одного из периодов между оледенениями. Они выкармливают своих детенышей на зимних лежбищах на льду озера.

Еще одна прекрасная фотография — фарфоровые дюны Уайт-Сэндз (Белые пески), раскинувшиеся под безоблачно голубым небом шт. Нью-Мексико. Перед нами обительница этой пустыни — удивительная почти белесая безухая ящерица. Вулкан Анак Кракатау (Сын Кракатау), поднявшийся из моря после 1952 г. между островами Ява и Суматра, следующий пункт нашего назначения. Несколько страниц посвящены катастрофическому извержению его «родителя» сто лет назад. Вероятно, Анак рано или поздно последует его примеру. Далее мы видим устрашающий ледяной обрыв шельфового ледника Росса в Антарктике; волшебные, напоминающие сахарную голову, холмы Гуйлинь на юго-востоке Китая; Ниагарский водопад и гораздо более высокий водопад Игуасу. Можно еще долго перечислять пункты, отмеченные в этом прекрасном путеводителе, который может с успехом соперничать с телесериалами, посвященными путешествиям. Несомненно одно — эта прекрасная книга значительно расширит кругозор читателя.

Иглу. Текст и иллюстрации Шарлотты и Дейвида Юэ THE IGLOO, written and illustrated by Charlotte and David Yue. Houghton Mifflin Company, 1988 (\$13.95)

ЭТА УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ книга знакомит нас с устройством жилища эскимосов, называемого иглу. Авто-

ры дают исчерпывающее описание этого жилища, сопроводив его своими рисунками.

Иглу представляет собой куполообразное сооружение, сложенное из снежных блоков. Вход в это жилище необычный — через отверстие в полу, к которому ведет коридор, прорытый в снегу ниже уровня пола. Благодаря такой конструкции холодный воздух не может проникать внутрь. Отапливается иглу жировыми лампами, которые позволяют поддерживать температуру в жилище примерно на 65 °C выше наружной.

Из книги мы узнаем многое и о традиционном образе жизни эскимосов — их промыслах, праздниках и развлечениях. Этот северный народ уже давно приспособился к суровым природным условиям, создав свою систему жизнеобеспечения. И если сейчас их волнует проблема приспособления, то не к Арктике, а к миру белых.

Чарлз Танфорд. БЕНДЖАМИН ФРАНКЛИН УСПОКАИВАЕТ ВОЛНЫ. ИСТОРИЯ О ТОМ, КАК ОН ЛИЛ МАСЛО НА ПОВЕРХНОСТЬ ВОДЫ, СОПРОВОЖДАЕМАЯ РАЗМЫШЛЕНИЯМИ МИ О ПОДЪЕМАХ И СПАДАХ В РАЗВИТИИ НАУКИ

BEN FRANKLIN STILLED THE WAVES: AN INFORMAL HISTORY OF POURING OIL ON WATER: WITH REFLECTIONS ON THE UPS AND DOWNS OF SCIENTIFIC LIFE IN GENERAL, by Charles Tanford. Duke University Press, 1989 (\$ 33.50)

ДОКТОР Франклин, совсем не дилетант в науке, а превосходный ученый, не принимающий на веру ни одну теорию, прекрасно разбирающийся в тончайших нюансах измерений. Его блестящий и смелый эксперимент с воздушным змеем до сих пор остается непревзойденным: благородный рыцарь похитил с небес молнию. В рецензируемой книге, полной метких наблюдений и забавных отступлений, подробно описан более скромный эксперимент Франклина. Однажды он вылил чайную ложку растительного масла на поверхность большого пруда, что сразу успокоило волнение на воде, причем спокойная поверхность постепенно расширялась до тех пор, пока добрая четверть пруда не стала гладкой как зеркало.

Этот способ успокаивать волны с помощью масла, выливаемого на поверхность жидкости, стар как мир. Однако в эксперименте Франклина поражает никогда ранее не наблюдавшееся расширение площади спокойной поверхности от размеров чайной ложки до трети гектара. На 200 страницах книги, отнюдь не перегруженной научными терминами и форму-

лами, автор — специалист по мембранам — подводит читателя к пониманию тех явлений, которые лежат в основе образования столь тонкого слоя масла на поверхности воды. Начиная с деятельности колониального агента Франклина в Лондоне, рассказав о периоде расцвета атомной химии и о том, как в 1890 г. можно было определить размеры молекул, он переходит к научным открытиям сегодняшнего дня, причем это сделано лучше, чем в специальных изданиях. Разгадка успеха Танфорда заключена в подзаголовке его работы: он оценивает ученого не только с точки зрения его идей, авторитета или личного вклада в науку, но и как участника общего развития науки с ее подъемами и спадами.

Остановимся подробнее на двух сюжетах книги. Читатель знакомится с юной Агнес Покелс — создательницей простого устройства, помогающего изменять площадь поверхностного слоя без всяких искажений и лежащего в основе почти всех современных исследований с поверхностными пленками на воде. Эта оценка принадлежит Ирвингу Ленгмюру, который использовал ее устройство. Однако самой изобретательнице не удалось получить даже среднего образования (в то время как ее брат получил в Геттингене степень доктора по физике). Женщины тогда не имели права на образование, обладая лишь правом проявлять глубокий интерес к науке и так никогда не раскрытый и не реализованный талант.

Двуслойная структура биологических мембран была блестяще, хотя и косвенным образом, продемонстрирована в 1925 г. детским врачом одной из клиник г. Утрехта Эвертом Гортеном. Он сообщил о том, что ему совместно с молодым сотрудником Ф. Гренделем удалось снять жироподобную оболочку с эритроцитов, число которых было известно. Площадь, которую этот материал занимал на поверхности воды, примерно вдвое превышала площадь поверхности эритроцитов. Отсюда следует, что клеточная оболочка представляет собой тонкий двойной слой, как бы молекулярный сэндвич, в котором гидрофильные (т. е. имеющие сродство к воде) концы молекул обращены вовне, а гидрофобные — внутрь слоя, образуя текучую, почти жидкую жирную фазу.

Несколько страниц с выводами, ставшими теперь классическими, и объяснение этого явления были по достоинству оценены современниками, которым казалось, что расчеты не совсем корректны.

А полвека спустя, после того как в исследованиях стали применять микроскоп и метод дифракции рентгенов-

ских лучей, модель клеточных мембран Гортена—Гренделя получила всеобщее признание. Эта прекрасная книга несомненно заинтересует широкий круг читателей, начиная со старшеклассников.

Джин Керр Стенмарк, Вирджиния Томпсон, Рут Косси. «СЕМЕЙНАЯ» МАТЕМАТИКА

FAMILY MATH, by Jean Kerr Stenmark, Virginia Thompson and Ruth Cossey. Illustrated by Marilyn Hill. Lawrence Hall of Science (EQUALS Project), University of California, Berkeley, 1986 (paperbound, \$ 18 by surface mail)

«СЕМЕЙНАЯ» математика вполне оправдывает свое название, она поможет родителям и детям работать вместе. Это будет не пассивное заучивание, а активные игры, решение всевозможных задач, экспериментирование и даже совместные открытия. В этом им могут помочь многие самые обычные предметы: чашки, игральные карты, горошины, бумага, карандаш и ножницы, а иногда часы и небольшой калькулятор. Написанная в непринужденной манере, прекрасно иллюстрированная (часто в форме забавных комиксов) и снабженная большим числом таблиц и диаграмм книга описывает более 100 различных видов совместных занятий по математике для взрослых и детей.

Она будет полезна детям от 5 до 18 лет, но, возможно, более всего учащимся средней школы, уже получившим необходимые элементарные навыки, но еще нуждающимся в их совершенствовании. Занятия классифицируются по степени трудности, для овладения определенным навыком требуется около 5 занятий по 1—2 часа. Эти занятия преследуют и более отдаленные цели: ребенок должен поверить в свои силы и могущество математики. Чтобы любое дело выполнить хорошо, будь то упаковка и отправка посылки, продажа или покупка, надо уметь считать, измерять, логически мыслить, делать оценку или по меньшей мере производить элементарные арифметические подсчеты в уме или с помощью калькулятора.

Наконец-то появился столь необходимый неформальный курс обучения математике. Кстати, одна из игр — крестики и нолики — может оказаться для начинающего математика первой ступенькой в мир кривых и диаграмм.

Дейвид Лэмберт. КАРМАННЫЙ СПРАВОЧНИК ПО ГЕОЛОГИИ. THE FIELD GUIDE TO GEOLOGY, by David Lambert and the Diagram Group. Facts on File, Inc., 1988 (\$ 22.95).

АНГЛИЙСКИЙ автор — «энциклопедист» и группа художников и дизайнеров представляют на суд читателей новое краткое издание в области наук о Земле. Это — не столько справочник в обычном смысле слова, сколько вполне современное введение в геологию для ученого-любителя, вполне пригодное для старшеклассников и взрослых. Небольшая книга, в которой больше рисунков, в основном тщательно выполненных чертежей, чем текста. Десять глав охватывают тот же круг вопросов, что и обычные учебники геологии. Сначала речь идет об образовании планет и тектонике плит. Затем следуют четыре главы, посвященные классификации горных пород и их образованию. Последующие главы повествуют о воздействиях, оказываемых реками, морями, льдами и ветром на поверхность Земли. Три главы посвящены геологической истории и описанию периодов, начиная с кембрийского. В последней главе описаны составление карт и коллекций, добыча полезных ископаемых, рассказано о геологических музеях и разных достопримечательностях по всему миру.

Откроем наугад один разворот: «часы в камне», или хронометрическое датирование. Слева — пять небольших рисунков: разрез дайки, забитой в гранит, диабазовая дайка, которую бросают в лабораторную дробилку, чтобы размолоть ее на зерна, чашка с пеной, вымывающей зерна слюды (другие зерна разлагаются другим способом), очень схематичный чертеж масс-спектрометра и компьютерная распечатка результата анализа. Справа — кривая, показывающая зависимость остаточной концентрации от времени (период полураспада) и сеть треков ядерного распада в кристалле, подвергнутом травлению. «Чем больше треков, тем старше кристалл». В одном разделе кратко рассказано о накоплении дочерних элементов, другие посвящены используемым материалам и пределам применимости методов датировки — калий-аргонового, рубидий-стронциевого, уран-торий-свинцового и по трекам ядерного распада.

При изучении более десяти периодов геологической истории нам значительно помогает единство концепции изложения. На каждом развороте помещена карта, показаны ископаемые и типичное место их добычи. При таком изложении периодизация оказывается более легкой для понимания, чем датировка по радиоактивному распаду. Несомненно, автору удалось в небольшой по объему книге дать много полезной информации.

Джером Векслер. Домовая мышь — домашнее животное. С иллюстрациями автора.

PET MICE, text and photographs by Jerome Wexler. Albert Whitman and Company, 1989 (\$12.95).

Мириам Шлейн. Голуби. Фотографии Маргарет Миллер.

PIGEONS, by Miriam Schlein. Photographs by Margaret Miller. Thomas Y. Crowell Junior Books, 1989 (\$12.95)

Уильям Т. Джордж. КОРОБЧАТАЯ ЧЕРЕПАХА ЛОНГ ПОНДА. Иллюстрации Линдсей Барретт Джордж.

BOX TURTLE AT LONG POND, by William T. George. Pictures by Lindsay Barrett George. Greenwillow Books, 1989 (\$12.95).

Рой Никерсон. Биология каланов. Фотографии Ричарда Бьюсика. Второе издание.

SEA OTTERS: A NATURAL HISTORY AND GUIDE, by Roy Nickerson. Photographs by Richard Bucich. Chronicle Books, 1989 (\$12.95).

ИЗ МНОЖЕСТВА книг, в которых рассказывается о каких-либо животных или растениях в историческом аспекте, мы отобрали четыре превосходных образца этого жанра.

Своими душевными и многозначительными фотографиями Джером Векслер проиллюстрировал около 40 детских книг. Эту книгу открывает сделанная с увеличением в 6—8 раз фотография молоденькой домовой мыши с двумя темными пятнышками на белой голове, выглядывающей между пальцами человеческой руки. Цикл фотографий рассказывает о мышном семействе, растящем детенышей. Эта короткая книжка дает полное представление о том, какое большое удовольствие можно получить, если держать в качестве домашних животных домовых мышей, которые бывают самой разной окраски. Читатель узнает, как заботиться о зверьках, больных и здоровых, в течение всей их жизни, с рождения до неизбежной смерти. Чтобы регулировать численность популяции, рекомендуется придерживать контрольной даты: примерно на 27-й день после рождения следует отсадить самцов от самок; объясняется очень подробно и точно, как их различить. Автор, который много лет с успехом держал домовых мышей, утверждает, что в их жизни очень много любопытного. Биология, ответные реакции, предпочтения — все это он учит наблюдать компетентно, доказательно и с большой любовью.

Следующая книга адресована учащимся младших классов, принадлежащим к числу любителей голубей. Несколько страниц в ней посвящено

содержанию голубей, их военной и мирной службе. Но основные герои книги вольные граждане, городские голуби — обитатели тротуаров, скверов и карнизов. Может показаться, что у голубей, спящих под ногами прохожих, нет птенцов, но дело в том, что они спрятаны в высоко расположенных, хорошо защищенных гнездах. Сопровождающие текст фотографии показывают, как свободноразвивающиеся городские голуби растят свое потомство, начиная с откладки яиц и до вылета птенцов из гнезда в возрасте приблизительно 6 недель. Автор, жительница Нью-Йорка, знает и любит этих суетливых, храбрых, живучих птиц, которые являются заботливыми родителями, и к тому же издают один из приятнейших, по ее мнению, городских звуков.

Лонг Понд — незнакомое нам место, а эта книга, как славная новелла о нем. Краски богаты и выразительны: деревья в осеннем наряде, золотистая опавшая хвоя крупным планом. Коробчатая черепаха с красными глазами и желтым рисунком на панцире медленно выползает погреться на солнце после холодной ночи, а потом прячется от дневного дождя под яблоней. Коробчатые черепахи пьют болотную воду, но не умеют плавать. Эта вот черепаха озирается в надежде найти виноград, но ей попадает только несколько земляных червей, выползших из своих норок во время дождя. Черепаха откусывает червякам головы, чтобы они не уползли и собираются неспешно съесть их одного за другим. Но у более проворного молодого енота такие же намерения. Черепаха защищена надежно — енот не может просунуть когти под ее панцирь. А когда она снова высовывает голову и конечности, все спокойно, но добычи уже нет. К счастью, однако, напало много винограда, сбитого кормившимися луговыми тетеревами. Вскоре черепаха, наевшись винограда, заползает в мягкие теплые соновые иголки поспать. В Лонг Понде подошел к концу долгий день, который с удовольствием разделят читатели, в том числе начинающие.

Среди американских диких животных, находящихся под угрозой исчезновения, каланы, живущие в ламинариевых зарослях на побережье Калифорнийского залива, занимают одно из первых печальных мест. Каланы очень игривы, превосходные пловцы, нежны со своими детенышами. Они безмятежно плавают на спине, покачиваясь в водорослях; при этом животное может разбивать раковину моллюска о камень, который держит на крепкой груди. В книге приведены этапы долгой войны между каланами

и охотниками за пушниной. Почти сразу же, как промысловики обнаружили в Тихом океане этих животных с прекрасными темными шкурами, они начали их истреблять. К концу прошлого века численность каланов по сравнению с первоначальной упала в сотни раз. Лучше других сохранились они в Беринговом море. Охота была приостановлена в 1911 г., когда встретить калана стало уже практически невозможно. В настоящее время они находятся под охраной и, к сожалению, оказались конкурентами ловцов моллюсков. Численность каланов постепенно восстанавливается, и сейчас их можно увидеть во многих местах (они указаны в книге) вдоль заросшей ламинарией прибрежной полосы. Читать книгу очень увлекательно: в ней отражены запутанные взаимоотношения между каланами, охотниками за пушниной, алеутами, ныряльщиками за моллюсками, красными морскими ежами и претендентами на промышленные урожаи гигантской ламинарии. Книга будет интересна всем читателям, в особенности мы рекомендуем ее школьникам седьмого класса.

Стив Паркер. МЛЕКОПИТАЮЩЕЕ. Фотографии Джейн Бартон и Дейва Кинга.

MAMMAL; written by Steve Parker, photography by Jane Burton and Dave King, 1989 (\$12.95).

Дэйвид Барни. ПТИЦА

BIRD, written by David Burnie. Eyewitness Books, Alfred A. Knopf, Inc., 1988 (\$12.95).

КСЕГОДНЯШНЕМУ дню вышло в свет с десятков книг этой серии международного издания. Каждая книга посвящена одной определенной теме и все они великолепны. На каждой странице помещены соответствующие фотографии и рисунки с четкими, выразительными надписями. Такое впечатление, что находишься в отлично организованном музее с богатой коллекцией экспонатов.

Книга о млекопитающих особенно хороша. Здесь есть изображения черепах и кролика, и панголина, и ламантина; нарисованы следы, когти, мех и кожа. Но не только: показаны и живые звери. Дальше снимки гнезда домового мыши, начиная с первого дня — с розовой кучкой дюжины крохотных голых новорожденных детенышей — до двух недель спустя, когда мышата уже покрыты мехом, переросли гнездо и начинают исследовать мир. Крупным планом показан более длительный отрезок из кошачьей се-

мейной жизни. Читатель увидит умиляющихся кошек, принимающих пылевые ванны шиншиллы, возню и драки щенят, хомячков с пустыми и с набитыми вкусными семенами защечными мешками. В том же стиле оформлены страницы, показывающие животных в действии; в этой книге соединены музей и зоопарк. Другая книга серии примерно таким же образом представляет птиц. Множество яиц, гнезд, перьев, но также и фотоснимки пяти птенцов лазоревки, их удивительные красные с желтым ободком рты, требующие еды и затмевающие, на взгляд их родителей, все остальное.

Джеймс Б. Нарди. БЛИЗКОЕ ЗНАКОМСТВО С НАСЕКОМЫМИ И ПАУКАМИ. С иллюстрациями автора.

CLOSE ENCOUNTERS WITH INSECTS AND SPIDERS, written and illustrated by James B. Nardi. Iowa State University Press, 1988 (\$14.95).

ЭТА ТОЛСТАЯ книга в ярко-красной обложке — прекрасный подробный путеводитель, составленный ученым-исследователем, который не только отличный знаток паукообразных, но еще и прекрасно пишет и рисует. Охватывая большое разнообразие форм и их распределение по местообитаниям, книга отражает энтузиазм автора, его опыт натуралиста. Крупно выполненные строго в масштабе рисунки делают ее очень привлекательной для детей любого возраста. Самым младшим читателям (которые «ближе к земле» и могут лучше разглядеть животных) названия и подписи прочтут взрослые, а те, кто учится в начальной школе, сами разберутся в тексте, если не считать нескольких коварных «взрослых» мест. С помощью книги можно обследовать в первую очередь дом, школу и сад, а также дворы, газоны, улицы; затем — пруды, ручьи, луга и поля, деревья и пни. Наконец, перед читателем предстанет большая команда наземных обитателей, снующих у нас под ногами: мокрицы, двупарноногие, муравьи и множество других. Как-нибудь утром вы можете увидеть внезапно появившегося на краю раковины маленького ворсистого мотылька, который провел последние несколько недель в виде яйца, личинки и куколки в водосточной трубе.

Живущие на лугу «музыканты» и их инструменты стбят того внимания, которое им уделено в книге. Насекомых, образующих галлы — комаров и мух — можно обнаружить почти на любом придорожном золотарнике. Вылет этих насекомых из гал-

лов может произойти и в банке на подоконнике, но не удивляйтесь, если из похожих по виду галлов появятся совсем другие насекомые — паразитические осы. В книге Нарди поддерживается равновесие между крайностями: не слишком много, чтобы не напугать читателя, но не так мало, чтобы он утратил интерес.

Пьер Пфеффер. СЛОНЫ: БОЛЬШИЕ, СИЛЬНЫЕ И МУДРЫЕ. Иллюстрации Рене Меттлера.

ELEPHANTS: BIG, STRONG AND WISE, by Pierre Pfeffer, illustrated by René Mettler. Young Discovery Library, 1988 (\$4.95).

Бианка Лэвис. КТО ХОДИТ ПО ДЕРЕВУ. С фотографиями автора.

TREE TRUNK TRAFFIC, text and photographs by Bianca Lavies. E. P. Dutton, 1989 (\$13.95).

КАЧЕСТВО ПЕРВОЙ из этих двух книг становится ясно сразу, стоит заглянуть в конец, где изображена тропа через зеленый альпийский луг с разбросанными по нему валунами, по которой движется длинная вереница слонов в сопровождении солдат с копьями и щитами. Это могучие боевые слоны войска Ганнибала, направляющегося в Италию. Перевернув страницу, вы увидите маленького розового Ганешу — слоновьего индийского бога мудрости (который, помимо всего прочего, считается покровителем школьников). На предыдущих страницах показаны слоны, роскошно разряженные в золото и багрянец на фестивале в Индии. Не обойдены вниманием и дикие африканские слоны; показаны и описаны бивни, хоботы, стада, трубный рев, привязанности и даже птицы, уничтожающие слоновьих паразитов. На все про все одному животному требуется 300 фунтов зеленой массы в день.

Эта лаконичная книга, 36 страниц текста которой вполне доступны для начинающего читателя, входит в издающуюся во Франции серию, которая должна состоять из 120 книжек малого формата. Такая серия — прекрасная карманная энциклопедия для маленьких читателей; десятка два из нее переведены на английский язык.

Стержень второй книги — фотография 70-летнего клена в великолепном осеннем наряде на фоне голубого октябрьского неба. На больших страницах этого издания автор представил около двадцати фотографий различных живых существ, которых можно увидеть на стволе дерева. Снимки сопровождаются текстом по несколько строк, который доступен начинающе-

му читателю, но будет интересен и тем, кто уже хорошо читает. Над и под деревом и вокруг него днем и ночью в любое время весьма оживленное движение животных всех размеров (масштаб приведен) — голубая сойка, пара долгоножек, скворец, напуганный в своем дупле белкой, изумрудный кузнечик, семейство енотов-полоскунов. Фотографии сделаны крупным планом, четкие, яркие и впечатляющие, так же как и ночные сцены. Когда семья белок чутко дремлет, еноты просыпаются, как бы говоря: «Привет ночи, звездам и вам».

Патриция Лаубер. НОВОЕ О ДИНОЗАВРАХ

THE NEWS ABOUT DINOSAURS, by Patricia Lauber. Bradbury Press, 1989 (\$14.95).

СРЕДИ множества хороших книг о динозаврах, вышедших в свет в 1989 г., эта небольшая книжка с цветными иллюстрациями, предназначенная для учеников начальной школы, выделяется кое-чем необычным: оказывается, динозавры до сих пор существуют. Сохранились они во-первых, в виде костных остатков, следов и яичной скорлупы, которые можно обнаружить в горных породах, и, во-вторых, во все время меняющихся представлениях, с помощью которых мы пытаемся понять древнюю естественную историю. Это очень наглядно демонстрирует книга Лаубер — прекрасно себя зарекомендовавшего автора. Она состоит из маленьких заметок, каждая из которых превращается в сюрприз, как только прочтешь красного цвета заголовок: «Оказывается, что...».

У большинства ныне живущих рептилий матери не заботятся о своих детенышах: отложив яйца, они отправляются восвояси. По аналогии считалось, что динозавры поступали так же. Однако это неверно. Оказывается, что стада гадрозавров — травоядных динозавров с «утиным клювом», чьи кости, например, в одном из местонахождений встречаются вдоль древней береговой линии, не оставили там ни яичной скорлупы, ни костей молодых особей. Значит, они гнездились где-то еще. Когда были найдены места гнездования, обнаружилось, что гнезда располагались друг от друга как раз на расстоянии длины тела взрослого гадрозавра. В этих местах сохранились остатки не только яиц, гнезд и молодняка, но и взрослых животных; вероятно, самки оставались около своих гнезд на страже. Из другой заметки читатель узнает, почему можно считать, что взрос-

лые особи приносили траву и семена для кормления детенышей, как это делают современные птицы. Такие динозавры — это нечто новое.

Иллюстрации в книге играют важную роль: они живо и красочно воплощают трудное дело палеонтологичес-

кой реконструкции. Очень хорошо, что включены работы не одного, а пяти разных художников — специалистов по динозаврам. Труд Лаубер — произведение искусства не совсем, конечно, злободневное, но вполне современное.

Наука и общество

Каменные кости

У ХИРУРГОВ до сих пор никогда не было большого выбора материалов для замены костной ткани, разрушенной из-за травмы, болезни или хирургического вмешательства. В основном для имплантации используется трупный материал. Однако он иногда содержит остатки органического вещества, которые могут вызывать реакцию иммунной системы организма-реципиента, ведущую к отторжению имплантата. Более безопасен химически обработанный коралл, но он недостаточно прочен. Кроме того, этот материал удается получать порциями величиной не более кусочка сахара, что ограничивает его применение челюстно-лицевой хирургией.

Такое положение дел побудило искать новые материалы и методы. Делались попытки изготавливать искусственные кости из порошка гидроксиапатита, являющегося основным минеральным компонентом костной ткани. К сожалению, гидроксиапатит плавится при очень высокой температуре (+ 1200°C), при которой «испаряются» гидроксильные группы. В результате получается хрупкая керамика, не прочнее костяного фарфора.

А что если не плавить порошок гидроксиапатита, а синтезировать это вещество сразу в желаемой форме? Этим вопросом еще лет десять назад занялся Р. Лагоу из Техасского университета в Остине. И вот теперь он и его сотрудники заявили, что нашли способ синтезировать твердый гидроксиапатит при температуре существенно ниже 1000°C. Получаемый этим способом керамический материал вдвое прочнее плавленого порошка. Лагоу, охраняя собственность на секрет производства, не сообщает подробности; по его краткому описанию, некий химический предшественник отливают в желаемую форму, после чего он затвердевает при подходящей температуре. При этом можно делать так, чтобы плотность матери-

ала варьировала и одни участки, скажем, были гомогенными, как зубная эмаль, а другие — пористыми, как корень зуба.

Пористость материала очень важна, так как благодаря ей в протез могут вращаться кровеносные сосуды, а по ним проникают остеокласты и остеобласты. Эти клетки расщепляют имплантированный материал и заменяют его настоящей костной тканью. Как сообщают коллеги Лагоу из Бейлоровского фонда медицинских исследований в Далласе, когда такую искусственную кость имплантировали в конечности кроликов, в 85% случаев гидроксиапатит рассасывался и на его месте образовывалась нормальная костная ткань (в результате животные становились немного выше ростом).

«Для нас сейчас задача номер один — сделать полностью кроличью бедренную кость с плотным веществом в эпифизах и пористым в диафизах, — сказал Лагоу. — Проблема в том, что протез из нашего материала не будет гибким, поскольку в нем нет коллагена, как в матриксе естественной костной ткани. Но через 3—5 лет организм превратит его в настоящую кость, содержащую органический компонент». Лагоу полагает, что так как эпифизы гидроксиапатитовой кости плотнее, чем в натуральных костях, полная конечность должна сочленяться легче, чем, скажем, в суставах, пораженных артритом. Но менисковый хрящ, конечно, будет отсутствовать.

Клинические испытания разработанного Лагоу материала для протезов зубов и костей начнутся в этом году. В первую очередь новый материал будет проверен применительно к позвоночнику. «Я бы предпочел иное применение: судя по статистическим данным, больше всего нужны протезы конечностей. Однако, по мнению моих друзей, специалистов по ортопедической хирургии, протезирование позвоночника — верное дело. Наша цель — изготавливать безразмер-

ные кости и обрабатывать их для каждого конкретного случая в операционной".

Экономика — тема детективов

ЗАДЕРЖАВШИСЬ на мгновение, чтобы поцеловать на прощание любовницу, руководитель персонала Белого дома, адмирал Грин покидает ее дом в Джорджтауне и отправляется к месту службы. Она подходит к телефону и звонит известному экономисту. Да, говорит она, во время завтрака адмирал все же принял решение об экономической судьбе страны. За чашкой кофе она высказала адмиралу убедительный аргумент в пользу того, что увеличение налогов приведет к инфляции.

Что это, новый скандал в Вашингтоне? На этот раз нет. Это сцена из детективного романа «В конечном счете нас всех ждет смерть» о таинственном убийстве на почве экономики, написанном М. Уолфсоном, экономистом Калифорнийского университета в Фуллертоне, и писателем В. Буранелли. Несколько таких книг появились с тех пор, как в 1976 г. Маршал Йевонс написал один из первых детективов на экономическую тему под названием «Убийство в Марджине». (Маршал Йевонс — это псевдоним экономиста Кеннета Элзинга из Университета шт. Виргиния и Уильяма Брейта из Университета Тринити в Сан-Антонио.) Некоторые из них стали классическими, главные роли в них отведены опытным экономистам; другие грешат экономическими неточностями, рассчитаны на непосвященных в экономику читателей и избоблуют унылым изложением экономической теории. Среди детективов этого рода есть и такие, в которых представлены интересные взгляды экономистов на самих себя и на область своей деятельности.

В детективе «В конечном счете нас всех ждет смерть» экономисты — блестящие профессионалы — говорят ясным экономическим языком и почти все загадочно. Их собрали вместе, чтобы они дали совет президенту в период экономического кризиса, но покидают его сбитые с толку. «Не могу понять, за что они борются» — жалуется президент своему руководителю персонала. Грин отвечает за подготовку экономической программы.

Пока адмирал Грин обращается то к одному экономисту, то к другому, терпеливо выслушивая основы курса Берлитца по макроэкономической теории, он убеждается, как противоречивы догмы. Кейнсиантов беспокоят

временные трудности в связи с безработицей. Сторонники монетаристской доктрины утверждают, что силы рынка уравниваются, если дать ему устояться. Те же, кто выступает за твердые меры в отношении обеспечения поставок и придерживается рациональных взглядов, тоже высказываются время от времени, стараясь доказать, что в развитии экономики может быть не два пути, а больше.

Только Грин собрался объявить о своей экономической политике, как ему был нанесен смертельный удар. Именно с этого места в книге начинается поучительная для читателя завязка: чтобы определить, кто больше всего выигрывает от смерти адмирала, читателю нужно установить, каковы были политические взгляды убитого государственного чиновника.

В книге «Фатальное равновесие», втором романе Маршала Йевонса, экономист из Гарвардского университета Г. Спирман (который подозрительно похоже выражается словами Мильтона Фридмана) бескомпромиссно указывает, что всякому жизненному повороту есть экономическое обоснование. Когда претенциозно настроенного молодого ученого-экономиста, которому было отказано в должности в Гарвардском университете, обнаруживают мертвым, бескомпромиссное экономическое учение Спирмана обретает свободу.

«Умозрительно [Спирман] понимал, что человек лишает себя жизни, когда обесцененное существование уже не идет ему на пользу. Но для молодого человека, у которого были большие возможности устроить свою жизнь так, чтобы быть вполне удовлетворенным, такой поступок был бы неразумным», — поясняет автор. Спирман (и вместе с ним проницательный читатель) раскрывает убийство, сидя в удобном кресле и исследуя приведенную в книге таблицу с данными.

Нобелевская премия по химии

РИБОНУКЛЕИНОВАЯ кислота (РНК) служит не только переносчиком информации от ДНК — она также выступает в роли катализатора в ряде клеточных процессов. За независимое открытие в 1970-х годах этого факта, противоречащего традиционным представлениям, Сиднею Альтману из Йельского университета и Томасу Р. Чеку из Колорадского университета в Боулдере присуждена Нобелевская премия. Каталитическая способность открывает возможность использовать РНК для различных биотехнологических целей, в частно-

сти для борьбы с вирусными инфекциями (см. статью: Чек Т. РНК — фермент, «В мире науки», №1, 1987).

Нобелевская премия по физиологии и медицине

НОБЕЛЕВСКАЯ премия в области физиологии и медицины присуждена Дж. Майклу Бишопу и Гарольду Э. Вармусу из Медицинской школы Калифорнийского университета в Сан-Франциско, за открытие того факта, что онкогены (гены, вызывающие рак) являются обычным компонентом генома нормальных клеток. В середине 1970-х годов многие исследователи полагали, что онкогены попадают в здоровые клетки извне с ретровирусами. Но в 1976 г. Бишоп и Вармус обнаружили, что на самом деле онкогены, наоборот, из хромосомной ДНК клетки-хозяина включаются в ретровирусный геном. В норме безвредные, эти протоонкогены становятся онкогенами и могут вызвать у человека рак в случае ретровирусной трансформации или, чаще, в результате воздействия радиации и других канцерогенов (см. статью: Бишоп Дж. Онкогены, «В мире науки», №1, 1983).

Нобелевская премия по физике

НОБЕЛЕВСКУЮ премию в 1989 г. получили три физика, которые разработали исключительно точные методы измерения квантового поведения частиц. Норман Ф. Рамзей из Гарвардского университета получил половину премии за разработку метода изучения энергетического спектра атомов путем воздействия на них осциллирующим магнитным полем. Этот метод впервые был апробирован 40 лет назад и привел к созданию водородного мазера (высокостабильного генератора электромагнитного излучения) и атомных часов. Вольфганг Пауль из Боннского университета и Ганс Дж. Демельт из Вашингтонского университета в Сиэтле разделили вторую половину премии за изобретение способов удержания в ловушках и наблюдения одиночных электронов и атомов.

Подвесная научная лаборатория

ГРУППА французских ученых работала необычный и привлекательный для кинопромышленников способ исследования полого влажных



ПОДВЕСНАЯ ПЛАТФОРМА для размещения ученых, исследующих жизнь пологих влажных тропических лесов. Платформа удерживается с помощью баллонов с горячим воздухом. Это сооружение было придумано Ф. Галле, французским ботаником из Университета Монпелье II.

тропических лесов. Он заключается в том, что исследователи поднимаются в кроны деревьев на специальных платформах, которые представляют собой сетку в виде шестиугольника с поперечным размером 26 м. Сетка растягивается между надувными понтонами; на ней одновременно могут располагаться до 10 человек во время работы в дневное время или до 5 человек оставаться там на ночь в палатках. Дирижабль на горячем воздухе опускает платформу сверху на кроны деревьев и доставляет на нее необходимый провиант из лагеря.

Это изобретение принадлежит ботанику Ф. Галле, сотруднику Института ботаники при Университете Монпелье II, уже давно занимающемуся исследованием влажных лесов. По его словам, такая платформа позволит ученым непрерывно в течение нескольких месяцев изучать растительность и насекомых на высоте 40 м над землей в недоступных районах влажного леса. Исследователи могут работать непосредственно на этой подвесной платформе или с помощью веревочных лестниц забираться в гущу лиственных крон деревьев.

Как утверждает Галле, привлекательность его проекта для киносемаков беспрецедентна, и это помогло ему получить финансовую помощь от японского рекламного концерна Dentsu, Inc. в размере 300 тыс. долл. В ответ на это ученые со своей стороны окажут содействие кинематографистам в съемке фильма о своей работе, который Dentsu намеревается пока-

зать в этом году на выставке в Осаке. «В наше время очень важно установить связь между научными исследованиями и источниками финансирования», — отметил Галле.

Не менее важно получить финансовую помощь и от страны, в которой ученые намереваются провести то или иное исследование. Группа, возглавляемая Галле, вначале планировала заняться изучением лесов Бразилии. Действительно, летом прошлого года они совершили разведывательный полет над бассейном Амазонки, но местные власти были возмущены тем, что группа французских исследователей не обратилась к ним за получением соответствующего разрешения, и заставили ученых покинуть страну и ждать, пока не будут оформлены нужные документы. «Бразильцы очень болезненно воспринимают присутствие иностранцев, проводящих исследования в их стране», — пояснил Галле.

Не дожидаясь, пока Бразилия выдаст разрешение, Галле решил перенести свою работу во Французскую Гвинею. «Там нам не потребуется разрешение», — заявил Галле. По его словам, влажные леса Французской Гвинеи в действительности гораздо интереснее для изучения: дожди там обильнее, деревья выше, а биологический мир разнообразнее, чем в Бразилии. Почему же он сразу не поехал туда? Потому что концерн Dentsu предпочитал поставить свой фильм в Бразилии, где совсем недавно было множество интересных событий.

Как образуются планеты?

НА ПРОТЯЖЕНИИ почти двух веков ученые предполагали, что наша Солнечная система образовалась из вращающегося скопления газа и пыли, которое окружало Солнце, когда оно было еще очень молодым. Проведенные недавно наблюдения объектов, названных звездами типа Т Тельца, дают первое, захватывающее свидетельство того, что планеты действительно образуются в облаках, окружающих новорожденные звезды, и что для процесса формирования планет может потребоваться лишь около 300 тыс. лет — мгновение ока по космическим масштабам.

Считается, что звезды типа Т Тельца (названные так по их прототипу, открытому в созвездии Тельца) представляют собой первые стадии формирования звезд, подобных нашему Солнцу. Многие звезды типа Т Тельца обладают ярким излучением в инфракрасном диапазоне, а это свидетельствует о том, что они окружены пылевыми облаками, которые поглощают видимый свет, разогреваются и испускают инфракрасное излучение. Их блеск случайным образом меняется во времени, как будто они периодически затемнялись другими объектами. Эти и другие данные наблюдений предполагают, что такие звезды могут быть окружены вращающимися дисками из газа и пыли. Астрономы уже давно считали диски вероятными источниками вещества, из которого формируются планеты, но до сих пор они не располагали убедительным свидетельством, подтверждающим эту теорию.

К. Стром с четырьмя коллегами из Массачусетского университета в Амхерсте изучили эволюцию таких дисков; недавно результаты их работы были опубликованы в «Astronomical Journal». Они наблюдали 83 звезды типа Т Тельца и оценили возраст звезд на основании их светимости и температуры. Приблизительно 60% звезд типа Т Тельца, возраст которых не превосходит 3 млн. лет, по видимому, окружены дисками, в то время как среди звезд, возраст которых равен 10 млн. лет, диски имелись лишь в 10% случаев.

Исследователи связывают исчезновение дисков у более старых звезд с образованием планет. У некоторых звезд типа Т Тельца наблюдается избыточная эмиссия длинноволнового инфракрасного излучения, характерного для холодных объектов, но в более коротковолновом диапазоне, характерном для более теплых объектов, такого излучения не наблюдается. Эти звезды могут быть окружены

дисками в форме уплощенных «бубликов», в которых более горячие внутренние области относительно пусты и заполненными остались лишь более холодные внешние области.

Стром предполагает, что планеты или астероиды, образующиеся вблизи звезды, полошают пыль в окрестностях своих орбит. Тот факт, что отсутствуют лишь внутренние части дисков, возможно, означает, что планеты сначала формируются в непосредственной близости от звезды и только позже этот процесс распространяется дальше на более холодные внешние области диска. Планеты намного менее эффективны как источники инфракрасного излучения по сравнению с пылью, поэтому их очень трудно наблюдать непосредственно.

Согласно опубликованным данным, примерно у 1/10 из 83 звезд типа Т Тельца в инфракрасном спектре наблюдаются особенности, которые рассматриваются как свидетельство наличия «внутренних пустот». Если представленные данные являются случайной выборкой молодых звезд, то эволюционирующие диски (находящиеся в процессе «расчистки») должны иметь продолжительность жизни порядка 1/10 среднего возраста звезд. Средний возраст звезд этой группы составляет около 3 млн. лет, откуда следует, что процесс «расчистки» длится примерно 300 тыс. лет. Если при этом происходит формирование планет, то оно должно протекать за такой невероятно короткий период времени. Это накладывает серьезные ограничения на теорию образования Солнечной системы.

Стром и другие исследователи планируют провести наблюдения звезд типа Т Тельца в более широком диапазоне инфракрасного излучения, чтобы установить, действительно ли существуют гипотетические внутренние пустоты в дисках этих звезд. Если это так, то они надеются найти разные диски, составляющие некоторую представительную выборку эволюционных стадий, чтобы можно было детально воспроизвести процесс «расчистки» дисков. Они надеются также, что с помощью Космического телескопа Хаббла, выведение которого на орбиту намечено на следующий год, можно будет получить изображения едва видимых внешних, остаточных фрагментов дисков вокруг кажущихся почти полностью «обнаженными» звезд типа Т Тельца. Таким образом будет показано, что когда-то у них были диски, которые исчезли, возможно, в процессе формирования планетных систем, подобных нашей Солнечной системе.

Вниманию читателей!

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ
очередные номера переводного журнала
ТИИЭР

ТИИЭР, т. 77, № 10
(октябрь 1989)

ТИИЭР, т. 77, № 11
(ноябрь 1989)

Статьи

ВРЕМЯ-ЧАСТОТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ: ОБЗОР

Л. Коэн

Освещается проблема адекватного представления зависимости спектра сигнала от времени с помощью обобщенных функций (распределений). Изложение носит методический характер и рассчитано на широкую аудиторию. Статья первоначально намечалась к опубликованию в ТИИЭР № 7. 7 авт. л.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ И ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕМНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

К. Кэмпбелл

Приводится обзор результатов работ последнего десятилетия. 5 авт. л.

МАРКОВСКИЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ С ДИСКРЕТНЫМИ ИНДЕКСАМИ

Х. Дирин, Р. Келли

Проводится систематизация двумерных и одномерных марковских процессов в узком и широком смысле. 4 авт. л.

**Малый тематический выпуск
ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

Четыре обзорные статьи по следующим проблемам: оптические фурье-процессоры сигналов, акустооптическая обработка сигналов в вычислительной технике, оптические методы цифровых вычислений, оптические нейросети.

Объем выпуска 12 авт. л.

Заказы принимаются до 1 апреля 1990 г.

Тематический выпуск

ТЕХНИКА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Приводится общий обзор архитектуры национальной системы управления воздушным движением США. В отдельных статьях рассматриваются следующие проблемы: автоматизация диспетчерской службы, в том числе на базе систем с искусственным интеллектом и с применением методов инженерной психологии, обеспечение надежной современной связи, применение спутниковых средств, организация управления воздушным движением над морскими и океанскими акваториями, метеорологическое обеспечение, радиолокационные системы наведения, повышение пропускной способности воздушных коридоров, системы обеспечения посадки, оптимизация условий работы персонала.

Объем выпуска 25 авт. л.
Заказы принимаются до 1 мая 1990 г.

ТИИЭР, т. 77, № 12
(декабрь 1989)

Тематический выпуск

ТЕХНИКА СУПЕР-ЭВМ

Обзоры и результаты оригинальных исследований и разработок по вопросам архитектуры супер-ЭВМ, построения соответствующих алгоритмов, применения оптических методов обработки данных.

Объем выпуска 25 авт. л.

Заказы принимаются до 1 июня 1990 г.

Цена номера 3 р. 30 к.

Читатели Москвы и Подмосковья могут оформить предварительный заказ в Московском Доме книги (пр. Калинина, 26, секция «Мир») и магазине № 19 «Мир» (Ленинградский пр., 78, близ станции метро «Сокол»). Иногородним читателям заказы следует направлять на открытках по адресу: 129820, ГСП, Москва, И-110, 1-й Рижский пер., 2, издательство «Мир», редакция ТИИЭР.



Вниманию читателей!

М. Громов.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ С ЧАСТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ:



Соотношения с частными производными — это уравнения и неравенства. Примерами таких соотношений являются условия выпуклости поверхностей, условия гиперболичности дифференциальных уравнений, условия изометричности погружений, условия симплектичности дифференциальных форм.

В книге изложена общая точка зрения на теорию разрешимости таких соотношений в целом. Основной принцип исследования состоит в том, что сначала изучается вопрос о формальной разрешимости соответствующей задачи в классе зависящих от точки многочленов Тейлора (быть может и не являющихся многочленами Тейлора единой функции), а затем устанавливаются условия, при которых такие локальные формальные решения можно склеить в единое настоящее решение.

Эта техника, не излагавшаяся до сих пор в монографической литературе, является на сегодняшний день наиболее мощным средством исследования в многочисленных задачах геометрии. В книге, в частности, изложены рекордные результаты в теории изометрических погружений римановых и псевдоримановых многообразий, в симплектической и контактной геометрии.

Книга замкнута в себе, т. е. содержит доказательства основных результатов, включая и необходимый технический аппарат (гибкие пучки, сглаживание Нэша, выпуклое интегрирование, устранение особенностей). Благодаря этому книга может служить учебником для студентов старших курсов и аспирантов университетов. Одновременно в книге дается обзор примыкающих результатов (часто сообщаемых в виде задач, порой весьма трудных). Это делает книгу незаменимым справочным пособием, своего рода энциклопедией по теории погружения. Список литературы содержит более 240 названий работ, большая часть из которых недоступна советскому читателю.

Проблема изометрического погружения одного риманова многообразия в другое, в частности, в евклидово пространство, была и остается предметом многочисленных исследований геометров. В книге отражен и значительный вклад, внесенный в решение этой проблемы советскими математиками. Автор этой книги М. Громов, известный математик Ленинградской школы, ныне работающий во Франции, написал весьма полный и хорошо составленный обзор применения гомотопических методов к дифференциально-геометрическим, топологическим и иным задачам, описываемым уравнениями и неравенствами с частными производными.

Пер. с англ. — 33 л. — 3 р. 60 к. 1990 г.

Заказы направляйте в магазины научно-технической литературы. Издательство
заказы не принимает.



Наука и общество

Полимеры с повышенной текучестью

КОМПОЗИТЫ, состоящие из прочных волокон, пропитанных когезионным связующим, отличаются прочностью и легкостью, но, к сожалению, возникают трудности с приданием им определенной формы. В настоящее время научные сотрудники фирмы General Electric (GE) разработали метод превращения некоторых пластичных полимеров, вязких при высоких температурах, в жидкости, текущие с легкостью моторного масла. В результате получен полимер, который быстро затекает в полые пространства между волокнами, образуя композит, принимающий при термообработке любую форму.

«Композиты часто с успехом могут заменять стекло и металлы во многих случаях применения в промышленности», — говорит Дж. Вербицкий, менеджер Исследовательского центра фирмы GE. До разработок этой фирмы производители пластиков при усовершенствовании композиционных материалов сталкивались с ограниченностью выбора связующих. Для пропитки они могли использовать термоотверждающийся полимер, например эпоксидную смолу; однако после отверждения невозможно придать ему другую форму.

Несмотря на то что текучесть обычных термопластов увеличивается при нагревании, они имеют слишком высокую вязкость, чтобы обеспечить достаточное взаимодействие с волокном.

Метод создания более текучих термопластов позволит фирме расширить свой рынок полимерных смол и композитов. Так, каждый год фирма выпускает более 180 тыс. т поликарбоната — прочного термопласта, применяемого в качестве смотровых стекол, в электронных устройствах и спортивном инвентаре. Поэтому Д. Брюнель, специалист по органической химии Исследовательского центра фирмы GE, посетив исследовательскую лабораторию этой фирмы в шт. Индиана, выдвинул требования о разработке поликарбоната, который после точки плавления обладает текучестью, достаточной для введения в композит.

Вязкость материала отражает его молекулярную структуру. Молекула поликарбоната состоит из мономерных звеньев, связанных в длинную полимерную цепь. Полимеры с высокой молекулярной массой придают материалам желаемые свойства — изно-

соустойчивость и прочность, но сильное переплетение молекулярных цепей увеличивает вязкость полимера. Брюнель полагал, что для увеличения текучести материала необходимо только замкнуть мономерные звенья в циклы, которые «скользили» бы одно за другим. Примерно за 4 месяца для малых количеств поликарбоната он установил реакцию, по которой полимер на 70% замыкался в циклические молекулы.

«Ранее ученые открыли пути получения циклов такого типа, содержащих 20 или 30 членов (атомов)», — говорит Вербицкий. Но подобные малые циклы вероятны только для полимеров, имеющих гибкие мономерные звенья, которые могут легко изгибаться. Поликарбонаты, напротив, имеют весьма жесткие мономерные звенья. Поэтому, по словам Вербицкого, они «хотели получить высокое содержание 24—240-членных циклов».

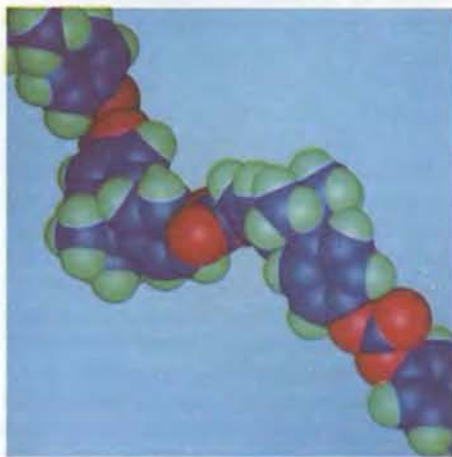
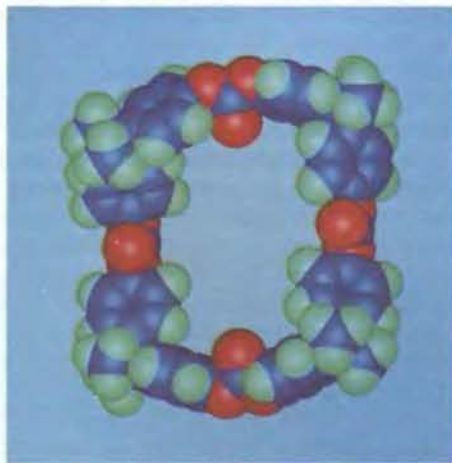
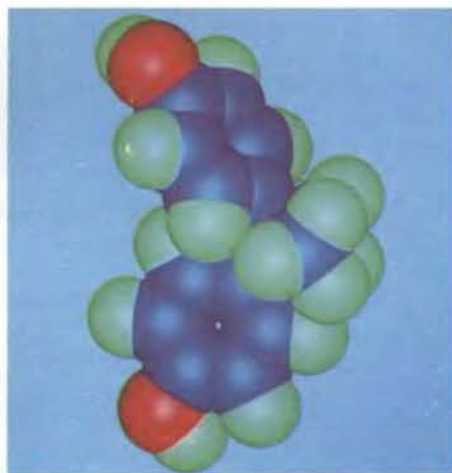
«Получение циклов было только началом», — вспоминает Брюнель. Чтобы быть пригодным, конечный полимер должен был иметь те же свойства, что и обычный поликарбонат. «Но циклические молекулы не становятся полимерными спонтанно», — отмечает специалист по полимерам Т. Эванс, принимавший участие в разработке. Необходима вторая реакция, приводящая к образованию длинноцепных полимеров; в этом случае материал может стать вязким и в конце концов затвердеет.

За последние несколько лет исследователи фирмы GE разработали много катализаторов для регулирования скорости и времени полимеризации. По сообщению Эванса, были найдены катализаторы превращения циклических молекул в полимерные, причем конверсия порядка 99% достигается за время от 30 с до 0,5 ч. Но переход к большим партиям материала все еще затруднен.

По мнению Вербицкого, такие процессы циклизации пригодны для многих полимеров. Ученые успешно применили этот метод, кроме поликарбоната, почти к 10 другим поликондесационным полимерам.

Хотя фирма GE официально представила технологию повышения текучести связующих на заседании Американского химического общества в начале сентября прошлого года, она еще не готова для внедрения их в производство, как отметил Вербицкий. Фирма все еще не разработала приемлемый подход к промышленному освоению технологии. «Если рассматривать проблему как исследовательскую,

то отсутствие технологии в промышленном масштабе типично, — считает Вербицкий, — но впереди еще много работы для ускорения внедрения процесса в промышленность».



ЦИКЛИЧЕСКАЯ МОЛЕКУЛА (в середине) — основной компонент нового вида поликарбоната с повышенной текучестью. Благодаря циклам, в состав которых входит мономер (вверху), уменьшается вязкость полимера, что обеспечивает пропитку связующим армирующих волокон в композите. Затем циклы раскрывают и соединяют вместе, что приводит к образованию полимерных цепей (внизу), которые придают пластику жесткость. Иллюстрация публикуется с любезного разрешения фирмы General Electric.

Эссе

Проблемы американского здравоохранения



ЭНТОНИ РОББИНС

АКТИВНЫЕ дебаты о медицинском обслуживании в США, похоже, имеют малое отношение непосредственно к охране здоровья американских граждан. Публичные обсуждения проблемы расходов на здравоохранение, в которых основное место занимает вопрос о сдерживании масштабов «индустрии» здоровья, не затрагивают основной причины, обуславливающей эти расходы: самих болезней. Специалисты, со знанием дела выступающие против высоких расходов на интенсивную медицинскую помощь, к которой вынуждены прибегать пожилые люди, могли бы с таким же успехом сосредоточить свое внимание на двух стратегиях, способных, по всей вероятности, улучшить нашу жизнь и в то же время позволить избежать ненужных расходов: на профилактику заболеваний, а также выявление и лечение их на ранних стадиях.

На протяжении последних 20 лет забота о тех, кто не имеет достаточной социальной защиты, породила тревогу относительно роста стоимости лечения. Эта проблема заставила законодателей и чиновников здравоохранительных органов ввести системы оплаты «по совокупности данных»; эти системы ограничивают оплату в каждой категории пациентов, например в группе больных с одним и тем же диагнозом. Хотя оказалось, что такие схемы не позволяют регулировать расходы, они все же обладают одним достоинством — дают возможность увидеть, кто и какую медицинскую помощь получает, при каких заболеваниях и где эту помощь оказывают. Будучи переведенными в контекст частоты заболеваний и объема медицинских услуг, такие данные вскрывают колоссальные колебания в видах медицинской помощи — значительно больших, чем были обнаружены в статистике заболеваний и смертности.

Общая смертность в сопоставимых возрастных группах от ишемической болезни сердца в США на 40%

выше, чем во Франции и Швейцарии. В шт. Нью-Мексико смертность в возрастной группе от 45 до 64 лет составляет 301 человек на 100 тыс. жителей; в Западной Виргинии этот показатель равен 529 на 100 тыс. Если бы смертность в целом по США снизилась до уровня Франции или Швейцарии, или хотя бы до уровня Нью-Мексико, американцы сэкономили бы миллиарды долларов в расходах на здравоохранительные цели. (Сердечные заболевания сейчас обходятся обществу в сумму, превышающую 70 млрд. долл. в год.)

Аналогичные территориальные вариации в США наблюдаются и в отношении смертности от раковых заболеваний: в шт. Юта, например, она в два раза ниже по сравнению с другими штатами. Такая территориальная неоднородность имеет социальные и экономические причины и, кроме того, зависит от состояния окружающей среды; и все эти факторы по своей природе таковы, что поддаются регулированию. Курение, которое является причиной 75% всех случаев заболевания раком легких, — это первый среди множества факторов, за которым следуют другие факторы, способствующие высокой смертности, такие как травмы, инсульт, хронические легочные заболевания и хронические заболевания печени.

Имеются ли подобные данные о численности людей, которым оказывается медицинская помощь, и об эффективности этой помощи? За исключением тех мест, где наблюдается локальное превалирование заболеваемости определенными болезнями или где существуют большие региональные различия в демографических факторах, можно ожидать отсутствия сильных вариаций численности людей, нуждающихся в медицинской помощи. Однако что касается видов медицинской помощи, которая была оказана пациентам, то здесь заметны существенные колебания от одного региона к другому.

Представляется, например, что

число и виды хирургических процедур, выполняемых в том или ином районе, лучше коррелируют с числом хирургов и их специализацией, чем со спектром заболеваемости. Где имеются врачи общей практики и пункты по оказанию первичной медицинской помощи, там меньше делается операций и меньше случаев госпитализации. В то же время повсюду выросло число лабораторных анализов и проверок, которые выделены в самостоятельные виды медицинских услуг.

ЭТИ ФАКТЫ, свидетельствующие о неблагоприятном положении в американском здравоохранении, говорят о необходимости принятия новой государственной политики, направленной на профилактику заболеваний. Действительно, издержки, связанные с мерами по предупреждению самых распространенных и наиболее дорого обходящихся причин смертности, заболеваемости и утраты работоспособности, ничтожно малы сегодня по сравнению с затратами на лечение. Заболеваемость можно снизить просто путем расширения масштабов уже действующих государственных программ по профилактике заболеваний и улучшению медицинского просвещения населения. К программам, которые пока еще не достигли оптимальных масштабов, относятся те, которые связаны с иммунизацией, повышением содержания фтора в пищевых продуктах, предупреждением заболеваний, возникающих вследствие отравления свинцом, оказанием дорожной помощи беременным женщинам и контролем за распространением СПИДа и других болезней, передающихся половым путем.

Необходимо также разработать новые социальные и промышленные стратегии, которые предусматривали бы предупреждение определенных заболеваний. Сердечно-сосудистые заболевания, например, которые стоят на втором месте среди основных причин смертности, за последние 15 лет стали менее распространенными. Смертность от сердечных недугов среди людей среднего возраста снижалась на 3% в год, но, как уже отмечалось, в США она все же остается на 40% выше по сравнению со смертностью в некоторых других экономически развитых странах. Принятые меры по уменьшению потребления и продажи продуктов питания с высоким содержанием насыщенных жиров могут способствовать дальнейшему снижению смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Той же цели содействовали бы и меры по снижению потребления соли.

Вредные для здоровья условия работы и загрязнение окружающей среды, равно как и чрезмерное потребление спиртных напитков и курение, являются факторами, объясняющими, почему в различных социальных группах населения США смертность от раковых заболеваний далеко не одинакова. Для предупреждения возникновения рака у людей следовало бы расширить меры по борьбе с присутствием канцерогенов в воздухе, воде, пищевых продуктах и в производственной среде. Смертность от рака легких и молочных желез можно было бы снизить путем постоянного широкого обследования населения и методов раннего обнаружения злокачественных новообразований.

В дополнение к профилактическим мерам медицинская практика должна делать основной упор на оказание помощи в самом начале развития болезни. Первичная помощь — это передовой фронт медицины, тот рубеж, у которого люди, нуждающиеся в медицинском обслуживании, соприкасаются с системой здравоохранения посредством получения консультаций у терапевта, семейного врача или у врача общей практики. Только через первичную помощь люди могут получать более 90% всех видов медицинских услуг, в которых они нуждаются. Ограничение доступности этого вида помощи не ведет к снижению расходов на здравоохранение. Напротив, это означает, что болезнь пациента усугубляется и ему уже необходимо более дорогостоящее лечение в стационаре, и в конечном счете обществу это обходится дороже.

Однако действующая система медицинского обслуживания явно ориентирована на оказание помощи в специализированных больницах и на лечение хирургическими методами. Причина в том, что в США относительно число хирургов и специалистов родственного профиля выше, чем, скажем, в Великобритании; нетрудно понять почему: доходы хирургов и других специалистов в области хирургии в Соединенных Штатах в 6—7 раз превосходят доходы врачей, оказывающих первичную помощь, даже если принять во внимание различия в сложности их работы и приобретении практических навыков. Эта меркантильная черта одаренных медиков обходится нам дорого, она становится причиной многих хирургических операций, в которых нет необходимости, и не способствует улучшению здоровья населения.

Как же предпринимаемые в рамках национальной политики инициативы

(см. продолжение на стр. 100)

ТЕРНИСТЫЙ ПУТЬ К ДОГОВОРУ ПО ОССВ

THE LIMITATIONS OF ON-SITE INSPECTION. Sidney N. Graybeal and Michael Krepon in *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 43, No. 10, pages 22—26; December, 1987.

BREAKOUT, VERIFICATION AND FORCE STRUCTURE: DEALING WITH THE FULL IMPLICATIONS OF START. Report of the Defense Policy Panel of the Committee on Armed Services. U. S. Government Printing Office, May 24, 1988.

START FINISH. James P. Rubin in *Foreign Policy*, No. 76, pages 96—118; Fall, 1989.

ЭВОЛЮЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

THE EARTH'S MAGNETIC FIELD: ITS HISTORY, ORIGIN AND PLANETARY PERSPECTIVE. Ronald T. Merrill and Michael W. McElhinny. Academic Press, 1983.

THE EARTH'S CORE. Raymond Jeanloz in *Scientific American*, Vol. 249, No. 3, pages 56—65; September, 1983.

THE EARTH'S MAGNETIC FIELD. David Gubbins in *Contemporary Physics*, Vol. 25, No. 3, pages 269—290; 1984.

THE SECULAR VARIATION OF EARTH'S MAGNETIC FIELD. Jeremy Bloxham and David Gubbins in *Nature*, Vol. 317, No. 6040, pages 777—781; October 31, 1985.

ФОРМИРОВАНИЕ СИНАПСОВ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МОЗГЕ

THE FIRST STAGE OF PERCEPTION: GROWTH OF THE ASSEMBLY. *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Donald O. Hebb. John Wiley & Sons, Inc., 1949.

BINOCULAR IMPULSE BLOCKADE PREVENTS THE FORMATION OF OCULAR DOMINANCE COLUMNS IN CAT VISUAL CORTEX. Michael P. Stryker and William A. Harris in *Journal of Neuroscience*, Vol. 6, No. 8, pages 2117—2133; August, 1986.

ELIMINATION OF ACTION POTENTIALS BLOCKS THE STRUCTURAL DEVELOPMENT OF RETINOGENICULATE SYNAPSES. Ronald E. Kalil, Mark W. Dubin, Grayson Scott and Louisa A. Stark in *Nature*, Vol. 323, No. 6084, pages 156—158; September 11, 1986.

THE ROLE OF ACTION POTENTIALS IN THE MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT OF RETINOGENICULATE CONNECTIONS IN THE CAT. Ronald E. Kalil and Mark W. Dubin in *Cellular Thalamic Mechanisms*. Edited by Marina Bentivoglio and Roberto Spreafico. Elsevier Science Publishers, 1988.

THE ROLE OF FUNCTION IN THE PRENATAL DEVELOPMENT OF RETINOGENICULATE CONNECTIONS. Carla J. Shatz in *Cellular Thalamic Mechanisms*. Edited by Marina Bentivoglio and Roberto Spreafico. Elsevier Science Publishers, 1988.

THE ROLE OF FUNCTION IN THE PRENATAL DEVELOPMENT OF RETINOGENICULATE CONNECTIONS. Carla J. Shatz in *Cellular Thalamic Mechanisms*. Edited by Marina Bentivoglio and Roberto Spreafico. Elsevier Science Publishers, 1988.

ПЕРВЫЕ ЦВЕТНЫЕ ФОТОГРАФИИ

HISTORY OF PHOTOGRAPHY. Josef Maria Eder. Translated by Edward Eps- tean. Columbia University Press, 1945.

HISTORY OF COLOR PHOTOGRAPHY. Joseph S. Friedman. Focal Press, 1968.

HISTORY OF THREE-COLOR PHOTOGRAPHY. E. J. Wall. Focal Press, 1970.

COLOUR PHOTOGRAPHY: THE FIRST HUNDRED YEARS 1840—1940. Brian Coe. Ash & Grant, 1978.

МИКРОКЛАСТЕРЫ

METAL CLUSTERS. Edited by Martin Moskovits. John Wiley & Sons, Inc., 1986.

ATOMIC CLUSTER: LINK BETWEEN ATOMS, SURFACES AND SOLIDS. Frank Träger and Gisbert F. zu Putlitz in *Interdisciplinary Science Reviews*, Vol. 11, No. 2, pages 170—175; 1986.

CHEMICAL BONDING, KINETICS, AND THE APPROACH TO EQUILIBRIUM STRUCTURES OF SIMPLE METALLIC, MOLECULAR, AND NETWORK MICROCLUSTERS. J. C. Phillips in *Chemical Reviews*, Vol. 86, No. 3, pages 619—634; June, 1986.

THEORETICAL ASPECTS OF METAL ATOM CLUSTERS. Jaroslav Koutecký and Piercarlo Fantucci in *Chemical Reviews*, Vol. 86, No. 3, pages 539—587; June, 1986.

CLUSTERS OF TRANSITION-METAL ATOMS. Michael D. Morse in *Chemical Reviews*, Vol. 86, No. 6, pages 1049—1109; December, 1986.

РАЙСКИЕ ПТИЦЫ

BIRDS OF PARADISE AND BOWER BIRDS. E. Thomas Gilliard. Natural History Press, 1969.

DISPLAY DISPERSION AND DIET OF BIRDS OF PARADISE: A COMPARISON OF NINE SPECIES. Bruce Beehler and Stephen G. Pruett-Jones in *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 13, Part 3, pages 229—238; September, 1983.

(начало см. на стр. 98)

могут расширить масштабы оказания первичной помощи? Они могут стимулировать страховые компании к тому, чтобы оплачивать стоимость такой помощи, ввести систему предпочтительного финансирования служб, оказывающих первичные медицинские услуги, и изменить порядок страховых выплат, сделав его таким, чтобы хирургические операции и другие процедуры, в которых нет необходимости, для врачей оказывались невыгодными. Нам нужно также компенсировать тот урон, который во времена правления администрации Рейгана был нанесен программам по оказанию первичной помощи, рассчитанных на медицинское обслуживание малоимущих, молодежи и людей пожилого возраста, независимо от того, где они проживают — в крупных городах, пригородах или в удаленных от центра сельских районах.

Факты очевидны. Профилактика и оказание первичной помощи — это единственный надежный путь на далекую перспективу, чтобы избежать чрезмерных и бесполезных затрат на медицинское обслуживание. Эти две меры разумны с точки зрения сдерживания расходов, по крайней мере в настоящее время.

Вниманию читателей!

Хорн Г.

ПАМЯТЬ, ИМПРИНТИНГ И МОЗГ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ

1988 г., цена 4 р.

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Под ред. И. Лефковитса, 1988 г.,
цена 3 р. 60 к.

можно приобрести в магазине № 5
«Техническая книга» объединения
«Ленкнига». Книги высылаются на-
ложенным платежом.

Адрес магазина: 191040 Ленинград,
Пушкинская ул., 2.



HOW LONG FRUIT-EATING
BIRDS STAY IN THE PLANTS WHERE
THEY FEED: IMPLICATIONS FOR
SEED DISPERSAL. Thane K. Pratt and
Edmund W. Stiles in *American Naturalist*, Vol. 122, No. 6, pages 797—805; December, 1983.

BIOLOGY OF BIRDS OF PARADISE AND
BOWERBIRDS. Jared Diamond in *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 17, pages 17—27; 1986.

BIRDS OF PARADISE AND MATING SYSTEM THEORY — PREDICTIONS AND OBSERVATIONS. Bruce M. Beehler in *Emu*, Vol. 78, No. 2, pages 78—89; June, 1987.

ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

HUMAN FACTORS APPLICATIONS IN
TELEOPERATOR DESIGN AND OPERATION. Edwin G. Johnsen and William R. Corliss. John Wiley & Sonc, Inc., 1971.

VISUAL PERFORMANCE AND FATIGUE WITH STEREOSCOPIC TELEVISION DISPLAYS. E. H. Spain, R. E. Cole and R. L. Pepper in *Proceedings of the Robotics and Remote Handling in Hostile Environments*. National Topical Meeting ANS, Gaitlinburg, pages 61—67: April 23—27, 1984.

TELEOPERATION AND ROBOTICS. Vols. 3A and 3B. Jean Vertut and Philippe Coiffet. Prentice Hall, 1986.

THE PERCEPTION OF DOTTED FORMS. W. R. Uttal. L. Erlbaum Associates, 1987.

ЗАГАДКИ МИТРАИЗМА

THE MYSTERIES OF MITHRA. Franz Cumont. Second revised edition translated by Thomas J. McCormack. Dover Publications, Inc., 1956.

MITHRAISM SINCE FRANZ CUMONT. Roger Beck in *Aufstieg und Niedergang der Römischen Welt*, Part 2, Vol. 17.4. Edited by Hildegard Temporini and Wolfgang Haase. Walter de Gruyter, 1984.

MITHRAIC STUDIES: A PARADIGM SHIFT? David Ulansey in *Religious Studies Review*, Vol. 13, No. 2, pages 104—110; April, 1987.

THE ORIGINS OF THE MITHRAIC MYSTERIES. David Ulansey. Oxford University Press, 1989.

НАУКА ВОКРУГ НАС

SWITCHING PROPERTIES IN BUBBLES, BALLOONS, CAPILLARIES AND ALVEOLI. H. D. Crane in *Journal of Biomechanics*, Vol. 6, No. 4, pages 411—422; 1973.

ON THE EQUILIBRIUM STATES OF INTERCONNECTED BUBBLES OR BALLOONS. F. Weinhaus and W. Barker in *American Journal of Physics*, Vol. 46, No. 10, pages 978—982; October, 1978.

THE PRESSURE CURVE FOR A RUBBER BALLOON. David R. Merritt and Frederick Weinhaus in *American Journal of Physics*, Vol. 46, No. 10, pages 976—977; October, 1978.

ON THE PROPAGATION OF BULGES AND BUCKLES. E. Chater and J. W. Hutchinson in *Journal of Applied Mechanics*, Vol. 51, No. 2, pages 269—277; June, 1984.

AN APPLICATION OF ELEMENTARY CALCULUS TO BALLOONS. Graham Read in *European Journal of Physics*, Vol. 7, pages 236—241; 1986.

ЗАНИМАТЕЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР

THE EMPEROR'S NEW MIND: CONCERNING COMPUTERS, MINDS, AND THE LAWS OF PHYSICS. Roger Penrose. Oxford University Press, 1989.

В МИРЕ НАУКИ

Подписано в печать 23.01.90.
По оригинал-макету. Формат 60 × 90 1/8.

Гарнитуры таймс, гелиос.

Офсетная печать.

Объем 6,25 бум. л.

Бумага офсетная №1.

Усл.-печ. л. 12,50.

Уч.-изд. л. 16,31.

Усл. кр.-отт. 52,00.

Изд. № 25/7722. Заказ 46.

Тираж 26000 экз. Цена 2 р.

Издательство «Мир»

Госкомпечати СССР

129820, ГСП, Москва, И-110,

1-й Рижский пер., 2.

Набрано в Межиздательском

фотонаборном центре

издательства «Мир»

Типография В/О «Внешторгиздат»

Госкомпечати СССР

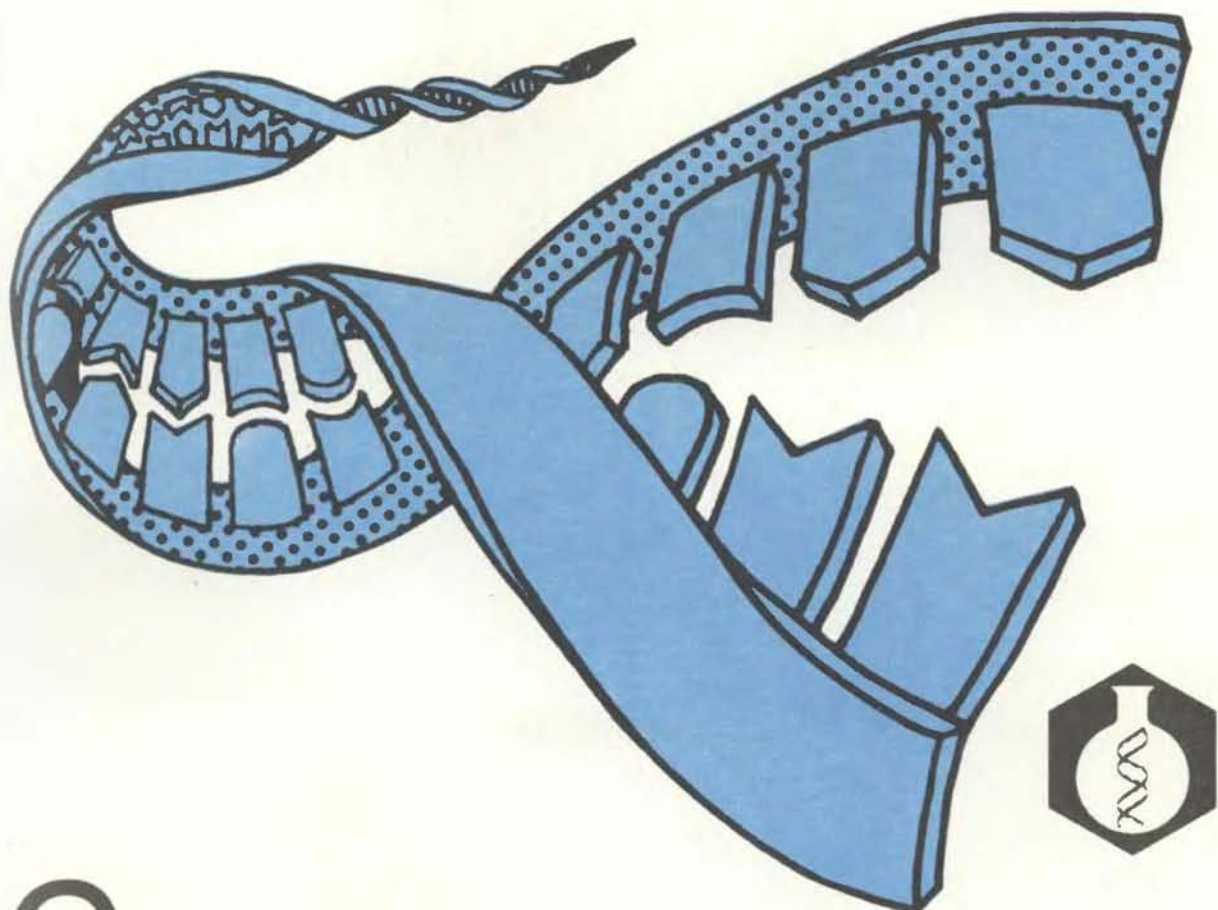
127576, Москва, Илимская, 7



Анализ генома.

Перевод с английского

Под редакцией К. Дейвиса



Сборник методов, применяемых в молекулярной биологии и генетике, в частности, в программе по картированию генома человека. Изложению каждого метода предшествует краткое теоретическое введение, что делает книгу доступной для начинающих исследователей.

Описаны методы трансфекции эукариотических клеток; рестрикционное картирование; технология больших молекул ДНК; выявление единичных замен нуклеотидов в ДНК; проведение цепной полимеразной реакции получения ДНК; молекулярная дактилоскопия.

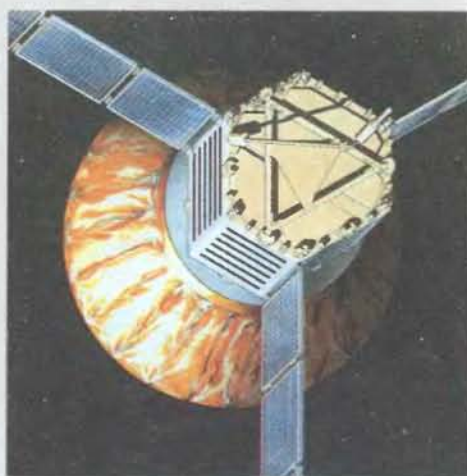
Для молекулярных биологов и генетиков.

17 л. Цена 3 р. 40 к.

Заказы будут приниматься в магазинах научно-технической книги после поступления плана в апреле 1990 г.



В следующем номере:



СПУТНИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
КОСМИЧЕСКОГО ФОНА

МОЖЕТ ЛИ МАШИНА МЫСЛИТЬ?

РАЗУМ МОЗГА — КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА?

АНТИСМЫСЛОВЫЕ РНК И ДНК

В ЧЕМ ПРИЧИНА ОЛЕДЕНЕНИЙ?

ЗЕРКАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ ВСЕЛЕННОЙ

СТРЕСС В ПРИРОДЕ

МИКРОПЛАЗМА

«ДОМАШНИЙ» ВАРИАНТ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА
ИЗ ПОДРУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МИРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ И КОВРОВЫХ УЗОРОВ
В КЛЕТОЧНОЙ ВСЕЛЕННОЙ
