

В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC
AMERICAN

Издание на русском языке



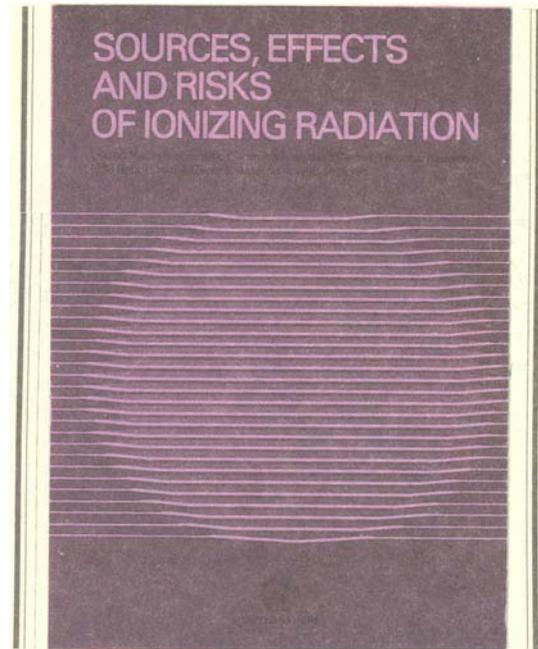
Май 5 1991

НЕИЗОБРАЖАЮЩАЯ ОПТИКА

Вниманию читателей!

ИСТОЧНИКИ, ЭФФЕКТЫ И ОПАСНОСТЬ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ: ДОКЛАД НАУЧНОГО КОМИТЕТА ООН ПО ДЕЙСТВИЮ АТОМНОЙ РАДИАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕ ЗА 1988 г. (с приложениями)

В 2-х томах
Перевод с английского



В докладе Научного комитета ООН по действию атомной радиации описано изменение радиационной обстановки за последние 30 лет, влияние радиации на человека и соответствующие методы оценки. В приложениях, вошедших в первый том, приведены подробные данные о природных источниках облучения; дозах, получаемых при производстве атомной энергии, включая добычу и переработку урана; дозах, получаемых при медицинских процедурах. Второй том книги завершает приложения к докладу Научного комитета ООН по действию атомной радиации. Подробно освещены следующие вопросы: радиационные последствия аварии на Чернобыльской АЭС; генетическая опасность облучения; острые эффекты лучевого поражения, в том числе у лиц, облученных во время аварии на ЧАЭС. для экологов, специалистов по охране окружающей среды, генетиков, онкологов, радиологов.

1992 г. 83 л. Цена 13 р. за комплект

Эту книгу вы сможете заказать в магазинах научно-технической литературы



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»

№ 5 • МАЙ 1991

В номере:

СТАТЬИ

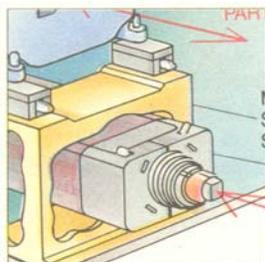


(Scientific American, March 1991, Vol. 264, No. 3)

6 Патентование новых форм жизни

Джон Х. Бартон

Хотя теперь предприниматели могут на законных основаниях защитить любые новые виды растений, животных или микроорганизмов, суды пока еще не урегулировали многие вопросы, касающиеся прав обладателей патентов в области биотехнологии



14 «Тэватрон»

Леон М. Ледерман

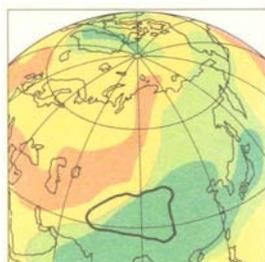
Этот коллайдер производит антипротоны, ускоряет их в кольце, оснащенном сверхпроводящими магнитами и затем сталкивает их с протонами. В настоящее время «Тэватрон» - самый мощный в мире источник информации об элементарных частицах



24 Чем регулируется клеточный цикл

Эндрю У. Мюррей, Марк У. Кишнер

Хотя основные события жизненного цикла клетки, приводящие к возникновению новых клеток, давно известны, лишь теперь становится понятным, каким образом они регулируются. Главным регулятором практически у всех организмов может быть один и тот же белок



34 Воздымание плато и изменение климата

Уильям Ф. Раддиген, Джон Е. Куцбах

Формирования гигантских плато в Тибете и в западной части Американского континента могут объяснить, почему за последние 40 млн. лет климат Земли стал значительно холоднее, а климатические обстановки - более разнообразными



44 Неизображающая оптика

Роланд Уинстон

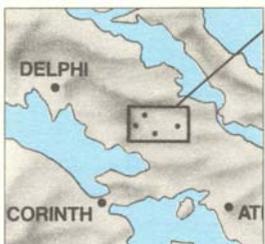
Концентраторы - «воронки» для света, - не дающие изображение, собирают и повышают интенсивность излучения намного лучше, чем линзы и зеркала. Эти приборы применяются в различных областях - от физики высоких энергий до преобразования солнечного светового излучения



52 Пере кати-поле

Джеймс А. Янг

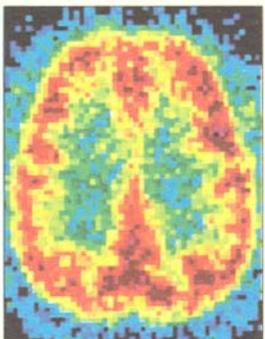
Это растение - старинный символ крайнего Запада Соединенных Штатов - на самом деле было завезено в страну с юга России, и, используя благоприятные природные условия Великих равнин, стало настоящим бедствием для сельского хозяйства в конце XIX века



60 Археологические обследования древних городов

Энтони М. Снодграсс, Джон Л. Бинтлифф

Поверхностные обследования заброшенных городских поселений позволяют обнаружить достаточное количество артефактов для реконструкции прошлого древних городов. В ходе этих обследований удается получить такую информацию, которую не могут дать целенаправленные раскопки



69 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФАРМАКОЛОГИИ

Лекарства от наркомании

Маргарет Холлоуэй

Изучение загадок наркомании позволяет выявить фундаментальные закономерности работы мозга и может привести к разработке нового поколения лекарств

РУБРИКИ

4 Об авторах

5 50 и 100 лет назад

22, 32, 42, 50,

58, 66, 83, 85 Наука и общество

80 Занимательная математика

84 Книги

94 Эссе

96 Библиография

SCIENTIFIC AMERICAN

Jonathan Piel
EDITOR

John J. Moeling, Jr.
PUBLISHER

BOARD OF EDITORS

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

Samuel L. Howard
ART DIRECTOR

Richard Sasso
VICE-PRESIDENT
PRODUCTION AND DISTRIBUTION

SCIENTIFIC AMERICAN, INC.

Claus-Gerhard Firchow
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Dr. Pierre Gerckens
CHAIRMAN OF THE BOARD

Gerard Piel
CHAIRMAN EMERITUS

© 1991 By Scientific American, Inc.

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

В МИРЕ НАУКИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
С.П. Капица

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Л.В. Шепелева

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

ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР
О.В. Мошкова

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
С.К. Аносов

ЗАВЕДУЮЩАЯ РЕДАКЦИЕЙ
Л.И. Желоховцева

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ФОТОНАБОРА
В.С. Галкин

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
А.В. Лыткина

КОРРЕКТОР
Р.Л. Вибке

ОФОРМЛЕНИЕ ОБЛОЖКИ РУССКОГО ИЗДАНИЯ
М.Г. Жуков

ШРИФТОВЫЕ РАБОТЫ
В.В. Ефимов

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

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

На обложке



НЕИЗОБРАЖАЮЩАЯ ОПТИКА

На обложке изображен первый составной параболический концентратор, изготовленный в 60-е годы для регистрации слабого излучения в физических экспериментах. Отражающие полости раскрашены для более четкого их представления. Современные концентраторы, построенные по тому же принципу могут создавать интенсивность солнечного света больше, чем на самом Солнце. Вследствии этого имеется благоприятная перспектива их использования в установках для утилизации солнечной энергии (см. статью Р. Уиистона «Неизображающая оптика» на с. 44)

Иллюстрации

ОБЛОЖКА: РИСУНОК Terrance J. Ryan, Fetter Graphics, Inc.

СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК
7	E. I. du Pont de Nemours & Company	28	George V. Kelvin		Photo Researchers, Inc. (<i>вверху</i>)
8	Calgene, Inc.	29	George V. Kelvin (<i>вверху</i>), Andrew W. Мипау (<i>внизу</i>)	54, 55	Patricia J. Wynne
9	General Electric Research & Development Center	30, 31	George V. Kelvin	56	Johnny Johnson
10	Monsanto Company	35	Peter Sloss, National Geophysical Data Center, Boulder, Colo.	57	Joe Viesti, Viesti Associates, Inc.
11	American Type Culture Collection	36, 37	Hank Iken	61	Anthony M. Snodgrass
12	Laurie Grace	38, 39	Pat Behling, Center for Climatic Research, University of Wisconsin-Madison, and Hank Iken	62-65	Hank Iken
14, 15	Ian Worpole	68, 69	Photo Researchers, Inc.	70	Johnny Johnson
15	Fermi National Accelerator Laboratory	71	Edythe D. London, National Institute on Drug Abuse	73	Johnny Johnson
17	Ian Worpole	75	John McGrail	76	Johnny Johnson
19-21	Fermi National Accelerator Laboratory	77	John McGrail	78	Johnny Johnson
25	George V. Kelvin				
26, 27	George V. Kelvin (<i>вверху</i>), Koki Hare, Hubrecht Laboratory, Utrecht, the Netherlands, and Marc W. Kirschnig (<i>внизу</i>)	40	Hank Iken		
		44, 45	Argonne National Laboratory		
		46	Andrew Christie (<i>вверху</i>), Argonne National Laboratory (<i>внизу</i>)		
		47-49	Andrew Christie		
		52, 53	Kent Wood, Weatherstock		
		54	Tom McHugh,		

Об авторах

John H. Barton "Patenting Life" (ДЖОН Х. БАРТОН «Патентование новых форм жизни») многие годы занимается проблемами патентного права в области биотехнологии сельского хозяйства. Профессор юридического факультета в Станфордском университете и руководитель Программы по вопросам права и новейших технологий. Закончил Университет Маркетта в Милуоки в 1959 г., получил степень доктора в области права в Станфордском университете в 1968 г. Автор выражает благодарность Дональду Чизему, Джеффри Инену, Наоки Коидзуми, Ричарду Нелсону, Бертраму Роуланду и Американскому научному сельскохозяйственному обществу за содействие в работе над статьей. Работа по подготовке статьи частично финансировалась юридическим факультетом Станфордского университета и Программой биотехнологии риса, действующей в рамках Рокфеллеровского фонда.

Leon M. Lederman "The Tevatron" (ЛЕОН М. ЛЕДЕРМАН «Тэватрон») - бывший директор Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (Fermilab), профессор фонда Ф. Сульцбергера в Чикагском университете. В 1951 г. получил степень доктора философии в Колумбийском университете. С 1962 по 1979 г. возглавлял в этом университете Лабораторию Невиса, затем стал директором Fermilab. Ледерман - один из лауреатов Нобелевской премии 1988 г., присужденной за открытие мюонного нейтрино. Он является одним из основателей Академии учителей математики и естественных наук.

Andrew W. Migra, Marc W. Kirschner "What controls the CeV Cycle" (ЭНДРЮ У. МЮРРЕЙ, МАРК У. КИРШНЕР «Чем регулируется клеточный цикл») - сотрудники Калифорнийского университета в Сан-Франциско. Киршнер получил степень доктора философии в 1971 г. в Калифорнийском университете в Беркли. Работал в Принстонском университете. С 1978 г. он профессор биохимии и биофизики в Калифорнийском университете в Сан-Франциско. Мюррей получил степень доктора философии в 1984 г. в Гарвардском университете, затем работал в лаборатории Киршнера; в настоящее время - доцент.

William F. Ruddiman, John E. Kutzbach "Plateau Uplift and Climatic Change" (УИЛЬЯМ Ф. РАДДИМЕН, ДЖОН Е. КУЦБАХ «Воздымание плато и изменение климата») с 1986 г. сотрудничают в области изучения проблемы, обсуждаемой в статье. Раддимен - научный сотрудник Геологической обсерватории Ламонт-Доэрти при Колумбийском университете и доцент этого университета. Вначале занимался взаимодействием между ледниковыми покровами и северной частью Атлантического океана в последние ледниковые эпохи; затем его исследования сконцентрировались на связи между длиннопериодными изменениями в тектоническом режиме и климате. Куцбах - профессор отдела метеорологии в Институте исследований окружающей среды Висконсинского университета в Мадисоне; возглавляет также университетский Центр климатических исследований. Широко использует численное моделирование на ЭВМ для изучения изменений климата, связанных с периодическими смещениями земной орбиты, воздыманием плато и изменениями конфигураций континентов.

Roland Winston "Nonimaging Optics" (РОЛАНД УИНСТОН «Неизображающая оптика») - профессор Физики в Чикагском университете, где он получил докторскую степень в 1963 г. Пионер в области неизображающей оптики, Уинстон первым разработал неизображающие концентраторы, называемые сейчас составными параболическими концентраторами. Сконструированные в 1965 г., они предназначались для использования в качестве детекторов черенковского излучения в области физики высоких энергий. Позже вместе с У. Уэфордом из Королевского колледжа в Лондоне он опубликовал две книги по неизображающей оптике: "Optics of Nonimaging Concentrators: Light and Solar Energy" и "High Collection Nonimaging Optics".

James A. Young "Tumbleweed" (ДЖЕЙМС А. ЯНГ «Перекасти-поле») ведущий исследователь Проекта ландшафтной экологии пастбищ Службы сельскохозяйственных исследований министерства сельского хозяйства США. Получил степень доктора философии в Университете шт. Орегон и в течение 30 лет занимался изучением экологии умеренных пустынь на западе

Северной Америки. Две главные области его интересов - это влияние заносных видов растений на экосистемы пустынь и история эксплуатации природных ресурсов.

Anthony M. Snodgrass, John L. Bintliff "Surveying Ancient Cities" (ЭНТОНИ М. СНОДГРАСС, ДЖОН Л. БИНТЛИФФ «Археологические обследования древних городов») - руководители исследований древнегреческих городов Галиартос и Феспии, а также поселения Аскра. Снодграсс - заведующий кафедрой классической археологии в Кембриджском университете. Окончив в 1959 г. Оксфордский университет с ученой степенью в области античности, избрал археологию своей профессией. Впоследствии защитил докторскую диссертацию по древнегреческим доспехам и оружию. С 1961 г. по 1976 г. преподавал в Эдинбургском университете. Бинтлифф, преподаватель археологии в Даремском университете, специализируется на европейской социальной истории, археологии и эволюции ландшафта. Получил степень доктора философии в Кембриджском университете и преподавал в Брэдфордском университете в 1977-1990 гг.

Jonathan Mapп "Essay" (ДЖОНАТАН МАНН «Эссе») в 1986 г. основал и по 1990 г. возглавлял Всемирную программу борьбы со СПИДом при Всемирной организации здравоохранения. В настоящее время он профессор в Школе здравоохранения Гарвардского университета и директор МеЖДуНародного центра по СПИДу при Институте СПИДа в Гарварде.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

по всем вопросам
полиграфического
брака,
обнаруженного в
журнале, просим
обращаться по адресу:
127576, Москва,
Илимская 7,
Типография В10
«Внешторгиздат»
Госкомпечати СССР



50 и 100 лет назад



МАРТ 1941 г. «Впервые два индийских «маугли» были замечены среди волков 9 октября 1920 г. англиканским миссионером, преподобным Дж. Сингхом. Миссионер и его жена надеялись, что после нескольких лет общения с нормальными детьми в приюте для сирот маугли смогут превратиться из маленьких зверей в полноценных людей. Но их ждало разочарование. Маугли ненавидели, боялись и сторонились людей, как волчата. Камала, старшая из маугли, постепенно превратилась в маленького недоразвитого человечка. Она научилась употреблять в речи около 50 слов и иногда составлять из них короткие предложения. Из сообщения об этом случае становится ясно, что, хотя обычный ребенок и рождается с полным потенциалом для того, чтобы стать человеком, эта возможность реализуется на практике только через общение с себе подобными в самые первые годы жизни.

«Одной из самых необычных и при этом универсальных из военных машин является трактор производства компании Minneapolis-Moline Power-Implement. На испытаниях он буксировал 6-дюймовые гаубицы по труднопроходимой местности - через метровый слой грязи и воды - и преодолевал участки леса, сокрушая на сво-

ем пути дерева толщиной 10-12 см. Хотя трактор создавался просто как военный скоростной тягач, армейские парни уже окрестили его «джипом».

«В мире хорошо известно о том опустошении, какое приносит с собой нашествие насекомых. Летающих или ползающих вредителей трудно не заметить, но почти столь же опасный, гриб занимается своим черным делом тихо и неприметно. На холмах Новой Англии, которые всего 40 лет назад были покрыты величавыми каштанами, не осталось ни одного взрослого дерева. До сих пор эта болезнь считается неизлечимой. Гриб, вызывающий ее, вносится в дерево жуком и так хорошо «прячется» в древесине, что обработка фунгицидами становится практически бесполезной.

«Движущиеся электрические заряды всегда создают вокруг себя магнитное поле. Поэтому каждый электрон в атоме образует свои собственные магнитные поля - одно при движении по орбите, другое - при собственном вращении. Можно пренебречь орбитальным эффектом, так как эксперименты показывают, что он не влияет на ферромагнитные свойства материала. Собственное вращение, или «спин» электрона делает его единственной известной пока магнитной частицей. Однако спин электрона на атомном уровне не приводит к какому-либо эффекту. Это можно объяснить тем, что электрон, вращающийся по часовой стрелке,

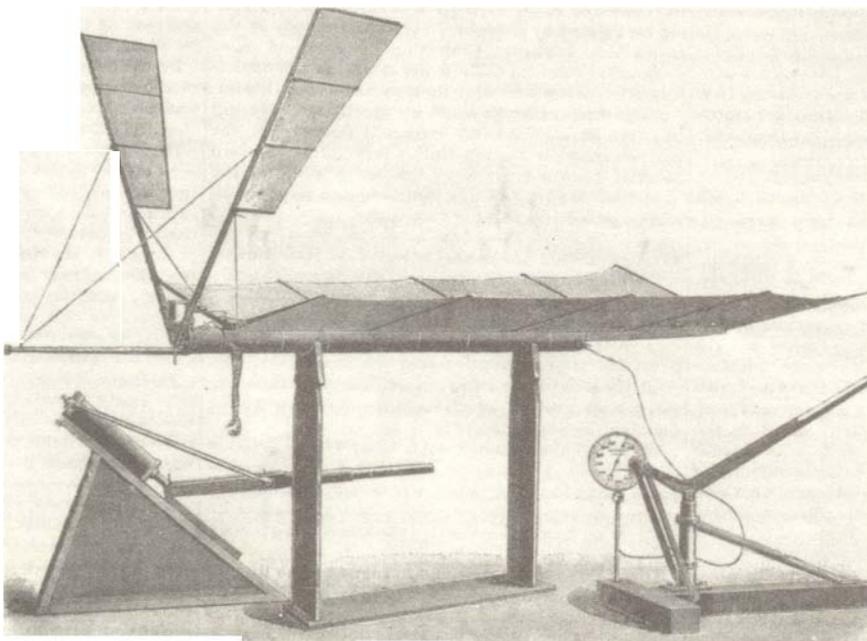
нейтрализует магнитный эффект соседнего электрона, вращающегося против часовой стрелки. Но в ферромагнитных материалах вместо точно уравновешенных положительных и отрицательных спинов вероятно значительное превышение одного над другим.



МАРТ 1891 Г. «Г-н Никола Тесла работал с динамо-машинами, позволяющими ему достигать 25 тыс. колебаний в секунду, и в результате приблизился к пониманию таких явлений, о которых можно только догадываться, если проводить эксперименты с использованием обычных частот. Среду, окружающую машину, пронизывает огромная энергия, и можно сказать, что экспериментатор фактически работает между обкладками мощного конденсатора. Когда лампы накаливания, замкнутые нокоротко куском медной проволоки, загораются на некотором расстоянии от катушки индуктивности, соединенной с машиной, а трубки Гейслера без каких-либо клемм вспыхивают ярким светом, экспериментатор вдруг отвлекается от своей мечты о возможности передачи электрической энергии по проводам, и к нему приходит четкое осознание того, что распространение энергии в диэлектрике - единственное, над чем он должен работать.

«Г-н Дж. Балби утверждает: «Медикам хорошо известно, что каждое умственное усилие приводит к притоку крови в мозг и что количество этой крови зависит от «напряженности» мысли. Но приток крови означает повышение температуры, и если бы мы ее измерили, можно было бы примерно установить «энергию, необходимую для генерации мысли или умственного усилия. Я провожу измерение следующим образом: у меня есть шлем из легкого материала, обладающего высокой теплопроводностью. В его центре я устанавливаю термоэлемент и подсоединяю его к чувствительному гальванометру. Таким образом нам удастся установить «мозговую энергию» людей и, следовательно, определить возможное направление их умственных усилий.

«Это летательный аппарат конструкции Л. Харгрейва из Сиднея (Австралия). Он приводится в движение мотором, работающим на сжатом воздухе и, как видно на рисунке аппарат - чудо легкости и изобретательности. При полном безветрии он пролетел 368 футов.



Пневматический летательный аппарат

Патентование новых форм жизни

Хотя теперь предприниматели могут на законных основаниях защитить любые новые виды растений, животных или микроорганизмов, суды пока еще не урегулировали многие вопросы, касающиеся прав обладателей патентов в области биотехнологии

ДЖОН Х. БАРТОН

В АПРЕЛЕ 1988 г. белая мышь из Гарварда вошла в историю права: она стала первым животным, запатентованным в США. Филипу Ледеру из Гарвардского университета и Тимоти Стюарту из Калифорнийского университета в Сан-Франциско удалось создать необычное животное методами генной инженерии путем введения ракового гена человека в яйцеклетку мыши. Учитывая новизну и перспективность использования этого животного в будущих исследованиях в области онкологии, Бюро патентов и торговых марок США установило, что «гарвардская мышь, как ее часто теперь называют, удовлетворяет требованиям для охраны ее в качестве изобретения в соответствии с действующим законом о патентах. Это решение американского ведомства позволило устранить последнее препятствие в патентовании любых (не относящихся к человеческому роду) новых форм жизни.

Патентование форм жизни находит все более широкое распространение в Соединенных Штатах и обеспечивает охрану интеллектуальной собственности применительно к микробам, растениям и животным. Так Комиссия европейских сообществ выдвинула на обсуждение предложение ввести подобную охрану в Европе. А в ходе торговых переговоров промышленно развитых стран с развивающимися на последние оказывается давление с целью усовершенствования ими своих систем защиты интеллектуальной собственности, и приоритетными вопросами повестки дня являются права в области биотехнологии.

Однако некоторые особенности, присущие живым существам, порождают проблемы, в отношении которых в патентном праве имеется слишком мало прецедентов. В этой статье я ставлю задачу определить и исследовать основные вопросы, каса-

ющиеся патентов в области биотехнологии. Учитывая то, что суды и законодатели сталкиваются со многими подобными вопросами впервые, невозможно с уверенностью предсказать, каким образом они будут решены. В некоторых случаях я предлагаю собственное мнение относительно возможности наиболее обоснованного и вероятного исхода будущего рассмотрения этого рода вопросов.

ПРЕЖДЕ чем переходить к конкретным проблемам, касающимся патентов на формы жизни, представляется целесообразным затронуть область патентования в целом. Патентная система предназначена для стимулирования изобретений и открытий путем предоставления ограниченной монополии изобретателю для того, чтобы защитить его от подделок. Следовательно, изобретатель должен быть больше заинтересован во вкладывании средств в проведение исследований и разработок. Хотя такая монополия повышает цену изобретения для потребителя, предполагается, что прибыль, получаемая изобретателем, будет в какой-то степени стимулировать его работу, что отражает рыночную оценку стоимости его изобретения.

В этом экономическом анализе не учитывается динамика изобретения. Новые идеи в подавляющем большинстве случаев появляются в мире, в котором существует свободный обмен научной информацией и материалами исследований. Патентные системы способны замедлить этот обмен, так как изобретатель может задерживать публикацию своей работы в специализированном журнале до получения им соответствующего патента. В противном случае изобретение по закону теряет элемент новизны и становится непатентоспособным. Тем не менее при отсутствии патентной

системы предприниматели будут склонны защищать свою технологию путем ее засекречивания. Компания, создавшая микроорганизм для какого-либо промышленного ферментативного процесса, например, могла бы эффективно сохранять монополию, осуществляя этот процесс и продавая его конечные продукты, но сохраняя при этом в секрете сам микроорганизм. Желание защитить свои изобретения всегда стимулировало селекционеров растений концентрировать усилия на создании гибридных сортов. Так как гибриды размножаются нетипично, никто не может получить от них потомство без разрешения, просто посеяв их семена. Следовательно, селекционеры обеспечивают физический эквивалент охраны интеллектуальной собственности. В конце концов, если отсутствуют и коммерческая тайна, и патентная система, идея может совсем не реализоваться в соответствующем продукте.

Свидетельства полезности патентов для изобретательства немногочисленны, но довольно убедительны. Исследования показывают, например, что селекция растений отдельными селекционерами возросла после появления в 1970 г. прав на сорта растений - специальной формы охраны интеллектуальной собственности селекционеров растений. Важность патентной системы особенно видна в фармацевтической промышленности, где получаемый в результате научных исследований препарат сравнительно дорогой, а его подделка относительно проста. Во многом по аналогичным причинам патенты, вероятно, будут так же важны и в биотехнологии.

Хотя в ближайшей перспективе потребители могут материально пострадать из-за более высоких цен, вызванных патентной монополией, в целом, полагают экономисты, ожидае-

мое в результате внедрения новинки общее улучшение положения дел компенсирует эти затраты. Более того, когда сроки действия патента истекут, конкуренция может привести к снижению цен.

ОПЫТ также показывает, что цена запатентованных продуктов устанавливается таким образом, что дает покупателю большие преимущества. При производстве посадочного материала, например, фермер обычно получает от двух третей до трех четвертей прибыли в результате использования улучшенных гибридных семян, в то время как селекционеру достается меньшая часть. Если предпо-

ложить, что семена дадут урожай дополнительно на 100 долл./га, то стоимость семян может обойтись фермеру лишь примерно на 30 долл./га больше, чем за такое же количество семян других сортов. Следовательно, доходы фермера составят примерно 70 долл./га. В целом, как утверждают экономисты, в результате конкуренции между запатентованными продуктами выгоды от использования новинок часто переходят к потребителям. Это в значительно меньшей степени касается патентов на новые или усовершенствованные процессы.

Большинство развитых стран признает, что выгоды, получаемые от патентной системы, превышают расхо-

ды на нее. Однако эти выгоды менее очевидны для развивающихся стран. В отсутствие острой конкуренции патентная монополия может привести к серьезным социальным издержкам, особенно когда речь идет о насущных потребностях бедных слоев населения. Поэтому в ряде развивающихся стран многие изобретения в фармацевтической и пищевой промышленности не подлежат патентованию. В этих странах большее значение придается научным исследованиям в государственном, а не в частном секторе, который больше выигрывает от патентов. Даже при отсутствии патентной системы развивающиеся страны обычно еще имеют возможность им-



МЫШЬ, созданная с помощью методов генной инженерии, несет в себе ген, обуславливающий рак у человека, и поэтому представляет большую ценность для медицинских научных исследований. В 1988 г. такие мыши стали первыми (и пока единственными) животными, охраняемыми па-

тентом США. По мере продолжения экспериментов по переносу гена можно ожидать появления новых патентов на животных. Желтое пятно на спинке мыши - опознавательный знак.

портировать продукты, полученные в результате использования технологий, запатентованных в других странах.

Однако подход развивающихся стран

к этой проблеме меняется. Частично эти изменения являются реакцией на политическое давление со стороны США на международном уровне, к примеру на уругвайском раунде пере-

говоров по Общему соглашению о тарифах и торговле. (Эти переговоры были прекращены в декабре 1990 г., но ожидается, что они возобновятся.) Все больше стран надеется стимулировать свою собственную промышленность, включая биотехнологию, в которой патентная система может способствовать появлению изобретений и иностранных инвестиций.

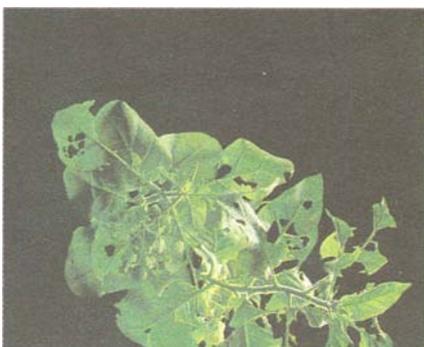
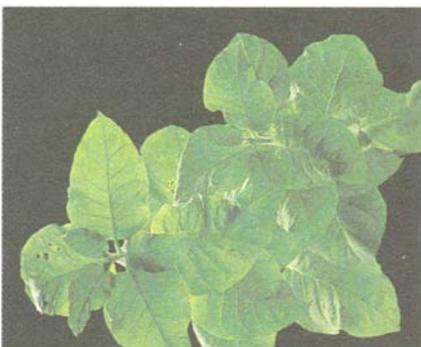
В общем, высокоразвитые и многие развивающиеся страны в настоящее время рассматривают вопрос о том, какие формы охраны интеллектуальной собственности применимы в биотехнологии. Планом такой охраны предусматривается выявление патентоспособных биотехнологических продуктов и процессов и регламентация прав патентообладателя.

Патентоваться могут формы жизни и составляющие их гены при условии их новизны, полезности и необычности. Согласно этим критериям, полностью искусственный ген может быть патентоспособным. Если же получаемый с помощью нового гена белок, а также организм, в который этот ген введен, также являются новыми и обладают требуемыми качествами, изобретатель в некоторых случаях может распространить свои права, закрепленные патентом, и на них. Поэтому вопрос о патентах на искусственные гены и новые формы жизни сравнительно прост.

Однако больше всего проблем политического характера возможно при патентовании полезных генов природного происхождения. У дикорастущего растения может иметься ген, повышающий устойчивость к болезням, который может быть передан сельскохозяйственному растению. Учитывая то, что такие гены чаще находятся в природе, а не созданы, они не всегда удовлетворяют требованиям новизны, предусмотренному законом о патентах. Было бы странно обвинять людей в нарушении патента по той причине, что в их клетках присутствует природный защитный ген.

Патентование генов, полученных из организмов, имеющих в природной среде развивающихся стран, также, вероятно, может обострить и без того напряженную обстановку в области международного использования генетических материалов природного происхождения. Необходимо представить политический резонанс в том случае, если бы какая-нибудь компания открыла ген, повышающий устойчивость к болезням в про израстающем в Мексике сорняке, и захотела бы запатентовать его применение в культурных сортах маиса, которые затем были бы проданы Мексике.

Контраргументом в этом случае



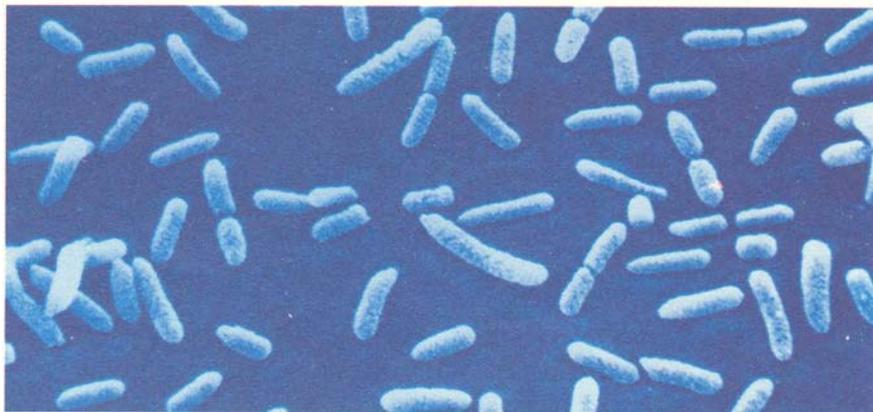
НЕКОТОРЫЕ ЗАПАТЕНТОВАННЫЕ РАСТЕНИЯ благодаря генной инженерии приобрели свойства, помогающие им противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды. К таким растениям относятся: хлопок, устойчивый к гербицидам (*вверху слева*), табак, устойчивый к насекомым-вредителям (*в центре слева*) и вирусостойчивый картофель (*внизу слева*). Обычные растения, чувствительные к этим агентам, показаны в правой колонке.

могло бы служить то, что компании должны поощряться за решение трудной задачи по приспособлению генов природного происхождения к использованию в интересах человека. Компания идет на огромные расходы, чтобы провести идентифицирование, клонирование и секвенирование природного гена, а также ввести его в организм для использования в коммерческих целях. Более того, конкуренты могут предпочесть скопировать этот ген после того, как первооткрывателем будет разработана новая технология. Именно в такой ситуации, когда затраты на изобретение велики, а расходы на копирование незначительны, охрана изобретения с помощью патента может явиться крайне полезным стимулом.

Хотя закон не дает четкого ответа на возникающие в таких случаях вопросы и находится в постоянном развитии, по-видимому, он эволюционирует в целом в правильном направлении. Отправным пунктом в Соединенных Штатах служит давно известное правило, согласно которому очищенная форма химического вещества может быть запатентована в том случае, если в природе оно присутствует только в неочищенном виде. Это правило позволяет тому, кто первым получит чистый белок или ген, кодирующий этот белок, запатентовать его. В Великобритании, напротив, стандарты в области изобретений более жесткие. Судебные органы недавно постановили, что встречающиеся в природе последовательности ДНК не подлежат патентованию.

Однако ни в США, ни в Великобритании, по-видимому, не будет запатентовано использование какого-нибудь гена в видах живых организмов, в которых он развился в ходе эволюции естественным путем или в которые он может быть привнесен путем обычной селекции: в этом случае ген не будет новым. В обеих странах существует тенденция допускать к патентованию новые организмы, в которых ген перенесен из организма другого вида. Однако, по мере того как перенос генов становится все более распространенным явлением, конкретные эксперименты по переносу генов должны быть особенно сложными или оригинальными, чтобы удовлетворять требованиям, представленным законом о патентах. Такая тенденция представляется разумной.

ТЕМ НЕ МЕНЕЕ сохраняется необходимость в выработке четких принципов в отношении многих вопросов, касающихся рамок патента в биотехнологии. Самый противоречи-



БАКТЕРИИ, ПИТАЮЩИЕСЯ НЕФТЬЮ, были первыми организмами, попавшими под охрану стандартного американского патента. Они были созданы для очистки нефтяных загрязнений.

вый из этих вопросов (который в настоящее время обсуждается в конгрессе в контексте патентов на животных) заключается в следующем: должны ли права патентообладателя распространяться на потомство? Продажа запатентованного продукта обычно выводит его из сферы действия монополии: покупатель может использовать его без каких-либо ограничений. Однако, живым организмам свойственно самовоспроизводиться. Размножение, или, другими словами, воспроизводство запатентованного организма равнозначно копированию изобретения, что обычно запрещено без согласия патентообладателя.

Предположим, к примеру, что изобретатель разработал способ введения искусственного гена ягнятам, в результате чего те дают больше нежирного мяса при меньшем потреблении корма. По действующему в США закону изобретатель может получить патент, распространяющий его монополию на всех ягнят, у которых имеется этот искусственный ген. Любопытный фермер, купивший такого ягненка, будет обязан откормить его и продать на мясо. Пока не ясно, имеет ли фермер право на легальных основаниях разводить этих животных и получать их потомство без разрешения патентообладателя - ведь часть этого потомства будет носителем искусственного гена.

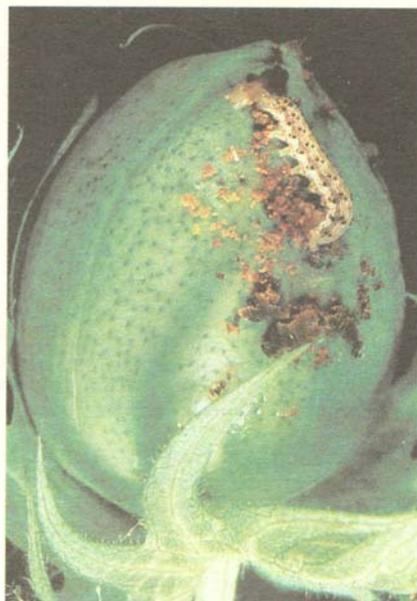
В отношении растений эта проблема уже решена с появлением закона об охране сортов растений, в соответствии с которым фермер имеет право высадить семена, полученные от охраняемого патентом сорта. Однако некоторые фирмы теперь защищают семена в соответствии с действующим законом о патентах, который является единственным и распространяется также на животных. Этот закон не предлагает четкого решения тако-

го спорного вопроса, который, по-видимому, будет энергично оспариваться Фермерскими организациями перед судами и конгрессом.

Для того чтобы найти выход из тупика, в который ведет противопоставление аргументов соперничающих сторон, необходимо провести реалистический анализ политики в этой области. Деятели, определяющие политический курс, должны всегда помнить, что ожидания обеих заинтересованных сторон в каждом конкретном случае могут различаться. Например, продажа запатентованных пивных дрожжей не имеет смысла, если они не будут воспроизводиться в процессе пивоварения. Однако продажа скота на откорм в меньшей степени подразумевает, что животные будут иметь племенное назначение.

В целом обоснованный анализ, по-видимому, позволяет сделать вывод, что потомство должно быть защищено законом о патентах. Если закон не позволяет патентообладателям ограничивать воспроизведение защищенных растений или животных, часть из этих людей решит, что выгоднее «придержать» созданные организмы, а выходить на рынок следует только с конечными продуктами. В результате производство соответствующих сельскохозяйственных продуктов, вероятно, в большей степени сосредоточится под контролем отдельных предпринимателей-монополистов. Этот процесс уже наблюдается в птицеводстве, где установлен жесткий контроль за селекционным материалом.

Воспроизведение некоторых организмов не может быть ограничено в практической деятельности. Реально нельзя запретить фермерам сажать несколько поколений запатентованных негибридных семян. Однако трудно представить себе, чтобы продавцы новых организмов не предви-



ХЛОПОК, УСТОЙЧИВЫЙ К ВРЕДИТЕЛЯМ (слева), меньше подвержен уничтожению коробочным червем, чем исходные чувствительные сорта (справа). Это генетически усовершенствованное растение ожидает патентования.

дели таких случаев и не разрешали такое использование, не установив с учетом этого цену или плату за лицензию.

СПАТЕНТНОЙ охраной потомства тесно связан и такой противоречивый вопрос, как обоснованность права патентообладателя на ограничение использования запатентованных организмов в интересах экспериментальной селекции и научных исследований. В этом вопросе промышленность энергично добивается расширения контроля над правами патентообладателей, но очевидно этой тенденции также следует противостоять.

Идея о том, что запатентованные изобретения должны служить отправной точкой для новых изобретений, является основополагающей для патентного права. Поэтому законом об охране сортов растений четко предусмотрено, что охраняемые сорта, как правило, могут использоваться в качестве родителей в экспериментах в области селекции. Законами о патентах в большинстве стран также предусматриваются исключения на случай проведения научных исследований, в соответствии с которыми использование запатентованных изобретений в экспериментальных целях не означает нарушения патента.

Однако в Соединенных Штатах такое исключение не предусмотрено. Законом лишь допускается ограниченное исключение, касающееся производителей фармацевтических средств, а также соответствующих запутанных

случаев из практики прецедентного права. При этом предполагается, что экспериментирование допустимо, если оно носит познавательный, а не утилитарный характер.

Такой подход представляется неудачным. Селекция и наука в целом достигли бы больших успехов, если бы все лаборатории - коммерческие и академические - имели право на более или менее свободное экспериментирование с запатентованными организмами. При такой свободе было бы больше стимулов для продолжения научных исследований, и в биотехнологии такие исследования, по всей вероятности, принесли бы не меньший экономический эффект, чем ранее сделанные крупные открытия.

И вновь для иллюстрации может пригодиться мой гипотетический пример с запатентованным ягненком. Нуклеотидная последовательность искусственного гена, влияющего на откорм ягненка, должна была бы раскрываться в патенте и, вероятно, быть соответственно защищена. При действии более широкого исключения в отношении научных исследований конкурирующие компании должны были бы иметь право на свободные эксперименты с этим геном и запатентованными ягнятами для того, чтобы получить лучшее представление о механизме обмена веществ.

На основе этих исследований другая группа ученых могла бы создать совершенно иной ген, позволяющий добиться аналогичного результата лучшим образом. В зависимости от подробного описания патента новый

ген, вероятно, не мог бы рассматриваться как нарушение первоначального патента, и «улучшенный» ягненок мог бы быть запатентован и продан этой группой исследователей без каких-либо ограничений.

Возможно также, что исследователи создадут усовершенствованный вариант запатентованного гена, состоящего из первоначальной и новой дополнительной нуклеотидной последовательности, благодаря чему ягненок можно было бы кормить более разнообразным кормом. Комбинированная форма гена, вероятно, являлась бы нарушением первоначального патента, но дополнительную последовательность можно запатентовать отдельно. Если бы оказалось, что комбинированный ген представляет БОльшую ценность, чем исходный ген, две компании могли бы достигнуть договоренности, которая позволила бы обеим или одной из них продавать ягнят с комбинированным геном, и каждая компания получала бы свою долю монопольных доходов в соответствии с важностью своего изобретения.

При существовании ограниченного исключения ни одно из таких исследований не представляется возможным без получения предварительного разрешения обладателя исходного патента. Будущий потенциальный изобретатель оказался бы в очень невыгодном положении, так как на данный момент в его распоряжении не имелось бы никаких новых или ценных достижений.

Проблема вариантов запатентованной собственности, как это видно из вышеприведенного примера, является центральной в другой горячей дискуссии: о допустимом объеме прав, закрепляемых за патентообладателем в области биотехнологии. В некоторых случаях патент может охранять применение данной идеи для различных видов организмов. Допустимость такого объема прав зависит от того, может ли идея «срабатывать» в более широком диапазоне, чем это было продемонстрировано при представлении патента.

Иллюстрацией этого положения может служить основополагающий патент Коэна-Бойера на использование плазмид в генной инженерии. Его авторы Стэнли Коэн из Медицинской школы Станфордского университета и Герберт Бойер из Калифорнийского университета в Сан-Франциско изобрели метод введения генов в клетки с помощью кольцевых молекул ДНК, называемых плазмидами. В их патенте подробно описываются только способы включения нескольких различных генов в геном бактерий *Es-*

cherichia coli. Тем не менее Коэн и Бойер получили патент, дающий им монопольное право на использование этого метода в отношении различных клеток-хозяев, включая другие бактерии и одноклеточные организмы. Таким образом, их права распространяются намного дальше использования *E. coli*.

БОЛЕЕ сложные и запутанные вопросы возникают в связи с проблемой одинаковых нуклеотидных последовательностей генов. Предположим, что после того, как изобретатель запатентовал новую последовательность для ценного белка, его конкурент изменяет в гене один кодон, т. е. триплет нуклеотидов, кодирующий один аминокислотный остаток в данном белке. Является ли создание почти идентичного белка с помощью гена-конкурента нарушением патента? И наоборот, мог бы изобретатель предотвратить возникновение этой проблемы, включив в свой патент право на различные последовательности ДНК или белки?

Вероятно, разумным ответом на эти вопросы является утверждение о том, что первому изобретателю следовало бы закрепить в патенте свои права на близкие последовательности ДНК, выполняющие в основном такие же функции, что и запатентованная последовательность. С другой стороны, конкуренту должны принадлежать почти все права, если новая последовательность обладает особыми или неожиданными свойствами. В крайнем случае конкурент обязан платить за лицензию, полученную от изобретателя, если усовершенствованная последовательность имеет такие же свойства, что и исходная последовательность.

Тем не менее, какими бы обоснованными ни казались эти принципы, они не гарантируют изобретателям, что закон о патентах всегда будет обеспечивать им надежную защиту от идентичных биологических продуктов. Как показала практика, уже первое судебное дело по этому поводу поставило под вопрос все усилия изобретателей добиться для себя такой защиты.

Это дело явилось частью судебных процессов между Amgen, Inc. и другими компаниями по поводу патентов на эритропоэтин - гормон, выделяемый почками, который стимулирует производство клеток крови. Amgen и Genetics Institute, Inc. подали заявки на патент примерно в одно и то же время. В нескольких решениях суды в итоге постановили, что патент компании Amgen распространяется на нуклеотидную последовательность гена

эритропоэтина и на клетку-хозяина, которая была изменена путем добавления этого гена, но что патент Genetics Institute включает в себя непосредственно сам очищенный эритропоэтин. Когда данная статья готовилась к публикации, рассмотрение апелляции на эти решения еще не было закончено.

Согласно утверждению представителей Amgen, эта компания по патенту имеет права на любую «аминокислотную последовательность, сходную с последовательностью эритропоэтина, позволяющую обеспечивать биологические свойства, необходимые для того, чтобы усилить образование ретикулоцитов и эритроцитов в костном мозге, а также синтез гемоглобина или поглощение железа. Свое постановление, которое решает дело не в пользу компании Amgen, суд мотивирует тем, что компания недостаточно четко раскрыла, что она имеет в виду под «сходными нуклеотидными последовательностями, чтобы претендовать на столь широкие права.

Такое решение ограничивает права патентообладателя. Тем не менее в других случаях нарушений права патентообладателей на запатентованные нуклеотидные последовательности генов могут быть довольно значительно расширены. Существует концепция нарушения патента, касаюша-

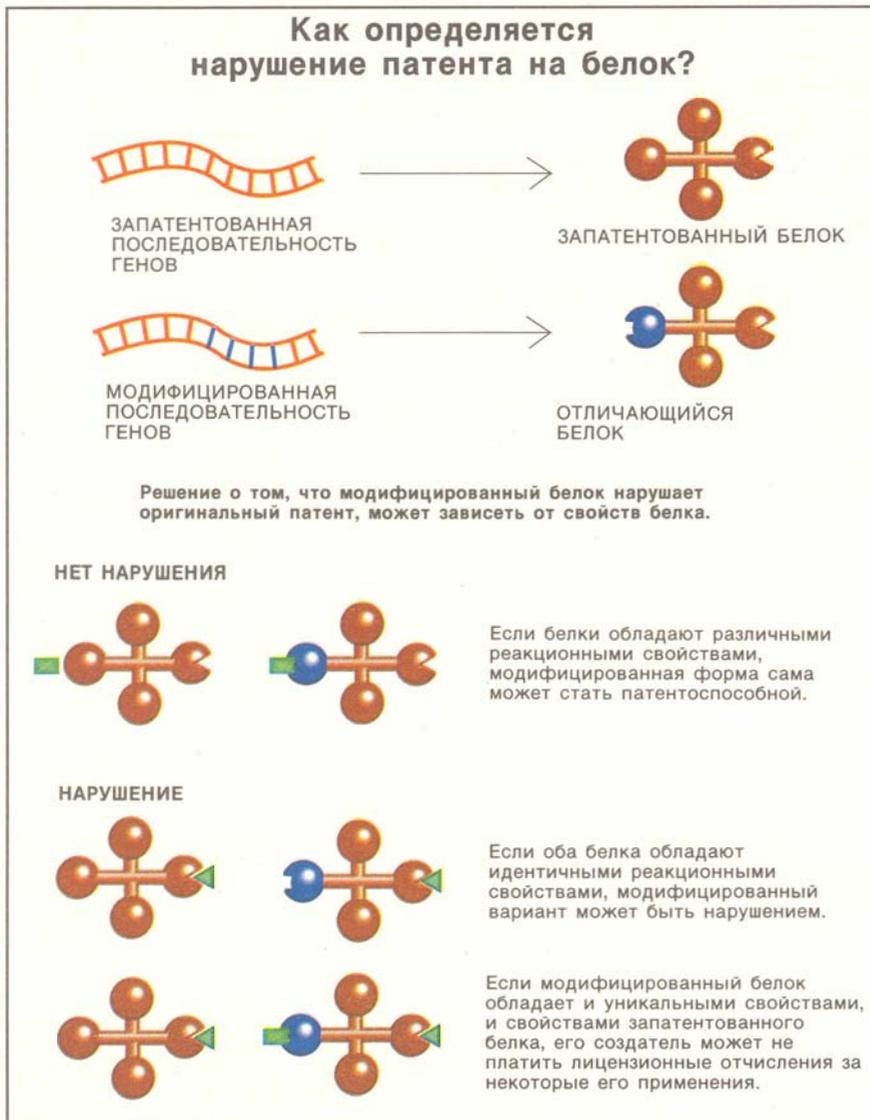
яся механизма, который технически не входит в число прав патентообладателя, но фактически выполняет ту же функцию примерно таким же способом и по существу с аналогичным результатом. Согласно этой теории, для нарушения патента необходимо, чтобы новая нуклеотидная последовательность, полученная из запатентованной последовательности, имела лишь несколько несущественных отличий.

Наиболее спорным вопросом является объем прав патентообладателя, что видно на примере случая с Кеннетом Хиббердом из компании Molecular Genetics, Inc. (ныне MGI Pharma в Миннетонка, шт. Миннесота). В результате экспериментов с культурой клеток ткани Хибберт и его коллеги создали сорт маиса, семена которого имеют повышенное содержание аминокислоты триптофана. Согласно патенту, компания объявляет о своих правах на монополию на все сорта маиса, в семенах которых «содержание эндогенного свободного триптофана составляет не менее 0,1 мг на 1 г сухого веса.

В правах Хибберта на патент не уточняется, каким образом или почему усилен синтез триптофана у данного сорта маиса. Это может происходить, например, в результате мутации, нарушающей механизм генетического контроля синтеза триптофана.



В ХРАНИЛИЩАХ ОБРАЗЦОВ организмы замораживаются и содержатся в емкостях с жидким азотом. Существование таких объектов обеспечивает доступ к образцам запатентованных форм жизни.



Сверхсинтез этого вещества, однако, может быть получен и другим путем, например посредством введения в маис большего количества генов триптофана. В связи с этим возникает вопрос: будет ли такой новый конкурирующий сорт маиса означать нарушение патента Хибберда?

Бюро патентов и торговых марок США в таких случаях обеспечивает патентообразователей широкими правами. Подобные решения могут объясняться традицией, согласно которой первый производитель нового химического продукта может запатентовать сам продукт и обеспечить себе защиту от других изобретателей, которые ищут иные способы получения этого продукта. Однако, когда дела относительно таких широких прав патентообладателя рассматриваются в судах, последние обычно склонны принимать во внимание доказательства нарушения патента только в тех случаях, если данный продукт был по-

лучен посредством процесса, описание которого приводится в патенте.

СЛЕДУЕТ признать, что в отношении продуктов биотехнологии такие решения судов являются правильными. Два организма, у которых синтез одного и того же вещества усилен по разным причинам, являются действительно различными формами жизни: это далеко не то же самое, что два идентичных химических соединения, полученных посредством различных процессов. Более того, риск для общества, заключающийся в предоставлении монопольных прав на все организмы с ценными качествами, по-видимому, превышает *тут* уровень, который необходим для стимулирования изобретательства. К сожалению, современное состояние патентного права в этом вопросе слишком неопределенное, и это может ввести в заблуждение тех, кто слабо разбирается в правовых вопросах и

может не знать, что права обладателя исходного патента на практике могут быть не такими широкими, как они изложены на бумаге.

Патентные законодательства в отдельных странах могут быть довольно запутанными, но ситуация еще более осложняется в тех случаях, когда необходимо учитывать такие факторы, как международная конкуренция и различия в патентных законодательствах разных стран. Одной из проблем международного патентного права является доступ к запатентованным формам жизни. Патентом должно предусматриваться достаточно подробное описание изобретения для того, чтобы его можно было воспроизвести или использовать. Например, для запатентованных дрожжей, полученных с помощью генной инженерии, было бы достаточно адекватного описания способа их создания.

В случаях с некоторыми запатентованными формами жизни потенциальным изобретателям должен обеспечиваться доступ к самим организмам. Нельзя, например, предоставить описание способа воспроизведения дрожжей, пригодных для промышленного применения, посредством редкой мутации. Вместо этого мутантные дрожжи должны находиться там, где доступ к ним может быть гарантирован. С этой целью в разных частях мира создан ряд частных хранилищ. (Одним из крупнейших является Американская коллекция типовых культур в Роквилле, шт. Мэриленд.)

В связи с существованием хранилищ встает сложный вопрос о том, может ли конкурент взять оттуда организм и использовать его для получения дохода в странах, в которых хранитель не обеспечивается защитой патента. Аргументом в пользу такого использования является то, что живой материал по существу вошел в международную научную литературу и должен быть доступен для всех. Противники такого подхода считают, что было бы несправедливо материал, находящийся на хранении, сделать доступным для коммерческого использования без согласия изобретателя.

Предложено несколько способов предотвращения таких проблем путем ограничения доступа к хранилищам некоторым пользователям. Однако правительство США в итоге приняло решение, что у него нет достаточных оснований ограничивать доступ к хранилищам так же, как оно не имеет права ограничивать доступ к другой информации, касающейся патентов.

Другая проблема международно-го патентного права имеет отношение к торговле. Патент не обеспечивает обладателю охраны его прав за пределами страны, в которой он выдан. За исключением отдельных случаев, единственным способом такой охраны является патентование изобретения во всех странах. Однако существует косвенная форма защиты от иностранных производителей: подавляющее большинство стран пойдет на то, чтобы запретить импорт продукта, если производство его в самой стране привело бы к нарушению зарегистрированного там патента.

Это обеспечивает достаточную защиту для стандартных промышленных процессов, но затруднительно представить, насколько это правило применимо во многих случаях, имеющих отношение к биотехнологии. Предположим, что зерно, запатентованное в Соединенных Штатах, было продано и отгружено в страну, в которой не предусмотрены патенты на растения. Затем зерно используется как посевной материал, и получен урожай нового поколения этого зерна. Можно ли запретить импорт новой партии зерна из США? А что же делать с хлебом из этого зерна?

Ответы на эти вопросы пока остаются неясными. Запрет на прямые продукты, полученные с использованием запатентованных процессов, представляется целесообразным. Однако расширение права на запрет косвенных продуктов, вероятно, привело бы к снижению экономической эффективности и повышению затрат на разработки, которые бы значительно превысили любые доходы от изобретения.

Тем не менее в Соединенных Штатах действуют два закона, регулирующие эти вопросы, которые предоставляют широкие права на запрещение импорта. В наиболее полном из них, который обычно называют Раздел 337 Закона о тарифах США (дополнивший Закон о торговле 1988 г.), не ставится каких-либо ограничений в отношении «прямоты» любых нарушений патентов. Однако международная группа экспертов, работавшая в рамках Общего соглашения о тарифах и торговле, недавно заявила, что этот закон нарушает принципы торгового права в других отношениях и его будущее сейчас находится под вопросом. Другим законом предусматривается, что использование импортных белков в США запрещается только в том случае, если они получены с применением организмов, созданных методами геной инженерии на основе процессов, запатентованных в Соединенных Штатах.

Обоими законами охватываются только продукты, полученные с использованием запатентованных процессов, но в настоящее время на конгресс оказывается давление с целью распространить действие этих законов на материалы, изготовленные с применением запатентованных организмов, генов и других биотехнологических продуктов. Это связано с недавним судебным процессом между компаниями Amgen и Chugai Pharmaceutical, получившей лицензию по патенту на эритропоэтин компании Genetics Institute. Суд постановил, что патент компании Amgen распространяется на клетку-хозяина, измененную путем введения гена эритропоэтина, как на продукт, а не как на процесс по получению эритропоэтина. Поэтому Amgen может воспрепятствовать тому, чтобы Chugai организовала в Соединенных Штатах производство эритропоэтина с измененными клетками-хозяевами, но она не может помещать Chugai производить эритропоэтин таким способом за границей и затем импортировать его в США.

Если бы действие этих американских законов распространялось настолько, что запрещало импорт материалов, изготовленных с применением запатентованных организмов, Chugai не смогла бы больше продавать эритропоэтин в США. Но далеко не ясно, будет ли выгодно для потребителей и для общества в целом расширение прав патентообладателя в блокировании импорта таких продуктов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ последствия распространения систем охраны интеллектуальной собственности, включая биотехнологию и формы жизни, будут в конечном счете зависеть от структуры соответствующих отраслей промышленности. В фармацевтической промышленности последствия, очевидно, будут в первую очередь зависеть от того, станут ли конфликты типа Amgen-Chugai обычным делом, а для многих фирм, работающих в области биотехнологии и стремящихся получить аналогичные белковые продукты, вероятно, так оно и будет. В таком случае встает вопрос о том, смогут ли фирмы решать свои споры и конкурировать с новыми и усовершенствованными продуктами, не прибегая к помощи судов.

Можно ожидать больших достижений в области сельского хозяйства: компаниям, вероятно, удастся создать особые гены, повышающие устойчивость к болезням, белок лучшего качества и т.д. При этом сорта с несколькими новыми генами почти наверняка будут предпочтительнее с

экономической точки зрения, чем сорта лишь с одним новым геном. Поэтому компании, вероятно, предоставят лицензии на свои новые гены селекционерам, которые смогут выбрать для себя наиболее подходящие гены с необходимыми им свойствами и соответствующим образом использовать их в растениях и животных с учетом особенностей конкретного рынка. Фермер будет покупать сорт с геном одной компании, повышающим устойчивость к засухе, и комплектом генов третьей компании, который способствует повышению содержания питательных веществ в растении.

Такой положительный результат упорядочения положения дел с патентами в области биотехнологии вполне достижим, но его вероятность зависит от того, удастся ли правовой системе найти верные ответы на поставленные выше вопросы.

Книги
издательства
„Мир“

**ПОСЛЕДСТВИЯ
ЯДЕРНОЙ ВОЙНЫ.
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА
ЭКОЛОГИЮ И
СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**
М. Харуэлл, Т. Хатчинсон и др.
1983 г. Цена 5 р. 80 к.

**СИСТЕМА САТУРНА.
СБ. СТАТЕЙ.**
1990 г. Цена 8 р. 90 к.

**ЧИСЛЕННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ В
АСТРОФИЗИКЕ**
Под ред. Дж. Сентрелла и др.
1986 г. Цена 4 р. 30 к.

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



«Тэватрон»

Этот коллайдер производит антипротоны, ускоряет их в кольце, оснащен сверхпроводящими магнитами и затем сталкивает с протонами. В настоящее время «Тэватрон» - самый мощный в мире источник информации об элементарных частицах

ЛЕОН М. ЛЕДЕРМАН

В 1983 г. 3 июля мы с коллегами по Национальной ускорительной лаборатории им. Э. Ферми (Fermilab) вблизи Чикаго начали обратный отсчет времени, оставшегося до торжественной церемонии - первого сеанса на первом в мире сверхпроводящем синхротроне, названном «Тэватроном». Трллионы протонов должны были отправиться с почти световой скоростью в путешествие, которое им предстояло завершить столкновениями, еще никогда не происходившими в природе, разве что сразу после рождения нашей Вселенной. «Тэватрон» сулил физикам невиданные приключения в процессе познания строения вещества и создания новой отрасли науки - сооружения и эксплуатации огромных ускорителей.

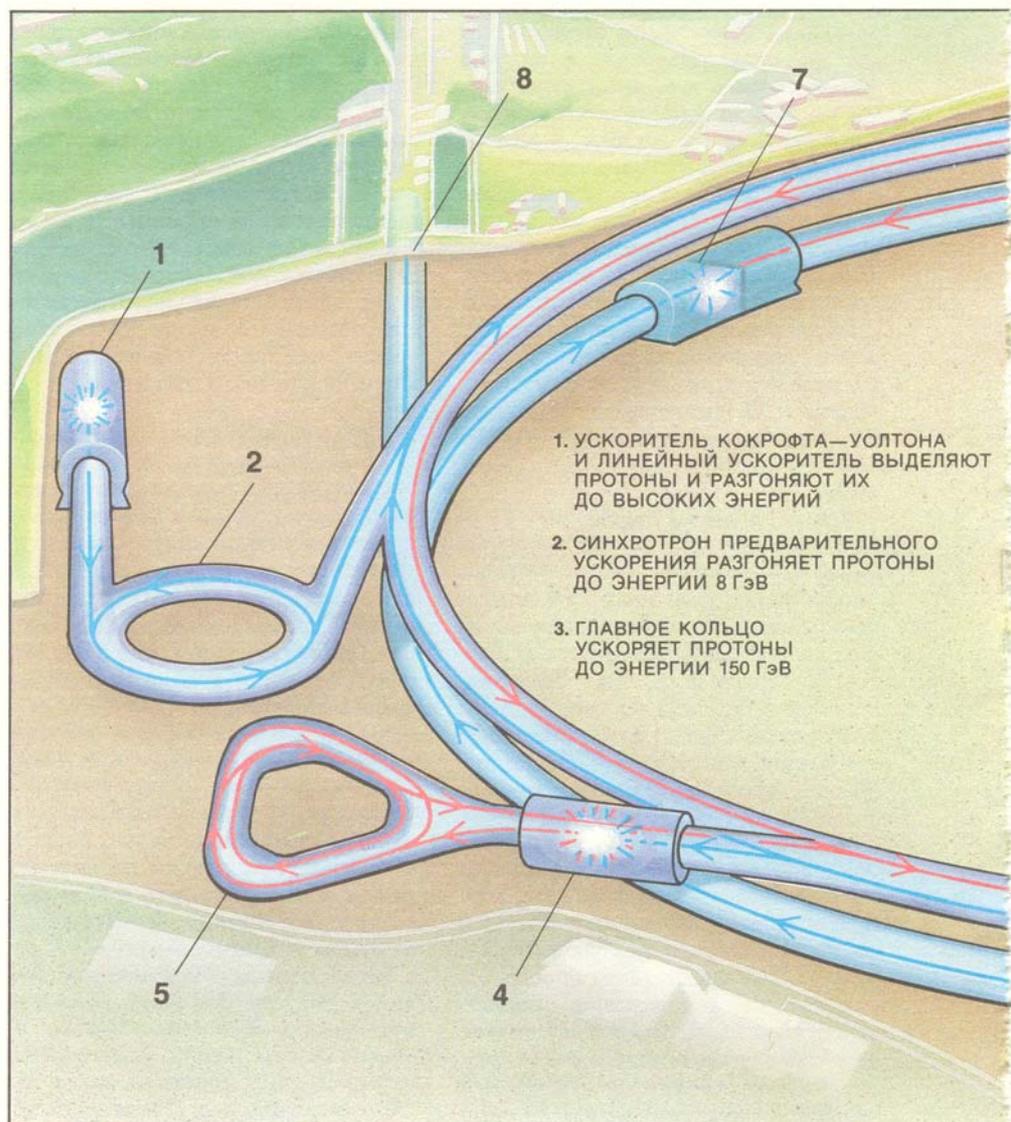
Испытания мы начали с запуска главного кольца, старейшего синхротрона Fermilab, ускоряющего положительно заряженные протоны до энергии около 120 млрд. электрон-вольт (ГэВ). Волнующее мгновение, и протоны введены в «Тэватрон», где заботу о них взяли на себя более 1000 сверхпроводящих магнитов. Они создали мощное поле, заставившее протоны двигаться по окружности длиной около 6,3 км с разбросом в радиальном направлении не более нескольких миллиметров. Операторы на пульте следили за выполнением компьютерной программы, которая управляла полем магнитов строго синхронно с ростом энергии протонов: 200, 300, 400 ГэВ... Когда магнитное поле достигло расчетного значения, протоны «врезались» в мишень при рекордной энергии 512 ГэВ.

Это достижение увенчало десятилетние усилия по овладению технологией применения сверхпроводящих магнитов в ускорителях и ознаменовало начало новой эры в физике, изучающей вещество, энергию, пространство и время. О новом «сокрушителе атомов» - сообщали газеты на всей территории США, его перевозили в телеграммах, потоком шедших из многих организаций, включая, например, министерство энергетики США, которое финансировало сооружение ускорителя.

В последующие восемь лет Fermilab предприняла множество шагов, чтобы сохранить «Тэватрон» в качестве ведущей установки для экспериментов в области физики элементарных частиц. Были усовершенствованы системы сверхпроводящих магнитов, сконструирован источник антипротонов, сооружен детектор частиц. В на-

стоящее время в «Тэватроне» могут сталкиваться протоны и антипротоны, каждый из которых ускорен до энергии 900 ГэВ, так что полная энергия столкновения достигает никем пока не превзойденной величины 1,8 триллионов электрон вольт (ТэВ).

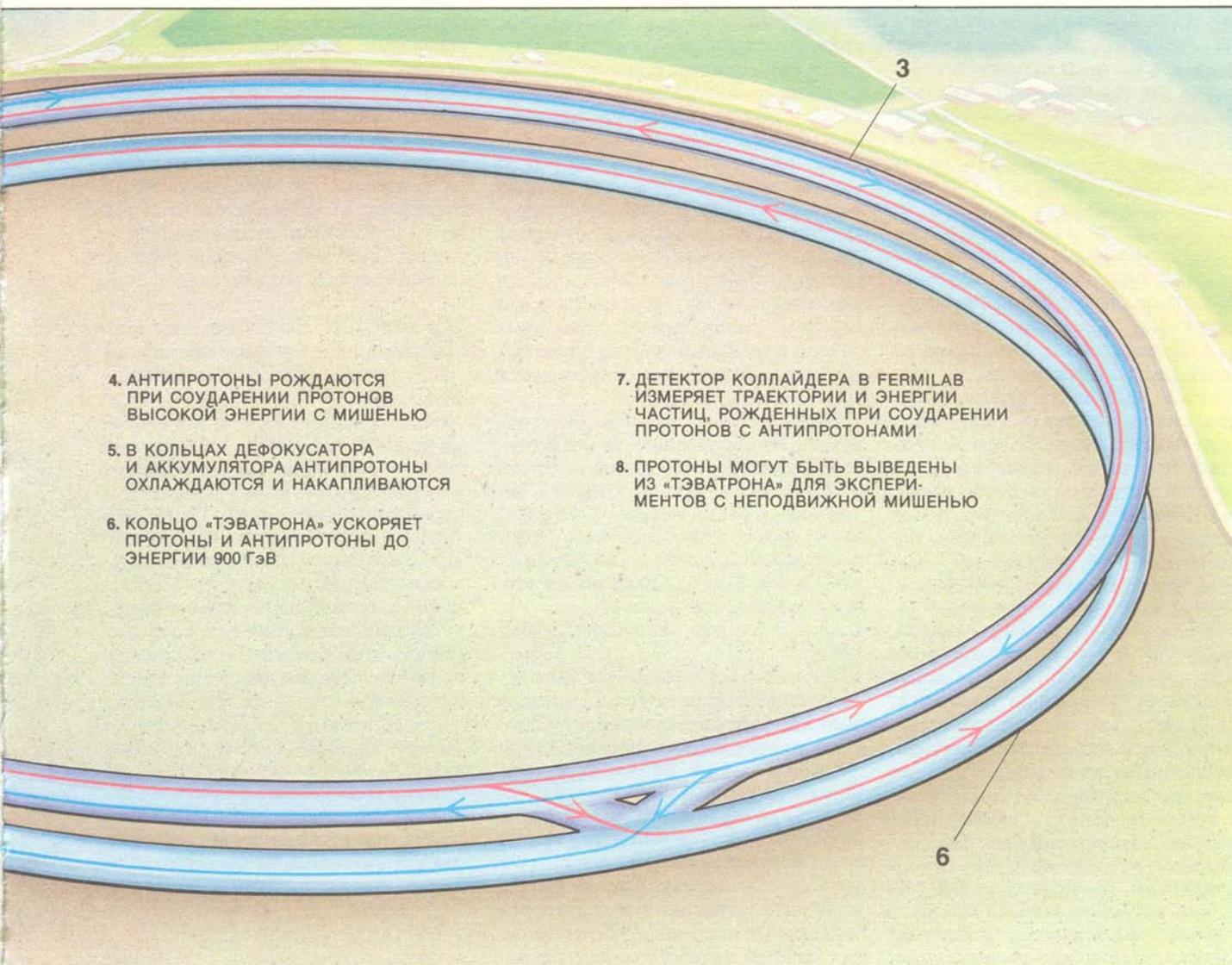
В каждом микровзрыве, происходящем в «Тэватроне» при столкновении



«ТЭВАТРОН», самый мощный в мире ускоритель частиц, разгоняет протоны (показаны синими стрелками) и антипротоны (красные стрелки) до энергии

ях протонов и антипротонов, рождается множество экзотических частиц, позволяющих получить экспериментальные данные высочайшего качества. На «Тэватроне» были подтверждены многие предсказания стандартной модели - основной современной теории элементарных частиц. Он позволил также ученым исследовать область, куда «не ступал глаз человека, как выразился один из наших сотрудников, имеющий склонность «скрепячивать метафоры».

В стандартной модели предполагается, что вещество состоит из шести видов кварков и шести видов лептонов, и все эти частицы, за исключением шестого кварка *t*, были обнаружены в экспериментах. По мере совершенствования «Тэватрона» в следующие пять лет на нем произойдет, по мнению большинства физиков, достаточно столкновений, чтобы обра-



900 млрд. электронвольт (ГэВ) и сталкивает их при суммарной энергии 1800 ГэВ. Образующиеся в результате «оскол-

ки» анализируются для получения информации о строении вещества.

зовался t-кварк. Если его не обнаружат, стандартную модель постигнет серьезный кризис.

Неуловимость t-кварка связана с самой животрепещущей проблемой физики частиц. Почему различаются массы всех лептонов и кварков? Дарованы ли массы частицам некоей не открытой пока силой природы? Не построены ли кварки и лептоны из еще меньших составляющих? Что можно узнать о характере высокоэнергетической окружающей среды в ранней Вселенной из взаимодействий кварков и лептонов? Теоретики предложили множество гипотез с экзотическими названиями: суперсимметрия, техницвет, составная модель, суперструны. «Тэватрон» призван внести ясность в непроходимые дебри их буйной фантазии.

СОЗДАНИЕ программы исследований на «Тэватроне» началось более 15 лет назад в предвидении потребностей физики элементарных частиц. В течение 70-х годов прогресс в этой области поддерживался экспериментами, в которых частицы ускорялись до все более высоких энергий. Для этого использовались установки двух типов. В синхротронах Fermilab и Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРНе) около Женевы протоны направлялись на неподвижную мишень. В ускорителях Стэнфордского и Корнеллского университетов и в электронном синхротроне DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron) в Гамбурге сталкивались встречные пучки электронов и их двойников из антимира - позитронов.

Хотя в протонных синхротронах частицы могут ускоряться до гораздо более высоких энергий, чем в электрон-позитронных коллайдерах, в конечном итоге они не более эффективны, чем эти коллайдеры. Когда протон, ускоренный до энергии, например 1000 ГэВ, «врезается» в мишень, большая часть его энергии расходуется на ускорение вторичных частиц, рожденных при столкновении. Только 42 ГэВ идет при этом на рождение новых частиц. В этом плане коллайдеры (ускорители на встречных пучках) имеют преимущество. При лобовом столкновении встречных частиц вся их суммарная энергия может быть израсходована на рождение новой частицы, т. е. на исследование новой области энергий. Так, при встречном столкновении протона и антипротона, ускоренных до 1000 ГэВ каждый, высвобождается 2000 ГэВ.

Однако эффективность ускорителя определяется не только значением максимально достижимой на нем энергии. Для получения статистически значи-

мых результатов должно происходить достаточно много столкновений при высоких энергиях. Обычно вероятность соударений на коллайдерах меньше, чем на ускорителях с неподвижной мишенью, так как частицы из разреженного пучка гораздо чаще будут сталкиваться с плотной мишенью, чем с частицами другого разреженного пучка. В экспериментах на коллайдерах жертвуют числом столкновений ради достижения высоких энергий.

В течение 70-х годов шло отчаянное «соревнование» двух протонных синхротронов: главного кольца Fermilab и протонного суперсинхротрона SPS (Super Proton Synchrotron) ЦЕРНа. Обе лаборатории стремились усовершенствовать свои установки с целью изучения стандартной модели и фундаментальных сил природы - слабого, электромагнитного и сильного взаимодействий.

В 1977 г. ЦЕРН остановил свой ускоритель, чтобы создать из протонного синхротрона протон-антипротонный коллайдер, поскольку на нем предполагалось подтвердить или опровергнуть теоретическое предсказание о существовании так называемых промежуточных векторных бозонов (W^+ , W^- и Z^0). Эти массивные частицы переносят слабые взаимодействия. В 1977-1981 гг. в ЦЕРНе была разработана установка для накопления антипротонов. В ней методом стохастического охлаждения антипротоны сжимаются в небольшие сгустки. Далее сгустки попадают в протонный суперсинхротрон, где они в конце концов сталкиваются с встречными протонами.

В 1983-1984 гг. в ЦЕРНе были открыты W^- и Z -частицы. За это достижение руководитель одной из экспериментальных групп К. Руббия и автор метода стохастического охлаждения С. ван дер Меер получили Нобелевскую премию 1984 г. (см. David B. Cline, Carlo Rubbia, Simon van der Meer. The Search for Intermediate Vector Bosons, "Scientific American", March 1982).

В Fermilab выбрали другой путь исследований в области физики высоких энергий. Повышение мощности протонного суперсинхротрона SPS стало главной задачей Р. Вильсона, первого директора Fermilab. Он понял, что если удастся создать сверхпроводящие магниты, то в конечном итоге можно будет построить более мощный ускоритель, чем в ЦЕРНе. Предложенная в Fermilab установка могла ускорять заряженные частицы до более высоких энергий, потому что сверхпроводящие магниты создают гораздо более сильное поле, чем обычные систе-

мы. В 1973 г. Вильсон начал реализацию программы создания сверхпроводящих магнитов для нового ускорителя. Позже А. Толлестрап, перешедший в 1975 г. из Калифорнийского технологического института в Fermilab, стал ведущим разработчиком идей в этом направлении.

Будучи назначенным на пост директора Fermilab, осенью 1978 г. я проанализировал различные предложения по строительству ускорителя с использованием сверхпроводящих магнитов. Мы пришли к выводу, что такие магниты не только помогут построить более мощный ускоритель, но и приведут к сокращению потребления электроэнергии. (С 1972 по 1978 г.~ Fermilab почти удвоила потребление электроэнергии, а финансовые расходы на электричество возросли в шесть раз.) Поскольку сверхпроводящие компоненты вообще не оказывают сопротивления электрическому току, система сверхпроводящих магнитов должна потреблять значительно меньшую мощность по сравнению с обычными электромагнитами. Но отнюдь не было ясно, как наилучшим образом следует использовать новую технологию. Поэтому я проконсультировался с группой ведущих специалистов в этой области, а также с тремя знатоками: Б. Макданиелом из Корнеллского университета, Б. Рихтером из Стэнфордского университета и М. Сэндсом из Калифорнийского университета в Санта-Крус.

В 1978 г. 11 ноября я провел совещание, на котором обсуждался долгосрочный план работы нашей лаборатории. Это был День Перемирия, подходящий момент для призыва к согласию между несколькими группами, представляющими различные подходы к использованию сверхпроводящей технологии. После 18 ч горячих дебатов мы пришли к четкому соглашению - по крайней мере тактовым оно казалось мне и моим коллегам. Мы выступили с двумя главными инициативами. Во-первых, предлагалось построить ускоритель на основе системы сверхпроводящих магнитов, размещенных в туннеле главного кольца длиной 6,3 км. Здесь протоны должны были бы, как и прежде, сталкиваться с неподвижной мишенью, но при более чем удвоенной энергии. Во-вторых, по примеру ЦЕРНа предлагалось соорудить интенсивный источник антипротонов, «впрыскивать» их в ускоритель и сталкивать с протона-

• В память о перемирии 11 ноября 1918 г., положившем конец первой мировой войне - *Прим. перев.*

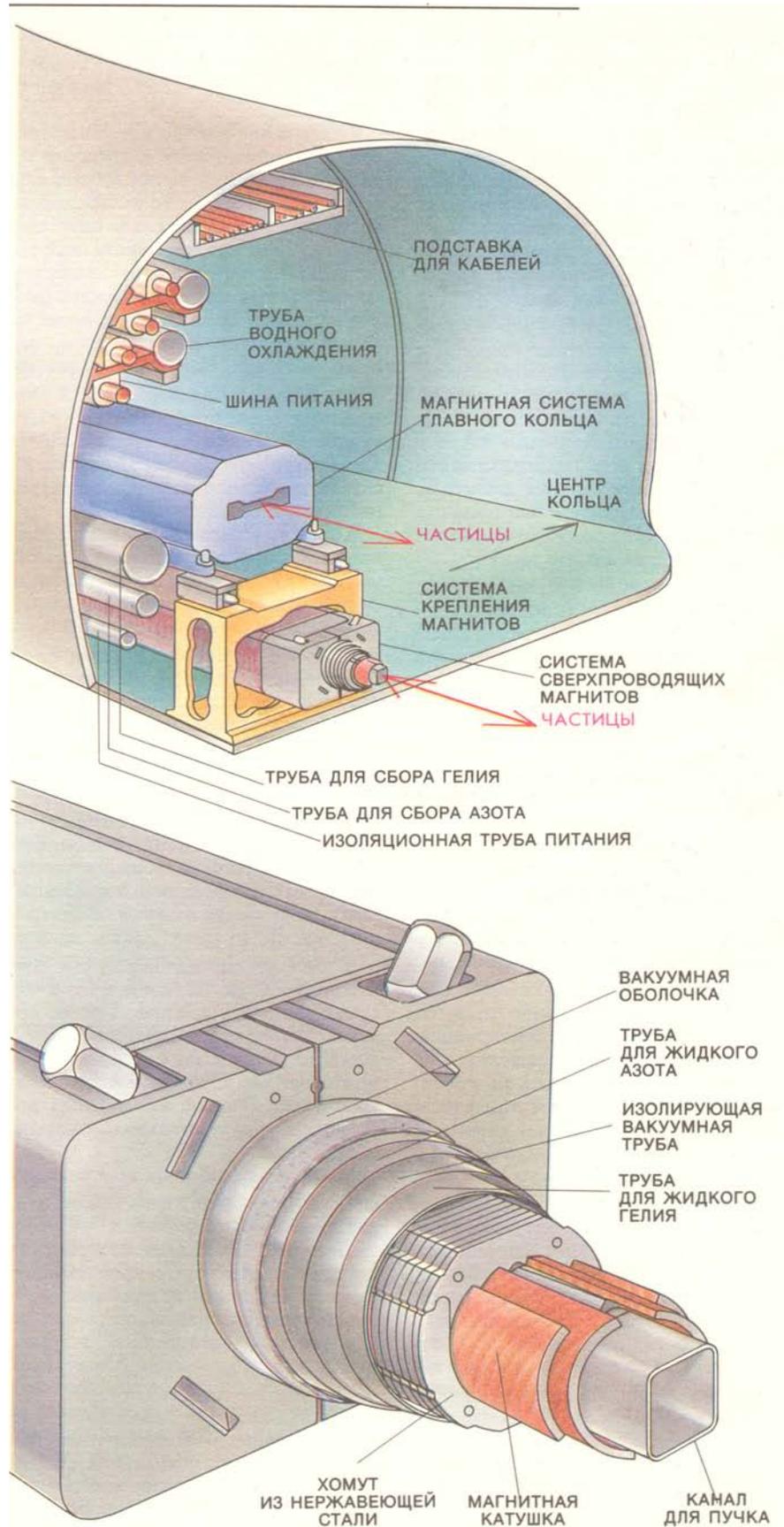
ми. Цель такого проекта - добиться ускорения протонов и антипротонов до энергий 1 ТэВ и довести число соударений примерно до 50000 в секунду при полной энергии 2 ТэВ.

В течение 1979-1987 гг. эта программа была осуществлена в соответствии с планом, намеченным в 1978 г. Финансовые затраты составили около 250 млн. долл. Министерство энергетики США контролировало и финансировало программу, но не без «бури и натиска». Нашим англом-хранителем стал А. Мравка, сотрудник министерства, который вел в успех программы и знал, как вести переговоры с чиновниками.

В истории создания «Тэватрона» очень велика роль человеческого фактора, она полна героическими личностями. Физики, инженеры, множество талантливых любителей посвятили себя созданию самого мощного в мире ускорителя. Если бы потребовалось отметить один-единственный фактор, обеспечивающий успех всего предприятия, то это - удачное сочетание усилий физиков и инженеров.

Когда в 1979 г. в Fermilab началось проектирование «Тэватрона», мы знали, что эта задача значительно сложнее, чем создание любого из предшествовавших ускорителей. Для «Тэватрона» требовалась огромная криогенная система, чтобы охладить магниты ниже температуры, при которой они становятся сверхпроводящими. Для обеспечения термоизоляции, а также создания свободного пространства, где могли бы ускоряться частицы, была нужна сложная вакуумная система. Требовалось предусмотреть меры, обеспечивающие безопасность и защиту персонала и аппаратуры от воздействия энергии, накопленной в пучках частиц и магнитной системе. Для этого пришлось прибегнуть к помощи быстродействующих компьютеров, способных осуществлять непрерывный контроль таких параметров, как температура, давление, напряженность поля, уровень радиации и положение пучка. Наконец, «Тэватрон» надо было снабдить специальными детекторами для измерения энергии и траектории частиц, образующихся в столкновениях протонов и антипротонов. На проектирование и создание каждой из этих систем ушли годы.

Дж. Орр руководил проектом «Тэватрон» в целом. Элен Эдвардс была его заместителем и техническим директором. Т. Коллинз был главным конструктором ускоряющей системы. Толлестрап и Вильсон, которым помогал Р. Ланди, отвечали за сборочный конвейер, на котором изготавливались и испытывались магниты.



В ТУННЕЛЕ FERMILAB (вверху) размещены главное кольцо и система сверхпроводящих магнитов, которые образуют «Тэватрон»; ширина туннеля 3 м, высота 2,4 м. В 1982 г. «Тэватрон» был смонтирован под главным кольцом. Внизу показан разрез одного из дипольных магнитов «Тэватрона». Магнитная система охлаждается жидким гелием и жидким азотом.

Со сверхпроводящими магнитами ускорителя были связаны самые сложные технические проблемы. Магниты, которые заставляют частицы совершать 50000 оборотов в секунду по орбите длиной 6,3 км, должны удерживать их в области размером около 1 см вблизи центра вакуумной трубы. Магниты создают магнитное поле, потому что электрический ток протекает через сверхпроводящие проволочки. Качество поля зависит от точности, с которой эти проволочки размещены вокруг вакуумной трубы.

Чтобы направлять частицы, магниты должны создавать почти идеальное дипольное магнитное поле с северным полюсом над орбитой и с южным - под ней. Поскольку этого практически невозможно добиться, нужны квадрупольные и октупольные магниты, которые корректируют отклонения от дипольного поля.

На пути выполнения этой задачи возник ряд труднопреодолимых технических проблем. Огромные силы сжимают проволочки, когда через них протекает электрический ток, создающий требуемое магнитное поле. Хомуты из нержавеющей стали должны выдерживать многотонные нагрузки, изменяя свои размеры не более чем на тысячную долю сантиметра при длине каждого дипольного магнита 6,4 м.

По-видимому, самая трудная проблема возникает при ускорении частиц, когда токи быстро изменяются и примерно за 30 с возрастают до 4000 А. Изменяющиеся поля приводят к вибрациям и перекручиванию проволочек, между которыми возникает трение, и в результате выделяется тепло - заклятый враг сверхпроводящего состояния. Пути решения этих проблем разрабатывались на протяжении десятилетия в исследовательских лабораториях разных стран, но физики и инженеры Fermilab первыми добились успеха в период с 1973 по 1979 г.

Для изготовления сверхпроводящих проволочек в 1979 г. использовалась уникальная технология. Полые медные трубочки заполняли сплавом ниобия и титана, прошедшим тщательную металлургическую обработку. Связка из 2000 таких трубочек помещалась затем в медную оболочку диаметром 250 мм. В собранном виде этот узел нагревали в печи, сжимали под прессом и затем путем волочения получали нити диаметром 0,6 мм и длиной 50 км. В результате ниобий-титановые стерженьки превращались в тонкие волокна диаметром 10 мкм, изолированные друг от друга медным покрытием, поскольку при температуре сверхпроводящего перехода (ниже 5 К) медь ведет себя как диэлект-

рик. Сплетенные в кабель 23 волокна при сверхпроводящих температурах могут пропускать ток величиной 5000 А.

Работой на сборочной линии для серийного производства сверхпроводящих магнитов руководил Ланди. Его группа изготовила около 100 малых моделей и несколько сотен опытных образцов, прежде чем смогла добиться удовлетворительного качества магнитов. Им пришлось сделать около 900 диполей, 250 квадрупольей и сотни магнитов других типов, используемых для коррекции дефектов поля, создаваемого диполями и квадрупольями. Помимо этого они изготовили некоторое количество запасных частей для замены магнитов на случай их выхода из строя во время работы.

В 1980 г. в Fermilab был построен большой стенд для проверки механических, криогенных и магнитных свойств магнитов. Значения наиболее важных характеристик каждого магнита были заложены в программу компьютера, которая впоследствии использовалась для определения местоположения того или иного магнита, чтобы исправить остаточные дефекты магнитного поля.

РАБОТЫ по созданию криогенной системы, необходимой для обеспечения всех сверхпроводящих магнитов достаточным количеством хладагента, возглавили физик У. Фаулер и инженер К. Роуд. Главным звеном этой системы была установка по производству жидкого гелия, в то время самая большая в мире. Сейчас эта установка может производить 4500 л жидкого гелия в час и одновременно примерно такое же количество жидкого азота. Раньше жидкий азот доставлялся трейлерами каждые четыре часа.

Помимо обеспечения всех технических требований к конструкции «Тэватрона» проектировщики магнитов и криогенной системы разработали систему безопасности, предотвращающую возможное разрушение установки тремя потенциально опасными источниками накопленной энергии. Во-первых, в магнитах «Тэватрона» накапливается энергия до 400 млн. джоулей (Дж), что эквивалентно заряду примерно 1000 динамитных шашек. Во-вторых, совокупная энергия пучка частиц, ускоренных «Тэватроном» до энергии 1 ТэВ, эквивалентна 10 млн. Дж; этого вполне достаточно, чтобы «просверлить» отверстие в магните. В-третьих, для магнитов требуется 25 000 л жидкого гелия, который при испарении может быстро превратиться в 50 млн. л газа. Этого

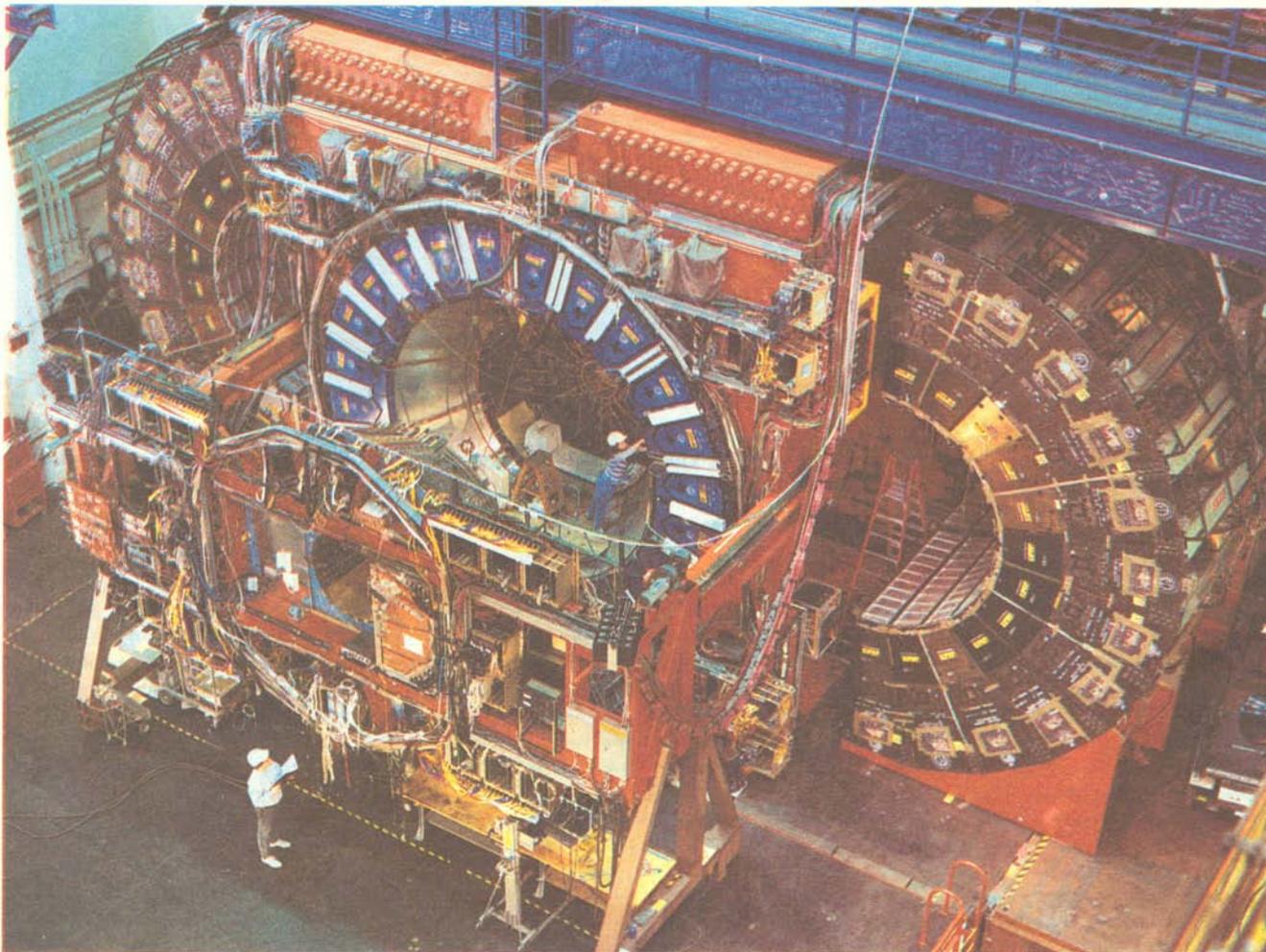
количества достаточно, чтобы наполнить дирижабль размером с футбольное поле и высотой с пятиэтажное здание. Существование каждого из этих источников энергии приводит к необходимости решения множества очень сложных технических проблем.

Например, если даже ничтожно малая доля ускоряемого пучка попадет в некоторые из сверхпроводящих проволочек, то частицы могут нагреть проволочки до такой степени, что они потеряют сверхпроводящие свойства. В этом случае проволочки начнут оказывать сопротивление электрическому току и выделять энергию, что приведет к еще большему нагреву и этих и соседних проволочек. В результате появится вероятность выделения огромной энергии магнитным полем; нагретый в трубах гелий будет стремиться расширяться, что может привести к взрыву. Для предотвращения такой опасности в Fermilab сконструировали систему автоматического выключения, которая способна быстро вывести пучок из ускорителя, сбросить ток в магнитах и выпустить испаряющийся гелий в трубу большого диаметра.

В июне 1982 г. было остановлено главное кольцо ускорителя в Fermilab. П. Лаймон, Т. Мэрфи и Л. Сауэр начали «дирижировать» хорошо организованным хаосом», каким представлялся процесс монтажа «Тэватрона». В момент максимальной активности монтажников к работам в туннеле приступили примерно 200 техников, сварщиков, электриков, инженеров и физиков. Все ресурсы Fermilab были брошены на производство 1200 сверхпроводящих элементов, источников питания, холодильников и криогенной сети.

После того как были смонтированы все узлы, соединены разъемы и устранена утечка, магниты охладили до рабочей температуры 4,7 К. В июне 1983 г. первый сгусток протонов был инжектирован в «Тэватрон» из главного кольца.

В ТО ВРЕМЯ как «Тэватрон» начал демонстрировать свои возможности, специалисты Fermilab сосредоточили внимание на источнике антипротонов и детекторе для протон-антипротонного коллайдера. Дж. Пиллс-младший возглавлял создание источника антипротонов с руководителями групп, проектирующих его отдельные системы - Дж. Маккарти, Дж. Дуганом, С. Холмсом и Э. Маламудом. Они были одержимы идеей создания установки, способной производить, собирать и накапливать по крайней мере 10 млрд. антипротонов в час, чтобы их можно было ин-



ДЕТЕКТОР КОЛЛАЙДЕРА в Fermilab записывает более 100000 протон-антипротонных столкновений в секунду. Аппаратура весом 5000 т расположена по отношению к пучкам частиц таким образом, что соударения происходят в

центре детектора. Дуги, отодвигаемые в сторону при необходимости ремонта, являются частью калориметра, измеряющего энергии частиц.

жектировать в ускоритель в виде серии сгустков.

Толлестрап и Р. Швиттерс из Гарвардского университета руководили разработкой детектора для коллайдера Fermilab (CDF), но в 1988 г. Швиттерс переехал в Даллас, где стал руководить Лабораторией сверхпроводящего суперколлайдера. Его заменил М. Шочет из Чикагского университета. Более 200 ученых, включая сотрудников 10 университетов, национальных лабораторий и институтов Японии и Италии, помогли соорудить этот детектор.

Детектор CDF весит 5000 т, но по точности работы его можно сравнить со швейцарскими часами. Этот уникальный прибор предназначен для анализа более 100 000 столкновений в секунду. Энергия вторичных частиц измеряется многочисленными датчиками. Траектории частиц фиксируются проводочными сетками, которые вырабатывают электрические импульсы, когда вблизи пролетает

заряженная частица. В типичном столкновении рождается 30 и более частиц. Об энергии и траектории каждой из них CDF выдает более 10 000 бит информации. Из более 100 с лишним миллиардов зарегистрированных соударений для детального анализа CDF выделяет около 5 млн. событий, представляющих поистине научный интерес.

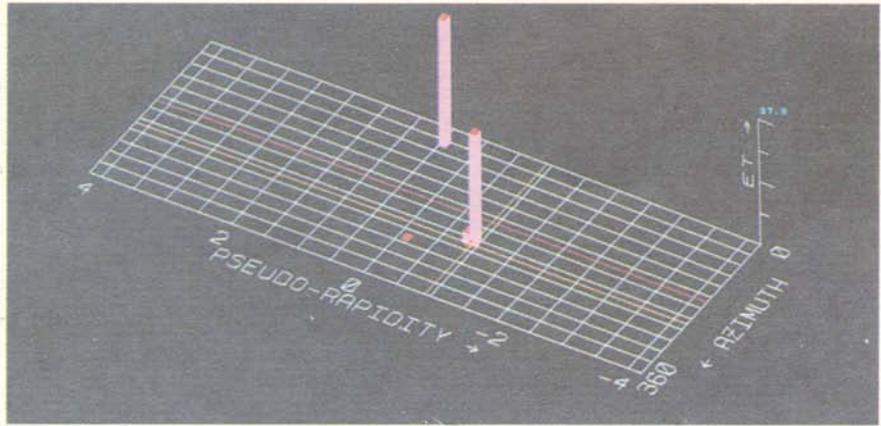
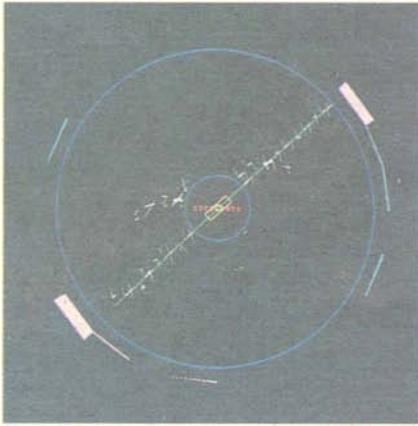
«Тэватрон», источник антипротонов и детектор CDF впервые были испытаны в серии экспериментов, начавшихся в январе 1987 г. Эти системы потребовали более изощренной расстановки ускорительных колец по сравнению со всеми ускорителями прежней конструкции. Процедура ускорения частиц в «Тэватроне» напоминает запуски космических кораблей НАСА. Операторы на пульте управления сверяют свои действия с инструкцией, перед тем как начать процесс, завершающийся протон-антипротонными столкновениями.

На первой стадии отрицательно за-

ряженные ионы водорода, состоящие из протона и двух электронов, вводятся в устройство, называемое ускорителем Кокрофта-Уолтона. Это устройство создает электромагнитное поле, ускоряющее ионы до энергии 750 тыс. электронвольт (эВ). Затем они попадают в линейный ускоритель длиной 150 м, где, проходя между электродами, к которым подведено переменное электрическое напряжение, они ускоряются до энергии 200 млн. эВ. Затем ионы пропускают через углеродную фольгу, где из них выделяются протоны.

На второй стадии ускорения протоны направляются для предварительного ускорения в синхротрон с длиной окружности 500 м, где их энергия повышается до 8 ГэВ. Затем протоны «впрыскиваются» в главное кольцо. Там протоны направляются и ускоряются с помощью более 1000 обычных магнитов с медными обмотками.

На третьей стадии ускорения протоны с энергией 120 ГэВ Фокусируют-



КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ частиц, рожденных в столкновениях протонов и антипротонов в «Тэватроне». На диаграммах слева показаны траектории частиц. На гра-

фиках справа указано место, где частица попала в детектор, и количество выделенной энергии. На двух первых изображениях (вверху) показана Z^0 -частица, распавшаяся

в небольшие сгустки. Сгустки выводятся из главного кольца и направляются на медную мишень, где они порождают антипротоны. За каждый импульс можно накопить около 20 млн. антипротонов. Затем антипротоны фокусируются литиевыми линзами - цилиндрами с жидким литием, которые превращают импульсы тока величиной 600 000 А в фокусирующее магнитное поле.

На четвертой стадии литиевые линзы направляют антипротоны в так называемый дефокусатор - первое антипротонное накопительное кольцо с длиной окружности около 520 м. Дефокусатор спроектирован для сжатия антипротонов, чтобы они занимали как можно меньше «местан». Можно понять, как работает дефокусатор, если вообразить себя сидящим на антипротоне в центре сгустка. С этого интересного, но ненадежного пункта наблюдения можно увидеть, что одни антипротоны движутся быстрее, другие медленнее, а третьи - колеблются из стороны в сторону. Из-за этого антипротоны в целом занимают довольно много места в пространстве, что затрудняет управление ими и мешает введению новых антипротонов.

Для повышения плотности антипротонов в дефокусаторе применяются два способа охлаждения. Первый, называемый дефокусировкой, разработан сотрудниками Fermilab. При вращении сгустка антипротонов по кольцу он постоянно ускоряется под действием управляемого компьютером и изменяющегося по сложному закону напряжения на радиочастоте. Это напряжение замедляет более быстрые частицы и ускоряет более медленные, выравнивая тем самым энергии частиц в накапливаемом пучке. Другой метод, стохастическое охлаждение, подавляет поперечное

движение антипротонов. В этом методе частицы, орбиты которых сильно отклоняются от идеальных, идентифицируются датчиками. Затем датчики посылают корректирующие сигналы к электродам, которые подправляют траектории отклонившихся частиц.

После того как дефокусатор сжал пучок по энергии и размерам, начинается пятая стадия ускорения. Около 20 млрд. антипротонов в час посылаются в кольцо, называемое аккумулятором. В аккумуляторе несколько независимых систем продолжают дальнейшее охлаждение антипротонов, значительно (примерно в миллион раз) повышая плотность пучка. Через 4 ч аккумуляторное кольцо содержит около 200 млрд. антипротонов, готовых к «запуску» главное кольцо.

В ЭТО ЖЕ время на четвертой и пятой стадиях главное кольцо ускоряет 500 млрд. протонов до энергии 150 ГэВ. Затем протоны переводятся в кольцо «Тэватрона», где они ждут антипротоны.

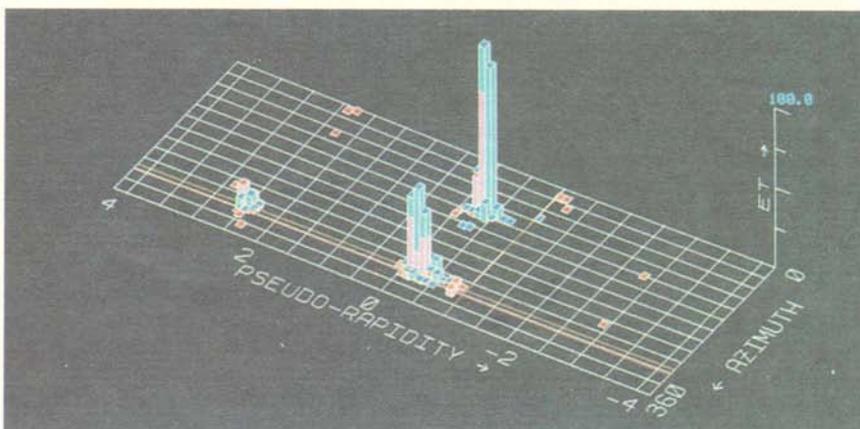
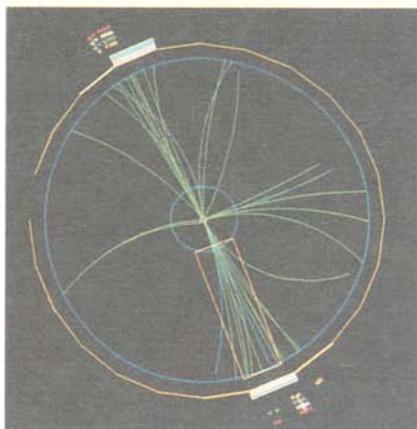
На шестой стадии часть накопленных антипротонов переводится в главное кольцо. Там антипротоны ускоряются до энергии 150 ГэВ и вводятся в кольцо «Тэватрона» где циркулируют протоны. Протоны заряжены положительно, а антипротоны - отрицательно, поэтому они вращаются в противоположных направлениях. Много раз антипротонные сгустки проходят сквозь сгустки протонов, но на этой стадии они слишком разрежены и заметного числа соударений не происходит.

В первые 60 с заключительной стадии оба сгустка частиц ускоряются до полной энергии. Затем сильные квадрупольные магниты «Тэватрона»

сближают частицы. На этой стадии ускорения может быть легко нарушено хрупкое равновесие циркулирующих сгустков, и частицы рассеиваются во все стороны. Если все идет как надо, то пучки фокусируются до размеров около 0,1 мм в диаметре, что сравнимо с толщиной человеческого волоса. Фокусировка значительно повышает плотность каждого из сгустков. Теперь уже каждый раз, когда пути сгустков пересекаются с вероятностью 50% произойдет столкновение какого-то из протонов с антипротоном. В соответствии с первоначальным проектом в центре детектора частица за 1 с должно происходить более 50000 соударений.

Первая серия экспериментов на коллайдере закончилась в мае 1987 г. В июле 1988 г. началась вторая серия, продолжавшаяся 11 месяцев. За это время на «Тэватроне» была достигнута энергия столкновения 1,8 ТэВ. Число столкновений в секунду было повышено от нескольких сотен до 120000. Это более чем вдвое превышает первоначально проектировавшееся значение. На «Тэватроне» произошло в целом около 100 млрд. столкновений протонов с антипротонами. Пучок циркулирующих частиц может поддерживаться в течение 20 ч. Затем пучки медленно уменьшаются в размерах и становятся более разреженными из-за рассеяния частиц на оставшихся в вакуумных трубах газах и по другим причинам, которые пока еще не выяснены. При этом «Тэватрон» потребляет всего 20 МВт (по сравнению с 60 МВт, потреблявшимися Fermilab в 1979 г.).

Одним из наиболее удовлетворительных результатов этих первых экспериментов было подтверждение предположения о возможности пря-



на электрон и позитрон, На двух других - кварк, распавшийся на две струи из протонов, нейтронов, мезонов и других барионов, Решетка представляет внутреннюю структу-

ру детектора, как если бы устройство цилиндрической формы было разрезано и развернуто в плоскость, Деления на шкале ET приведены в миллиардах электронвольт,

мого анализа протон-антипротонных столкновений. Этот вывод не столь очевиден, если вспомнить, что протон представляет собой смесь из трех кварков и множества частиц (глюонов), переносящих взаимодействия. Аналогично антипротоны являются антисмесью. Представлял ось вполне возможным, что столкновение между протоном и антипротоном приведет к такой нерасшифровываемой мешанине, в которой интересное поведение некоторых частиц будет замаскировано всеми остальными частицами. Оказалось, однако, что большинство частиц, рождаемых в столкновениях, имеют столь низкую энергию, что играют роль «наблюдателей» в главных событиях. Испускаются только несколько частиц высоких энергий, ясно указывающих на соударение кварка протона и другого кварка из антипротона.

Разнообразные частицы высоких энергий могут быть проанализированы с помощью детектора CDF. Электроны, мюоны и фотоны легко идентифицируются по их траекториям и энергиям. Кварки проявляются в виде струй, т. е. пучков пионов, протонов, нейтронов и каонов. Такие короткоживущие частицы как W и Z , при распаде также оставляют вполне распознаваемые следы. Во многих случаях появление нейтрино, не регистрируемое CDF непосредственно, обнаруживается по «пропавшему» импульсу.

КОНЦУ 1990 г. исследователи Fermilab опубликовали около 25 статей, посвященных подробному рассмотрению таких важных вопросов, как размеры кварков, природа слабого и электромагнитного взаимодействий, свойства «прелестных» кварков и нижняя граница на массу t -кварков.

В стандартной модели предполагается, что кварки действительно являются фундаментальными составляющими вещества, не имеющими ни внутренней структуры, ни пространственных размеров. Они считаются точечными частицами с нулевым радиусом. Если это на самом деле так, то кварки должны рассеиваться друг на друге совершенно иначе, чем при наличии пространственных размеров или какой-либо структуры. Поэтому исследователи могут получить информацию о внутренней структуре кварков по распределению струй, возникающих в столкновениях между ними. До сих пор результаты, полученные на CDF, согласуются со стандартной моделью. Если же кварки все-таки имеют конечные размеры, то их радиус не превышает $2 \cdot 10^{-19}$ м (что по крайней мере в 4000 раз меньше радиуса протона).

Чтобы определить характерные параметры электромагнитного и слабого взаимодействий, ученые Fermilab изучили свойства распадов частиц W^+ , W^- и Z^0 и измерили значения их масс. Хотя в 1987 г. результаты, полученные на CDF, были самыми точными в мире, вскоре они были перекрыты на «Z-фабриках» какими стали электрон-позитронные коллайдеры в Станфордском университете и ЦЕРНе. С другой стороны, результаты CDF, дополненные данными с протон-антипротонного коллайдера ЦЕРНа, дали предварительную информацию о свойствах W -частиц.

В последние два десятилетия физики пришли к пониманию того, что слабое и электромагнитное взаимодействия есть проявления более тонкого взаимодействия, называемого электрослабым. В Fermilab был изменен характерный параметр электро-

слабого взаимодействия - так называемый угол слабого смешивания. Этот параметр описывает относительную интенсивность слабого и электромагнитного взаимодействий в «едином электрослабом содружестве».

Недавно Fermilab сообщила интересные данные о рождении B -мезонов (частиц, состоящих из «прелестного» кварка и одного из антикварков, d или s). В серии экспериментов 1989 г. было записано столько же событий рождения B -мезона, сколько на всех электрон-позитронных коллайдерах вместе взятых. Серия 1991 г. обещает повысить этот урожай в 100 раз.

Физики полагают, что детальное изучение распадов B -мезонов приведет к лучшему пониманию происхождения вещества. В последние годы мы узнали, что происхождение вещества в ранней Вселенной обусловлено ничтожно малым нарушением глубинной симметрии между веществом и антивеществом, называемой CP -симметрией (от англ. charge - заряд и parity - четность). В следующем десятилетии изучение нарушения этой симметрии в распадах B -мезонов станет главным направлением научных исследований на «Тэватроне».

Одной из важнейших задач Fermilab был также поиск событий с рождением и распадом t -кварка. Пока на детекторе CDF обнаружено лишь одно подозрительное событие. Используя теоретические предсказания о числе событий, которые должны были бы наблюдаться на CDF при разных предполагаемых значениях массы t -кварка, ученые пришли к выводу, что масса t -кварка превышает 90 ГэВ.

Почему t -кварк настолько тяжелее своего ближайшего родственника, «прелестного» b -кварка с массой 5 ГэВ?

Ответ на этот вопрос тесно связан с самой таинственной загадкой физики элементарных частиц - происхождением масс частиц. Наиболее элегантные теории предсказывают, что кварки должны иметь нулевую или очень малую массу. Поэтому встает вопрос, является ли t-кварк только anomalously тяжелым «наблюдателем» событий микромира или же здесь скрыт ключ к внутренней структуре стандартной модели? В настоящее время «Тэватрон» представляет собой единственный ускоритель в мире, на котором можно заняться исследованием этой проблемы. В следующее десятилетие планируется постепенное увеличение чувствительности детектора CDF, для того чтобы обнаружить t-кварк.

В ТЕЧЕНИЕ последних шести лет, когда в Fermilab «Тэватрон» совершенствовался и использовался как коллайдер, мы продолжали получать важные результаты по программе экспериментов с неподвижной мишенью. В них мощь «Тэватрона» использовалась для формирования пучков мюонов, нейтрино, пионов и других частиц. Высокая энергия пучков и другие отличные характеристики «Тэватрона» позволили получить данные непревзойденного качества в более чем 20 экспериментах.

Одним из наиболее интересных примеров является исследование свойств частиц, имеющих в составе «очарован-НБЙ»-с-кварк. В серии 1987 г. было набрано и детально проанализировано большее число «очарованных» событий, чем на всех установках в мире за все время с момента открытия этого кварка в 1975 г. Полученные результаты стали «золотым дном» для тех ученых, кому нужны данные о временах жизни, новых состояниях и модах

распада «очарованных» частиц.

В июле 1989 г. «Тэватрон» вошел в заключительную стадию своей программы. К этому времени я ушел с поста директора Fermilab. Во главе лаборатории стал Дж. Пиплс-младший. В программе, названной «Ферми III», предполагается использование самого мощного линейного ускорителя и нового главного кольца для инжектирования частиц в «Тэватрон». Реализация программы «Ферми III» должна привести к увеличению числа столкновений в «Тэватроне» с 120 тыс. до более 6 млн. столкновений в секунду. Благодаря этой модернизации в 1996 г. «Тэватрон» станет чувствительным к событиям с участием t-кварка, даже если его масса достигает 250 ГэВ.

В рамках выполнения программы «Ферми III» планируется также завершить создание второго детектора - DZERO, предназначенного для экспериментов, которые должны начаться в 1992 г. В конструкции DZERO использован богатый опыт, приобретенный ЦЕРНом в первых исследованиях на протон-антипротонном коллайдере. П. Граннис из Университета шт. Нью-Йорк в Стоуни-Брук и Ю. Фиск из Fermilab руководят проектом DZERO, в котором сотрудничают около 17 американских и иностранных научных организаций. По мере постепенного совершенствования детектора для более полного соответствия эксплуатационным качествам ускорителя, «Тэватрон» будет снова стремиться заглянуть внутрь кварка и электрона и подвергнуть стандартную модель проверкам с высокой точностью.

Первые работы специалистов Fermilab по развитию технологии сверхпроводящих магнитов в значительной степени повлияли на будущее ускорителей.

Вскоре на нескольких из них будут использоваться сверхпроводящие магниты, включая протонное кольцо на энергию 800 ГэВ, запускаемое в этом году в Лаборатории DESY, и протонный ускоритель на энергию 3 ТэВ, планируемое к запуску в 1995 г. в Институте физики высоких энергий в Серпухове (СССР). Однако наиболее важное достижение (разумеется, с точки зрения перспектив для США) - это решение о сооружении сверхпроводящего суперколлайдера SSC. В двух его протонных кольцах на энергию 20 ТэВ будет использоваться 10 000 сверхпроводящих магнитов.

Программа «Тэватрон» входит в свое второе десятилетие. Самым своим существованием она подтверждает правильность тех принципов финансирования, которые утвердились в Fermilab - наша лаборатория существует для служения всему университетскому научному сообществу. Важно подчеркнуть, что в типичную университетскую группу, сотрудничающую с Fermilab, входят примерно столько же людей, сколько и в другие экспериментальные группы, работающие в университетах. Fermilab и прочие объекты «большой науки» должны оцениваться с точки зрения научной значимости их работы и тех возможностей, которые они предоставляют как умудренным опытом профессорам, так и молодым исследователям, океанографы, астрономы, специалисты по молекулярной биологии и физике элементарных частиц ломают головы над трудностями эксплуатации на паях больших установок. Мы должны научиться справляться с человеческими проблемами, особенно с проблемой сохранения творческих способностей и инициативы, если хотим продолжать раскрывать тайны природы.

Наука и общество

Снимок мозга без рентгена

ЛЕТ ЧЕРЕЗ 10 врачи во время общих медосмотров, возможно, смогут устанавливать относительное «самочувствие» вашего мозга. Эту важную задачу можно будет решить с помощью миниатюрных датчиков, способных измерять активность нервных клеток. Эти устройства, называемые сверхпроводящими квантовыми интерференционными приборами (СКИП), настолько чувствительны, что могут регистрировать очень слабые магнит-

ные поля в области сердца, мозга и других органов, где генерируется электрический ток. В отличие от многих медицинских приборов, позволяющих получать изображения различных участков человеческого тела путем их облучения, СКИПы абсолютно пассивны и никак на организм не воздействуют.

Хотя СКИПы впервые были испытаны 20 лет назад, они не вошли в медицинскую практику. Эти дорогостоящие приборы были сделаны из ниобия, сверхпроводящего элемента, который нужно было охлаждать до 4 К жидким

гелием. Лишь несколько компаний, включая Siemens Medical Systems в Германии и Biomagnetic Technologies Incorporated (BTI) в Сан-Диего (США), разработали такие биомагнитометры для медицинских исследований.

Теперь благодаря последним достижениям в области высокотемпературной сверхпроводимости развитие медицинской техники может получить новый импульс ускорения. В течение последних полутора лет ученые Исследовательского центра им. Т. Уотсона фирмы IBM и Калифорнийского уни-

верситета в Беркли независимо друг от друга изготовили магнитометры на СКИПах, используя тонкопленочные высокотемпературные сверхпроводящие материалы на основе оксидов иттрия, бария и меди либо таллия, бария, кальция и меди.

Эти материалы становятся сверхпроводящими при температуре жидкого азота, т. е. при относительно высокой температуре, равной 77 К. Высокотемпературные СКИПы не нужно погружать в сосуд с жидким гелием и устанавливать над головой пациента подобно рентгеновскому аппарату. Вместо этого разработчики могут сделать шлем или придумать какую-либо иную гибкую конструкцию, на которой размещалось бы множество датчиков и которая облегла бы голову.

Такой «думающий колпак» позволит ученым одновременно сравнивать нервную деятельность различных участков мозга и картографировать расположение зон, ответственных за мыслительные функции более высокого порядка. Кроме того, высокотемпературные СКИПы позволят понизить на несколько сотен тысяч долларов цены на приборы, изготовленные с применением металлических сверхпроводников, стоимость которых в настоящее время достигает двух с лишним миллионов долларов.

Пройдет несколько лет, и производство высокотемпературных СКИПов будет налажено в промышленном масштабе. Лишь 10%, а то и меньшая доля всех приборов, сделанных до сих пор двумя упомянутыми научными центрами в США, оказались работоспособными, потому что изготовить чувствительные элементы из высокотемпературных сверхпроводящих материалов технологически крайне тяжело. «Время расцвета высокотемпературных СКИПов еще не наступило», - заявил Р. Кох, руководитель научных исследований в области сверхпроводимости в фирме IBM.

Кроме того, повышенный уровень шума при более высоких температурах может породить немало проблем. Фирма Siemens, которая разрабатывает магнитометр, охлаждаемый жидким гелием, решила отказаться от дальнейших работ по созданию высокотемпературных СКИПов, поскольку они имеют низкую величину отношения сигнал/шум. Специалисты Siemens полагают, что им удастся создать не уступающие по своим достоинствам приборы в виде решеток из 37 низкотемпературных датчиков.

Прежде чем биомагнитный принцип получения изображения станет применяться на практике в основных лечебных центрах, разработчики должны будут позаботиться о создании мето-

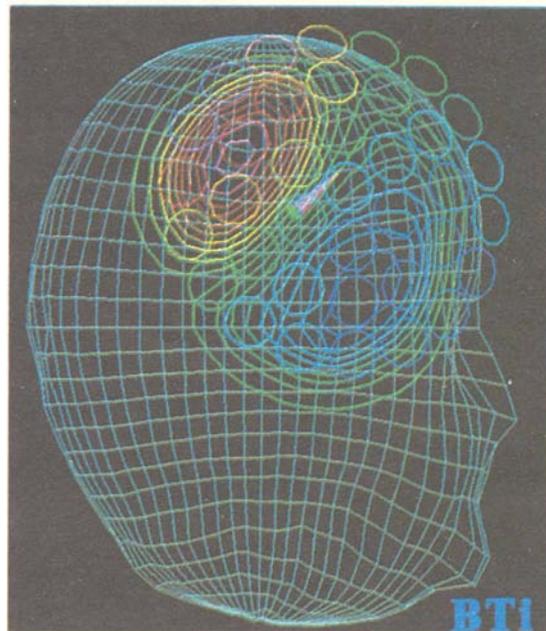
дики простой интерпретации информации, регистрируемой магнитометрами. Расшифровка линий, очерчивающих магнитное поле и напоминающих гипсометрические карты холмистой местности, требует специальной профессиональной подготовки. Важно установить координаты источника поля, которые затем можно будет наложить на изображение, полученное с помощью магниторезонансных систем, и таким образом сформировать визуальную картину местоположения электрически активных нервных окончаний.

Существующие биомагнитометры используются только для клинических и фундаментальных исследований. Управление по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) разрешило фирме ВТИ использовать про изводимые ею низкотемпературные магнитометры с набором из 37 датчиков для обнаружения магнитных полей в мозге, но фирме еще предстоит найти какую-нибудь страховую компанию, которая согласилась бы возместить возможные убытки. ВТИ, которая, кроме того, ведет разработки высокотемпературных сверхпроводников, ожидает приемлемых для нее предложений со стороны медицинских учреждений.

И такие предложения поступают. Оказалось, что с помощью СКИПов можно неинвазивно (без физического вмешательства в организм), точно установить область мозга, обуславливающую приступы эпилепсии, и уж потом приступить к хирургической операции.

Если бы речь шла только об эпилепсии, то не стоило бы и говорить о «широкой улице» для биомагнитного метода в медицине, поскольку эта болезнь обычно поддается лечению лекарственными средствами. Но имеются данные, позволяющие предположить, что этот метод может оказаться полезным для выявления в магнитных полях мозга аномалий, связанных с болезнью Альцгеймера.

Он может также оказаться полезным в определении причин аритмии и других нарушений сердечной деятельности, не прибегая к введению катетера. Кроме того, биомагнетизм может



БИОМАГНИТНЫЙ принцип позволяет получить изображение магнитного поля, генерируемого мозгом. Одно семейство концентрических колец расположено там, где силовые линии входят в ткань мозга, а другое - там, где они выходят. Нервная активность создается в вершине конусообразной зоны между семействами колец. Места расположения датчиков отмечены маленькими кружками. (Снимок предоставлен фирмой ВТИ.)

расширить пределы исследований в области психологии познания. Начиная с 1975 г. ученые из Центра неврологии при Нью-Йоркском университете - физик С. Уильямсон и психолог Л. Кауфман - используют низкотемпературные магнитометры для картографирования зон, связанных с сенсорными функциями мозга. Им впервые удалось составить так называемую тональную карту, т. е. выявить расположение особых зон в коре головного мозга человека, которые реагируют на различные частоты звука.

Хотя Нью-Йоркский университет первым использовал биомагнетизм в целях изучения сенсорной деятельности, в настоящее время этот метод исследования практикуется примерно в 50 лабораториях различных стран мира. Следующий основной шаг в данном направлении - это изучение мыслительной деятельности, например выявление роли зрительных областей коры в формировании мыслительных образов. Эти первые шаги могут в конечном итоге привести к созданию базы данных о сенсорных и когнитивных функциях мозга - фундамента, опираясь на который врачи-практики смогут проводить ежегодные обследования умственных способностей пациентов.

Чем регулируется клеточный цикл

Хотя основные события жизненного цикла клетки, приводящие к возникновению новых клеток, давно известны, лишь теперь становится понятным, каким образом они регулируются. Главным регулятором практически у всех организмов может быть один и тот же белок

ЭНДРЮ У. МЮРРЕЙ, МАРК У. КИРШНЕР

КНАЧАЛУ XX в. основные события клеточного цикла, включающего процессы роста и деления отдельной клетки, были установлены. Однако до недавнего времени очень мало было известно о том, чем регулируется этот цикл, который у человека играет важнейшую роль не только при размножении, но также в ходе роста, при регенерации тканей, иммунном ответе и многих других процессах.

За последние пять лет два направления исследований независимо привели к потрясающему открытию. По-видимому, у эукариот (к которым относятся все живые организмы, за исключением бактерий и вирусов) клеточный цикл в значительной степени определяется изменениями активности одного-единственного белка, обозначаемого *cdc 2*.

Это открытие замечательно не только тем, что проливает свет на проблему, которая десятки лет оставалась одной из главных загадок биологии клетки. Глубокое понимание регуляции клеточного цикла может иметь важное применение в медицине. Оно поможет, с одной стороны, найти новые способы индукции пролиферации клеток, что необходимо для восстановления поврежденных органов или тканей (в том числе, возможно, и зрелых нейронов, которые не способны к делению), а с другой стороны, укажет пути предотвращения безудержного размножения раковых клеток.

В какой-то степени последние этапы истории изучения клеточного цикла напоминают завершение, сооружения первой трансконтинентальной железной дороги в США, когда две группы строителей, работавшие совершенно отдельно друг от друга, воссоединились, наконец, в 1869 г., забив золотой гвоздь в Промонтори (шт. Юта). А в исследованиях клеточ-

ного цикла биохимики и физиологи, которые изучали яйцеклетки лягушки, и генетики, изучавшие клетки дрожжей, через 20 лет после начала независимых исследований достигли замечательного единства представлений.

КОГДА эти работы начинались, обе линии исследований исходили из одних и тех же фактов. Например, в XIX в. по данным микроскопии и другим было установлено, что клеточный цикл состоит из двух основных фаз - фазы роста, или интерфазы и фазы деления, которое осуществляется путем митоза либо мейоза (см. рисунок на с. 25).

Во время интерфазы клеточное ядро находится в состоянии покоя. Клетка тем временем непрерывно растет, запасая материал для образования двух клеток. Незадолго перед митозом в ядре происходит репликация (удвоение) хромосом, которые содержат ДНК, образующую гены.

В ходе митоза из одного ядра образуются два. Вначале распадается ядерная оболочка, и хромосомы, которые к этому времени уже удвоились, присоединяются к структуре, называемой митотическим веретеном. Затем при посредстве веретена осуществляется расхождение парных хромосом, в результате чего дочерние клетки получают строго по одной копии каждой хромосомы. Наконец, вокруг каждого хромосомного набора формируется ядерная оболочка и делится оставшая часть клетки, включая цитоплазму. Таким образом получают две полноценные дочерние клетки, которые генетически идентичны родительской клетке (см. статью: Дж. Макинтош, К. Макдональд. Митотическое веретено, «В мире науки», 1989, № 12).

В некоторых случаях вместо митотического происходит мейотическое

деление клетки. При половом размножении новый организм возникает в результате слияния двух половых клеток - яйцеклетки и сперматозоида. Поскольку клетки последующих поколений должны содержать то же число хромосом, что и родительские клетки, в половых клетках хромосом должно быть в два раза меньше. Сокращение числа хромосом вдвое осуществляется в ходе мейоза, когда клетки-предшественники яйцеклеток и сперматозоидов дважды претерпевают расхождение хромосом без промежуточного периода репликации. У самок деление предшественников половых клеток происходит симметрично, так что образуются четыре сперматозоида. У самок клетки-предшественники делятся асимметрично, давая одну крупную яйцеклетку и три небольшие клетки, которые деградируют.

Еще 20 лет назад было ясно, что для клеточного цикла характерна весьма совершенная регуляция. Так, контролируются размеры клетки. К концу митоза новообразованные соматические (неполовые) клетки имеют такие же размеры, какие были у родительской клетки в момент ее образования; это означает, что клетка приступает к делению в точности в тот момент, когда масса ее удвоилась.

Клетки должны также координировать различные стадии цикла. Например, митоз или мейоз не должны начинаться, пока хромосомы не реплицировались. В противном случае в дочерней клетке может отсутствовать какая-то из хромосом. Подобные aberrации могут быть причиной гибели клеток, а иногда - рака. Каким образом координируются расхождение хромосом и репликация, а также оба этих процесса и само деление клетки? Ответить на этот вопрос долгое время не удавалось.

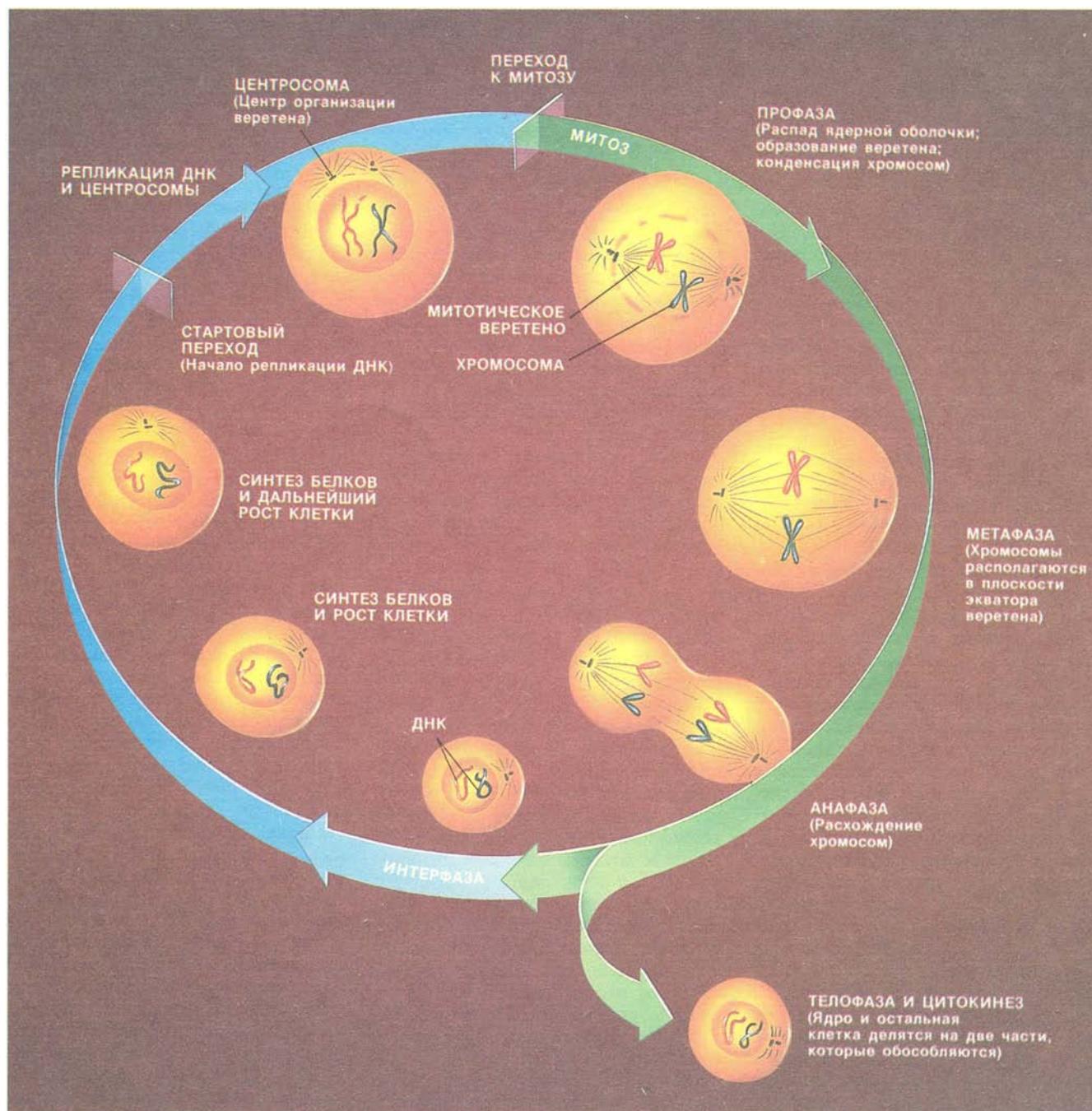
В 1971 г. И. Масуи, который рабо-

тал тогда в Йельском университете, и Л. Смит, в то время сотрудник Аргоннской национальной лаборатории, независимо друг от друга получили результаты, которые существенно приблизили решение загадки регуляции. Они идентифицировали в яйцеклетках лягушки вещество, от которого, по-видимому, зависит начало митоза и мейоза.

Чтобы объяснить суть открытия

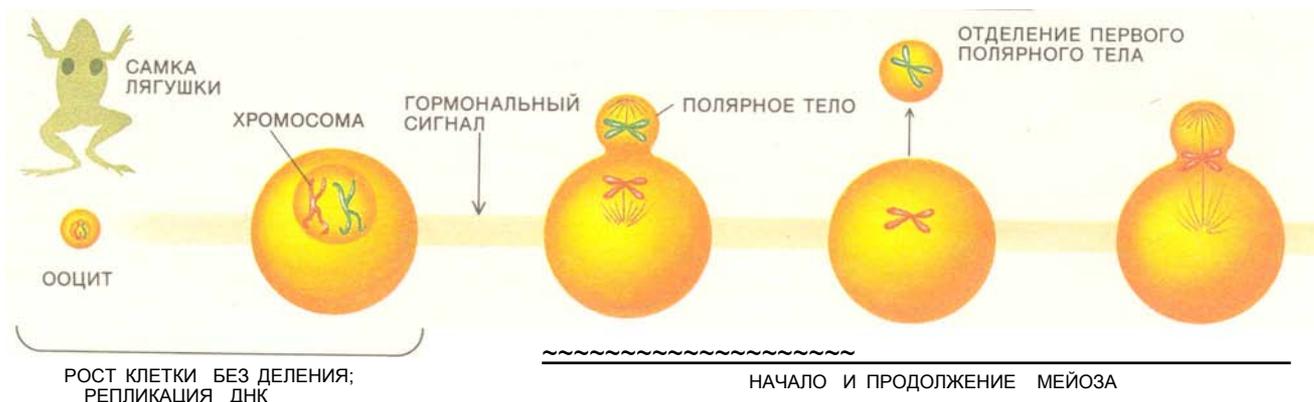
Масуи и Смита, кратко напомним, как происходит развитие этих клеток (см. рисунок на с. 26-27) В яичниках образуются предшественники яйцеклеток, называемые ооцитами. Вначале их размеры невелики. После того как хромосомы реплицируются, клетки растут не делясь и увеличиваются в размерах во много раз. В этом состоянии они пребывают неопределенно долгое время - до тех пор, пока не

произойдет их гормональная стимуляция. В результате воздействия гормона начинается мейоз и образующиеся яйцеклетки выходят из яичника. Если они оплодотворяются сперматозоидами, то мейоз завершается. Вскоре оплодотворенная яйцеклетка приступает к митозу, а затем клеточный цикл, включающий митотическое деление, повторяется многократно,



КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ, итогом которого является размножение клеток, состоит из двух фаз - интерфазы, во время которой клетка растет, и митоза, в результате которого из одной клетки образуются две. В клетках эмбриона на ранних стадиях развития митоз по времени занимает приблизительно 40% цикла, в других клетках, как правило, - менее

10%. В клеточном цикле есть две ключевые переходные стадии, подверженные строгой регуляции. На одной из них, называемой стартовым переходом, определяется, начнется ли репликация ДНК. На другой решается, вступит ли клетка в митоз. Главным регулятором обеих стадий является белок *cdc 2*.



ДВА ТИПА КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА имеют место при возникновении нового организма - в данном случае лягушки, Предшественники яйцеклеток, называемые ооцитами, образуются в яичниках, Ооциты растут, и в них происходит

репликация ДНК. Затем по гормональному сигналу начинается мейотическое деление, в результате которого получаются клетки, содержащие половину нормального (двойного) набора хромосом, Ооциты делятся асимметрично, Сна-

Масуи и Смит установили, что ооциты лягушки на стадии мейоза содержат вещество, которое способно индуцировать этот процесс в незрелых ооцитах, которые уже завершили рост, но еще не получили гормонального сигнала, к началу мейоза. Поскольку в данном случае о мейозе часто говорят как о созревании, Масуи назвал это вещество фактором созревания (сокращенно MPF - от англ. maturation promoting factor).

Позже другие исследователи обнаружили подобный активный фактор во всех изученных митотических клетках, в том числе в клетках дрожжей, морских беспозвоночных и млекопитающих. Оказалось, что MPF, который удалось выделить только в 1988 г., является главным регулятором как митоза, так и мейоза.

Поскольку митоз и мейоз связаны с многочисленными изменениями в ядре, такими, как образование веретена, представлял ось разумным предположить, что события, происходящие в ядре, влияют на механизмы, обеспечивающие клеточный цикл, в том числе на активность MPF. Однако К. Хара и П. Тидеманн из Хубрехтовской лаборатории в Утрехте, а также один из авторов этой статьи, а именно Киршнер, получили убедительные данные, свидетельствующие против этого предположения.

Первые сомнения появились, когда эти исследователи стали выяснять причины значительного сокращения, которое претерпевают яйцеклетки лягушки, когда вступают в митоз. Считалось, что это сокращение имеет отношение к клеточному делению. Однако, когда митоз блокировали, оно тем не менее регулярно происходило. Ни блокирование образования веретена, ни полное удаление ядра не предотвращали периодического сокращения.

На основании этих данных был сделан вывод, что клеточный цикл в яйцеклетках лягушки не зависит от событий, происходящих в ядре, а управляется автономным осциллятором - набором химических реакций в цитоплазме, которые с регулярностью часового механизма вызывают периодическое сокращение яйцеклетки и, возможно, определяют также другие аспекты митоза.

Определяет ли этот осциллятор наподобие часового механизма активность MPF? Дж. Герхарт и М. Ву из Калифорнийского университета в Беркли, а также Киршнер продемонстрировали, что это действительно так. Они установили, что активность MPF флуктуирует: неизменно обнаруживается во время митоза и отсутствует в интерфазе. Кроме того, регулярные колебания активности MPF наблюдались даже тогда, когда были нарушены события в ядре.

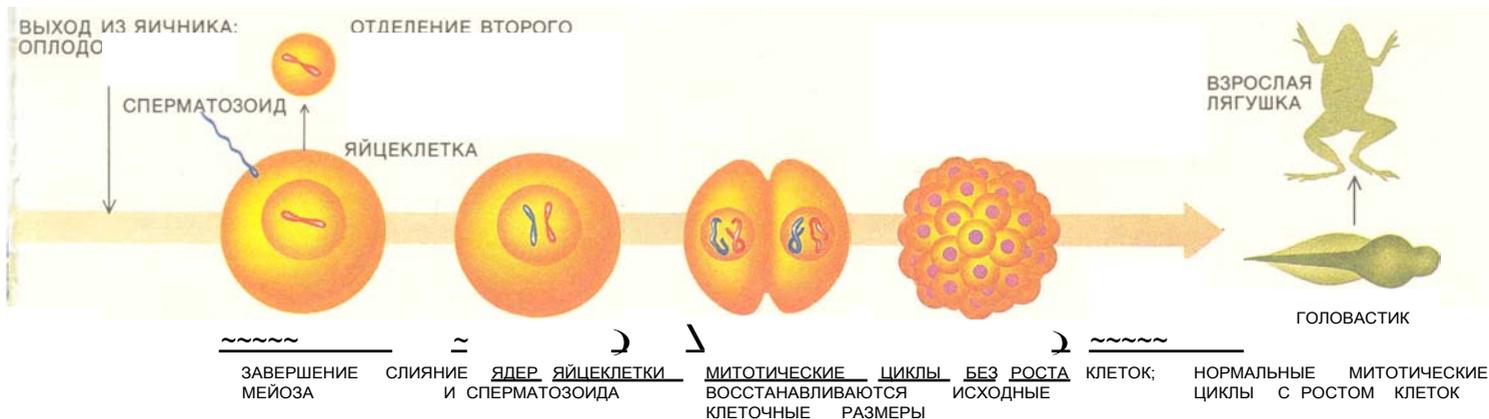
Дальнейшие исследования дали ключ к пониманию того, каким образом регулируется MPF. Как выяснилось, только что оплодотворенная яйцеклетка лягушки содержит запасы веществ, необходимых для репликации ДНК и построения митотического веретена, поэтому эти вещества не синтезируются заново в течение нескольких первых митотических циклов после оплодотворения. Однако для того, чтобы начался митоз, в течение интерфазы в цитоплазме должны быть синтезированы определенные белки.

Кроме того, было показано, что если синтез белков в интерфазе искусственно подавлен, то митоз можно тем не менее инициировать инъекцией в клетку грубого экстракта активного MPF. Это открытие подтверждало, что MPF является нормальным индуктором митоза. Оно позволяло также предположить, что какой-то из

белков, синтезирующихся в цитоплазме во время интерфазы, играет существенную роль в активации MPF.

ПОКАВ исследованиях по клеточной биологии накапливались доказательства в пользу того, что чередование интерфазы и митоза определяется автономными химическими реакциями в цитоплазме, по данным генетических исследований составилась совершенно иная картина. Их результаты свидетельствовали, что клеточный цикл подобен четко отлаженному сборочному конвейеру. В такой линейной системе завершение одного события, например репликации ДНК в ядре, является необходимым условием для начала следующего события, скажем для инициации митоза. Так, при игре в домино каждая последующая фишка определяется предыдущей. Эти два представления, которые иногда называли теорией часового механизма и теорией домино, казались несовместимыми, однако в конечном счете все противоречия между ними удалось объяснить.

Началом генетических исследований клеточного цикла следует считать пионерные работы Л. Хартуэлла из Вашингтонского университета, который в конце 60-х - начале 70-х годов изучал пекарские дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*). Этот одноклеточный организм отличается от многих других клеток тем, что при его размножении дочерние клетки образуются не в результате разделения родительской клетки пополам, а путем почкования. В период интерфазы, после того как начинается репликация ДНК, у готовящейся к делению клетки образуется почка, и тем самым начинается митоз. Почка растет - как и родительская клетка - и наконец отделяется, чем завершается клеточный цикл.



чала половина хромосом оказывается в так называемом полярном теле - небольшой клетке, которая деградирует. После этого осуществляется второе деление и яйцеклетка выходит из яичника. Если она оплодотворяется, мейоз за-

вершается (второе полярное тело также деградирует). Далее следуют митотические циклы, и в итоге формируется организм лягушки. Митоз и мейоз регулируются одними и теми же молекулярными механизмами.

Хартуэлл начал с того, что идентифицировал у дрожжей мутации, при которых наблюдается задержка на той или иной стадии клеточного цикла. Он предположил, что такие аномалии отражают изменения в генах, продукты которых необходимы для осуществления соответствующих стадий. (Каждый ген содержит информацию о синтезе одного белка.) Эти важнейшие гены известны теперь под общим названием *cdc* (от англ. cell-division cycle - цикл клеточного деления).

Расположив эти мутации так, что их порядок соответствовал последовательности моментов, на которых застопоривается клеточный цикл, Хартуэлл установил последовательность действия генов *cdc* в норме. Он продемонстрировал также, что начало некоторых этапов определяется завершением одного или нескольких более ранних этапов. Например, завершение митоза зависит от сборки веретена.

Воодушевленные открытиями Хартуэлла, П. Нерс и его коллеги из Эдинбургского университета провели подробные исследования для делящихся дрожжей *Schizosaccharomyces*

pombe, клеточный цикл которых больше похож на таковой соматических клеток млекопитающих. У этих дрожжей клетка, имеющая цилиндрическую форму, в ходе интерфазы вырастает в длину в два раза, после чего делится на две клетки равных размеров. В 1975 г. Нерс идентифицировал мутации, блокирующие клеточный цикл на различных стадиях, и определил последовательность активации генов *cdc* в норме.

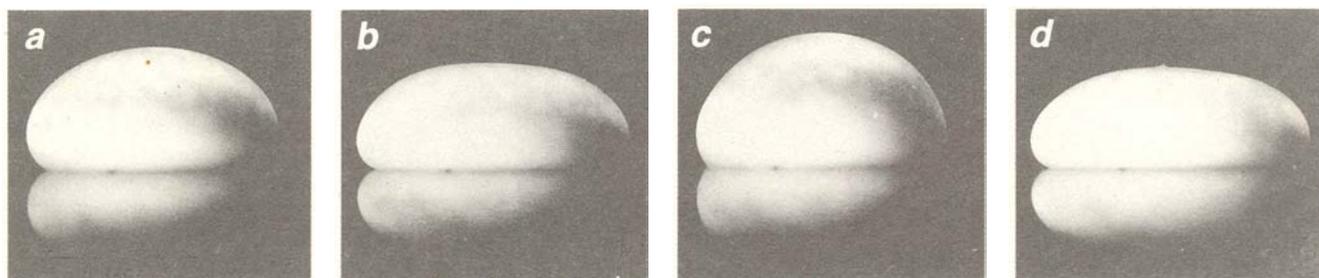
Один из этих генов, а именно *cdc 2*, вызывал особый интерес, поскольку его активность, по-видимому, играет решающую роль для начала митоза. При определенных мутациях гена *cdc 2* образуется неактивный белок-продукт и деление клетки предотвращается. Другие его мутации, наоборот, приводят к тому, что клетка вступает в митоз раньше, чем в норме.

Продукт гена *cdc2* определенно подходил на роль первичного регулятора митоза; можно было предполагать, что этот белок и представляет собой MPF. Однако MPF не был еще выделен, и потому Нерс не мог выявить, идентичен ли он белку *cdc 2*. Тем не менее ему удалось выяснить,

что ген *cdc2* важен и в других клетках; это позволяло предположить, что белок - продукт данного гена выполняет функцию универсального регулятора митоза.

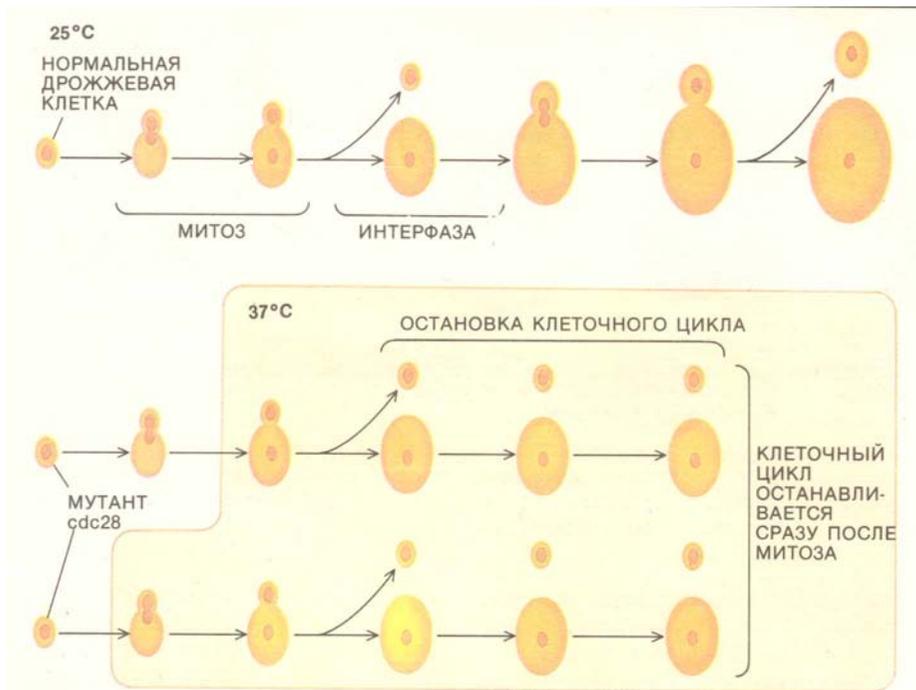
П. Нерс, а также Д. Бич, которые работали тогда в Сассекском университете (Великобритания), начали искать у почкующихся дрожжей гены, способные «спасать» делящиеся дрожжи, задержанные в интерфазе в результате инактивации гена *cdc 2*. Действительно нашелся ген, введение которого в такие клетки *S. pombe* придавало им способность вступать в митоз. Как выяснилось, этот ген был ранее идентифицирован Хартвеллом как член семейства генов *cdc* в почкующихся дрожжах.

Затем Нерс провел еще более рискованный эксперимент. Он ввел фрагменты ДНК человека в клетки *S. pombe*, содержавшие неактивный ген *cdc 2*. И на этот раз был выявлен фрагмент ДНК, индуцировавший митоз. Это говорило о том, что у человека тоже имеется ген типа *cdc 2*. Когда в 1987 г. были установлены аминокислотные последовательности белков - продуктов генов *cdc 2* дрожжей и человека, оказалось, что они удиви-



ЯЙЦЕКЛЕТКА ЛЯГУШКИ окрашивается, утолщается, во время митоза (а и с) и становится прежней в интерфазе (b и d). Сокращение происходит, даже если удалить ядро, Это до-

казывает, что клеточный цикл регулируется автономным осциллятором - серией самоподдерживающихся химических реакций в цитоплазме,



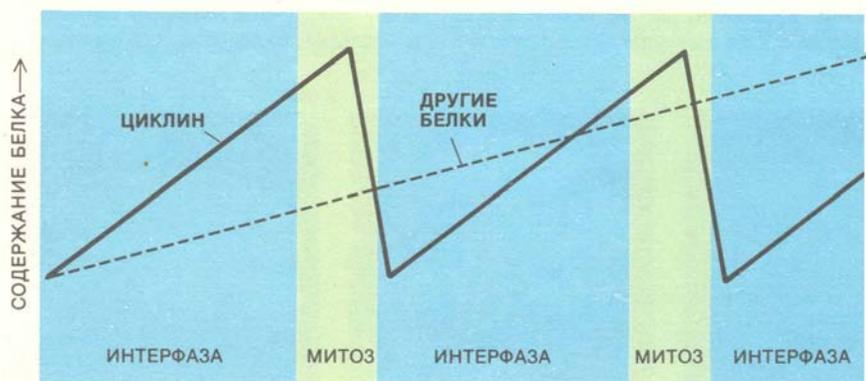
ПЕКАРСКИЕ ДРОЖЖИ размножаются почкованием (вверху). Некоторые температурочувствительные мутанты при нагревании до 37° С неспособны завершать определенные стадии клеточного цикла, поскольку содержат дефекты в генах, важных для регуляции этих стадий. Например, у мутанта *cdc 28* (внизу) клеточный цикл застопоривается на специфической стадии интерфазы независимо от того, на какой стадии цикла произошло повышение температуры. Благодаря изучению таких мутантов было идентифицировано семейство генов *cdc*, белки - продукты которых регулируют клеточный цикл,

тально сходны. На протяжении миллиарда лет эволюции этот ключевой белок сохранился -- его структура претерпела лишь незначительные изменения, а функционально он не изменился вовсе.

Теперь известно, что этот белок играет ключевую роль в митозе у всех эукариот. Все его варианты называются *cdc 2* независимо от того, какому организму они принадлежат.

Белки *cdc 2* относятся к протеинки-

назам, т. е. ферментам, которые переносят фосфатные группы от аденозинтрифосфата (АТФ; это соединение служит главным переносчиком энергии в клетке) на молекулы белков. За последние годы стало ясно, что присоединение или удаление фосфата является основным средством регуляции активности клеточных белков. (Удаление фосфатной группы осуществляется ферментами, называемыми Фосфатазами.)



СОДЕРЖАНИЕ ЦИКЛИНА в яйцеклетках морского ежа возрастает во время интерфазы и уменьшается в ходе митоза. Циклин - это единственный белок, количество которого изменяется с течением клеточного цикла. Он влияет на активность белка *cdc 2* и вместе с ним определяет начало митоза,

ПАРАЛЛЕЛЬНО с генетическими исследованиями продолжалось изучение и самого МРФ. В частности, неоднократно предпринимались попытки получить его в чистом виде. В 1988 г. это впервые удалось М. Локе и Дж. Маллеру из Медицинской школы Колорадского университета. Они выделили небольшое количество этого вещества и показали, что его молекула состоит из двух субъединиц.

Аминокислотная последовательность субъединиц МРФ еще не была установлена, однако некоторые данные указывали на то, что одна из них представляет собой белок *cdc 2*: во-первых, она имела такую же молекулярную массу, а во-вторых, связывалась специфическими антителами против белков *cdc 2* дрожжей и человека.

Примерно в это же время Бич и его коллеги показали, что белок *cdc 2* в культуре клеток человека активен во время митоза. Затем несколько других исследовательских групп, используя различные методы, независимо подтвердили, что белок *cdc 2* действительно является компонентом МРФ. Это открытие и стало тем золотым гвоздем, который соединил две разные линии исследований, проводившихся на весьма различных объектах - лягушках и дрожжах. Оно давало основание для фундаментального предположения о том, что в главных чертах регуляция клеточного цикла одинакова у всех эукариотических организмов.

Эти совпадения, однако, не создавали полноты картины. Тот факт, что белок *cdc 2* является частью МРФ, не позволял объяснить, почему МРФ активен во время митоза, а в интерфазе его активность отсутствует.

Для всех исследованных типов клеток было установлено, что концентрация молекул *cdc2* остается неизменной в течение всего клеточного цикла. Значит, нечто другое, возможно второй компонент МРФ, активирует и инактивирует *cdc 2* и тем самым регулирует активность МРФ. Можно было предполагать, что это вещество синтезируется каждый цикл заново в ходе интерфазы; как отмечалось выше, для активации МРФ необходим синтез белка.

Эти рассуждения давали логическую базу для изучения активации МРФ. Однако идентифицировать активирующее вещество удалось совершенно неожиданно благодаря наблюдению, сделанному задолго до того, как было обнаружено, что белок *cdc 2* входит в состав МРФ.

В начале 80-х годов Т. Хант из Кембриджского университета вел ежегодный курс физиологии в Лаборатории биологии моря в Вудс-Холе (шт. Мас-



ЭКСТРАКТ ЯЙЦЕКЛЕТОК ЛЯГУШКИ (вверху) используется для изучения клеточного цикла *in vitro*. Доказательством адекватности метода служат фотографии ядра (справа) в интерфазе и на различных этапах митоза. Видны хромосомы (белые и голубые) и митотическое веретено, которое обеспечивает расхождение хромосом (красное).



сачусет). Со своими учениками он исследовал резкие изменения в уровне синтеза белков, которые происходят после оплодотворения в яйцеклетках морского ежа. Они установили, что количество практически всех новосинтезированных белков после оплодотворения постоянно увеличивается. Однако один белок внезапно исчезал при каждом митозе и накапливался вновь только в интерфазе. Хант назвал этот необычный белок циклином.

Оказалось, что циклин образуется с постоянной скоростью в течение всего клеточного цикла. Он исчезает в конце митоза в результате быстрой деградации и накапливается в интерфазе, поскольку расщепляется в это время гораздо медленнее, чем синтезируется. Такие флуктуации его количества позволяли предполагать, что циклин может быть как раз тем веществом, которое регулирует активность MPF.

Эта гипотеза получила подтверждение в экспериментах, проведенных Дж. Рудерман из Гарвардского университета с сотрудниками. Они выделили из двустворчатого моллюска *Spisula* матричную РНК (мРНК) циклина, т. е. РНК-копию гена циклина, которая служит матрицей при синтезе белка. Когда эту РНК вводили незрелые ооциты лягушки, те претерпевали мейоз. Такой результат означал, во-первых, что происходил трансляция мРНК, т. е. синтез циклина, и, во-вторых, - самое важное, - что этот белок действительно принимает участие в регуляции клеточного цикла.

В настоящее время известно, что циклин является вторым компонентом MPF и участвует в активации белка *cdc 2*, а следовательно, MPF. Однако его точную роль в клеточном цикле предстояло выяснить.

Для дальнейшего изучения циклина требовались экспериментальные «манипуляции» клеточным циклом. В 1987 г мы, а также независи-

мо К. Форд и его коллеги в Сассекском университете нашли путь к этому, получив экстракты яйцеклеток лягушки, в которых удавалось моделировать несколько клеточных циклов, включая репликацию ДНК, митоз и связанные с ними колебания активности MPF (см. рисунок вверху и справа).

Если клеточный цикл столь прост, что циклин является единственным белком, концентрация которого подвержена колебаниям и который каждый цикл должен синтезироваться заново, то можно сделать два предсказания: Во-первых, клеточные циклы должны продолжаться, даже если заблокировать синтез всех белков, за исключением циклина. Во-вторых, если подавить образование одного лишь циклина, клеточный цикл должен застопориться на стадии интерфазы.

Чтобы проверить первое предсказание, мы проделали следующее. В экстракте яйцеклеток лягушки разрушали все мРНК, после чего синтез белков прекращался. Не начинался и митоз. Для восстановления синтеза циклина к экстракту добавляли мРНК циклина морского ежа (любезно предоставленную Хантом). В результате ядра вступали в митоз. Это доказывало, что происходит трансляция мРНК циклина с образованием белка, способного индуцировать митоз. При увеличении количества мРНК циклина уровень его синтеза возрастал, а продолжительность интерфазы уменьшалась.

Хант и его ученики проверили второе предсказание. Оно также подтвердилось. Когда в экстракте яйцеклеток лягушки избирательно блокировали синтез циклина (образование других белков продолжалось), клеточный цикл останавливался на интерфазе.

В своих опытах мы установили, что в яйцеклетках лягушки, как и в яйцеклетках морского ежа, которые изучал Хант, циклин накапливается во время интерфазы и быстро разрушается в ходе митоза. Быстрота дегра-

дации навела нас на предположение, по клетки, возможно, не способны завершить митоз до тех пор, пока сохраняется циклин. И правда, когда в яйцеклетках лягушки или в их экстракте индуцировали синтез укороченных молекул циклина, способных индуцировать митоз, но не подверженных деградации, деление ядер не завершалось и клеточный цикл застопоривался на митозе.

Таким образом, накопленные в 1989 г. экспериментальные данные почти не оставляли сомнений в том, что деградация циклина важна для прохождения митоза, что этот белок должен синтезироваться каждый раз заново во время интерфазы для активации MPF, что он индуцирует митоз и является движущей силой клеточного цикла.

КАКИМ образом циклин активирует MPF, или, точнее, белок cdc 2 в составе MPF? Оказывается, самого по себе присоединения циклина к белку cdc 2 недостаточно для актива-

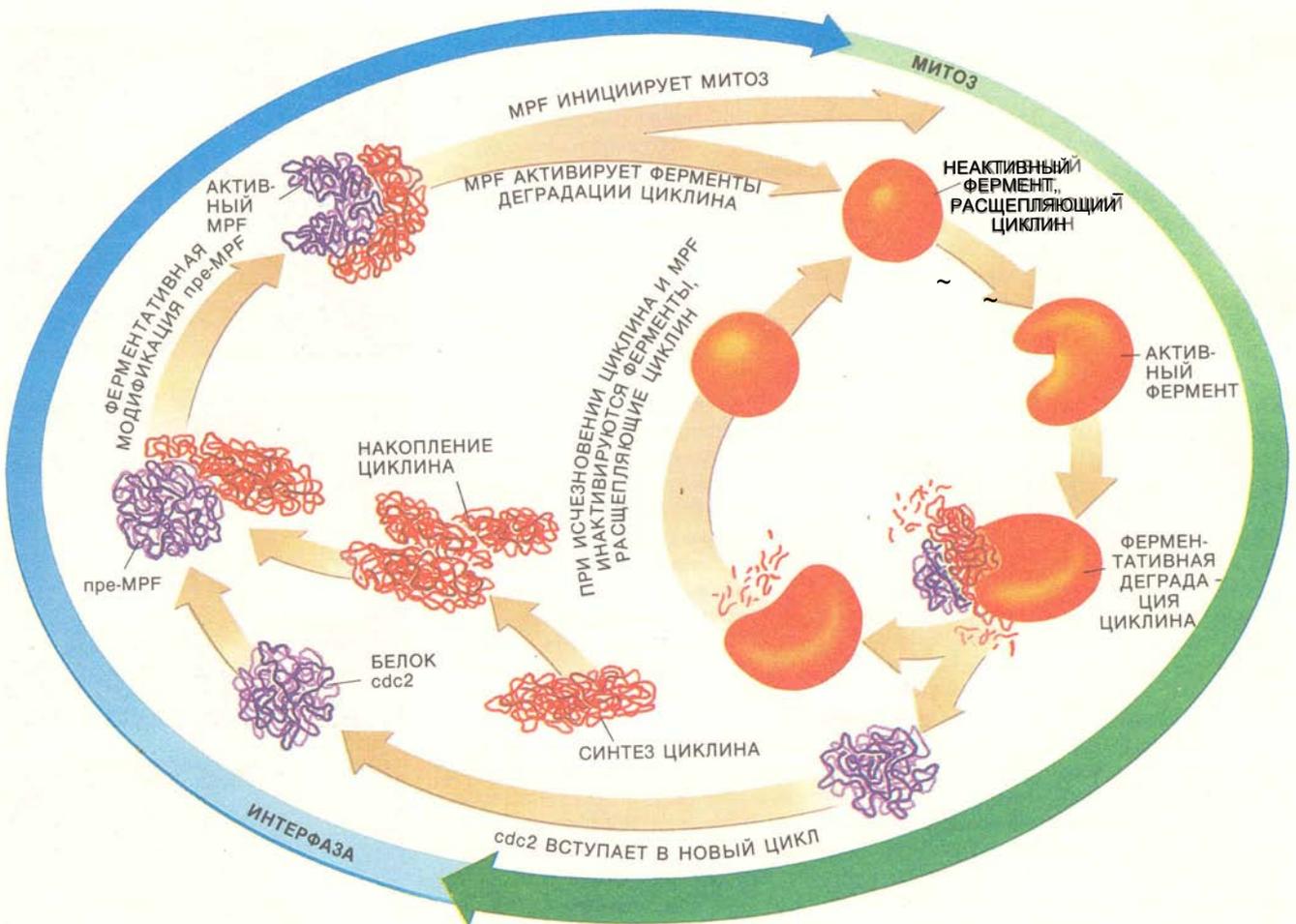
ции этого комплекса. Для функционирования MPF необходимо, чтобы как cdc 2, так и циклин подверглись определенным модификациям в результате других реакций.

Белки, участвующие в управлении этими модификациями, были идентифицированы генетическими и биохимическими методами. Один из наиболее интересных, обозначаемый cdc 25, был обнаружен генетически. Именно он, а не циклин определяет начало митоза в некоторых клетках, например на поздних стадиях эмбрионального развития у двукрылых, а также у делящихся дрожжей. Синтез циклина необходим и в этих клетках, однако активация cdc 2 определяется скоростью накопления не циклина, а белка cdc 25, который поэтому является лимитирующим фактором, от которого зависит начало митоза.

В этом открытии проявилось важное обстоятельство. Хотя белок cdc 2 является главным регулятором кле-

точного цикла в клетках эукариот и белки, его модифицирующие, одинаковы во всех клетках, регуляция этой протеинкиназы в деталях может различаться у разных организмов и в разных типах клеток одного и того же организма. В одних случаях активация комплекса cdc 2-циклин осуществляется белком cdc 25, в других - самим циклином, в третьих - какими-то еще неизвестными модуляторами.

На сегодняшний день еще нет детального описания регуляции клеточного цикла для всех организмов, но можно предложить модель по меньшей мере для простейшего случая - яйцеклетки лягушки сразу после оплодотворения. Концентрация белка cdc 2 все время поддерживается на постоянном уровне. Циклин тоже синтезируется постоянно, однако его концентрация возрастает во время интерфазы и уменьшается в ходе митоза. По мере накопления циклина в те-



МОДЕЛЬ регуляции митоза в яйцеклетках лягушки. Во время интерфазы накапливается одна из форм циклина, которая связывается с белком cdc 2 с образованием комплекса пре-MPF - неактивной формы фактора созревания MPF. Затем ферменты превращают пре-MPF в активный MPF, который инициирует митоз и активирует ферменты, расщеп-

ляющие циклин. По мере деградации циклина исчезает и MPF. Соответственно перестают работать ферменты, расщепляющие циклин, и циклин накапливается вновь. В клетках многих других типов строго регулируется также стартовый переход; эта регуляция обеспечивается комплексом белка cdc 2 и второй формы циклина.

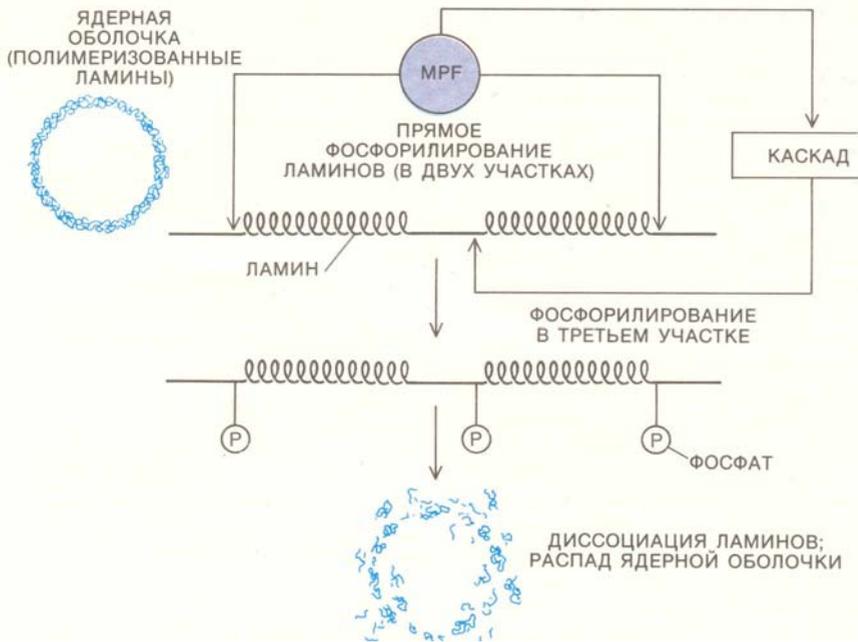
чение интерфазы он связывается с молекулами cdc 2 с образованием так называемого пре-MPF. Эта форма MPF еще не активна: она не способна переносить фосфатные группы на молекулы белков и не может индуцировать митоз.

Затем под действием ферментов, подобных cdc 25, пре-MPF превращается в активный MPF, который играет роль и командира, и исполнителя, прямо и косвенно инициируя все основные события митоза. Например, установлено, что MPF инициирует распад ядерной оболочки. При этом в качестве исполнителя он непосредственно фосфорилирует белки, называемые ламинами*. А в качестве командира он запускает каскад молекулярных взаимодействий, приводящий к переносу все новых фосфатных групп на молекулы ламинов. Фосфорилирование вызывает диссоциацию ламинов и обуславливает таким образом распад ядерной оболочки.

Активный MPF не только управляет процессами, ведущими к физическому делению ядра и остальной клетки (например, сборкой веретена); он также активирует ферменты, при участии которых происходит деградация циклина. Митоз завершается, когда концентрация циклина опускается ниже некоторого предела. В отсутствие циклина белок cdc 2, а следовательно, и MPF не могут оставаться активными.

По мере того как влияние MPF ослабевает, начинает преобладать активность Фосфатаз, удаляющих все те фосфатные группы, которые в ходе митоза присоединяются к белкам под действием MPF. Когда дефосфорилируются ламинаы, спонтанно восстанавливается ядерная оболочка. Фосфатазы также инактивируют ферменты, которые приводятся в действие MPF. В том числе падает активность ферментов, обеспечивающих деградацию циклина, а поскольку синтез циклина продолжается, этот белок вновь накапливается в интерфазе и опять становится возможной инициация деления клетки.

* Непосредственно под ядерной оболочкой, состоящей из наружной внутренней липидных мембран, располагается плотный белковый слой, называемый фибриллярной или ядерной ламинаой (пластинкой). Ламина представляет собой разветвленную сеть фибрилл, имеющих субъединичное строение, и служит каркасом ядерной оболочки. Составляющие ее три основных белка способны к спонтанной ассоциации, а при фосфорилировании — к обратимой дезагрегации, которая ведет к разрушению ядерной оболочки. - Прим. ред.



MPF СПОСОБСТВУЕТ НАЧАЛУ МИТОЗА отчасти тем, что вызывает разрушение ядерной оболочки. Он прямо и косвенно обеспечивает фосфорилирование белков ламинов, которые, полимеризуясь, образуют каркас ядерной оболочки. MPF непосредственно фосфорилирует молекулу ламина в двух участках, а также запускает каскад реакций, завершающийся фосфорилированием ламинов в третьем участке другим ферментом. Изменения в молекулах ламинов приводят к их диссоциации,

В ЯЙЦЕКЛЕТКАХ лягушки изменения концентрации циклина происходят независимо от событий, протекающих в ядре, поэтому можно предполагать, что в этих клетках существует автономный осциллятор, служащий движущей силой клеточного цикла. Однако, согласно генетическим данным, в большинстве клеток других типов события, происходящие в ядре, влияют на ход клеточного цикла. Как в клетках дрожжей, так и в соматических клетках многоклеточных организмов имеются механизмы для задержки начала митоза до тех пор, пока не завершатся репликация ДНК и репарация всех возникших повреждений ДНК. Подобным образом в ходе митоза в таких клетках хромосомы начинают расходиться только после того, как каждая из них правильно присоединится к митотическому веретену.

Таким образом, верными оказались и теория часов, и теория домино - все зависит от конкретного типа клеток. Для соматических клеток, по видимому, более подходит теория домино. А в яйцеклетках лягушки осциллятор, непосредственно регулирующий клеточный цикл, сам находится под контролем сложной системы регуляторных и компенсаторных механизмов.

Каким образом события, происходящие в ядре клетки, могут влиять

на активность MPF? На этот счет у нас есть некоторые предположения. Например, возможно, что при неполной репликации ДНК в интерфазе возникает сигнал, останавливающий накопление циклина, белка cdc 25 или какого-то родственного ему белка cdc. Представляется также вероятным, что неправильное присоединение хромосом к веретену во время митоза может генерировать сигнал к временной остановке деградации циклина.

Такие регуляторные обратные связи и биохимические механизмы, лежащие в их основе, - это лишь часть уточнений, которые необходимо учесть в полной модели регуляции клеточного цикла. Теперь известно, что в соматических клетках эмбриона на поздних стадиях его развития начало репликации ДНК в интерфазе столь же строго регулируется, как и вступление в митоз. И полная модель регуляции клеточного цикла должна содержать обеспечивающий это механизм.

Этот второй важнейший контрольный момент впервые установил Хартуэлл, назвав его стартовым переходом. Он показал также, что у почкующихся дрожжей именно в этот момент оценивается, достигла ли клетка размеров, достаточных, чтобы, ничем не рискуя, приступить к репликации ДНК, а затем к митозу. Обычно клетки, лишённые необходимого пи-

тания, приостанавливают клеточный цикл на стартовом переходе.

Регуляция стартового перехода во многом напоминает регуляцию митоза. Весь процесс тоже определяется активацией белка cdc 2, для которой, в свою очередь, требуется накопление циклина. Однако циклин, участвующий в стартовом переходе, не идентичен циклину, который имеет значение для митоза. Существуют два класса циклина: от одного зависит вступление клетки в митоз и мейоз, а от другого, который по структуре очень близок первому, - репликация ДНК.

На стартовый переход также влияют питательные вещества, гормоны и факторы роста, участвующие в регуляции накопления циклина в период до стартового перехода. Яйцеклетки лягушки по окончании митоза подчиняются правилу, напоминающему юридический принцип, согласно которому решение суда при неявке ответчика выносится в пользу истца: они тотчас приступают к следующему делению. В отличие от этого другие клетки, как правило, автоматически задерживаются в интерфазе, если не получают специфического сигнала извне, побуждающего миновать стартовый переход.

То, что в большинстве клеток существует несколько уровней регуляции клеточного цикла, неудивительно. В особенности многоклеточные организмы должны обладать регуляторными и компенсаторными механизмами, позволяющими согласовывать клеточный цикл в разных клетках как локально, так и с учетом потребностей всего организма. Способность регулировать рост, размножение и Диф-Ференцировку клеток имеет решающее значение для эмбрионального развития, а также для здоровья и в конечном счете выживания взрослого организма.

ТРУДНО переоценить успехи, достигнутые в исследованиях за прошедшие 20 лет, особенно в последние 5 лет. Регуляторы клеточного цикла, обнаруженные в яйцеклетках лягушки и клетках дрожжей, - белок cdc 2, циклин и модуляторы вроде cdc 25, - как выяснилось, являются основными регуляторами клеточного цикла у всех эукариотических организмов.

Однако клетки, при изучении которых была получена большая часть данных, во многих отношениях нетипичны. Яйцеклетки лягушки по существу невосприимчивы к внеклеточным регуляторным факторам, влияющим на другие клетки. А дрожжевые клетки представляют собой каждая целый организм. И нужно выйти

за рамки этих относительно простых систем, чтобы глубже понять, каким образом cdc 2, циклин и их модуляторы взаимодействуют с внеклеточными сигналами у многоклеточных организмов. Только тогда станет возможным разобраться в механизме таких заболеваний, как рак, при которых нарушается регуляция регуляторов.

Приоритетным направлением должны быть исследования участия комплекса циклин-cdc 2 в различных со-

бытиях клеточного цикла. Например, как в точности он способствует инициации сборки веретена или конденсации хромосом? На какие ферменты действует этот комплекс и в чем конкретно заключается их функция в митозе? Какова природа сигналов, модулирующих активность комплекса при нарушениях нормальных процессов в ядре в ходе митоза? Если повезет, ответы на такие вопросы, быть может, удастся найти уже в ближайшее время.

Наука и общество

Сомнительные расчеты

ВСЕ ЗЕМНЫЕ ВЕЩЕСТВА состоят только из 92 элементов. Лишь четыре вида нуклеотидов требуются, чтобы записать всю информацию, необходимую для формирования организма, генетическим кодом в последовательности ДНК. Сколько различных «блоков» необходимо, чтобы собрать десятки тысяч белков, образующихся в живых существах? Приблизительно 7000 - подсчитали нобелевский лауреат У. Гилберт и его коллеги из Гарвардского университета.

Это, несомненно, интригующий ответ на вопрос, который занимает ученых с 1970-х годов. Тогда появилось представление о белках как о «лоскутных одеялах» составленных из отдельных модулей, - коротких последовательностей аминокислот со специфическими функциональными и структурными свойствами. Однако на некоторых биологов и химиков методы группы Гилберта не производят впечатления. Р. Дулиттл из Калифорнийского университета в Сан-Диего стал самым активным критиком работы, которая, на его взгляд, несостоятельна из-за многочисленных серьезных ошибок.

Идея модульного строения белков получила популярность в 1977 г., когда было обнаружено, что гены всех более сложных, чем бактерии, организмов состоят из отдельных кодирующих последовательностей ДНК, называемых экзонами. Гилберт почти сразу высказал предположение, что экзоны являются генетической основой белковых модулей и что эволюция сложных белков может протекать ускоренно путем «перетасовки» некоторого исходного набора экзонов.

Два года назад Гилберт, Р. Дорит и Л. Шенбах взяли рассчитать возможное число различных экзонов,

чтобы, исходя из этого, оценить разнообразие белков. Основываясь на предположении, что существующие в настоящее время экзоны произошли от тех, которые возникли миллиарды лет назад, Гилберт с коллегами стали искать родственное сходство. С этой целью они сравнивали аминокислотные последовательности, кодируемые экзонами, в парах разных белков. Теоретически число совпадений должно быть статистически связано с величиной множества экзонов.

В результате сравнения миллионов экзонов было идентифицировано 14 пар со значительным сходством. Судя по степени совпадения, исходное множество экзонов состояло из 56 тыс. случайно перетасовывавшихся экзонов, согласно одному статистическому анализу, и из 950 - согласно другому. Рассматривая геометрическое значение этих чисел, - этот этап внушает сомнение некоторым специалистам - группа Гилберта получила исходное множество в 7 тыс. экзонов. «Я больше склонен к оценке в виде группы чисел, а не единственного числа, - говорит Дорит. - Захватывающая деталь заключается в том, что и верхний, и нижний пределы довольно незначительны».

Эти пределы невелики по сравнению с числом потенциально возможных экзонов. Для короткой полипептидной цепи, состоящей из 40 аминокислотных остатков, возможны 10⁵² вариантов. Но эволюционисты уже считают, что белки происходят от относительно немногочисленных «блоков». Ранее другие исследователи оценивали исходное множество экзонов в 1 тыс. или менее.

По мнению Дулиттла, в подходе Гилберта заключается роковая концептуальная ошибка, поскольку, какими бы разными две последовательности не казались, невозможно быть уверенным в том, что они не являются

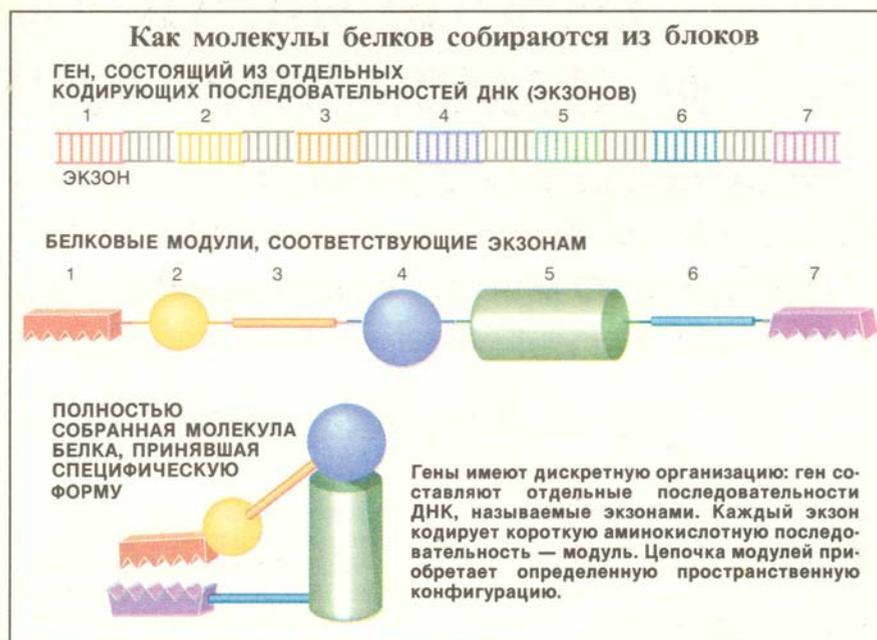
ся родственными. Совершенно несходные экзоны могут быть лишь результатом более сильной дивергенции от общего предка. Дулиттл считает, что любой статистический подход, подобный подходу Гилберта, обречен, так как этим путем нельзя отличить архетипические экзоны от тех, признаки родства которых друг с другом утрачены в далекой древности.

Более того, Дулиттл считает, что работа Гилберта несовершенна даже в ее собственных рамках. Так, не был надлежащим образом «очищен» банк данных, состоящий из последовательностей 1255 экзонов, что наверняка исказило результаты. Некоторые из выявленных 14 пар совпадающих экзонов включают родственные белки, которые следовало бы исключить, так как в этом случае сравниваемые экзоны совпадают, потому что являются по существу одним и тем же экзоном, но учтенным дважды. Такая пара совпадающих экзонов, какую нашли между кератином и альбумином, вводит в заблуждение, так как здесь подобие скорее всего определяется функциональными ограничениями в этих белках, а не общим экзоном-предшественником.

Если из 14 совпадающих пар истинно значимы менее половины, как подозревает Дулиттл, то в соответствии с рассуждениями Гилберта верхняя граница исходного множества экзонов превысила бы полмиллиона. Но точка зрения Дулиттла еще жестче. Он утверждает, что расчеты Гилберта полностью лишены смысла, так как нераспознанные различия или совпадения могли непредсказуемо влиять на результат.

«Есть очень способные критики, - признает Дорит. - Но ведь это первая попытка формальной оценки, и мы пытаемся проникнуть в глубоко скрытые аспекты эволюции; конечно, нас подстерегает много ловушек». Тем не менее он и его коллеги защищают свои методы и результаты. Сейчас они расширяют свою работу, анализируя больший и, пожалуй, лучше подобранный банк данных. Дорит поясняет, что на сегодняшний день число доступных аминокислотных последовательностей белков почти в 3 раза больше, чем когда началась эта их работа. Планируется также включить в рассмотрение белки бактерий и других примитивных организмов, не имеющих клеточного ядра, которые прежде не анализировались.

«Наша работа - это предсказание, - отмечает Гилберт. - По мере того как будет пополняться база данных, должны обнаруживаться экзоны, соответствующие предсказанным. Через пять лет мы сможем



идентифицировать все примитивные блоки, и узнаем, как из них собираются белки» Однако к тому времени, возможно, станет ясно, действитель-

но ли Гилберт с коллегами идентифицировали основные белковые блоки первых живых организмов или, как полагает Дулиттл, это заблуждение.

Книги издательства „Мир“

Х. Холленд
**ХИМИЧЕСКАЯ
ЭВОЛЮЦИЯ ОКЕАНОВ
И АТМОСФЕРЫ**

1989 г. Цена 7 р. 10 к.

**АМОРФНЫЕ И
ПОЛИКРИСТАЛ-
ЛИЧЕСКИЕ
ПОЛУПРОВОДНИКИ**

Под ред. В. Хейванга
1987 г. Цена 1 р. 60 к.

Ж. Вертю, Ф. Куафе
**ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ
РОБОТАМИ С
ПОМОЩЬЮ ЭВМ**

1989 г. Цена 1 р.

И. Зеленка
**ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
РЕЗОНАТОРЫ НА
ОБЪЕМНЫХ И
ПОВЕРХНОСТНЫХ
АКУСТИЧЕСКИХ
ВОЛНАХ. МАТЕРИАЛЫ,
ТЕХНОЛОГИЯ,
КОНСТРУКЦИЯ,
ПРИМЕНЕНИЕ**

1990 г. Цена 6 р. 70 к.

**КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ
СБОРНИК**

Вып. 27. 1990 г. Цена 2 р. 50 к.

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



ВОЗДЫМАННИЕ ПЛАТО И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Формирование гигантских плато в Тибете и в западной части Северо-Американского континента может объяснить, почему за последние 40 млн. лет климат Земли стал значительно более холодным, а климатическое разнообразие - более выраженным

УИЛЬЯМ Ф. РАДДИМЕН, ДЖАН Е. КУЦБАХ

КЛИМАТ Земли, который мы привыкли считать нормой, в действительности является результатом недавней геологической истории. Сорок миллионов лет назад и ранее на большей части Земли господствовал более теплый и влажный климат, чем теперь. Дожди выпадали в течение всего года, а вечнозеленые и теплолюбивые листопадные леса покрывали значительную часть Земли. Многие типы климата и растительности, распространенные сегодня, в то время практически не существовали. В отсутствие сухих периодов, обусловленных сезонными или годовыми процессами, степи и пустыни были редкостью. Из-за того что не было сильных холодов, северные еловые леса и тундра занимали очень небольшие площади. Морской лед, покрывающий в настоящее время весь Северный Ледовитый океан, распространялся в лучшем случае на ограниченные пространства, а многочисленных ледников, таких, как Гренландский, вообще не было.

В течение последних 40 млн. лет, и особенно в последние 15 млн. лет, этот теплый влажный климат почти исчез. Он остается сегодня только в ограниченных районах - в Юго-Восточной Азии, на побережье Мексиканского залива и в тропиках. Сформировались более холодные климаты с гораздо большими региональными различиями в характере выпадения осадков. Примерно 3 млн. лет назад климат Земли в целом стал настолько холодным, что периодически начали наступать ледниковые эпохи, во время которых ледниковые покровы захватывали большую часть Северного полушария. Вся история человечества уместилась в короткий отрезок времени с мягким климатом - межледниковье, которое относится к ледниковой эре.

Что же привело к этому похолоданию и увеличению разнообразия климатических условий и растительно-

сти, выразившемуся в возникновении сложной мозаики их многочисленных региональных типов? Недавно полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее важным событием явился «переворот» в геологической истории - образование огромных высокоподнятых плато в нескольких районах, в частности в Южной Азии и в западной части Северной Америки. Результаты наших исследований показывают, что быстрое увеличение высоты этих плато имело важные последствия для физических и химических процессов в атмосфере и способствовало формированию современных тенденций в эволюции климата.

В ТЕЧЕНИЕ десятков миллионов лет на климат Земли оказывает влияние целый спектр процессов. Ни один из них сам по себе не может полностью объяснить все особенности климатических изменений. Однако даже с учетом сложности проблемы все предложенные ранее объяснения последовательного изменения климата в течение последних 40 млн. лет нельзя считать удовлетворительными.

Одна научная школа делает акцент на изменении положений континентов и океанов. Атлантический океан расширился за счет Тихого, в то время как древний океан Тетис, располагавшийся в экваториальной области, на территории большей части Евразии, сокращался, пока не превратился в небольшое Средиземное море. Кроме того, процесс раскола континентов, на которых значительные площади были заняты мелководными внутренними морями, постепенно затухал, что приводило к обнажению больших площадей суши и формированию региональных климатов, в меньшей степени смягченных влиянием океана. Моделирование на ЭВМ показало, что изменения положений континентов и размеров внутренних морей могут оказывать большое влияние на глобальные климатические условия в

диапазоне очень длинных временных интервалов геологического времени. Однако для объяснения климатических изменений, имевших место за последние 40 млн. лет, эти выводы не годятся.

Некоторые исследователи считают, что образование и разрыв перешейков между континентами могут служить причиной радикального изменения океанской циркуляции и соответственно климата. Так, например, Средиземное море на востоке закрылось примерно 23 млн. лет назад, а Панамский перешеек появился незадолго до ледниковой эры, которая началась 3 млн. лет назад. Никто, однако, не объяснил, почему сравнительно быстрые изменения рельефа могли привести к наблюдаемым значительным прогрессирующим изменениям климата.

Другое возможное объяснение - уменьшение в течение длительного времени концентрации диоксида углерода в атмосфере, которое должно приводить к уменьшению доли тепла, задерживаемой атмосферой, и соответственно к «парниковому охлаждению». Химическое выветривание континентальных пород ведет к удалению диоксида углерода из атмосферы и его переносу в химически растворенной форме в океан, где он перерабатывается морскими организмами и откладывается в виде осадков на морском дне. Тектонические процессы приводят к периодическому высвобождению диоксида углерода, захва-

ВИД на Северное полушарие Земли обнаруживает гигантское Тибетское плато и обширные участки на западе Северной Америки. Воздымание этих регионов за последние 40 млн. лет изменило атмосферную циркуляцию и климат. Красным цветом отмечены наибольшие высоты, синим - наименьшие. Карта подготовлена Национальным центром геофизических данных в Боулдере, шт. Колорадо.

ченного морскими осадками, следующим образом. В результате движения литосферных плит происходит перемещение литосферы по направлению к глубоководным желобам, где в процессе субдукции древняя кора и осадки погружаются в разогретые недра Земли. На больших глубинах в мантии осадки плавятся, при этом в районе вулканических островов, расположенных над захороненной плитой, высвобождается диоксид углерода, уходящий в атмосферу (см. статью: Р. А. Бернер, А. С. Ласага. Моделирование геохимического цикла углерода, «В мире науки» 1989 № 5).

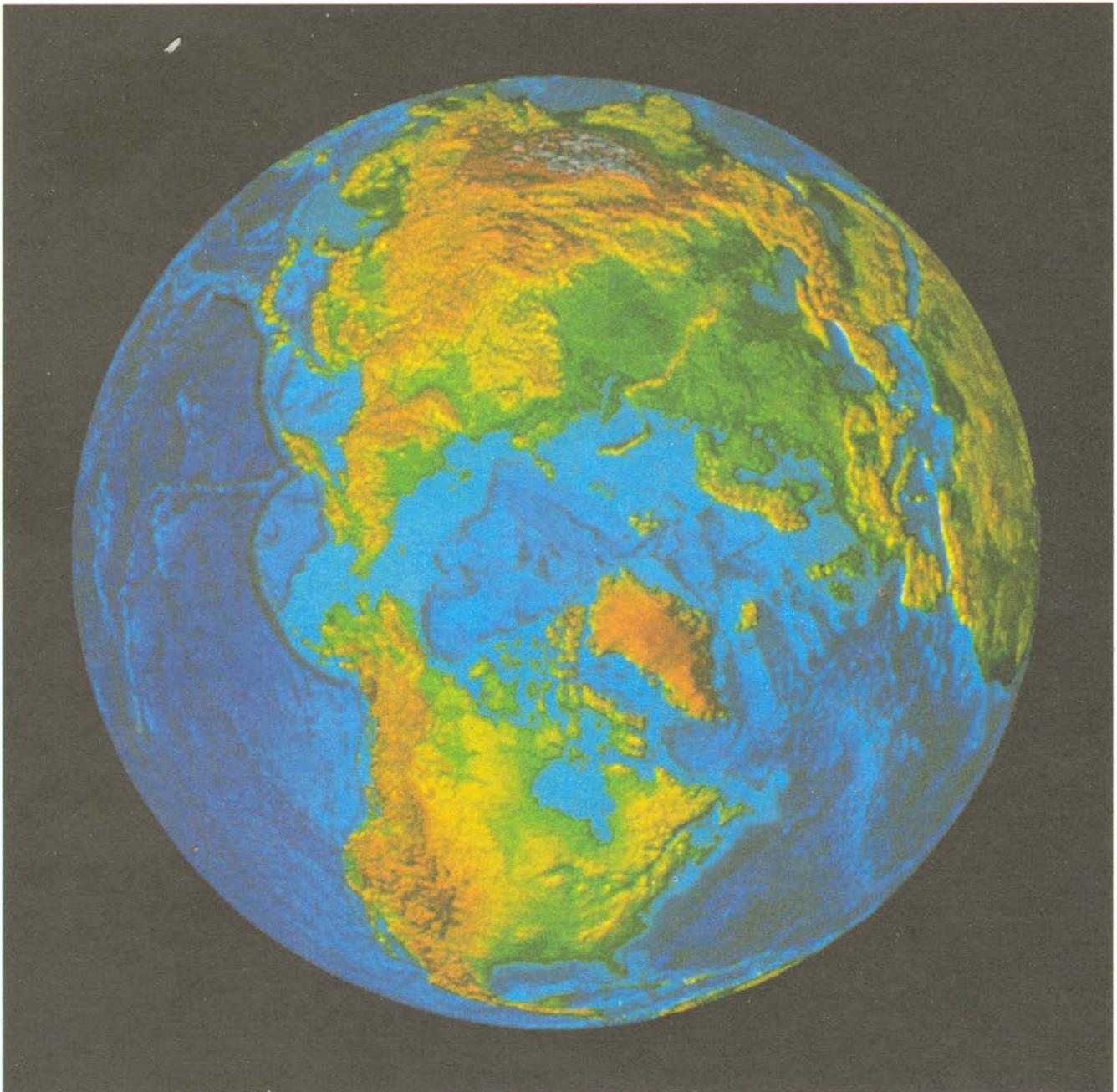
Если скорость спрединга (и соответственно субдукции) значительно

замедлялась в какие-то периоды, то это должно было приводить к поступлению меньшего количества диоксида углерода в атмосферу и результирующему падению глобальной температуры. В действительности глобальные средние скорости спрединга обнаруживают за последние 40 млн. лет незначительные изменения. Вместе с тем ниже мы опишем, каким образом увеличение ухода диоксида углерода из атмосферы в результате химического выветривания может отразиться на глобальном похолодании.

Ограниченность предлагаемых объяснений глобального похолодания заставила нас искать другой механизм. Он должен быть связан с неким фак-

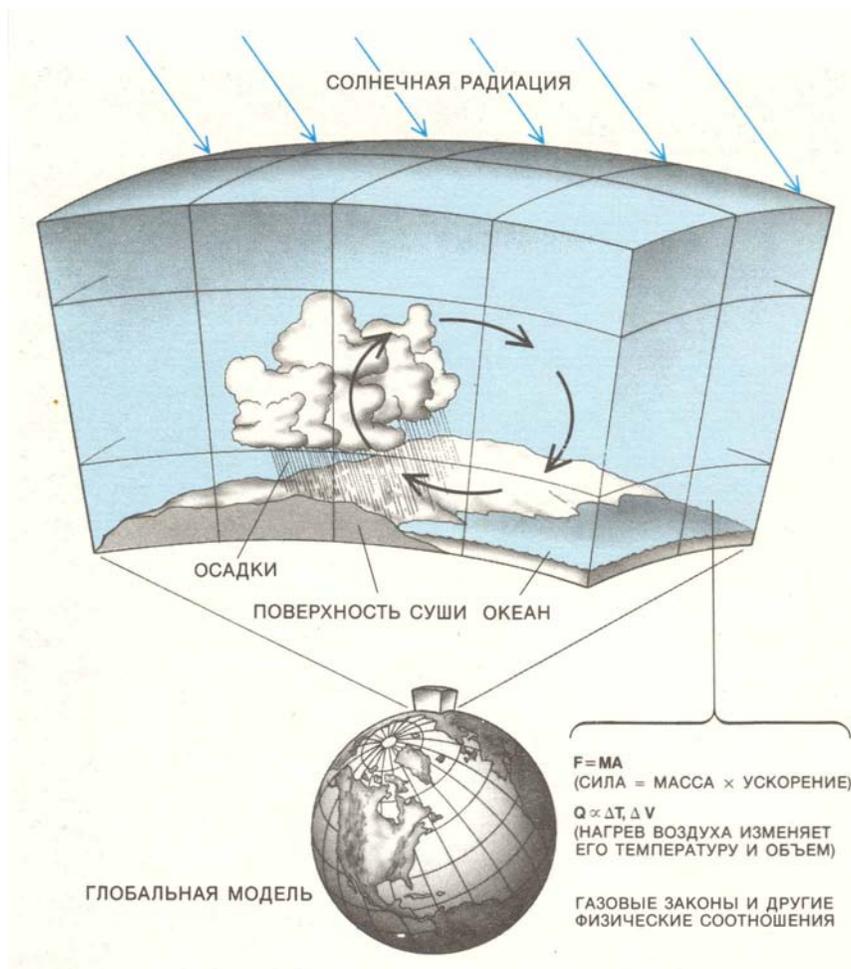
тором, который изменялся таким же образом, как и климат Земли, и мог влиять на него.

ЕЩЕ в XIX в. геологи считали, что воздымание гор может приводить к изменению климата. Воздымание гор приводит к охлаждению их вершин, находящихся на большой высоте, и к изменению выпадения осадков на противоположных склонах гор; на наветренной стороне выпадают обильные дожди и снегопады, а на подветренной стороне возникает эффект, называемый «сухостью из-за дождевой тени» (он обусловлен воздухом, потерявшим большую часть влаги). Критики, однако, отмечали,



Как моделируют глобальный климат

В моделях глобального климата системы уравнений описывают изменения ветра, температуры и влажности в атмосфере и у земной поверхности и температуры поверхности океана. Атмосфера делится в модели на тысячи блоков размером в сотни километров по широте и долготе и несколько километров по высоте. При расчете глобального климата компьютер рассматривает каждый блок как один элемент. В модель вводятся сезонные и широтные изменения потока солнечной радиации, формы континентов и другие внешние факторы, которые влияют на поведение атмосферы. Расчеты ведутся с «шагом» по времени в несколько часов на протяжении 20 лет (в «модельном» времени). Для таких трудоемких вычислений мы использовали суперкомпьютер CRAY, находящийся в Национальном центре атмосферных исследований.



что эти эффекты имеют сравнительно локальный масштаб.

В недавно оконченной нами работе предполагается, что на климат обширных акваторий и даже всего Северного полушария мог повлиять менее заметный, но более фундаментальный тип воздымания. Он представляет собой медленное поднятие некоторых континентальных районов, превращающихся в обширные плато.

В Северном полушарии крупнейшими областями высокогорного релье-

фа являются сегодня районы Тибетского плато и Гималайских гор в Южной Азии и обширный район на западе США с центром на плато Колорадо, протягивающийся от Сьерры-Невады до Скалистых гор. Совокупность геологических данных указывает на то, что эти два района появились в последние 40 млн. лет. Именно эти плато и стали объектом нашего исследования.

Тибетское плато занимает площадь более 2 млн. км², что соответствует примерно одной трети территории

США. Его средняя высота превышает 4,5 км, что сравнимо с высотой величайших вершин на западе США. Гималайская горная цепь образует узкий вал вдоль южной границы этого массивного плато.

Ископаемые растения и пыльца, найденные во флювиальных отложениях, говорят об изменениях климата Тибета. В настоящее время растительность Тибетского плато состоит преимущественно из трав, травянистых растений и низкорослого кустарника, приспособленных к суровому степному климату, для которого характерны холодная зима и сезонные выпадения осадков. Примерно 5-10 млн. лет назад растительность здесь была совсем другой. Пыльца, отложившаяся в то время, указывает на произрастание листопадных деревьев, аналогичных деревьям современных лесов умеренных широт. До 30 млн. лет назад в районе Тибета преобладали тропические и субтропические леса, похожие на современные леса юго-востока США. Эти изменения говорят о том, что Тибетский район испытал значительное похолодание.

Усиливающиеся процессы воздымания - вот наиболее вероятное объяснение падению температуры. Вблизи поверхности температура воздуха падает примерно на 6,5 °С с каждым километром высоты. Изменение характера растительного покрова наряду с разнообразными данными о тектонических и седиментационных процессах говорит о том, что Тибетское плато поднялось более чем на 4 км, из них приблизительно на 2 км за последние 10 млн. лет. В районах к востоку и юго-востоку от Тибета, таких как Южный Китай и Юго-Восточная Азия, расположенных гипсометрически ниже, значительная часть этой теплолюбивой растительности сохранялась 40 млн. лет. Еще более определенно о воздымании говорит присутствие морских осадков возрастом около 70 млн. лет в разрезе позднего мела Тибета.

Причины воздымания Тибета, по видимому, связаны с перемещениями континентов. Индостан отделился от Антарктиды примерно 130 млн. лет назад, двигался на север и примерно 40 млн. лет назад столкнулся с Азией. Напряжения сжатия, возникшие при столкновении двух континентов, заставили подняться Тибет, хотя до сих пор дискутируется вопрос о том, какой именно механизм ответствен за это воздымание.

Обширное поднятие в Северной Америке, которое протягивается от хребта Сьерра-Невада в Калифорнии до плоскогорий в штатах Колорадо и

Небраска к востоку от Скалистых гор, также оказало существенное влияние на климат Северного полушария. Центральной части поднятия соответствуют плато Колорадо и Провинция бассейнов и хребтов, где средние высоты составляют 1,5-2,5 км выше уровня моря. С востока к поднятию примыкают Великие равнины - наклонное обрамление гор, высота которого постепенно уменьшается от Денвера («города на высоте 1 мили»), расположенного непосредственно к востоку от Скалистых гор, к пологим

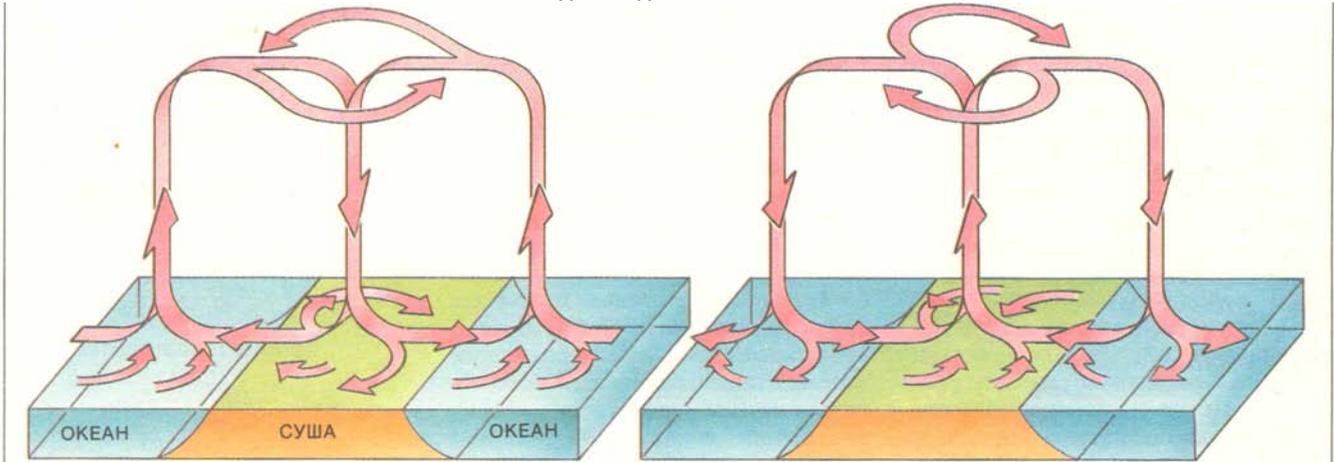
холмам (высотой менее 300 м над уровнем моря) в районе реки Миссури в центральной части континента.

Широко цитируемая, но до сих пор противоречивая хронология воздымания на западе Северной Америки напоминает хронологию воздымания Тибета. Обращает на себя внимание тот факт, что высота большей части этого региона 40 млн. лет назад была в среднем очень небольшой - меньше 1 км над уровнем моря, - когда здесь началось воздымание. Крупные области этого региона поднялись до поло-

вины своей сегодняшней высоты в период между 10 и 5 млн. лет назад, достигнув позднее своей современной высоты.

Интерпретировать историю воздымания на западе Америки по данным об ископаемых растениях сложнее, чем историю воздымания Тибета. Другой тип геологических данных - история осадконакопления и эрозии, запечатленная в горных породах, - дает возможность более четко восстановить эволюцию рельефа Америки. В период от 40 до 30 млн. лет на-

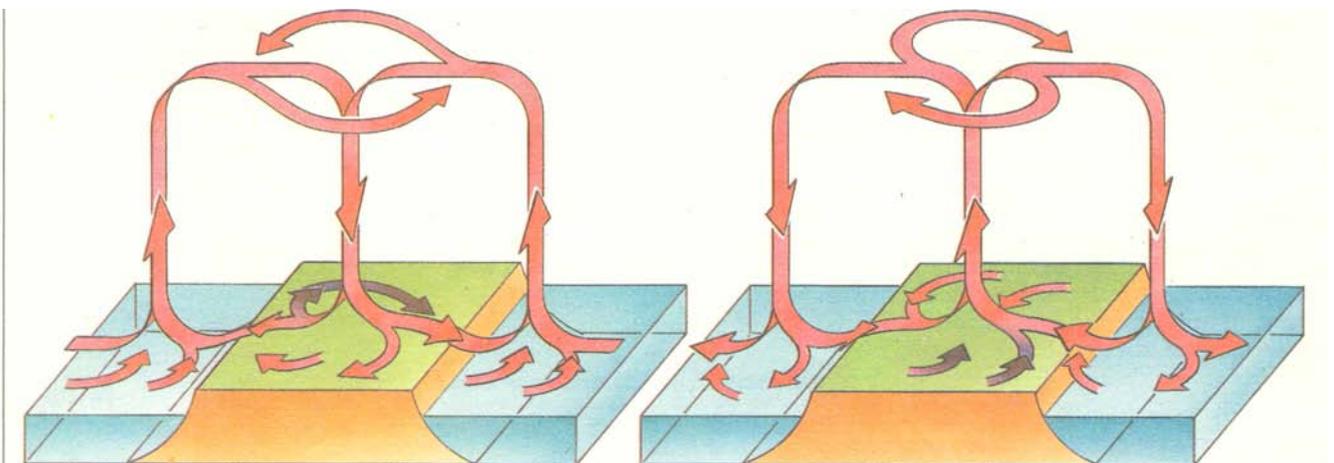
ДО ВОЗДЫМАНИЯ



ЗИМА

ЛЕТО

ПОСЛЕ ВОЗДЫМАНИЯ



ЗИМА

ЛЕТО

ЦИРКУЛЯЦИЯ атмосферы в средних широтах частично обусловлена температурными вариациями. Летом нагретый воздух поднимается над сушей и распространяется в стороны; при этом образуется область низкого давления в приповерхностных слоях атмосферы, куда устремляется компенсационный поток воздуха из более прохладных районов высокого давления, расположенных над водной поверхностью. Зимой океаны теплее, чем суша, и воздушные потоки меняют свое направление на противоположное, поскольку опускание воздуха над сушей приводит к

формированию здесь области высокого давления. Воздымание плато, сопровождающееся уменьшением мощности атмосферы над высокоподнятыми районами, приводит к усилению атмосферных потоков, обусловленных температурными различиями, в частности сезонных муссонных ветров с переменным направлением, формирующихся в низких слоях атмосферы вокруг плато. Кроме того, вращение Земли приводит к отклонению воздушных потоков в низких слоях атмосферы и струйных потоков к северу вокруг плато (в Северном полушарии).

зад реки, текущие на восток по Великим равнинам, такие, как Арканзас и Прайт, откладывали в основном глину и тонкий ил. В период от 20 до 15 млн. лет назад осадки большей частью становятся грубее и представлены песком, а затем, в период от 10 до 5 млн. лет назад, они сменяются галькой и валунами. Похожие изменения в характере речных отложений происходили и на другой стороне воздымающегося свода, на западных склонах Сьерры-Невады. Эти изменения произошли главным образом в последние 10 млн. лет. За последние 5 млн. лет реки Арканзас и Прайт врезались в своих верховьях, расположенных вблизи Скалистых гор, на несколько сот метров. Крупномасштабное врезание реки Колорадо, с образованием Большого каньона у южной границы плато Колорадо, также произошло в течение последних 10 млн. лет.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что скорости течения рек в западной части Северной Америки значительно увеличились. Реки с более быстрым течением несут более грубый обломочный материал, и эрозия в их руслах происходит быстрее. Одним из факторов, который мог привести к увеличению скорости течения рек, могло быть увеличение крутизны продольного профиля реки за счет воздымания западных окраин равнин и примыкающих к ним Скалистых гор. (Противоположная точка зрения заключается в том, что наблюдаемые изменения в характере осадкоотложения могли быть вызваны сменой климатических условий.)

Причины воздымания на западе Америки менее очевидны, чем в Азии. В различных гипотезах предполагается, что изменения в скорости или направлении спрединга в Тихом океане наряду с захоронением древнего срединно-океанического хребта, который до этого существовал в восточной части Тихого океана, привели к аккумуляции разогретого материала с низкой плотностью под Северо-Американским континентом, вызвав

его воздымание. До настоящего времени ни одна гипотеза не получила окончательного подтверждения.

ПРИНИМАЯ во внимание, что датировки по истории воздыманий плато в первом приближении соответствуют этапам глобального похолодания, мы попытались понять, какова связь между воздыманиями плато и изменениями климата в Северном полушарии. Для этого мы провели несколько экспериментов по численному моделированию на ЭВМ вместе с Уорреном Преллом из Университета Брауна при участии Питера Гауэттера из Висконсинского университета в Мадисоне. Мы ИСПОЛЬЗОВАЛИ сложную программу, имитирующую климат и известную как модель глобальной циркуляции (МГЦ), которая используется в Национальном центре атмосферных исследований в Боулдере, шт. Колорадо.

Такая модель позволяет наиболее полно, насколько это возможно, представить особенности циркуляции атмосферы. Она содержит уравнения, описывающие потоки количества движения, энергии и тепла (см. схему на странице 36). Из-за громадного объема данных, которые должны обрабатываться программой МГЦ, приходится использовать мощные быстродействующие суперкомпьютеры.

Эти модели особенно полезны для проведения тестов на чувствительность, когда изменяют один параметр, например высоту плато, чтобы оценить действие одного этого фактора на потоки в атмосфере. Мы провели численное моделирование для трех вариантов, подобранных таким образом, чтобы они в общих чертах были похожи на три стадии воздымания плато, выявленные на основе геологических данных. Первый вариант относится к случаю, когда нет ни плато, ни гор, что соответствует сильно

АЗИЯ (ИЮЛЬ)

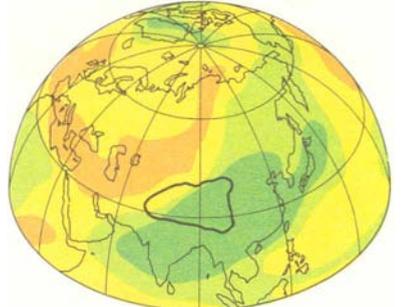
ДО ВОЗДЫМАНИЯ



ВЕТЕР У ПОВЕРХНОСТИ
ПОСЛЕ ВОЗДЫМАНИЯ



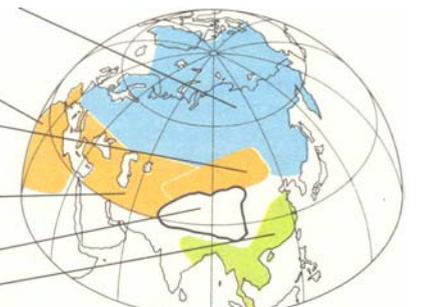
ВЕТЕР У ПОВЕРХНОСТИ



ОСАДКИ



ТЕМПЕРАТУРА



ХОЛОДНЕЕ~ ВЛАЖНЕ~ СУШЕ



ХОЛОДНЕЕ
СОКРАЩЕНИЕ СУБТРОПИЧЕСКИХ И
ТЕПЛОЛЮБИВЫХ ЛИСТОПАДНЫХ ЛЕСОВ

СУШЕ
БОЛЬШЕ ПУСТЫННОЙ ПЫЛИ

СУШЕ
ОПУСТЫНИВАНИЕ И СОКРАЩЕНИЕ
ВЛАГОЛЮБИВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

СУШЕ ЛЕТОМ
СОКРАЩЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ,
ПРИСПОСОБЛЕННОЙ К ВЛАЖНОМУ ЛЕТУ
ОБЛАСТЬ ОСНОВНОГО ВОЗДЫМАНИЯ

СТАБИЛЬНОСТЬ КЛИМАТА
И ВЛАГОЛЮБИВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ климата в Азии (с левой стороны) и Северной Америке (с правой стороны) показывают, что в средних широтах в отсутствие плато (вверху) будут господствовать воздушные потоки, направленные с запада на восток, Циркуляция, нарушенная в результате воздымания плато, приводит к изменению характера распределения температур и осадков. Большая часть изменений согласуется с эволюцией климата, выявленной по геологическим данным (внизу). Модель воспроизводит летние и зимние условия (один из вариантов для каждого района).

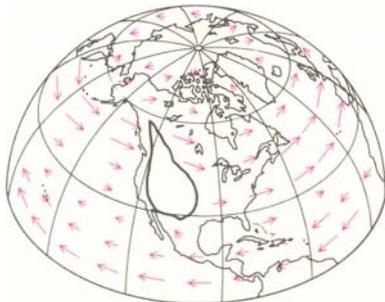
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА
(ЯНВАРЬ)

ДО ВОЗДЫМАНИЯ

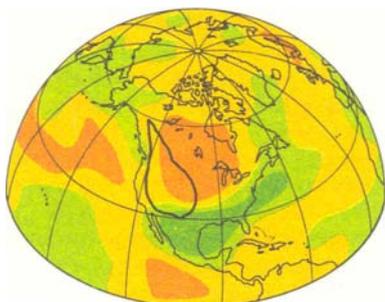


ВЕТЕР У ПОВЕРХНОСТИ

ПОСЛЕ ВОЗДЫМАНИЯ



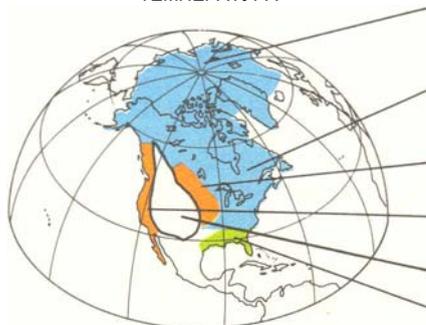
ВЕТЕР У ПОВЕРХНОСТИ



ОСАДКИ



ТЕМПЕРАТУРА



- ХОЛОДНЕЕ
- ПОЯВЛЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ
- МОРСКОГО ЛЬДА В АРКТИКЕ
- ХОЛОДНЕЕ
- ОЛЕДЕНЕНИЕ И УМЕНЬШЕНИЕ
- КОЛИЧЕСТВА ХОЛОДОУСТОЙЧИВЫХ
- ДЕРЕВЬЕВ
- СУШЕ
- ЛЕСА ЗАМЕНЯЮТСЯ
- РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕРИЙ
- СУШЕ ЛЕТОМ
- СОКРАЩЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ,
- ПРИСПОСОБЛЕННОЙ К ВЛАЖНОМУ ЛЕТУ
- ОБЛАСТЬ ОСНОВНОГО ВОЗДЫМАНИЯ
- СТАБИЛЬНОСТЬ КЛИМАТА
- СОХРАНЕНИЕ ТЕПЛО-
- И ВЛАГОЛЮБИВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

упрощенному представлению о рельефе Земли на момент 40 млн. лет назад. Второй предполагает существование плато с высотой, равной половине их современной высоты, что соответствует наполовину завершеному воздыманию, которое могло иметь место примерно 10 млн. лет назад. Третий вариант - плато и горы с их современными высотами. Хотя модель климата позволяет имитировать форму обширных плато в целом, ее разрешающая способность недостаточна, чтобы точно отразить характер более узких горных хребтов и долин.

Моделирование показало, что воздымание плато влияет на атмосферную циркуляцию тремя путями. Во-первых, воздымание постепенно блокирует направленный с запада на восток поток воздуха, который типичен в средних широтах, как для приповерхностных слоев атмосферы, так и для ее верхних слоев (струйное течение). Из-за вращения Земли потоки, движущиеся на восток, отклоняются к северу вокруг плато, в то время как крупный возвратный поток, движущийся к югу (меандр), обнаруживается непосредственно вниз по течению. Во всех описанных здесь случаях изменения относятся к характеристикам атмосферного потока, усредненным за большой период, а не к короткопериодным погодным структурам, перемещающимся вокруг Земли.

Второй тип изменений атмосферной циркуляции определяется нагреванием воздуха летом и его охлаждением зимой над приподнятыми районами. Летом солнце нагревает высокоподнятые плато, что в свою очередь приводит к быстрому прогреванию тонкого слоя атмосферы над ними. Этот теплый воздух менее плотный, и поэтому он поднимается вверх. По мере подъема он охлаждается и уже не способен удерживать такое количество паров воды, как прежде: Этот процесс неизбежно приводит к формированию дождевых облаков и вызывает сезонные муссонные дожди, которые выпадают на юго-восточной

окраине плато, особенно в Азии. Тепло, поглощенное ранее при испарении воды, высвобождается при конденсации паров с переходом в жидкую фазу, что приводит к дальнейшему прогреванию воздуха над плато.

Результирующим эффектом нагревания являются подъем воздуха и его распространение в стороны, что ведет к уменьшению атмосферной массы и установлению более низкого давления над плато и к возрастанию атмосферной массы и более высокому давлению в прилегающих районах. В ответ на это в приповерхностных слоях атмосферы возникает воздушный поток, направленный из окружающих районов к ячейке с низким давлением, расположенной над плато. Этот воздушный поток отклоняется вправо (если смотреть по направлению движения) под действием силы Кориолиса - эффекта вращения Земли.

Окончательным результатом является вихревое движение воздуха против часовой стрелки в нижних слоях атмосферы, при котором летом движение происходит по направлению к плато и вокруг него. Зимой возникает противоположная ситуация: воздух опускается над очень холодным плато, образуя область высокого давления и вызывая движения воздушных масс в стороны. Сила Кориолиса закручивает этот воздушный поток по часовой стрелке, однако зимний воздушный поток слабее, чем летний муссон.

Третий тип изменений также связан с влиянием сезонного нагревания и охлаждения плато на районы, расположенные далеко от плато. Летом подъем воздушных масс приводит к компенсационному опусканию воздуха в окружающих районах, включая области высокого давления, расположенные над тропическими районами океана (где температура воды в среднем ниже температуры суши). Нагревание огромного Тибетского плато также приводит к опусканию воздуха в прилегающих областях Средиземноморья и Центральной Азии. Опускающийся воздух сухой, поскольку он приходит из высокогорных районов, удаленных от источника влаги - океана. Нагревание при увеличении давления, которое происходит в ходе опускания воздуха, дополнительно снижает его относительную влажность.

Зимой происходит противоположный процесс. Общее опускание воздуха над плато компенсируется результирующим подъемом воздуха в центрах низкого давления, расположенных над океаном в субполярных широтах, который теперь оказывается теплее суши. В результате этой крупномасштабной циркуляции влияние

плато на климат может сказываться в районах суши и моря, далеко от них удаленных.

СЛЕДУЮЩЕЙ нашей задачей было определить, согласуется ли построенная нами на ЭВМ региональная модель изменений климата с историей климатических изменений, восстановленной по геологическим данным. Мы сконцентрировали внимание на выделенных географических областях и сравнили смоделированные на ЭВМ изменения температуры у земной поверхности, характер выпадения осадков и направления ветров с реальными геологическими данными, преимущественно по ископаемым остаткам древней растительности.

Для западного побережья Северной Америки результаты моделирования процесса воздымания показывают, что в нижних слоях атмосферы летом должна происходить смена направления ветров с западного на северное и усиливается опускание сухих воздушных масс. В результате лето в районах, расположенных вдоль побережья, становится более сухим и несколько более прохладным. С этим согласуются ботанические наблюдения, показывающие, что растительность, нуждающаяся в постоянных летних дождях, например магнолия, за последние 15 млн. лет постепенно исчезла из Калифорнии. Примерно в то же время в океане под действием ветра происходит отток поверхностных вод от прибрежных районов и

усиливается связанный с этим подъем холодных глубинных вод - апвеллинг. Это тоже - важное явление, потому что благоприятное для развития апвеллинга направление ветра на этом побережье - от северного до северо-западного.

В области северных равнин, таких, как штаты Небраска и Дакота, компьютерная модель предсказывает более сухие зимы главным образом за счет более низкого содержания влаги в воздушных массах, поступающих из более северных районов. Ботанические данные показывают, что за последние 15 млн. лет травяной покров прерий, требующий сравнительно мало воды, широко распространился на территории, где сейчас находятся эти штаты, придя на смену деревьям, которые нуждаются в большем количестве воды. Изменение характера растительного покрова способствовало и расцвету на этих равнинах травяных млекопитающих, таких, как лошади и бизоны.

Для большей части районов, расположенных в центре Северной Америки (вниз по потоку от поднявшихся районов), модель предсказывает более холодные зимы и более прохладные летние периоды, причиной чего являются направления ветров, более близкие к северному. Это согласуется с данными по ботанике ископаемых растений, которые свидетельствуют о постепенной смене сравнительно теплолюбивых широколиственных пород, произраставших далеко на се-

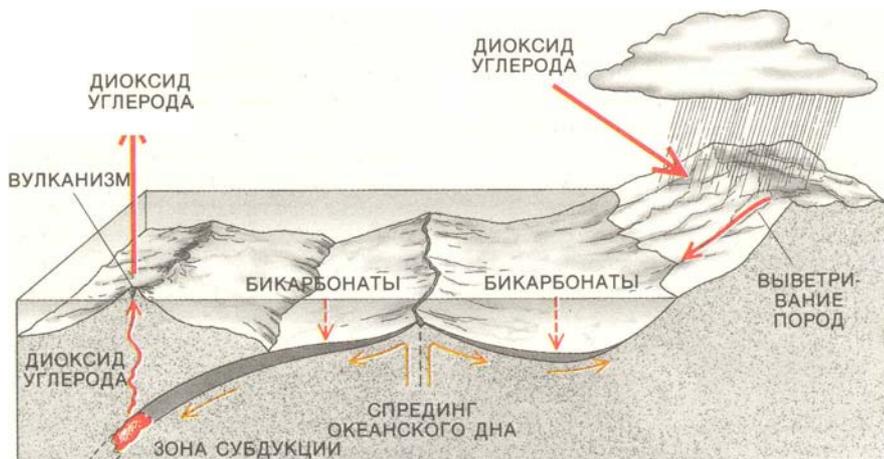
вере, в Арктике, на породы, приспособленные к холоду, еловые леса и, наконец, на тундровую растительность. В юго-восточной части США, согласно модели, влияние воздымания плато на климат незначительно; это согласуется с данными наблюдений, согласно которым растительный покров здесь менялся сравнительно мало.

ТА ЖЕ программа расчетов позволила восстановить картину изменений климата, обусловленных воздыманием плато в Азии. В этом регионе, во внутренних частях Азии, расположенных к северу и западу от Тибетского плато, климат становится более сухим по мере того, как ветер у поверхности летом меняется с западного (несушего сравнительно влажный воздух) на северо-восточный (сухой). Воздымание плато вызывает опускание воздуха в центральных частях Азии и препятствует притоку влаги из Индийского океана. Полученный в модели переход к более сухому климату согласуется с данными по изменению флоры в центральных частях Азии - от лесов к степной и даже пустынной растительности, что видно по смене ископаемых остатков растений за последние 20 млн. лет. В северной части Азии климатическая модель предсказывает более холодные зимы и более прохладные летние периоды. Такой вывод согласуется с действительной постепенной сменой растительного покрова: теплых листопадных лесов на тайгу (субарктические леса) и - далеко на севере - на тундровую растительность.

Модель предсказывает, что в Юго-Восточной Азии и Индии должен был сохраняться теплый климат, который в результате воздымания становился более влажным. Изменения в атмосферной циркуляции ведут к усилению летнего муссона на юго-восточном фланге плато. Растительность, приспособленная к условиям теплого влажного климата, осталась в этом районе вплоть до настоящего времени.

Мы также рассмотрели влияние воздымания плато на климат Европы. В Европе, согласно модели, климат становился прохладнее, так как стал преобладать северо-восточный ветер, а летние месяцы стали холоднее, поскольку усилился меридиональный перенос воздуха. Эти изменения находят отражение в исчезновении субтропической растительности в Европе в последние 20 млн. лет.

В районе Средиземноморья и в Северо-Западной Африке модель предсказывает более сухие летние периоды как результат более сильных северо-восточных ветров и усилива-



ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ происходит, когда атмосферный диоксид углерода, растворяясь в грунтовых водах, вступает в реакцию с силикатными и другими породами с образованием бикарбонатных ионов, которые выносятся в океан и включаются там в состав раковин морских организмов. Диоксид углерода возвращается в атмосферу много миллионов лет спустя в цикле субдукции и спрединга морского дна. Воздымания плато, происходившие в последние 40 млн. лет, привели в конце этого цикла к ускорению химического выветривания благодаря муссонным дождям и быстрому сносу материала на склонах, недавно испытавших сбросообразование. Эти изменения могли привести к существенному уменьшению концентрации диоксида углерода в атмосфере, ослаблению парникового эффекта и глобальному похолоданию климата,

ющегося опускания сухого воздуха. Уменьшение количества осадков может объяснить появление и распространение в последние несколько миллионов лет «средиземноморской растительности», приспособленной к засушливому лету.

Хотя эта глобальная климатическая модель не содержит данных по глубоким слоям океана, она предсказывает три вида изменений в атмосфере, обусловленных воздыманием, которые могут оказывать существенное влияние на Атлантический океан. Более сухие летние периоды в Средиземноморье и в восточной части Атлантики становятся причиной увеличения скоростей испарения, что должно приводить к осолонению Атлантики. В направлении ветров, дующих на западе Центральной Атлантики, начинает преобладать южная составляющая, которая способствует переносу соленой воды далеко на север. И наконец, холодные зимы на северных континентах способствуют формированию холодных воздушных масс, которые охлаждают поверхность океана и делают поверхностные соленые воды более плотными. В результате в Северной Атлантике происходит более интенсивное погружение холодных соленых поверхностных вод в глубину. Эта погружающаяся вода несет кислород и таким образом способствует «вентиляции» глубоких слоев океана. Данные морской геологии подтверждают, что «вентиляция» Атлантики с севера значительно увеличилась за последние 10-15 млн. лет.

Не для всех районов предсказания модели хорошо согласуются с геологическими данными. Например, для Аляски модель предсказывает более теплые зимние периоды и более прохладные летние. Однако, согласно ботаническим данным, здесь произошло сильное похолодание климата. Модель также предсказывает более влажную зиму и лето в южных частях Скалистых гор и Великих равнин. Искапаемые остатки же свидетельствуют о более сложной тенденции, заключающейся в усилении выпадения осадков в высокогорных районах и в формировании более сухого климата в предгорьях. Эти несовпадения отчасти могут быть объяснены недостаточной разрешающей способностью модели, которая не позволяет ей предсказывать влияние на климат узких горных цепей. Такие формы рельефа могут вызывать локальные эффекты «дождевой тени» и блокировать воздушные потоки в низких слоях атмосферы.

Успешные в большинстве случаев результаты моделирования, позволя-

ющие объяснить многообразные региональные изменения климата и экологии за последние 40 млн. лет, дают возможность утверждать, что воздымания плато оказывали очень сильное влияние на климат. В целом предсказания модели говорят о том, что воздыманиями плато можно объяснить основополагающую тенденцию, заключающуюся в усилении региональной дифференциации сезонных и годовых климатических изменений (более холодный или жаркий, более сухой или влажный) вместо более ровного, влажного и умеренного климата предыдущих эпох.

Однако результаты моделирования процессов, обусловленных воздыманием, не могут объяснить весь диапазон наблюдаемых изменений температуры. В высоких широтах температура упала не менее чем на 10 °C за последние 40 млн. лет, что с неизбежностью привело к формированию ледового покрова в Северном Ледовитом океане и к росту покровных ледников на суше, которые время от времени стали захватывать Северную Америку и Евразию в период, начавшийся примерно 3 млн. лет назад. По сравнению с этими данными изменения температуры, вызванные воздыманием плато, согласно результатам моделирования, менее значительны, особенно для летних месяцев.

Наша первоначальная модель не дала возможности, однако, полностью оценить эффект воздымания плато. Для простоты в первой нашей модели некоторые ключевые характеристики климатической системы (величина снежного и ледового покрова, температура морской воды и некоторые другие) принимались постоянными, равными их современным значениям и не могли варьировать в ответ на изменения в циркуляции атмосферы.

Недавно мы повторили эксперименты по моделированию воздымания плато, используя новый вариант модели, позволяющий этим компонентам взаимодействовать с изменяющимися атмосферными потоками. Новые результаты качественно близки к старым, но интенсивность изменений, согласно этой модели, гораздо больше, чем в описанной выше. Появляются также некоторые новые особенности, такие, как более мощное и более обширное ледовое покрытие Северного Ледовитого океана и увеличение площади снежного покрова зимой. Окончательное решение вопросов, связанных с влиянием воздымания плато на атмосферную циркуляцию и океанские течения, требует создания еще более сложных моделей с большей разрешающей способностью.

ПОМИМО того что воздымание плато вызывает изменения в физических процессах, связанных с атмосферной циркуляцией, оно также может влиять на климат путем усиления химического выветривания пород, что в свою очередь приводит к уменьшению содержания диоксида углерода в атмосфере. Диоксид углерода соединяется с дождевой водой и грунтовыми водами, образуя углекислоту, которая вступает в реакцию с силикатными минералами горных пород в процессе выветривания. Образующиеся при этом бикарбонатные ионы переносятся в океаны, где они потребляются такими организмами, как планктон и кораллы, а затем откладываются на дне океана. В результате этого процесса химическое выветривание приводит к удалению диоксида углерода из атмосферы и к захоронению его в глубоких слоях океанов. Как отмечалось выше, субдукция и вулканическая деятельность в какой-то мере возвращают диоксид углерода атмосфере, но этот процесс требует длительного времени (от десятков до сотен миллионов лет).

Морин Реймо, еще будучи студенткой Геологической Обсерватории Ламонт-Доэрти при Колумбийском университете, в 1986 г. высказала предположение о том, что воздымания плато и горных цепей увеличили в среднем по Земле скорость химической эрозии континентальных пород. Воздымания плато могли привести к усилению химического выветривания несколькими путями. Очень мощные муссоны, которые развивались на окраинах плато, приносили очень сильные дожди. В этих районах связанные с ВОЗДЫМАНИЕМ процессы сбросообразования и складкообразования приводят к обнажению свежих пород, которые подвергаются выветриванию. Кроме того, крутые склоны, образующиеся в результате воздымания плато, способствуют быстрому сносу продуктов выветривания - это приводит к усилению процессов химической эрозии пород.

Такие горные цепи, как южная часть Гималаев и восточные склоны Анд, где выпадают обильные муссонные дожди на крутых склонах, должны были подвергаться особенно быстрому выветриванию. Рост Гималаев происходил одновременно с воздыманием Тибета; поднятие Анд было связано с поднятием более мелких плато в Южной Америке. Существенно, что три реки, несущие в настоящее время самые большие количества растворенных веществ в океан, - Хуанхэ в Китае, Ганг в Индии и Амазонка в Бразилии - дренируют области, которые были подняты в последние

40 млн. лет. Характер изменений некоторых геохимических индексов в океанских осадках согласуется с предположением о возрастании скорости эрозии.

Реймо предполагает, что воздымание Тибета и других районов, происходящее на протяжении длительного периода времени, могло постепенно привести к удалению значительного количества диоксида углерода из атмосферы. Этот процесс должен был приводить к уменьшению концентрации диоксида углерода, несмотря на поставку новых порций его в ходе вулканической деятельности, интенсивность которой оставалась почти постоянной (этот результат получен по данным О скоростях спрединга морского дна). Уменьшение содержания диоксида углерода в атмосфере снижает способность атмосферы удерживать идущее от Земли тепло и таким образом способствует глобальному похолоданию.

Воздымание плато, влияя на физические и геохимические механизмы, могло сыграть важнейшую роль в первом появлении крупных ледниковых покровов на суше примерно 3 млн. лет назад. К этому времени похолодание климата в Северном полушарии достигло такого уровня, что здесь начали периодически наступать ледниковые эпохи. Каждая ледниковая эпоха характеризуется появлением ледниковых покровов, которые достигают нескольких тысяч километров по простиранию и от одного до трех километров в высоту, что сравнимо по размеру с Тибетским плато или плато Колорадо. Такие огромные ледяные плато формировались на больших площадях северных континентов, особенно в восточных частях центральных районов Северной Америки. В период, соответствующий пику ледниковой активности (такому, как максимум последнего оледенения 18000 лет назад), очень много воды оказывалось заключенной в ледниковые щиты, в результате чего средний уровень Мирового океана падал не менее чем на 120 м ниже современного уровня моря.

В отличие от настоящих плато плато из льда не только росли, но и исчезали, растаивая за сравнительно короткие периоды. В начале 1900-х годов сербский астроном Милутин Миланкович развил ранее высказанную идею о том, что цикл ледниковых эпох и более теплых межледниковий управляется периодическими изменениями размера и формы земной орбиты. Для этих изменений характерны периоды в 20 000, 40 000 и 100 000 лет. Такие ритмичные изменения земной орбиты происходил и всегда, однако до 3 млн. лет назад климат в Север-

ном полушарии был слишком теплым, чтобы эти колебания могли дать толчок к началу ледниковой эпохи.

Ледниковые покровы в виде плато, образование и таяние которых происходит в соответствии с колебаниями параметров земной орбиты, с закономерной периодичностью изменяли характер атмосферной циркуляции. Самый сильный эффект был в средних и высоких широтах, где располагались ледниковые щиты. Результаты экспериментов по моделированию глобального климата показывают, что огромный ледниковый щит Северной Америки, существовавший 18000 лет назад, расщепил струйное течение в атмосфере на два потока, один из которых гнбал ледниковый щит с севера, а другой с юга. Под той ветвью струйного течения, которая пересекала северные фланги северо-американского ледникового покрова, формировались сильные ветры, несущие холодный воздух из северных районов территории Канады в северную часть Атлантики. Эти ветры вызывали охлаждение и даже замерзание поверхности океана, которое распространилось на юг вплоть до 500 с. ш., т. е. до широты современной Франции. Замерзание поверхности океана в ледниковые эпохи в какой-то мере препятствовало опусканию поверхностных вод в Северной Атлантике, которое в настоящее время способствует вентиляции глубоководных частей Мирового океана.

СОВРЕМЕННЫЙ климат Земли соответствует тепловому максимуму ледникового цикла. В Северном

полушарии крупные ледниковые покровы сохранились только в Гренландии; поверхностные воды в северной части Атлантики - теплые, и здесь происходит интенсивное перемешивание вод в глубоких слоях. Следует, однако, иметь в виду, что высокоподнятые плато, которые явились причиной недавних ледниковых эпох, до сих пор существуют.

Если не принимать во внимание внешние факторы, циклы ледниковых эпох должны продолжаться. Одним из таких факторов стала деятельность человека, ведущая к поступлению в атмосферу газов, создающих парниковый эффект. О влиянии этой деятельности на климат Земли до сих пор идут споры. Если потепление климата вследствие парникового эффекта действительно имеет место, то оно будет проходить в условиях, совершенно отличных от тех, которые приводили к глобальному похолоданию в течение последних 40 млн. лет. В прошлом значительные изменения климата были следствием крупномасштабных изменений рельефа Земли и конфигурации континентов. В настоящее время содержание диоксида углерода в атмосфере растет вне зависимости от каких-либо крупных географических изменений.

Для предсказания будущих изменений климата Земли необходимо глубокое понимание того, как реагирует атмосфера на различные типы возмущений. Раскрытие механизмов связи между воздыманиями плато и изменениями климата может оказаться одним из важных путей в таком исследовании.

Наука и общество

Спаси лозу

АМЕРИКАНСКИЕ виноградники в опасности: похожее на тлю насекомое-вредитель, называемое филлоксерой - этот бич виноградарей прошлого века - сейчас уничтожает лучшие винные сорта в Калифорнии. Только в графствах Сонома и Напа в ближайшие 10 лет будут поражены более 20 тыс. га виноградников. Новая разновидность филлоксеры распространяется вдоль тихоокеанского побережья и в другие винодельческие районы. Чтобы компенсировать ущерб, придется делать массовые посадки, но на выращивание нужного для этого количества виноградных кустов потребуется немало времени.

Здесь помогло бы размножение растений при помощи методов куль-

туры тканей. «Мы можем за год поставить столько же растительного материала, сколько традиционными методами удается получить лет за пять»», заявил научный сотрудник недавно образовавшейся биотехнологической фирмы AgriCore в Бивертоне (шт. Орегон) Дж. Стэмп. Эта компания рассчитывает, что разработанный в ней метод размножения почек винограда (которые, подобно глазкам картофеля, дают начало идентичным растениям, являющимся копией исходного экземпляра) найдет применение и после того, как будет побеждена филлоксера.

Обычный способ размножения винограда - прививка плодоносной лозы на корневой побег, который затем отсаживается. В Европе этим способом начали пользоваться в 1860-х годах., когда выяснилось, что некото-

рые виды дикого винограда устойчивы к филлоксере. В этом отношении выделяется вид *Vitis riparia*, распространенный в восточной части США, которая считается родиной филлоксеры. В настоящее время на европейских виноградниках выращиваются преимущественно устойчивые к филлоксере сорта на основе *V. riparia* или родственных видов.

Но в Калифорнии ситуация иная. «Растения, которые мы использовали в качестве подвоя, считая устойчивыми к вредителям, на самом деле, как и предупреждали нас специалисты других стран, этим свойством не обладали», признает специалист по разведению винограда Дж. Уолперт из Калифорнийского университета в Дейвисе. Начиная с 1950-х гг. в качестве подвоя рекомендовался гибрид, обозначаемый AXR 1, в котором смешались классический европейский винный виноград *V. vinifera* и устойчивый к вредителям *V. rupestris*. Однако этот гибрид, судя по всему, не способен выдержать натиск новой разновидности филлоксеры.

Этот вредитель поражает корни винограда. Питаясь под землей, насекомое выделяет токсин, который вызывает образование галлов величиной с булавочную головку на корнях, в результате чего их функционирование нарушается и растение лишается питательных веществ и воды.

Для фирмы Agritope надвигающаяся катастрофа открывает прекрасную возможность. «Традиционные питомники не могут быстро предоставить устойчивый к определенному вредителю посадочный материал и невозможно делать его на заказ», с сожалением отмечает Ч. Уогнер - главный управляющий компании Saunus Vineyards, выращивающей в долине Напа известные сорта каберне и совиньон. У виноградарей за пределами Калифорнии положение еще хуже: до 1994г. действует мораторий на вывоз корневых побегов в другие штаты. Один из управляющих фирмы Tempegance Hill Vineyards в Салеме (шт. Орегон), производящей пино нуар*, М. Шьен сказал: «У нас заменители AXR 1 известны немногим и трудно доступны. Кроме того, даже если найдется подходящий в качестве подвоя материал, еще вопрос, можно ли получить его в достаточном количестве».

Как уверяет Стэмп, с помощью культуры тканей можно получить

*Пино нуар - красное сухое вино типа бургундского, изготавливаемое из широко распространенного в Калифорнии сорта «черного» винограда. - Прим. ред.

2-3 млн. черенков от одного растения, тогда как традиционные методы позволяют получить не более 100 отводков в год. Сейчас фирма Agritope имеет в своих теплицах 30 клонов для подвоя, в которых скомбинированы свойства четырех устойчивых к филлоксере видов - *V. riparia*, *V. rupestris* и еще двух новых из восточной Европы. В этом году к началу вегетационного периода Agritope будет располагать 30 клонами для привоя; некоторые из них принадлежат к популярным в Европе сортам, но мало распространены в Америке.

Полученные из данной лозы почки стерилизуют, а затем растят в специальной камере с оптимальными условиями среды до тех пор, пока не образуется побег с несколькими узлами. Побег разрезают на кусочки так, чтобы в каждом было по почке, из которой вырастет новый побег, и т.д. Размноженный материал высаживают в почву в теплице, где интенсивная подкормка, благоприятный световой и температурный режим способствуют быстрому росту. Не позже чем через 4 месяца плодоносные побеги прививают на молодые корневые побеги. Поскольку и те и другие состоят из недревесневших тканей, приживление происходит быстрее, чем деревянистых черенков. Через несколько месяцев растения переходят в состояние покоя, как это бывает в природе на зиму. В таком виде растения винограда лучше переносят транспортировку,

«Проблема не просто в размножении», считает Уолперт. Он сомневается, будет ли у выращенных с помощью культуры тканей растений достаточно развитая корневая система, чтобы переносить засушливые условия в первые годы жизни, и будут ли у них образовываться корневые побеги, которые поглощали бы гербициды, предназначенные для сорняков.

В этом году фирма Agritope намерена предоставить шести компаниям, занимающимся выращиванием винограда, несколько тысяч растений для оценки, в 1992г. - 100тыс. экземпляров, в 1992 г. - 1 млн.

Метод культуры тканей весьма перспективен и помимо проблемы вредителей. Поскольку получаемый этим путем посадочный материал стерилен, растения не будут нести никаких возбудителей заболеваний. Кроме того, клоны «по определению» не могут полностью отвечать стандарту для данного сорта, что весьма важно в виноделии, где качество продукции очень зависит от свойств сырья. Виноградарские компании уже подают заявки на элитные клоны, которые планирует производить фирма Agritope.

Растущие рыночные возможности не остались незамеченными потенциальными конкурентами Agritope. Сельскохозяйственная биотехнологическая компания Calgene в Дейвисе (шт. Калифорния) тоже рассматривает размножение винограда с коммерческой точки зрения, о чем говорил один из директоров этой фирмы К. Муни: «Если метод культуры тканей эффективен, им воспользуется не одна компания. На традиционных методах далеко не уедешь».



ПОРАЖЕННОСТЬ ВИНОГРАДНИКОВ Филлоксерой в долине Напа (шт. Калифорния) год от года растет, что демонстрируют эти снимки, сделанные в инфракрасном свете в 1979 (внизу), 1986 (в середине) и 1987 гг. (Фотографии У. Уайлдмэна.)

Неизображающая оптика

Концентраторы - «воронки» для света, - не дающие изображения, собирают и повышают интенсивность излучения намного лучше, чем линзы и зеркала. Эти приборы применяются в различных областях - от физики высоких энергий до преобразования солнечного светового излучения

РОЛАНД УИНСТОН

О КОНЦЕНТРАЦИИ света многие из нас впервые узнали еще в детстве, когда в жаркую солнечную погоду, используя увеличительное стекло, мы выжигали свои инициалы на дереве. Разве не казалось нам чудом, что обычный кусок стекла может сфокусировать свет в крошечное пятно? У большинства из нас сохранился в памяти этот первый урок по физике. И если нас спросить, как получить самую большую возможную концентрацию солнечного света, большинство ответит: с помощью увеличительного стекла или некоторой комбинации линз или с помощью вогнутого зеркала.

Оказывается, что этот урок, усвоенный в детстве, позволяет нам дать не совсем правильный ответ. Хотя линзы и зеркала могут применяться для концентрации света, их нельзя считать лучшими инструментами для этой цели. Любой оптический прибор, который концентрирует свет, формируя изображение, достаточно далек от реализации теоретического предела. Причина проста: хотя линзы и зеркала образуют почти совершенное изображение в точке фокуса, они размывают и делают нечеткими изображения, удаленные от фокуса. Поэтому максимальной концентрации света можно добиться лишь при отказе от требования формировать изображение. Практически это обстоятельство наиболее успешно использовалось лишь в последние 20 лет. Приборы, созданные по этому принципу, называются неизображающими концентраторами.

Неизображающий концентратор - это в сущности воронка. Свет, вошедший в концентратор через большую площадь, после отражения внутри выходит через много меньшую площадь. В процессе прохождения света изображение источника разрушается, но когда желательна лишь концентрация, необходимость образовывать какое-либо изображение отпадает. Высокая степень концентрации света,

достижимая неизображающими приборами, уже нашла обширные приложения - от физики высоких энергий до утилизации солнечной энергии. В солнечной печи, например, не надо заботиться о получении совершенного изображения солнца: все внимание направлено на получение максимальной интенсивности солнечного света на единице площади.

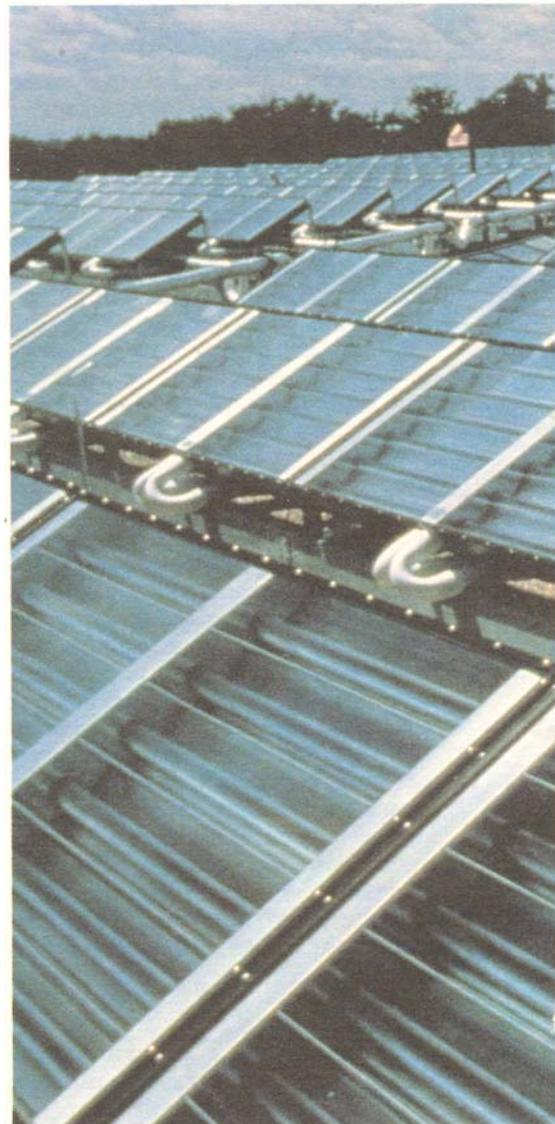
ВО ВСЕМ мире специалисты, работающие в этой области, продолжают поиск новых применений для неизображающих концентраторов, где более простым способом нужно получить высокую интенсивность света без необходимости сохранения изображения. Недавно мои коллеги и я в Чикагском университете применили приборы, для получения самой высокой интенсивности солнечного света, какой нет нигде в пределах Солнечной системы, включая поверхность самого Солнца.

Неизображающая оптика родилась в середине 60-х годов, когда советский ученый В. К. Баранов, немецкий ученый Мартин Плоке и независимо друг от друга создали первые составные параболические концентраторы. Название того, что мы создали, не совсем верно, так как стенки таких концентраторов обычно не параболические. Просто принято называть параболическими все приборы, которые

НЕИЗОБРАЖАЮЩИЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ, называемые составными параболическими концентраторами, установлены на крыше Департамента сельскохозяйственного строительства шт. Иллинойс в Спрингфилде и предназначены для практического использования солнечного света. Каждый отражатель в этой решетке максимально концентрирует свет на трубе с откачанным воздухом, которая сохраняет тепло, как термос. Общая площадь решетки, предназначенной для обогрева и охлаждения здания, составляет примерно 1300 м².

способны максимально концентрировать световую энергию.

Моя первая работа по неизображающей оптике появилась в результате исследований в области физики высоких энергий. Будучи еще молодым преподавателем Чикагского университета (мне тогда еще не было Трид-



цати), я вместе с Т. А. Романовским из Университета шт. Огайо участвовал в эксперименте по обнаружению редких распадов частицы, названной лямбда, Лямбда принадлежит к классу нестабильных частиц, известных как гипероны, которые похожи на протоны и нейтроны, но тяжелее. Лямбда чаще всего распадается либо на протон, либо на нейтрон и на частицу, называемую пион, однако примерно один раз из каждой тысячи распадов лямбда-частица испускает электрон. Мои коллеги и я пытались исследовать эти редкие распады лямбда-частиц, что очень важно для подтверждения теории, известной как модель Кабиббо-Кобаяси-Маскавы. Наша задача заключалась в том, чтобы уловить редкий электронный распад в преобладающем множестве распадов пионного типа.

Детектировать испущенные электроны мы намеревались с помощью известного эффекта Черенкова, Че-

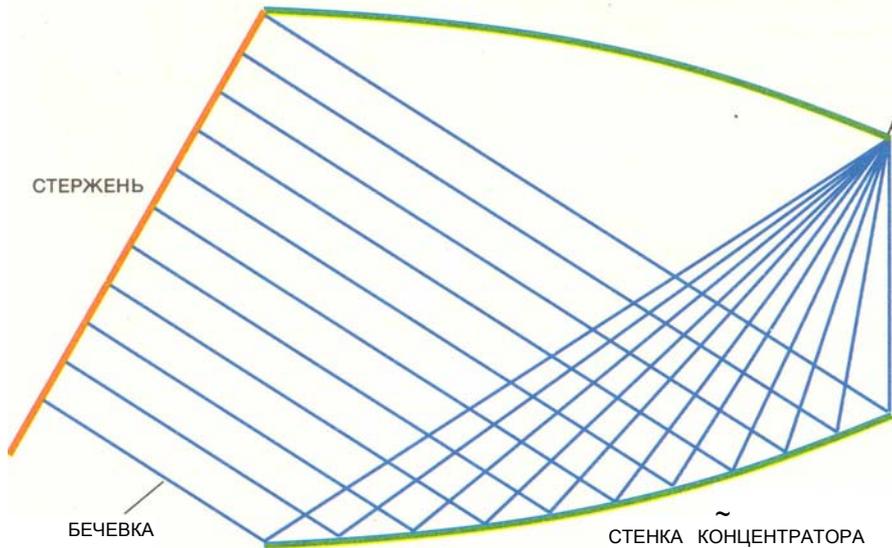
ренковское излучение является оптическим аналогом звуковой ударной волны. Точно так же, как реактивный самолет, летящий со скоростью, большей скорости звука, излучает ударную звуковую волну, частица, летящая в газе или жидкости быстрее света, излучает ударную световую волну. (Читатели, которые знают о постулате Эйнштейна, что ничто не может двигаться быстрее света в вакууме, могут быть спокойны: частица движется со скоростью, большей скорости света в газе или жидкости, но меньшей, чем скорость света в вакууме.) Так как масса пиона примерно в 300 раз больше массы излученного электрона, эти частицы движутся медленнее, и во Фтористоуглеродном газе только электроны могут двигаться достаточно быстро, чтобы генерировалось черенковское излучение.

Нам надо было собрать слабый свет и направить его на Фотоэлек-

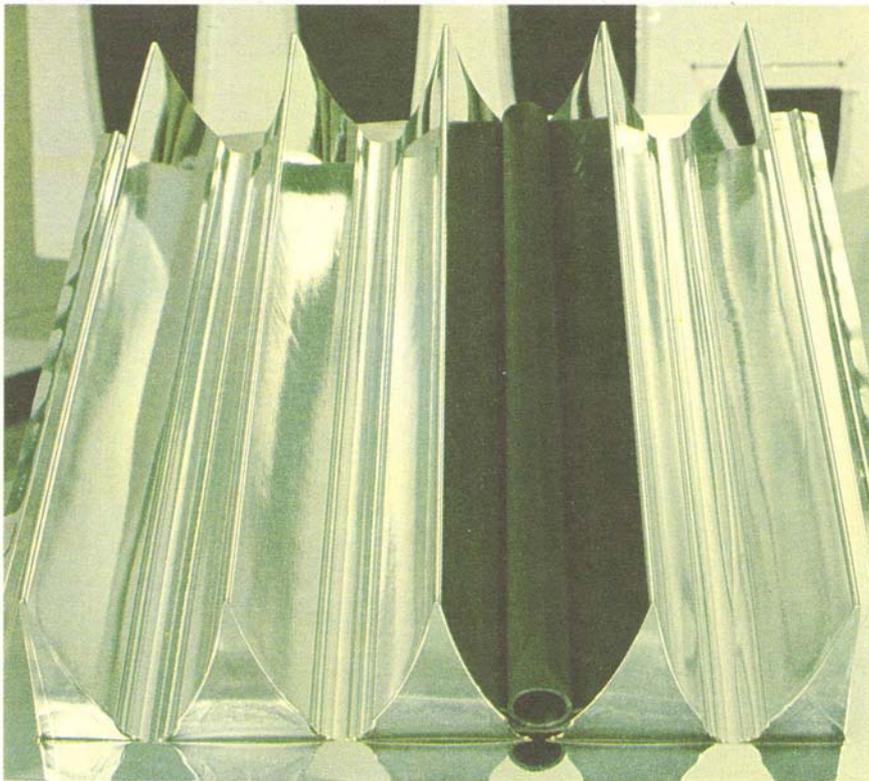
тронный умножитель так, чтобы появление каждого электрона могло быть зарегистрировано. Однако испущенный свет слаб и распределен по большой площади и значительному диапазону углов. Использование обычных изображающих методов для собирания света потребовало бы свыше 100 больших (диаметром более 10 см) фотоумножителей. Это обошлось бы очень дорого и было бы непрактично. Поэтому необходимо было найти какой-то иной подход. В конце концов, для нормальной работы фотоумножителя получения совершенного изображения источника света не требуется, нужно лишь направить на него свет.

К тому времени, когда мы столкнулись с этой проблемой, я знал, что свет надо было бы собирать более эффективно, чем обычными изображающими приборами. Простой расчет показывал, что свет можно собрать в четыре раза более эффективно, а число фотоумножителей уменьшить до





МЕТОД КРАЕВОГО ЛУЧА ~ один из двух известных методов конструирования неизображающих концентраторов. Концентратор сделан так, что все световые лучи, входящие в прибор под максимальным углом, направляются к выходному отверстию после не более одного отражения. Ход лучей можно проследить при помощи бечевки (синие линии), исходящей от стержня (красная линия). Диаграмма показывает бечевку в различные моменты времени. В каждый момент бечевка туго натянута и параллельна входящим лучам света. Затем она резко меняет свое направление и попадает на край выходной апертуры (точка А) так, что полная длина ее остается неизменной.



СОСТАВНЫЕ ПАРАБОЛИЧЕСКИЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ в виде желобов для концентрации солнечной энергии на аккумулирующих тепло трубах используют принцип краевого луча. Черный цвет трубы в отраженном от желоба свете показывает, что она поглощает все лучи в пределах углового поля зрения концентратора. При такой конструкции концентраторов максимальный «сбор» солнечной энергии обеспечивается без дорогостоящих следящих систем. В начале 80-х годов такие концентраторы использовались во многих солнечных коллекторах, изготовленных в США для практических целей.

пары дюжин. Я заручился помощью талантливого инженера-механика Генри Хинтербергера, и мы начали продуктивное сотрудничество. После нескольких месяцев изнурительной напряженной работы мы спроектировали и построили первый составной параболический концентратор - воронкообразный рефлектор. Это было в 1965 г.

Помимо решения собственной проблемы я таким образом содействовал появлению нового направления - неизображающей оптики, хотя тогда я этого не осознавал. Несколько более благоприятная ситуация сложилась в середине 70-х годов, когда другие исследователи начали реализовывать громадные возможности неизображающих концентраторов в астрономии и практическом использовании солнечной энергии. Только тогда я узнал о независимых открытиях Баранова и Плоке - спустя примерно 10 лет после того, как они были сделаны.

В НАСТОЯЩЕЕ время известны два подхода, лежащие в основе конструирования неизображающих концентраторов. Первый называют методом краевого луча. В типичном случае свет входит в концентратор под различными углами в большом диапазоне, скажем от нуля до двадцати градусов. В рассматриваемом методе световые лучи, вошедшие под максимальным углом, направляются к краю выходной апертуры не более чем после одного отражения (см. рисунок вверху слева). Лучи, вошедшие под промежуточными углами, должны, следовательно, выйти в пределах апертуры, что интуитивно достаточно понятно и строго выполняется в двумерных (желобообразных) концентраторах и в некотором приближении в трехмерных (конических) концентраторах. Достоинства метода краевого луча в его простоте.

Второй подход концептуально более абстрактен и имеет малое сходство с методом краевого луча. Среди тех исследователей, которые внесли вклад в разработку второго подхода, так называемого метода геометрического векторного потока, я хотел бы упомянуть моего главного коллегу, с которым мне пришлось сотрудничать, Уолтера Т. Уэлфорда, позже перешедшего на работу в Королевский колледж в Лондоне, и моего бывшего студента Ксяоциу Нинга. В этом подходе геометрического векторного потока совокупность оптических лучей, проходящих через оптическую систему, представляют в виде потока жидкости. Но вместо прохождения в пространстве в обычном смысле здесь лучи распространяются в абстрактной

области, называемой фазовым пространством и определяемой положением лучей и их направлением. Геометрический векторный поток состоит из положений и направлений. Концентратор для данного конкретного применения конструируют таким образом, что либо сохраняют первоначальную величину потока, либо оставляют его невозмущенным.

Изложение предыдущего абзаца может показаться непонятным, но следующий пример разъяснит смысл сказанного. Представим гибкий лист хорошо отражающей пленки размером с этот журнал и круглый объект, скажем апельсин. Предположим, что пленка свернута в виде конуса блестящей стороной внутрь так, что на узком конце его образ овал с отверстием размером примерно с двадцатикопеечную монету (см. рисунок справа). Отверстие направлено на апельсин, а конус расположен так, что человеку, смотрящему через широкий его конец, весь апельсин кажется видимым. В этом случае концентратор (отражающий конус) не возмущает геометрический векторный поток, связанный с апельсином: линии потока, исходящие из апельсина, радиальны в силу симметрии, а конус просто «облегает» эти линии. В результате весь апельсин кажется видимым, хотя большая его часть скрыта от глаз.

Этот эффект не только искусная оптическая иллюзия. Конус отражает лучи света от малой части апельсина таким образом, что весь апельсин кажется видимым. Здесь в процессе создания изображения изменяется направление распространения всех таких лучей. Лучи, входящие в конус и направляющиеся к краю апельсина, будут отражены в отверстие размером с монету. Другими словами, лучи, которые в ином случае прошли бы через поверхность апельсина, вместо этого проходят через отверстие: свет концентрируется.

В большинстве практических случаев, конечно, больше интересуются концентрацией света на плоской, а не на сферической поверхности. Однако решение для плоской поверхности более сложное, но основные принципы не изменяются. Каждая линия потока в этом случае представляет собой гиперболу, и, следовательно, концентратор должен иметь гиперболические стенки. Если такой концентратор помещен, например, в фокус телескопа или солнечной печи, прибор, так сказать, «хитростью натягивается» на мишень, имеющую большую площадь для входящего света, и свет как бы еще раз концентрируется.

ШИРОКОЕ распространение неизображающих оптических при-

боров стимулировалось желанием создать такие солнечные концентраторы, которые не нуждались бы в следящих за Солнцем системах. Чтобы установки, использующие солнечную энергию, были и эффективны, и экономичны, они должны концентрировать свет. Солнечный нагреватель обеспечивает более высокую температуру при большей концентрации света, и концентрировать свет с заданной площади на меньшую площадь солнечных элементов в большинстве случаев обходится дешевле, чем заполнять ими всю входную площадь. Но следящая система громоздка и неудобна, установка и эксплуатация ее увеличивают стоимость использования солнечной энергии.

Когда в 70-е годы США поразил нефтяной кризис и правительство проявило интерес к альтернативным источникам энергии, стали предприниматься меры к тому, чтобы солнечную энергию сделать более привлекательной. Появился стимул к созданию более дешевых солнечных концентраторов за счет исключения механизма слежения. Директор Аргоннской национальной лаборатории и почетный профессор Чикагского университета Роберт Г. Сакс знал о моих работах по неизображающим концентраторам и решил, что я мог бы быть полезен.

Неизображающие приборы хорошо подходят для решения этих задач, что подтверждают ранние исследования, сделанные мною в сотрудничестве с У. Шертцем и Э. Раби в упомянутой Аргоннской лаборатории. Работая с Дж. О'Каллагером (моим коллегой по солнечным исследованиям в Чикагском университете с 1976 г.) и моими бывшими студентами М. Колларес-Перейрон и К. Снэйлом. Мы доказали, что можно создать такие неизображающие концентраторы, которые могут достаточно эффективно фокусировать солнечный свет в течение большей части дня, не меняя своего положения. В большинстве случаев этого можно достичь с помощью какой-либо приемлемой геометрии концентратора.

Мы были свидетелями того, что наши работы привели к крупномасштабному производству солнечных концентраторов без систем слежения такими американскими фирмами, как General Electric, Energy Designs и Sunmaster. Когда нефтяной кризис угас, интерес к рассматриваемой проблеме переместился в Европу, Израиль и Японию. Недавние события в Персидском заливе могут возбудить в США интерес к утилизации солнечной энергии.

В последние несколько лет возглавляемая мною исследовательская группа, финансируемая Институтом солнечной энергии в Голдене (шт. Коло-



ПРИНЦИП ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО векторного потока - это еще один известный сейчас способ конструирования неизображающих концентраторов. Можно представить, что совокупность световых лучей проходит через оптическую систему как поток некой жидкости. Для круглого объекта, скажем апельсина, линии потока радиальны. Если лист гибкой, хорошо отражающей свет пленки свернуть в конус блестящей стороной внутрь и чтобы внизу образовалось отверстие с 20-копеечную монету, то его можно направить на апельсин так, чтобы через широкую часть весь апельсин казался видимым. Концентратор (отражающий конус) не возмущает векторный поток, исходящий от апельсина, Конус «облегает» линии потока, и весь апельсин кажется видимым, хотя большая его часть скрыта от глаз,



ЧТОБЫ ИЗМЕРИТЬ ВЫСОКУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ солнечного света, его пропускают через сапфировый концентратор в термососуд с жидкостью (калориметр). Регистрируется разность температур жидкости до того, как солнце «включено», и после того, как оно «выключено». Для кали-

бровки показаний используют электрический нагреватель. Калориметр введен в систему, чтобы исключить возможность разрушения обычных измерительных устройств вследствие высокой интенсивности солнечного света,

намеревается доказать, что неизображающие приборы могут концентрировать солнечный свет до степени, близкой к теоретическому пределу, устанавливаемому законами термодинамики. Согласно второму закону термодинамики, никакой прибор не может сконцентрировать солнечный свет до интенсивности, соответствующей

температуре, которая была бы выше температуры на поверхности Солнца. Если такую температуру можно было бы получить, то удалось бы создать такое тепловое устройство (систему Солнце - концентратор), которое могло бы извлекать энергию беззатрат: такое устройство было бы своего рода вечным двигателем. Верхний

предел в этом случае измерялся бы величиной, примерно в 46 000 раз превосходящей интенсивность солнечного света на поверхности Земли. (Мне, кстати, первому удалось получить верхний предел концентрации на основе соблюдения принципов сохранения в фазовом Пространстве, но в этой статье я не стану углубляться в данную проблему.)

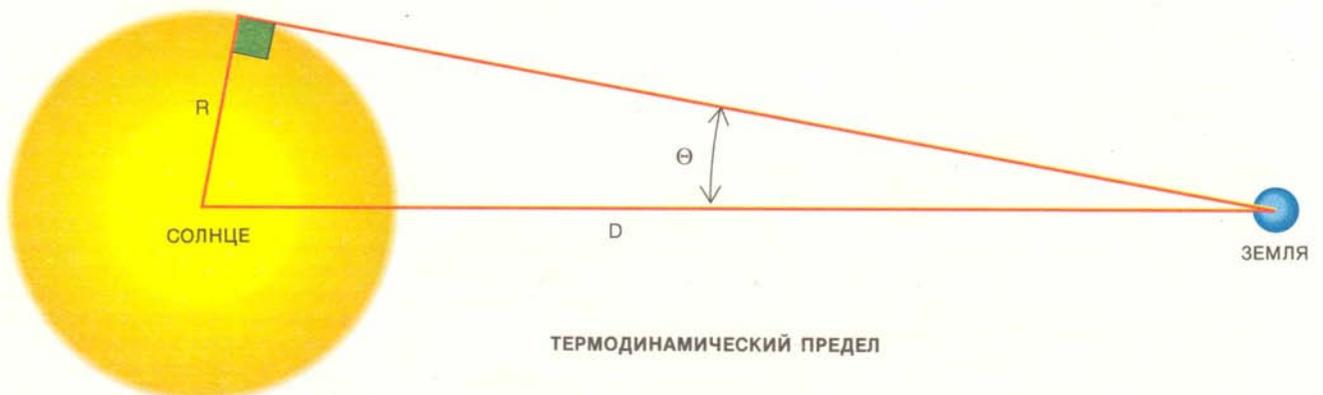
Как неизображающие концентраторы превосходят термодинамический предел

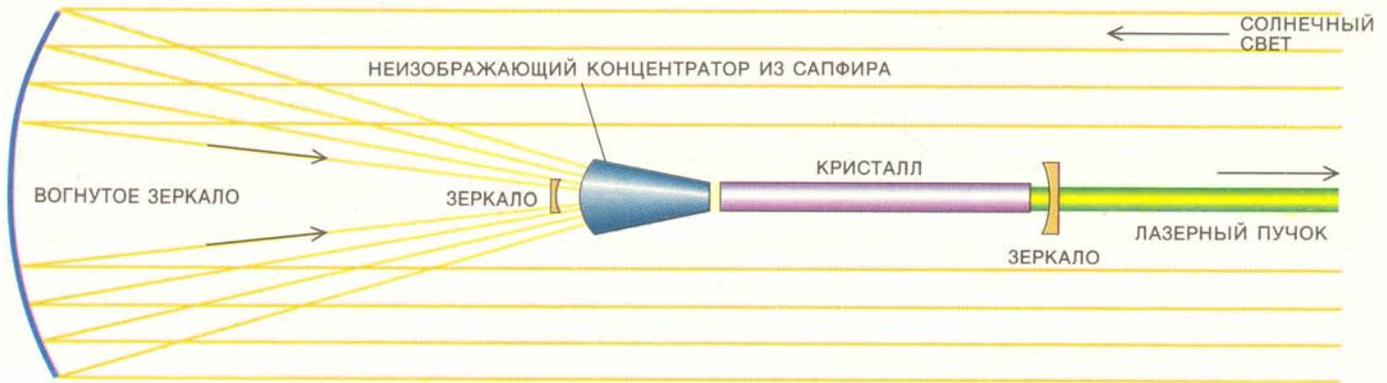
Законы термодинамики устанавливают теоретический предел максимальной концентрации солнечного света. Интенсивность солнечного света на Земле равна интенсивности света на поверхности Солнца, умноженной на площадь солнечной поверхности, $4\pi R^2$, и деленной на площадь сферы, проведенной через земную орбиту, $4\pi D^2$. Другими словами, интенсивность света на Солнце больше, чем на Земле, в число раз, определяемое множителем $(D/R)^2$, равным $1/\sin^2 \theta$ (θ — половина видимого с Земли углового размера Солнца, равная $0,267^\circ$), или 46 000.

Согласно законам термодинамики, ни один прибор не может сконцентрировать солнечный свет на Земле до бо-

лее высокой величины. Если бы ее можно было получить, стало бы возможным сделать нагревательное устройство, включающее Солнце и прибор, которое извлекало бы энергию без затрат: такое устройство было бы вечным двигателем! Можно найти обходной путь, если концентрирующий прибор сделать из вещества с показателем преломления n , большим единицы; максимальная концентрация возрастет в n^2 раз — до $n^2/\sin^2 \theta$.

Обычные изображающие приборы дают концентрацию в 4 раза меньшую теоретического предела. Параболическое зеркало образует изображение Солнца в фокусе, имеющее площадь $\pi R^2 \sin^2 \theta / \cos^2 \phi$, где R — длина, указанная на





СОЛНЕЧНЫЙ ЛАЗЕР - одно из возможных применений неизображающей оптики, которая создает высокую интенсивность солнечного света для его накачки. Концентрированный солнечный свет направляют на кристалл лазера, после чего атомы кристалла излучают свет определенной

частоты или нескольких частот. Излученный свет отражается между двумя зеркалами у концов кристалла. Часть света «просачивается» через одно из зеркал, образуя пучок, который распространяется в пространстве,

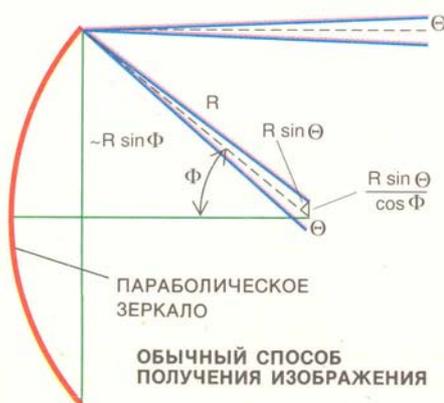
Впрочем, есть некоторые «хитрые пути» для получения концентрации, превосходящей предел в 46 000. Если концентратор сделан из материала, показатель преломления которого n , то верхний предел степени концентрации в этом веществе возрастает в n^2 раз. (Показатель преломления вещества есть отношение скорости света в вакууме к

скорости света в этом веществе: чем меньше эта вторая скорость, тем выше показатель преломления.) Показатель преломления стекла, например, равен 1,5, что повышает теоретический предел для стеклянного концентратора примерно до 100 000 раз. Материалы с более высоким показателем преломления увеличивают степень концентрации вследствие того, что они могут преломлять лучи из более широкого угла в требуемый угол. Это явление, называемое законом Снеллиуса, знакомо всякому, кто наблюдал кажущийся излом палки, Опущенной в воду. Законы термодинамики не нарушаются, когда степень концентрации увеличивается в n^2 раз, так как объект излучает энергию также пропорционально n^2 , и эти два множителя компенсируют друг друга.

солнечной поверхности. Предела в 100 000 мы не достигли из-за потерь при отражении и перекрытия света измерительным оборудованием.

В более поздних экспериментах, выполненных в сотрудничестве с моим студентом Д. Куком, а также с Глекманом, Х. Кребсом, О'Каллагером и Д' Сэджи, мы сделали неизображающий концентратор из сапфира, который имеет более высокий показатель преломления, равный 1,76. Воплощенный в этом приборе замысел был более смелым, и теоретический предел был повышен примерно до 140000. Достигнутая нами степень концентрации составила 84 000, что превышает интенсивность света у солнечной поверхности на 15%. Так что, если кто-то поинтересуется, где найти самую высокую интенсивность солнечного света в Солнечной системе, ответ таков: на крыше нашей лаборатории в Чикагском университете.

рисунке, Θ — половина углового размера Солнца, а Φ — апертурный угол зеркала. Собирающая площадь зеркала равна $\pi R^2 \sin^2 \Phi$. Степень концентрации зеркала есть отношение его площади к площади пятна: $\sin^2 \Phi \cos^2 \Phi / \sin^2 \Theta$, которое может быть записано как $(1/4) \sin^2 2\Phi / \sin^2 \Theta$. Очевидно, что это выражение имеет максимальное значение $(1/4) \cdot 1 / \sin^2 \Theta$, которое равно четверти термодинамического предела. Если имеется затенение мишени, степень концентрации, конечно, будет меньше.



В стремлении получить превышение термодинамического предела мы поместили неизображающий концентратор в фокусе параболического зеркала телескопа. В принципе было бы возможно получить более высокую степень концентрации лишь с неизображающим элементом, но на практике такой элемент был бы слишком громоздок и слишком дорог в изготовлении. Зеркало диаметром 40 см образовывало пятно диаметром около 1 см на расстоянии около одного метра от зеркала. В первой стадии экспериментов, результаты которых вошли в диссертацию, сделанную моим аспирантом Ф. Глекманом, мы изготовили серебряную воронку и наполнили ее маслом с показателем преломления 1,53, чтобы «сжать» нантимерное пятно примерно до одного миллиметра. Мы достигли концентрации, при которой интенсивность в 56 000 раз была более высокой, чем интенсивность солнечного света у земной поверхности, или, грубо говоря, мы достигли 70% интенсивности у

ОДНИМ из применений солнечного света высокой интенсивности, которую нам удалось получить, является лазер, накачиваемый солнечным светом. Такой прибор мог бы использоваться в космосе для спутниковой связи. Другим привлекательным моментом, стимулирующим производство лазеров, накачиваемых солнечным светом, является возможность получения источника интенсивного ультрафиолетового излучения. Полагают, что такой источник можно было бы использовать для разрушения опасных промышленных отходов. (Если его расположить в пустыне, прибор мог бы функционировать фактически только на солнечном свете.) Мы, конечно, не были первыми в создании таких лазеров. Пионерами их развития были Э. Йогев и его группа в

Институте Вейцмана. Для этих целей они использовали неизображающую оптику, чтобы получить лазер с выходной мощностью в несколько сот ватт.

Впервые неизображающие оптические приборы были применены в области физики высоких энергий и использования солнечной энергии. К обычным лазерам энергия также может подводиться посредством устройств неизображающей оптики. Это было доказано Дж. Куппенхаймером-мл. и его коллегами, работающими в фирме Sanders Associates. Группа исследователей, возглавляемая Р. Хилдебрандом и Д. Харпером в Чикаго, разработала неизображающие оптические приборы для детекторов инфракрасного излучения для астрофизических наблюдений. Спутник «COBE» (Cosmic Background Explorer), который недавно с превосходной точностью измерил излучение черного тела, оставшееся от Большого взрыва (реликтовое излучение), также был оснащен неизображающей оптической аппаратурой (см. С. Гулкис и др. Спутник для исследования космического фона, «В мире науки» №1990, № 3). Группа исследователей из Университета шт. Юта задействовала оптические неизображающие приборы в большую решетку детекторов черенковского излучения. Решетка, названная мушкетерским глазом, была построена для обнаружения и более глубокого анализа космических лучей высокой энергии.

Другая область, где рассматриваемые устройства могут найти применение, - это система освещения. Люминесцентные лампы, например, излучают значительную долю света в нежелательных направлениях. Идеальный неизображающий концентратор создает равномерный пучок света и конструктивно может быть сделан так, чтобы весь свет был направлен в нужное место. Даже сама зрительная система, похоже, включает неизображающую оптику. Конические ячейки в сетчатке концентрируют свет и имеют форму, напоминающую составные параболические концентраторы.

Хотя число исследователей, работающих над проблемами неизображающей оптики, растет, оно все же пока мало, чтобы о них можно было говорить как о представителях определенного направления. Расширилась география интенсивных исследований в данной области: в Австралии этими проблемами занимается Я. Бассетт в Сиднейском университете; в Израиле - Дж. Гордон в Университете Бен-Гуриона; в Испании - А. Луке в Политехническом университете в Мадриде. Свидетельством возрастаю-

щего интереса к этой области может служить вторая Международная конференция по неизображающей оптике, которая Должна состояться в Сан-Диего в июле этого года по инициативе Международного оптического общества SPIE (the International Society for Optical Engineering). В 1988 г. совместная организация ARCH, созданная Аргоннской национальной лабораторией и Чикагским университетом, оказала содействие в организации компании NiOptics, предназначенной для поиска областей применения неизображающей оптики. Возглавляемая Р. Холмэном, эта компания пытается интегрировать неизображающие элементы в оптические системы, что раньше было возможно только для

изображающих приборов.

Пожалуй, одним из самых интересных аспектов дальнейшего развития неизображающей оптики следует считать поиск новых подходов в конструировании концентраторов. Здесь были рассмотрены два метода, известные в настоящее время, - метод краевого луча и метод геометрического векторного потока. Вполне возможно, что появятся и другие подходы. Благодаря финансированию со стороны министерства энергетики мы в течение последнего десятилетия вели систематические поиски новых конструкций, учитывая, что пока разработаны лишь два метода, можно считать, что сейчас самое время для других включиться в исследования.

Наука и общество

Проблемы пола

МАЛЕНЬКАЯ изящная серебряная рыбка недавно явилась первым доказательством старой теории. Речь идет о предложенном в 1930 г. известным генетиком Р. Фишером объяснении того, почему у большинства видов в каждом поколении имеется равное число молодых особей мужского и женского пола (соотношение полов 1:1). Однако хотя теория Фишера иллюстрировалась массой примеров, доказательств ее фактически не было - до тех пор, пока не появились данные об атлантической атерине.

С помощью этих рыбок, используемых повсеместно в качестве приманки, Дейвид О. Коновер из Университета шт. Нью-Йорк в Стоуни-Брук доказал, что Фишер прав. «Создана эмпирическая модель процесса эволюции к наблюдаемому соотношению полов», комментирует Дж. Булл из ТеХасСКОг Университета в Остине.

Доказательство теории Фишера через 60 лет является немалым достижением, так как основная идея этой теории лежит в основе современного представления о соотношении полов. Фишер описал так называемый частотно-зависимый отбор. Предположим просто, - хотя Фишер, по словам Булла, не считает это простым - что, если особи того или другого пола оказываются в меньшинстве, на них будет высокий спрос как на половых партнеров. Это преимущество способствует сохранению генов, обеспечивающих воспроизводство этого пола, в конечном счете уравновешивая дисбаланс полов в популя-

ции. «Теперь мы обрели почву под ногами», говорит Коновер,

Атерина оказалась замечательным объектом для проверки теории Фишера. Пол у этого животного частично определяется температурой воды при появлении его на свет. Низкая температура в начале сезона размножения приводит к появлению самок; позднее, когда становится теплее, появляются самцы. Атлантические атерины из разных мест вдоль побережья мечут икру при разных температурах, что отражает сезонные и географические вариации. В течение всего сезона размножения соотношение мужских и женских особей составляет 1:1.

Коновер и его коллега Д. Ван Вурхис воспользовались термостатом. «Можно создать полностью закрытую систему, поместив рыб в искусственную среду, где поддерживается постоянная температура», - поясняет Коновер. Исследователи следили за рыбами, пойманными в нескольких разных местах вдоль Атлантического побережья и содержащимися в лабораторном бассейне при постоянных температурах в течение нескольких поколений.

Если бы теория Фишера была неверна, то при постоянной температуре получались бы одни только самки или одни только самцы. Вместо этого обнаружилось, что вскоре устанавливается соотношение полов 1:1. «Это было столь удивительно, - говорит Коновер, опубликовавший свое открытие в журнале «Science», что почти смущало. Я хотел в статье специально отметить, что это действительно происходило».

В лабораторной популяции атерин

с Южно-Каролинского побережья, например когда ее содержали при постоянной высокой температуре, соотношение полов 1:1 достигалось через четыре поколения. У рыб с Нью-Йоркского побережья в тех же условиях это равновесие устанавливалось через одно поколение. Но всегда соотношение полов в итоге становилось 1:1, так как численность особей того пола, который был в меньшинстве, в следующем поколении увеличивалась - точно, как предсказывал Фишер.

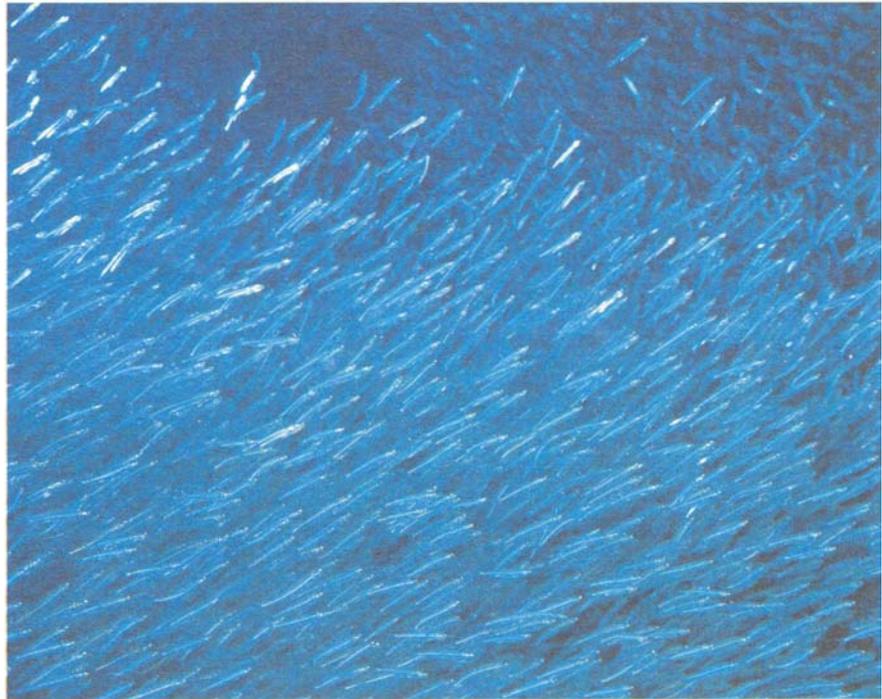
Булл и его коллега Э. Чарнов из Университета шт. Юта высказали предположение о том, каким образом среда, в которой производится потомство, может влиять на эволюцию соотношения полов. Определенные температуры, например, могут благоприятствовать адаптации одного пола по сравнению с другим. Коновер показал, что самки атлантических атерин извлекают больше выгоды из длительного периода роста. В отличие от самцов крупные самки более плодовиты. Понятно, почему в ходе сезона размножения самки развиваются раньше - ведь тогда они могут питаться более продолжительное время (даже если бы самцы ели больше, их репродуктивная сила не увеличилась бы значительно).

Открытие Коновера не только дает опору теории Фишера - оно также касается проблемы сравнительной роли генетических факторов и факторов окружающей среды в регуляции пола у некоторых видов. Эта тема - одна из самых интересных в биологии, так как имеет отношение к парниковому эффекту. Распространено мнение, что виды, у которых пол зависит от температуры, могли исчезнуть с лица Земли при значительном изменении климата.

Но именно генетические факторы, а не окружающая среда определяют пол у атерин с побережья Новой Шотландии, где температура постоянно низкая. Соотношение полов у этих рыб всегда держалось на уровне 1:1 независимо от лабораторных условий. Коновер и другие исследователи в настоящее время изучают, какие точно генетические компоненты определяют пол.

Данные об атеринах свидетельствуют, что в некоторых случаях генетические факторы могут устранять или компенсировать изменения, обусловленные окружающей средой. Однако глобальное потепление может привести к гибели видов со слабым генетическим компонентом, определяющим пол, как у рептилий. Черепахи, в частности, могли бы быть полностью уничтожены.

По иронии судьбы, черепахи сами



ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ, которая изменяется в зависимости от сезона и глубины, влияет на пол личинок атлантической атерины, (Фотография: А. Гротелл)

представляют угрозу вновь доказанному правилу Фишера. Они, похоже, нарушают соотношение полов 1:1, и пока нет объяснения, почему. После более чем 10-летнего исследования че-

репах Булл оставил эту работу. «Вы говорите сейчас с человеком, занимающимся бактериофагами, потому что я не мог ответить на этот вопрос», заявляет он.

Книги издательства "Мир"

Дж. Эмсли

ЭЛЕМЕНТЫ

Перевод с английского

Книга автора из Великобритании является оригинальным компактным справочником, в котором собраны практически исчерпывающие сведения по всем элементам периодической системы. Основной объем справочника отведен описанию свойств элементов, расположенных в алфавитном порядке. Для каждого элемента достаточно подробно указываются химические, физические, термодинамические свойства, в том числе спектральные, и кратко - биологические и распространенность в природе. Справочные сведения сгруппи-

рованы в таблицы по важнейшим свойствам, причем в одной группе таблиц элементы расположены в порядке увеличения их атомного номера, а в другой - по возрастанию приводимых величин. В заключительную часть справочника вошли три таблицы, облегчающие нахождение самых общих сведений по химическим элементам и предназначенные читателю-нехимику.

Для широкого круга читателей: научных работников, студентов, аспирантов, преподавателей высшей и средней школ,

1992 г. 14 л. Цена 2 р.

Эту книгу вы сможете заказать в магазинах научно-технической литературы



Перекаати-поле

Это растение - старинный символ крайнего Запада Соединенных Штатов - на самом деле было завезено в страну с юга России и, используя благоприятные природные условия Великих равнин, стало настоящим бедствием для сельского хозяйства в конце XIX века

ДЖЕЙМС А. ЯНГ

В 1881г, МИНИСТР сельского хозяйства США Джеймс Раск сообщил о том, что в северных районах Великих равнин по полям распространяется опасный новый сорняк. В отличие от других сорняков он не проводит свою жизнь, ускорившись в почве, а перекаатывается по земле порывами ветра и переносится с поля на поле. У сорняка острые, колючие листья, от которых часто страдали как пасущиеся животные, так и сами скотоводы. Растение быстро распространялось по обширным равнинам и разрасталось в районах, слишком суровых для других представителей Флоры. Многие Фермеры в панике бросали свои дома и поля при появлении этого колючего сорняка, который отличался способностью производить и рассеивать огромное количество семян. Обладая такими биологическими свойствами, перекаати-поле стало настоящим бедствием для западных районов страны,

Для современных американцев перекаати-поле ассоциируется с покрытыми дымкой времени картинами жизни Старого Запада. В романах Зейна Грея перекаати-поле сносится ветром на прогибающиеся изгороди из колючей проволоки на фоне типичного пейзажа западных районов Америки. В кинофильмах на фоне этих растений скачут ковбои и движутся Фургонь поселенцев. Действительно, этот представитель Флоры так прочно вошел в Фольклор Запада США, что без него трудно представить здешний пейзаж. Однако немногим более ста лет назад перекаати-поле было новым элементом флоры этих районов, бесконтрольное распространение которого по равнинам стало причиной неожиданного бедствия для сельского хозяйства.

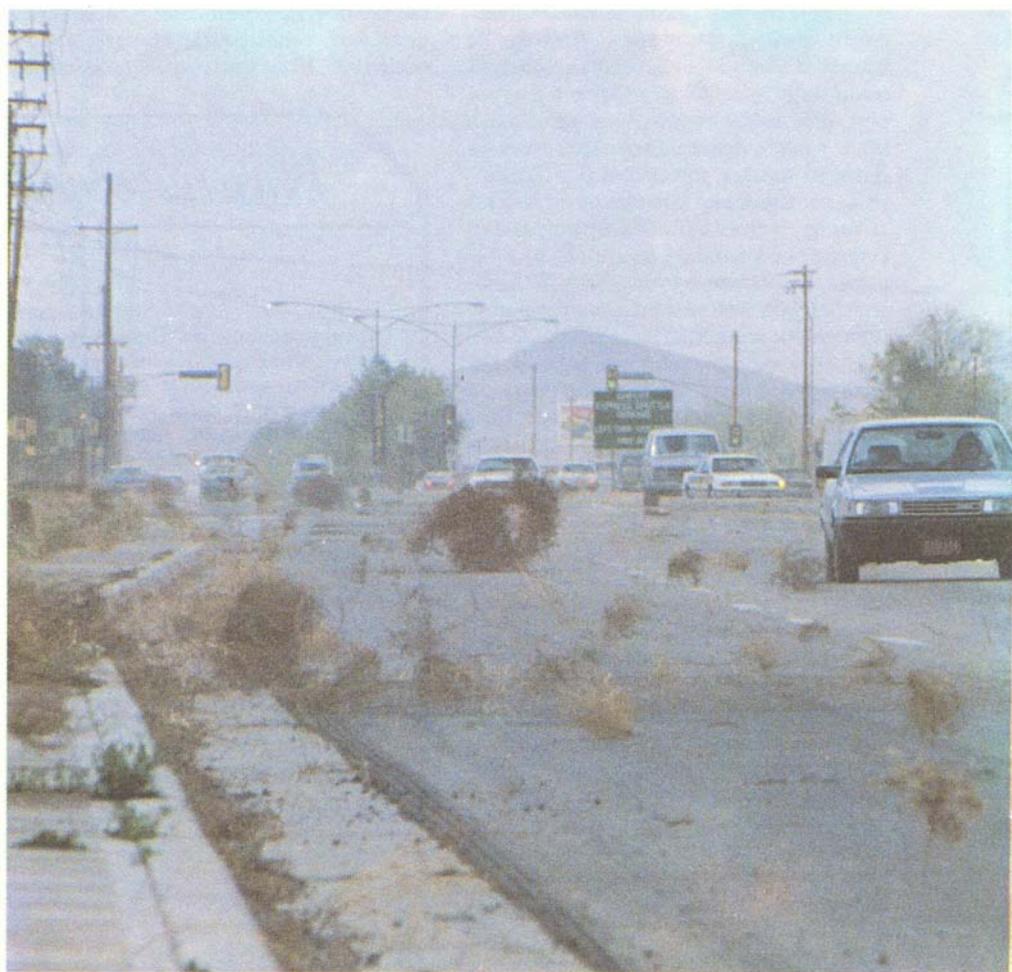
Первые признаки надвигающейся

ПЕРЕКАТИ-ПОЛЕ, или русский чертополох, отрывается от своих корней поздней осенью, Перекаатывание этого растения, особенно при сильном ветре, часто создает опасность на автомобильных дорогах,

опасности были замечены в конце 1870-х годов в штатах Северная и Южная Дакота, Местные Фермеры обратили внимание на неожиданное появление нового сорняка. Членам одной общины переселенцев он очень напомнил сорняк с их родины. В письме в министерство сельского хозяйства фермер из Северной Дакоты Норм Френч сообщил: «Знающие русские рассказывали мне, что этот сорняк широко распространен на юге России, в районе Одессы, где местные жители называют его «татарским чертополохом», и можно предполо-

жить, что он был неизвестным образом занесен в Америку русскими».

Жители западных районов называли это растение по-разному: солянка, русский кактус, ветряная ведьма. Ботаники из министерства сельского хозяйства обычно предпочитали название «русский чертополох». Однако, что касается научного обозначения этого растения, им пришлось изрядно поспорить, прежде чем они пришли к единому мнению, Согласно правилам таксономии, необходимо сопоставлять морфологию растения с опубликованными описаниями других пред-



ставителей флоры или имеющимися образцами. К сожалению, ни в одной работе по систематике *не* было описания этого сорняка, и ни в одном гербарии страны не было образца этого растения.

Ботаники из министерства сельского хозяйства отнесли новый сорняк к роду *Salsola* из семейства маревых и сделали предположение, что это растение соответствует одной из неописанных форм местных приморских солянок, растущих в солоноватых водах вдоль восточного побережья США. В итоге ученые остановились на научном термине *Salsola kali*, разновидности *largus*.

Однако другие ботаники не пользовались этим названием при описании растения. Расхождения возникли после того, как исследователи обнаружили новые популяции русского чертополоха в других районах страны. Считая, что это местное растение, а также не подозревая, что это разновидность *Salsola kali*, описанная специалистами министерства сельского хозяйства, ботаники предложили иные видовые названия. Многие из этих названий нашли отражение в

специальной литературе, и даже сегодня можно столкнуться с отнесением этого растения к различным научным таксонам.

Лишь недавно большинство ботаников пришло к единому мнению, что этот сорняк следует называть *Salsola australis*. Это название было предложено в 1810 г. Робертом Брауном из Британского музея, обнаружившим это растение в Австралии. Хотя о его работе вспомнили лишь около десяти лет назад, теперь ботаники признают, что Брауну принадлежит приоритет в выделении этого сорняка как самостоятельного вида *Salsola*.

Чем можно объяснить неразбериху с названием в течение такого длительного времени? В конце концов способы определения таксона этого сорняка кажутся очевидными: поскольку растение прибыло из России, было бы разумнее узнать, как его называют сами русские. К сожалению, с классификацией этого вида у русских ботаников наблюдалась такая же неразбериха, как и у их американских коллег. По-видимому, в Евразии больше не существует местной популяции растений, от которой произошло амери-

канское перекати-поле. Сравнительно-морфологический анализ не представляется возможным даже на прежнем месте обитания растения.

БОТАНИКИ, естественно, оказались не единственными, кто был сбит с толку физиологией этого сорняка. Фермеры были также встревожены, принимая во внимание его внешние признаки, особенно листья, превратившиеся в прочные и острые шипы, которые пронизывали толстые кожаные перчатки молотильщиков. Многие из них поэтому отказывались обрабатывать снопы зерновых, которые были засорены русским чертополохом. Но самое неприятное заключалось в том, что шипы повреждали ноги лошадей, когда животные находились на засоренных пастбищах. Дело в том, что лошадь была основной рабочей силой при обработке полей, на уборке и транспортировке урожая на фермах, и поэтому все, что угрожало лошадям, представляло опасность для существования фермерских хозяйств поселенцев.

Положение осложнялось еще и тем, что в засушливых районах сорняк лег-





РУССКИЙ ЧЕРТОПОЛОХ произрастает на почве, слишком бесплодной для других растений. Взрослые растения чертополоха, имеющие летом темно-зеленую окраску, придают пустынному ландшафту вид плодородного поля,

ко возгорался. Вместе с перекаत्याвающимся сорняком огонь сневероятной быстротой распространялся по прериям, пылающие перекаати-поле перелетали через противопожарные полосы и поджигали дома и посевы.

По мере распространения сорняка по штату Южная Дакота Фермеры стали регулярно отправлять в министерство сельского хозяйства в Вашингтоне его образцы с жалобами и требованиями принять меры по борьбе с этим бедствием. Президент компании Dakota Irrigation Сараджар Нарреганг писал министру сельского хозяйства 28 октября 1891 г.: «Впервые мы заметили его три года назад. С тех пор он значительно распространился, и в настоящее время им засорена большая часть штата Южная Дакота к востоку от р. Миссури ... В некоторых районах штата этот ужасный сорняк стал настолько опасным, ... что многие Фермеры вынуждены из-за этого покидать свои владения». Распространение сорняка вызывало такую тревогу, что Фермер и законодатель из штата Северная Дакота эдвард Кирни предложил соорудить на границах штата проволочные ограждения для защиты от надвигающейся опасности.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ русского чертополоха начинается со свернутого в спираль зародыша, расположенного в семени. Весной зародыш прорастает, образуя ВСХОДс двумя семядолями. Молодые растения обычно мягкие, серо-зеленые. Цветки, расположенные в пазухах колючих листьев на ветвистых стеблях, появляются летом. Взрослое растение может достигать двух метров в диаметре.

Распространение сорняка не ограничивалось сельской местностью. Газета «Daily Argus» выходящая в Фарго (шт. Северная Дакота) сообщила: «Головной отряд оккупанта уже находится севернее Шелдона; с осенними ветрами он появится в нашей округе ... В Оксе он заполнил все расщелины, дворы и пустыри».

Политики старались хотя как-то уменьшить экономический ущерб от распространения русского чертополоха. Законодательный орган штата Северная Дакота ввел специальный налог для выплаты Фермерам соответствующей компенсации. Но к началу 1890-х годов засорение этим сорняком было настолько велико, что стоимость пшеницы, потерянной из-за распространения русского чертополоха, превысила сумму средств, которая была получена от введенных в штате налогов.

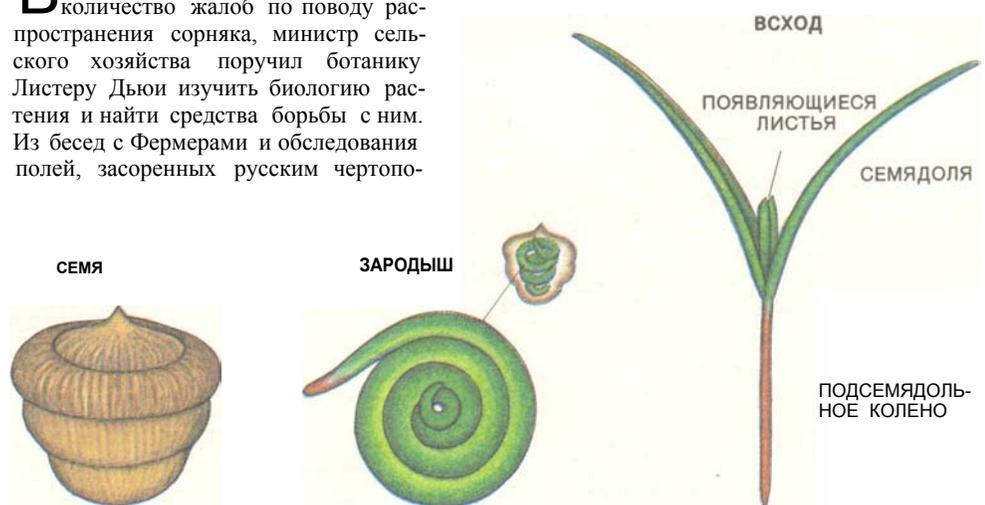
В СВЯЗИ с тем что увеличивалось количество жалоб по поводу распространения сорняка, министр сельского хозяйства поручил ботанику Листеру Дьюи изучить биологию растения и найти средства борьбы с ним. Из бесед с Фермерами и обследования полей, засоренных русским чертопо-

лохом, Дьюи узнал, что впервые растение было замечено в 1877 г. на ферме в графстве Боном в штате Южная Дакота. Семена чертополоха, по-видимому, содержались в партиях льняного семени, импортированных из Европы.

Нашествие перекаати-поле имело еще и опасный социальный аспект: многие люди были уверены в том, что сорняк был преднамеренно занесен в страну русскими баптистами. Большинство жителей западных районов выступало против религии и обычаев баптистов, и появление сорняка воспринималось ими как расплата за это. Но Дьюи не обнаружил каких-либо доказательств, опровергающих случайный характер появления этого сорняка.

После того как русский чертополох появился в Соединенных Штатах, он буйно разросся на открытых равнинах. По мнению Дьюи, агротехнические приемы Фермеров-первопроходцев благоприятствовали его приживанию здесь. В последние десятилетия XIX века возделывание пшеницы быстро распространил ось на востоке северной части Великих равнин. В частности, благодаря расширению сети железных дорог и появлению передвижных паровых молотилок производство зерновых получило широкое распространение в местах, которые прежде были заняты высокопродуктивными и среднетравными девственными прериями.

Уничтожение трав прерий позволило чертополоху занять их экологическую нишу. Русский чертополох - слабый конкурент для ненарушенной растительности. Он не выносит тени или переувлажнения в течение длительного времени и недостаточно агрессивен для того, чтобы вытеснить плотные местные популяции. Наоборот, подобно многим сорня-



кам, для него благоприятны такие агротехнические приемы, как орошение и внесение удобрений, предназначенные для того, чтобы уменьшить воздействие средовых стрессов на сельскохозяйственные культуры.

Деятельность человека не только создала подходящие местообитания для чертополоха, но также в значительной степени обеспечила условия для распространения этого растения. Часто Фермеры невольно высевали русский чертополох вместе с семенами сельскохозяйственных культур, и семена чертополоха засоряли зерно, транспортировавшееся по железной дороге. Кроме того, те же рабочие паровых молотилок, так не любившие этот колючий сорняк, часто не слишком добросовестно чистили свои машины и, таким образом, способствовали распространению семян сорняка от фермы к ферме.

Засорение в таких масштабах делало борьбу с сорняком практически невозможной, и первые попытки избавиться от него оказались неудачными. Например, в начале 1890-х годов Чарльз Пайпер из Сельскохозяйственного колледжа шт. Вашингтон нанял рабочих для поиска засоренных мест вдоль железных дорог штата. Рабочие вырвали и уничтожили большое количество чертополоха, оставив лишь немного популяций вблизи железнодорожных насыпей.

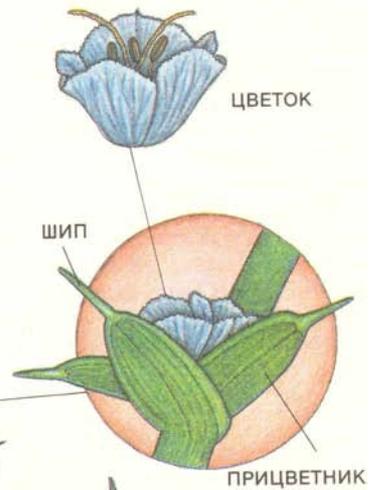
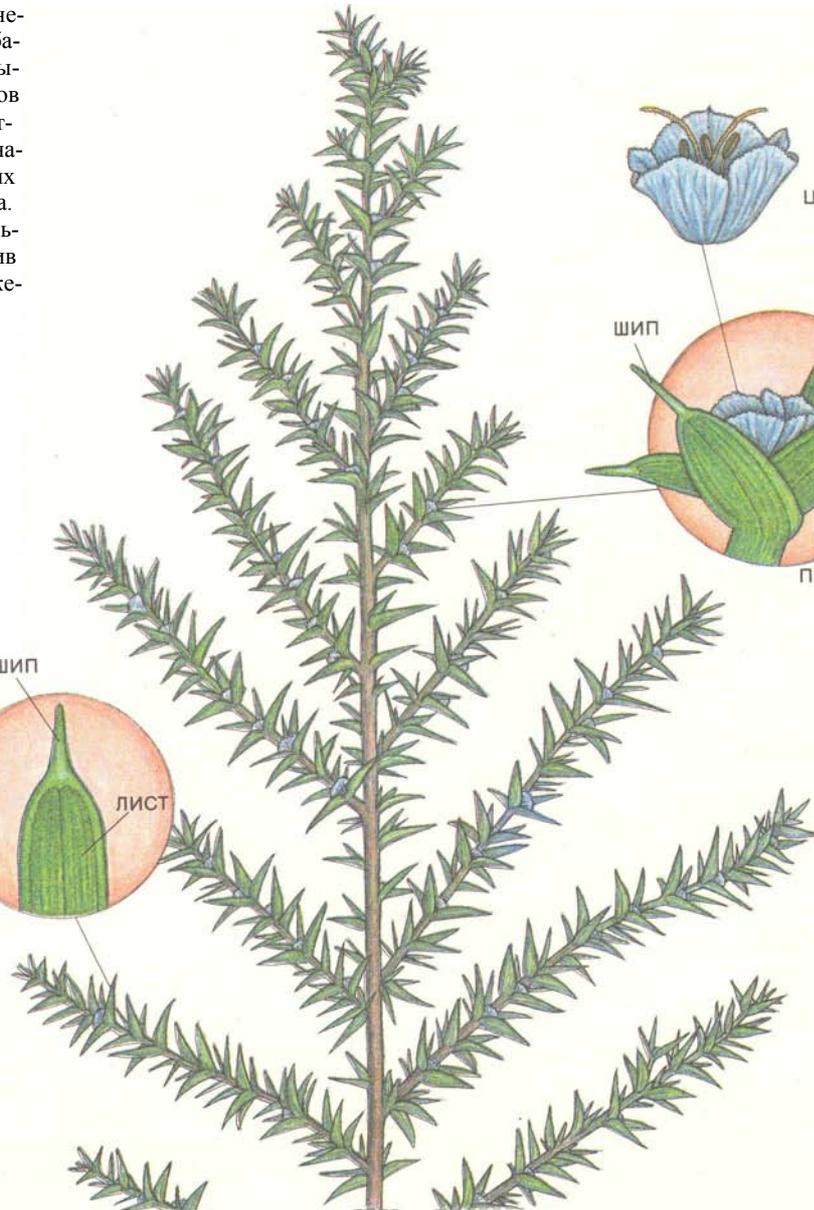
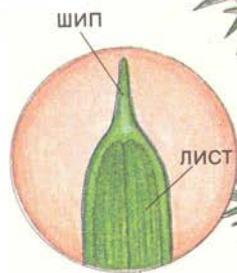
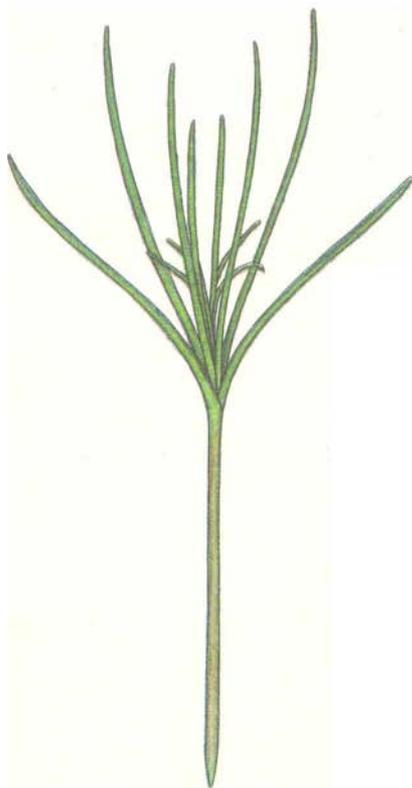
Но пока Пайпер вел войну на одном фронте, русский чертополох перешел в наступление на другом - в частности, вдоль оросительных каналов. 26 июля 1897 г. Пайпер получил письмо от Уолтера Грейнджера, управляющего инвестиционной компанией Yakima. Обследование орошаемого компанией района позволило обнаружить обширный участок площадью 25 акров, заросший русским чертополохом. Вероятно, один из подрядчиков на земляных работах по сооружению оросительного канала закупил для своих ломовых лошадей засоренное фуражное зерно, выращенное в штате Северная Дакота.

Примерно на рубеже веков русский чертополох «перекатился» из штатов

Северная и Южная Дакота к тихоокеанскому побережью, Сорняк обосновался в полынной пустыне, занимающей значительное пространство между Сьерра-Невадой, Каскадными и Скалистыми горами. Это неудивительно, поскольку в результате чрезмерного выпаса многие территории лишились здесь значительной части своей естественной флоры. В более низменных местах Большого Бассейна, где в почве накопилось много растворимых солей, этот сорняк буйно разросся в нарушенных местообитаниях среди других представителей своего семейства. Он даже образовал небольшие популяции вдоль пустырей и железных дорог к востоку от р. Миссисипи.

ВЕТЬ ЗРЕЛОГО РАСТЕНИЯ

МОЛОДОЕ РАСТЕНИЕ



КАКИЕ биологические приспособления позволили чертополоху так быстро распространиться в западных районах Северной Америки? Растения не могут пользоваться теми же стратегиями выживания, что и животные, которые с этой целью «руководствуются» приобретенными моделями поведения. Однако, согласно эволюционной теории Дарвина, в популяциях растений закрепляются врожденные признаки, надежно обеспечивающие максимальный успех потомства. У однолетнего русского чертополоха выработалась одна из самых эффективных стратегий производства жизнеспособного потомства: он перекачивается по земле, рассеивая свои семена.

У идеального перекасти-поля форма «кроны» т.е. надземной части растения, должна быть почти круглой для того, чтобы обеспечивать минимальное сопротивление при качении по поверхности почвы. Для увеличения радиуса рассеивания семян цветы и семена растения должны находиться глубоко внутри кроны. Благодаря такому строению исключаются потери семян в самом начале перекачивания растения. Кроме того, специальный «часовой механизм» регулирует отделение надземной части растения от удерживающих ее в почве корней только после созревания семян.

Русский чертополох близок к идеально перекачивающейся модели по всем трем параметрам. Хотя крона этого растения обычно не идеально круглая (особенно у крупных экземпляров), это может являться компромиссом,

необходимым для удовлетворения метаболических потребностей растения. Форма сплюсненного шара или полусферы может обеспечивать более эффективное поглощение света листьями. Благодаря тому что цветы располагаются в пазухах листьев, обеспечивается не только защита семян от повреждения, но также и то, что семена высыплются лишь при интенсивном перекачивании.

Специальный слой клеток стебля, соединяющий сорняк с корнями, также позволяет чертополоху легко отрываться от них. Природа этих клеток не совсем ясна. У многих растений есть особые слои клеток, позволяющие опадать плодам или листьям, но такие слои, как правило, не располагаются в стеблях. Стебли других, менее известных растений типа перекасти-поле, таких, как гулявник (*Sisymbrium*) и *Descumgainia*, просто ломаются, по-видимому, под действием ветра.

Разрушение особых клеток стебля, по всей вероятности, возникло как адаптивное преимущество: оно совпадает с созреванием семян. Такое «активное» отделение чертополоха от корней и созревание семян на материнском растении происходит поздней осенью в ответ на уменьшение уровня освещенности. Следовательно, семена готовы к рассеиванию в любой момент, когда чертополох отрываться от своих корней и начинает перекачиваться.

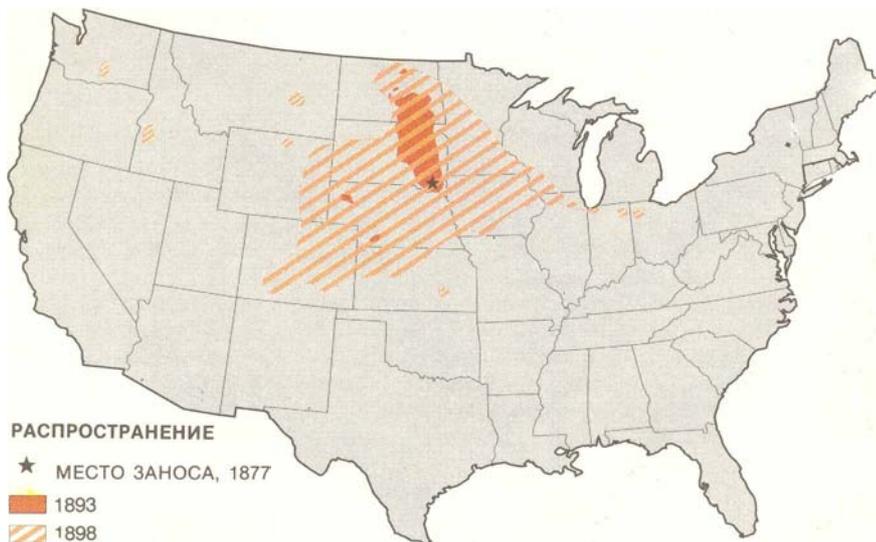
РАССЕИВАНИЕ семян происходит не совсем беспорядочно. Растение

не может перекачиваться, если оно располагается на участке, покрытом хорошо развитой растительностью. Густые кустарники или нетронутые выпасом высокотравные прерии задержат продвижение большей части этих сорняков, собрав их в своего рода валки, где зрелые семена могут стать кормом для птиц и мелких млекопитающих. Семена сохраняют жизнеспособность лишь в течение нескольких месяцев, и если изменившийся направление ветер не перенесет сорняк в благоприятную естественную среду, они погибнут. Следовательно, успешное прорастание семян, приживание всходов и цветение происходят лишь при заносе на участки с минимальной конкуренцией: русский чертополох скорее покатится дальше, чем будет вступать в борьбу.

Этот сорняк может давать огромное количество семян; обычно на одном растении их около 250 тысяч. Для того чтобы обеспечивать такую высокую плодовитость, чертополох дает простые семена, не обладающие большим энергетическим запасом и не имеющие сложных покровов типа крупных плодов или толстой семенной Кожуры. Напротив, зрелые семена чертополоха включают немного недоразвитый спирально скрученный зародыш, покрытый тонкой оболочкой, которая образует мешочек, или весьма специфический «плод» перекасти-ПОЛЯ. Мешочек защищают и укрывают мелкие пленчатые листочки, называемые прицветниками. Эти листочки, которые рассеиваются с семенами во время перекачивания растения, по-видимому, выполняют функцию аэродинамических крыльев, необходимых для дальнейшего распространения семян, и возможно, помогают семенам впитывать влагу из почвы,

~ Растения умеренной зоны, семена которых созревают осенью, боятся морозов. Большая часть семян находится в состоянии покоя, до тех пор пока не минует опасность морозов. Однако такая стратегия семян вынуждает их затрачивать огромное количество ресурсов для образования сложных соединений, регулирующих рост. Наличие этих соединений позволяет семенам прорасти только при соответствующих условиях, т.е. при подходящих значениях температуры, освещенности, влажности и плодородия почвы.

Но из-за простого строения семян русский чертополох не может позволить себе такую расточительность. Практически все его ресурсы уходят на скрученный зародыш и мешочек. Вместо сложной системы регуляции чертополох использует более про-



РАСПРОСТРАНЕНИЕ РУССКОГО ЧЕРТОПОЛОХА началось в 1877 г. в графстве Бонем (шт. Южная Дакота). Его семена, по-видимому, были занесены с зерном из России. Они часто содержались в фуражном зерне и распространялись от фермы к ферме и при перевозках по железной дороге. Спустя 20 лет сорняк произрастал уже более чем в 10 штатах.

стую систему дозревания. Эта система является одной из форм задержанного прорастания семян, которое у русского чертополоха зависит только от температуры,

Дозревание, по-видимому, объясняется недоразвитостью зародыша. По мере постепенного дозревания зародышей семена способны прорасти при постоянной температуре 24-27°C. Такая температура, естественно, редко наблюдается в северных районах поздней осенью и ранней зимой. Постепенно семена ослабляют внутренний температурный контроль за прорастанием. Ближе к концу весны, когда опасность морозов невелика, семена русского чертополоха прорастают при различной температуре, которая не обязательно должна быть постоянной. Зародыши почти сразу же дают всходы при температуре от - 2 до 43°C, даже если такой перепад наблюдается в течение одних суток. Следовательно, более или менее универсальный генотип может приспособиться к условиям самых различных широт.

Прорастание семян русского чертополоха происходит довольно необычным образом - не путем деления клеток, ведущих к росту зародышевого корня, а за счет раскручивания зародыша. Это может происходить в почве с настолько высоким содержанием солей, что он забирает воду у большинства других растений. Если зародышевый корень после раскручивания находит в почве достаточно влаги (в виде тонкой пленки, покрывающей частицы почвы), семядоли быстро расправляются и начинается рост путем клеточного деления.

Такая система прорастания очень чувствительна к микросреде почвы. На одном квадратном метре земли могут появиться тысячи всходов, в то время как на такой же площади по соседству большая часть семян может погибнуть из-за чуть меньшей влажности почвы.

Всход русского чертополоха характеризуется двумя волосовидными серо-зелеными семядолями длиной около одного дюйма. На расстоянии такие всходы практически незаметны. Густая поросль молодых растений окрашивает землю в сероватый цвет. Летом происходит развитие цветков, и листва из молодой и мягкой превращается в зрелую и колючую. Зрелая листва часто имеет темно-зеленую окраску, и в местах, где этих растений особенно много, земля покрывается сплошным зеленым ковром. По мере созревания семян проявляется богатое разнообразие пигментации растения от желтовато-коричневой до яркой



ЗРЕЛЫЕ РАСТЕНИЯ РУССКОГО ЧЕРТОПОЛОХА перекатываются по земле и таким образом рассеивают свои семена. Но, если чертополох застревает у заборов или валков скошенной травы, семена остаются в растении и погибают через несколько месяцев,

пурпурно-красной. По размерам растения также сильно отличаются друг от друга: чертополох может быть и с бейсбольный мяч, и с небольшой автомобиль.

ХОТЯ русский чертополох, вероятно, располагает лучшей среди всех растений системой распространения семян путем перекатывания, жизненная форма перекаати-поля не характерна для представителей семейства маревых (Chenopodiaceae), к которым относится этот вид. В семействе крестоцветных (Cruciferae) растений типа перекаати-поле больше. Многие сородичи русского чертополоха из рода *Salsola* относятся к многолетним полукустарникам, которые распространяют свои семена с помощью ветра и животных.

«Выбор» русским чертополохом формы перекаати-поля для распространения своих семян, вероятно, объясняется его длительными связями с сельскохозяйственными экосистемами, особенно с полями зерновых. Эти культуры требуют ежегодного сева, что обычно обедняет почву питательными веществами. Постоянное нарушение почвы в итоге приводит к появлению свободных участков земли. Лишенные флоры, задерживающей движение сорняков, такие участки становятся идеальными для перекатывания. Дальнейшее распространение русского чертополоха происходит с помощью мимикрии, важного адаптивного преимущества сельскохозяйственных сорняков. После

того как семена чертополоха освобождаются от пленчатого прицветника, они по размерам становятся похожими на зерна хлебных культур, что осложняет их механическое отсеивание. По мере миграции человека происходило непроизвольное распространение семян сорняка, которые часто можно было обнаружить среди семян зерновых культур.

Очевидно, «союз» земледелия с перекаати-полем имеет давнюю историю. Археологи находили обуглившиеся семена этого сорняка при раскопках в некоторых древнейших сельскохозяйственных районах на юге Евразии. Если бы не сельское хозяйство, русский чертополох остался бы безобидным растением, встречающимся только на оголенных естественным путем участках. Однако этот сорняк превратился в нежелательного спутника производства зерновых в умеренном поясе во всем мире,

ВНАШИ дни перекаати-пол е не представляет такой грозной опасности для производства зерновых, как это было сто лет назад. Ученым удалось найти способ борьбы с этим сорняком, после того как во время 2-ой мировой войны были созданы гербициды группы феноксисоединений. Эти химические вещества прерывают процесс созревания растения, и сорняк в итоге погибает. Но стоимость гербицидов и их применение увеличивают затраты на производство зерновых.

Теперь этот сорняк доставляет из-

рядное количество хлопот в другом отношении. Оросительные компании и дорожные службы ежегодно затрачивают миллионы долларов на очистку своих объектов от перекати-поля и уничтожение огромного количества этого сорняка. Это растение засоряет каналы и создает опасность на дорогах. Многие автомобилисты, которые пытались состязаться в скорости с перекати-полем на дороге, оказывались в итоге на больничной койке.

Кроме того, русский чертополох, произрастающий на бросовых землях, является растением-хозяином для вируса скручивания верхушки, поражающего и быстро убивающего сельскохозяйственные культуры. Прыгающие насекомые переносят вирус на восприимчивые растения, к которым относятся сахарная свекла, томаты и большинство представителей флоры пригородных садов. Пыльца перекати-поля также потенциальный аллерген для миллионов людей, проживающих в западных районах страны.

Выносливость и плодовитость русского чертополоха не всегда представляют опасность. В крайнем случае это растение может быть использовано в качестве корма. В 1930-х годах, например, в результате сильной засухи резко сократил ось производство сена в степных провинциях Канады. К 1937 г., последнему году засухи, осталось так мало фуража, что немногочисленное сохранившееся поголовье племенного скота было обречено на гибель надвигающейся зимой. После неожиданных поздних дождей пустые поля покрылись густым зеленым ковром всходов русского чертополоха. Фермеры собрали эти всходы на сено и силос. Листья чертополоха, конечно, далеко не идеальны для сена, но молодые растения помогли спасти канадское равнинное животноводство.

Плодовитость чертополоха, которую он демонстрирует в неблагоприятных условиях, позволила ученым воспользоваться полезным свойством этого растения. В Университете шт. Нью-Мексико исследователи установили, что это растение - одно из самых эффективных в мире по производству биомассы на единицу объема потребляемой воды.

Сотрудники Службы сельскохозяйственных исследований в Финиксе (шт. Аризона) изучили также возможность использования чертополоха в качестве топлива. Они вырастили чертополох на поле, откуда вода была отведена для использования в городском хозяйстве, и спрессовали полученный урожай в брикеты для сжигания. К сожалению, из-за малой

плотности таких брикетов нельзя получить много энергии на единицу объема, и это препятствует широкому использованию растения в качестве топлива.

В Университете шт. Юта ученые обнаружили, что корневые выделения русского чертополоха, растущего на слабозрелых почвах участков, рекультивированных после завершения открытых горных разработок, по-видимому облегчают другим растениям получение питательных веществ из почвы. После того как исследователи выкорчевали чертополох, другие виды растений, включая злаки, могли произрастать на этой почве в течение нескольких последующих лет.

На протяжении всей истории русский чертополох сопровождал деятельность человека - даже при испытаниях ядерного оружия. На полигонах на юге штата Невада, где были произведены взрывы многих ядерных боеприпасов, русский чертополох первым из растений восстановил популяцию на участке, где располагался эпицентр взрыва. Такое упорство, вероятно, не удивило бы пахаря, возделывавшего земли в западных районах Северной Америки, или крестьянина, сеявшего зерно в российских степях. И пока люди «тревожат» землю, русский чертополох будет находить себе место под солнцем.

Наука и общество

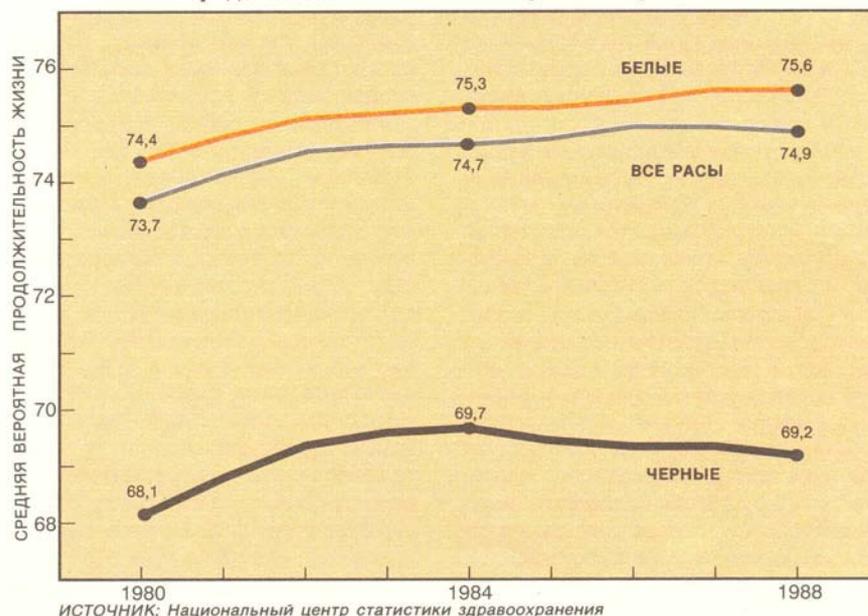
Мрачные перспективы

С НАЧАЛА нашего столетия средняя вероятная продолжительность жизни белого и черного населения Америки неуклонно выравнивалась. Но данные за 1988 г., последние, полученные из Национального центра статистики здравоохранения, свидетельствуют об опасном изменении в этой тенденции: разрыв увеличился, так как средняя вероятная продолжительность жизни чернокожих американцев в середине 80-х годов снизилась. «Мы наблюдаем картину, невиданную никогда прежде, - замечает

Г. Розенберг, руководитель отдела статистики смертности в национальном центре. - Средняя вероятная продолжительность жизни двух основных групп населения становится все более различной».

В 1910 г. различие в средней вероятной продолжительности жизни белых и черных составляло 15 лет. К 1984 г. этот разрыв сократился до 5,6 лет. С тех пор он увеличился на 14%, т. е. до 6,4 лет. Согласно новым данным, средняя вероятная продолжительность жизни чернокожего американца, родившегося в 1988 г., снизилась до 69,2 лет, т. е. до низшего уровня за

Снижение средней вероятной продолжительности жизни черных американцев



последние семь лет. Между тем белые могут надеяться дожить до 75,6 лет.

В настоящее время возрастные показатели смертности, рассчитанные без учета влияния старения в целом всего населения, у черных на 50% выше, чем у белых. «Это различие в значительной степени объясняется пространственностью среди черных сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, а также наступление внезапной смерти», - считает Розенберг. Они являются причиной более 60% смертей в обеих группах населения, но у черных, встречаются на 30-90% чаще, чем у белых.

Тем не менее не это является главной причиной увеличивающегося различия в средней вероятной продолжительности жизни, наблюдаемого с 1984 г. Уровень смертности по этим трем причинам неуклонно снижается, и в отношении чернокожего населения эта положительная тенденция по-прежнему, как считает Розенберг, идет в том же направлении, что и аналогичные процессы у белых американцев.

Тогда в чем же причина увеличивающегося разрыва? По мнению Розенберга, всему виной являются случаи насильственной смерти, т. е. убийства. Показатель смертности по причине убийств и вмешательств правоохранительных органов (к которым относятся некоторые случаи со смертельным исходом в результате действий полиции, составляющие 1-2% от общего количества смертей в этой категории) у черных в 6,4 раза выше, чем у белых. Наиболее высок он у негров-мужчин в возрастной группе от 15 до 24 лет. Розенберг подчеркивает, что «большой вклад [в увеличение разрыва] вносят молодые негры».

Так как случаи насильственной смерти наиболее часто встречаются в бедных городских районах, исследователи попытались выявить влияние социальных и экономических факторов при различных показателях смертности. Согласно статистическим данным Бюро переписи населения, за чертой бедности находятся в три раза больше черных американцев, чем белых, а средний уровень благосостояния белых семей более чем в 10 раз выше. «Если учитывать социальный и экономический статус, - говорит У. Фарли, социолог из Мичиганского университета в Энн-Арборе, - то вы должны обратить внимание, что показатель смертности по причине убийств у черных и белых одинаков».

Но, как считает Фарли, занимающийся изучением различий между черными и белыми в американском обществе, исследователи, пытавшиеся сделать поправку на уровень экономичес-

кого статуса, обнаружили, что здесь, по-видимому, имеет место сильное и независимое от других причин влияние, обусловленное расовой принадлежностью. Некоторые возможные причины этого приводятся в недавно опубликованном отчете Центров борьбы с болезнями, посвященном убийствам среди чернокожего населения.

В этом отчете отмечаются такие факторы, как свободный доступ к огнестрельному оружию, торговля наркотиками, расовая дискриминация и, вероятно, даже терпимое отношение к насилию в общинах с высоким уровнем убийств. Как сообщается в Отчете, в противоположность общепринятому мнению о том, что большая часть убийств является результатом случайного насилия, оказалось, что более половины всех убийств совершается лицами, знакомыми с жертвой. «Это щекотливый вопрос», - добавляет Фарли.

Никому до сих пор не удавалось исследовать влияние отдельно расовых и экономических факторов на уровень смертности. В настоящее время в свидетельствах о смерти не содержится достаточной информации, например об уровне доходов умершего. Но это положение изменится в ближайшие несколько лет. Национальный институт сердца, легких и крови занимается созданием базы данных в масштабах всей страны, куда будет включена подробная информация о населении, в том числе об уровне образования и доходах. В большинстве штатов с 1989 г. в свидетельствах о смерти уже включаются данные об уровне образования, а так как доходы в значительной степени зависят от уровня образования, то, по мнению Розенберга, «через два года мы, несомненно, сможем начать изучение некоторых из этих проблем с учетом социальных и экономических факторов».

Что такое альтруизм?

ПОЧЕМУ мать Тереза стала монахиней и посвятила свою жизнь делу помощи другим? Почему прохожий в Центральном парке в Нью-Йорке, увидев, что собака провалилась под лед на замерзшем пруду, бросился в воду, чтобы спасти ее? (И человек, и собака погибли.) И почему сотни тысяч солдат многонациональных сил рисковали своей жизнью, освобождая далекий неведомый Кувейт?

Потому что они послушны и глупы. Таково, в упрощенном и перефразированном виде утверждение содержащееся в статье профессора Университета Карнеги-Меллона Герберта Саймона - крупного авторитета в области психологии, науки о компьютерах и экономики (за что он получил в 1978 г. Нобелевскую премию),

Все упомянутые выше действия, отмечает Саймон, - это примеры альтруизма, т. е. жертвования своей приспособленностью к жизни, или репродуктивным потенциалом, ради других. В течение многих лет Саймон размышлял о том, как совместить альтруизм с социобиологией. Эта школа неодадарвинистского направления, сводящая поведение человека и животного к стремлению «увековечить» свои гены, считает настоящий альтруизм, чертой, не способствующей адаптации индивида, и даже иллюзорной. Индивидуумы, утверждает социобиология, помогают только тем, кто тесно связан с ними, или тем, кто может в свою очередь принести им пользу. Однако Саймону показалось, что многие альтруистические поступки не попадают в эти категории.

В конце концов Саймон пришел к выводу, что альтруизм является побочным продуктом более распространенной человеческой черты - послушания. Он отмечает, что послушание, или покорность, которое он определяет как восприимчивость к влиянию общества, как правило, вносит весьма значительный вклад в приспособленность человека. Другими словами, кто идет со всеми, тот со всеми ладит.

Общество часто эксплуатирует эту черту, заставляя людей делать такие вещи, которые, уменьшая индивидуальную приспособленность, приносят большую выгоду. Примером может служить уплата налогов или служба в армии. В соответствии с математической моделью, разработанной Саймоном, общество, которое воспитывает в своих членах альтруизм, процветает, пока потери индивидуальной приспособленности от альтруизма не превышают выгоды от послушания.

Эта схема могла бы не работать, если бы человек был по настоящему проницательным созданием. Послушные или нет, мы могли бы оценивать, как различные типы одобряемого обществом поведения влияют на нашу приспособленность, и исключать такое поведение, которое уменьшает ее. Но люди не очень способны к таким расчетам, считает Саймон, поскольку нам свойственна «ограниченная рациональность». Это просто вежливая форма утверждения, что мы вроде как глупы.

Саймон признает, что его теория - это довольно циничный взгляд на человеческую природу. Но это, по его мнению, неизбежное следствие серьезного социального исследования.

Археологические обследования древних городов

Поверхностные обследования заброшенных древних городов позволяют обнаружить достаточное количество артефактов для реконструирования прошлого этих городов.

В ходе таких обследований удается получить информацию, которую не могут дать раскопки

ЭНТОНИ М. СНОДГРАСС, ДЖОН Л. БИНТЛИФФ

В АВГУСТЕ 1981 г., когда наш полевой сезон в Греции близился к завершению, мы обнаружили Аскру - поселение, в котором родился древнегреческий поэт Гесиод. На протяжении ста лет археологи периодически предпринимали попытки найти ее. Расположенная в горной Беотии (центральная часть Греции) на площади в 15 га Аскра представляла для нас интерес из-за своих литературных реминисценций, кроме того, она могла служить своего рода окном, через которое можно было взглянуть на сельскую жизнь Древней Греции.

Для раскопок этого поселения в полном объеме мы не располагали ни силами, ни средствами. Метод, который был нами использован при изучении Аскры - поверхностное обследование, - не просто более дешевая альтернатива традиционным методам археологии, базирующимся на раскопках. Это принципиально иной подход к изучению того, как зарождались, развивались и, наконец, умирали человеческие сообщества. Поверхностные обследования позволяют воссоздать широкую картину жизни в данной местности, а не просто получить статистически сомнительный (хотя и исчерпывающий) «срез» на нескольких небольших участках. Иногда результаты таких обследований могут противоречить историческим источникам. Например, мы установили, что сельские районы Древней Греции, которые, как считалось, были покинуты населением в последние периоды существования Римской империи, на самом деле представляли собой цветущий конгломерат небольших городов и интенсивно развивавшихся крестьянских хозяйств.

Поначалу метод поверхностных обследований использовался для изучения сельских районов, поэтому нам пришлось модифицировать его для

исследования городского поселения, где мы предполагали обнаружить необычайно большое количество артефактов. После изучения Аскры мы использовали накопленный там опыт при обследовании двух более крупных беотийских городов - Галиартоса и Феспий. Метод поверхностных обследований также использовался для изучения небольшого прибрежного селения на острове Кеос (Киклады), одного из главных минойских городов на Крите, города в Этрурии и города на полуострове Пелопоннес.

На современной земной поверхности, если она не претерпела значительных изменений, можно обнаружить археологический материал, относящийся к любым периодам, в течение которых изучаемое поселение было обитаемо. При этом чаще всего встречаются глиняные черепки и черепица, несколько реже - остатки каменных сооружений и зданий, бронзовые монеты и изделия из терракоты. Путем систематического изучения всей доступной для обследования территории древнего города, сбора всего характерного материала, фиксирования его местонахождения и определения его принадлежности можно составить картину, отображающую периоды заселения города, его роста и упадка, а также «направления» последующего переселения.

Конечно, метод поверхностных обследований древних городов эффективен лишь при определенных условиях. Изучаемый участок должен быть в основном свободным от современной застройки и возделываемым (чем интенсивнее, тем лучше) по крайней мере периодически после того, как город был заброшен. Существует лишь общее представление о тех процессах, благодаря которым гончарные изделия и другие артефакты попадают на поверхность из нижележащих земных

слоев, но очевидно, что эти процессы важны. Возделывание земли - один из главных процессов, приводящих к вынесению материала на поверхность, так же как и постепенная эрозия верхнего слоя почвы. В поверхностном слое чаще всего встречается материал, относящийся к более поздним периодам, древние же артефакты представлены в нем гораздо реже.

Несмотря на то что поверхностные обследования могут быть весьма эффективными, они никогда не заменят полностью раскопки. В конце концов датировка артефактов, обнаруженных на поверхности, возможна во многом лишь благодаря десятилетиям кропотливых исследований на основе раскопок, позволяющих установить временную последовательность и то, как связан друг с другом каждый класс материалов в чередующихся положениях.

Кроме того, поверхностные обследования не могут дать ответа на многие вопросы относительно истории изучаемого города. Если археологу, использующему этот метод, не повезет и он не обнаружит, допустим, фундамента каких-либо известных сооружений (укреплений, монументальных общественных зданий и т. п.), ему вряд ли удастся проследить, например, изменения в политической власти и время независимого существования. (Относительно большое количество привозной керамики и других подобных предметов может дать только намеки для решения таких вопросов.)

ДАЖЕ когда стало ясно, что в Аскре нам следует проводить не раскопки, а поверхностное обследование, возникли проблемы, связанные с проведением предстоящих работ. Поверхностное обследование - это хорошо разработанный археологический метод, но раньше он редко при-

менялся для изучения районов, включающих городские центры, из-за высокой концентрации там артефактов. В Средиземноморье на бесплодных склонах гор археологи обнаруживают в среднем лишь несколько предметов на гектар, в то время как в некогда наиболее плотнозаселенных городских районах на одном квадратном метре можно найти 20, а то и 200 артефактов.

Любому, кто не занимается археологическими исследованиями в Средиземноморье, в такие цифры трудно поверить, но они соответствуют действительности. Кроме того, артефакты не распределены отдельными аккуратными группами, точно отвечающими территории древнего памятника. Напротив, число артефактов на

единицу площади может изменяться во множество раз. При этом оно постепенно уменьшается по мере увеличения расстояния от самого памятника, однако артефакты могут встречаться на расстоянии в сотни и даже тысячи метров от него. Поэтому исследователь имеет дело с исключительно большим объемом информации.

Однако такое обилие информации порождает проблемы, связанные с разработкой стратегий сбора материала и определением того, что считать археологическими свидетельствами при поверхностном обследовании данного памятника. Объединить в единый контекст все археологические свидетельства становится возможным лишь после того, как установле-

ны места с наиболее высокой и низкой плотностью распределения артефактов. Концентрация артефактов, свидетельствующая о том, что на данном участке в древности могло находиться крестьянское хозяйство, может составлять лишь часть общего поверхностного разброса на другом участке. При этом существует предел в том, какое количество материала с одного участка археолог может каталогизировать и изучить. В предварительном обследовании Аскры мы обнаруживали в среднем не менее 10 артефактов на одном квадратном метре, из чего следовало, что в ходе полного обследования общее число артефактов может достигнуть 1,5 млн.

Нами был разработан метод выборочного контроля, который в после-



АРХЕОЛОГИ проводят поверхностное обследование виноградника в Центральной Греции в поисках артефактов, оставшихся после тысячелетий деятельности человека. В ходе обследования территории заброшенных городов на

1 м² можно обнаружить более 100 артефактов. Датируя найденные предметы, археологи могут установить периоды заселения города, а также то, как менялись его границы.



дующие сезоны был использован при изучении более крупных памятников. Работа проводится в два этапа. На первом этапе обследуется вся доступная поверхность памятника в целом, с целью обнаружить все характерные артефакты и установить датировку всех периодов заселения. (Например, Аскра, как оказалось, периодически была заселена на протяжении более 4000 лет.) На втором этапе проводится более тщательное обследование, с тем чтобы точно установить общую плотность распределения артефактов и уточнить датировку, выполненную на первом этапе.

Мы разделили Аскру на ряд прямоугольников площадью до 0,5 га и тщательно обследовали каждый из них. Архелогии, работавшие на расстоянии 15 м друг от друга, подсчитывали встречающиеся им артефакты на полосе шириной 5 м и собирали любой материал, который, по их мнению, мог служить для датировки. Затем группа «прочесывала» подсекции (площадью 300 м²) каждого прямоу-

гольника. Рабочие тщательно обследовали руками каждый сантиметр поверхности и подсчитывали все артефакты, собирая те из них, которые могли использоваться для датировки.

В среднем мы обнаруживали около 20 характерных предметов при первом проходе каждого прямоугольника и еще 15 предметов после каждой выборки. Более половины из примерно 2000 артефактов, собранных в Аскре, имели хронологическую ценность и подтвердили оценки, сделанные на месте участниками групп, обследовавших прямоугольники. В результате мы смогли уточнить временную картину заселения даже такого сравнительно небольшого поселения, используя для этого сотни точно датированных предметов по каждому периоду.

С САМОГО начала наших обследований мы обнаружили, что практически каждый памятник (как бы мал он не был) окружен «кольцом на-ХОДОК» плотность которых убывает

по мере удаления от самого памятника. Наиболее распространенное объяснение таких колец заключается в том, что здесь играет роль издревле сложившаяся практика удобрения почвы навозом животных, содержащихся поблизости от жилищ. Осколки гончарной посуды попадали в навоз, и частота нахождения предметов в данном месте свидетельствует об интенсивности возделывания там земли. Эта гипотеза получила поразительное подтверждение в 1986 г., когда Брайен Е. Дейвис и Эндрю Уотерс из Брэдфордского университета установили, что карта концентрации тяжелых металлов в почве на наших участках соответствует карте плотности распределения древних глиняных черепков.

Давно известно, что тяжелые металлы скапливаются в местах обитания человека. Открытия Дейвиса и Уотерса свидетельствуют о том, что твердые отходы 2500-летней давности оставили четкие, поддающиеся количественному анализу следы в форме видимых глиняных черепков и невидимых загрязняющих веществ. Это подтверждает нашу гипотезу о том, что сельские поселения были центрами интенсивного сельского хозяйства. Если брать более широкие масштабы, обследованные нами города имеют свои намного более широкие и плотные кольца, из обломков глиняной посуды. Специалисты по истории экономики уже давно высказывают мнение, что беотийские города населяли земледельцы.

ДЛЯ совершенствования нашего метода потребовалось время, однако его основные принципы были уже сформированы, когда мы приступили к обследованию Феспий и Галиартоса, двух главных городов, которые нам довелось изучать. В частности, мы были готовы испытать наш метод применительно к городам с письменной историей. В то время как такой малоизвестный город, как Аскра, несмотря на свои литературные реминисценции, не имеет документированной истории, оба эти города входили в Беотийский союз и были практически независимыми политическими единицами.

Феспии заслужили определенную известность своим длительным противостоянием Фивам, самым могущественным городом союза. В 480 г. до н. э., когда Фивы встали на сторону персов, вторгшихся в Грецию, Феспии были на вершине славы, направив 700 своих воинов (при общей численности населения, вероятно, около 10 000 человек) на смерть с Леонидом Спартанским, чтобы попытаться

удержать в своих руках Фермопильское ущелье.

В 424 г. до н. э. Феспии единственной раз воевали на одной стороне с Фивами и одержали победу над афинянами в Делионе. Однако город вновь понес тяжелые потери, и в следующем году жители Фив смогли воспользоваться этим обстоятельством и вынудили Феспии уничтожить свои фортификационные сооружения. Неудивительно, что, когда Фивы достигли зенита своего политического и военного могущества в результате беспрецедентной победы над Спартой в 371 г. до н. э. (битва происходила фактически на территории Феспий), Феспии выступали на стороне Спарты. Поражение положило конец расцвету города.

Между тем и Феспии имеют свою знаменитость - это красавица-куртизанка Фрина, ставшая любовницей скульптора Праксителя и позировавшая ему, когда он создавал свою самую известную статую - обнаженную Афродиту. Фрина передала своему родному городу другую работу скульптора - статую «Любви», которая привлекала туристов в Феспии все оставшееся время существования города.

Галиартос был не столь крупным и знаменитым городом. В период его расцвета в нем жило не более 5000 человек. Город получил известность в 395 г. до н. э. как место крупного сражения, в ходе которого войска фивян и афинян заманили в засаду группу спартанцев. Среди немногих убитых оказался спартанский генерал Лисандр, который, как считали был самым могущественным человеком Греции. Наиболее знаменательное событие в официальной истории города оказалось к тому же и последним: в 171 г. до н. э. Галиартос выступил на стороне македонцев и других врагов Рима в войне, которая велась на греческой земле. Город был стерт с лица земли, его жители убиты или проданы в рабство, а его земли поделены между афинянами, вставшими на сторону Рима. В наше время территория, которую занимали Феспии и Галиартос, полностью свободны от застройки. Земля обрабатывается жителями близлежащих деревень.

ЭТА официальная история давала некоторое общее направление нашей работе, хотя нельзя было ожидать, что определенные ее эпизоды удастся проследить или осветить с помощью поверхностных обследований. История также оставила без ответа многие вопросы, на которые мы надеялись пролить свет. Например, мы намеревались установить влияние

изменения общей численности городского населения на размещение крестьянских хозяйств в прилегающих сельских районах, а также то, как повлияло уничтожение города на использование окружающих его земель. Важно также было установить, развивались ли город и деревня одновременно или один за счет другого. Кроме того, нас интересовало, как граница между ними отразилась на характере находок, обнаруживаемых на поверхности.

Картина, которую в итоге нам удалось получить, оказалась значительно более подробной, чем та, которую можно составить на основе существующих документальных источников. Что касается Аскры, то документальная информация об этом городе практически отсутствовала, поэтому любые новые данные были настоящим успехом.

В Аскре были получены вполне определенные свидетельства длительного, но непостоянного заселения и постепенного смещения центра поселения на несколько сотен метров. Небольшой участок территории был впервые заселен около 2500 лет до н. э. После весьма продолжительного перерыва это же место было вновь заселено и между 900 г. до н. э. и 100 г. н. э. оно выросло в большую деревню с населением не менее 1000 человек. Второй, значительно более короткий перерыв, по-видимому, был перед последним периодом заселения между 300 и 1600 гг., после чего на всей этой территории стали возделывать землю.

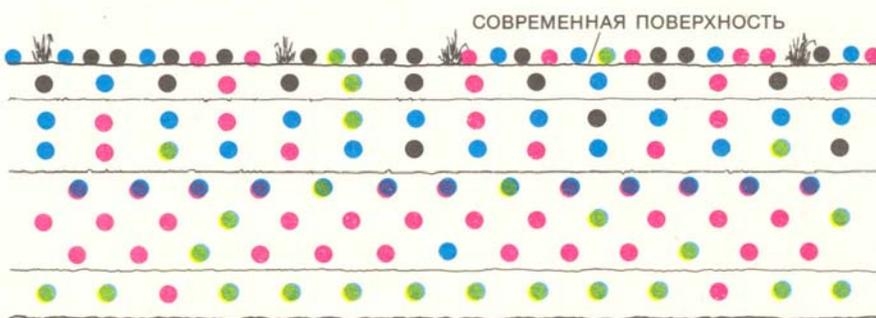
Предположение о двух перерывах в заселении было сделано лишь на основании отсутствия находок: мы не обнаружили материала, датировка которого приходилась бы на указанные временные периоды. Однако первый перерыв настолько продолжителен, что в нем вряд ли можно сомневаться. Кроме того, в течение определенной его части была заселена вер-

шина соседней горы, что говорит о существовании в то время альтернативного центра местного поселения. О втором перерыве свидетельствуют также данные греческого путешественника и писателя Павсания, посетившего этот район примерно в 170 г. н. э. и описавшего его как безлюдную местность.

О первом периоде заселения мало что известно. На начало второго периода продолжительностью 1000 лет приходится время жизни Гесиода (около 700 г. до н. э.), когда в Аскре насчитывалось всего несколько разбросанных жилищ. В последующие столетия происходило постоянное расширение и увеличение числа жителей этого поселения, затем оно обезлюдело и было заброшено.

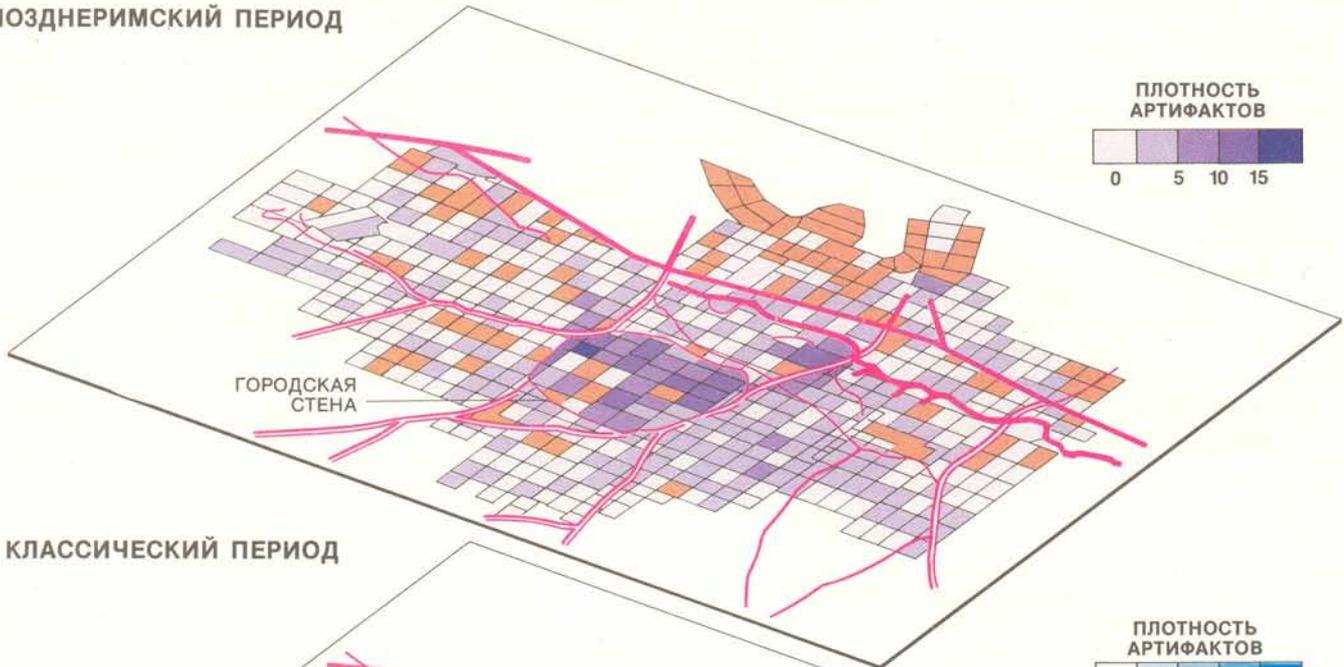
В течение всего этого периода центр поселения смешался на юг. После того как это место было вновь заселено в IV в. н. э., этот процесс продолжался до тех пор, пока ко времени последних периодов заселения Аскры в эпоху поздней Византии и времен турецкого владычества не произошло полного отделения территории от первоначального центра доисторического и раннего исторического периодов.

КАК и у Аскры, у Галиартоса был исторический предшественник, располагавшийся на самом высоком месте в окрестностях. Период очевидного запустения в этом городе (хотя он и был значительно короче, чем в Аскре) предшествовал формированию исторического ядра города. Древний Галиартос постепенно разрастался вниз по склонам в южном и северном направлениях, и численность его населения достигла по меньшей мере 5000 человек, а площадь - примерно 30 га. Его восточная оконечность затерялась под зданиями современной застройки города, имеющего такое же название,

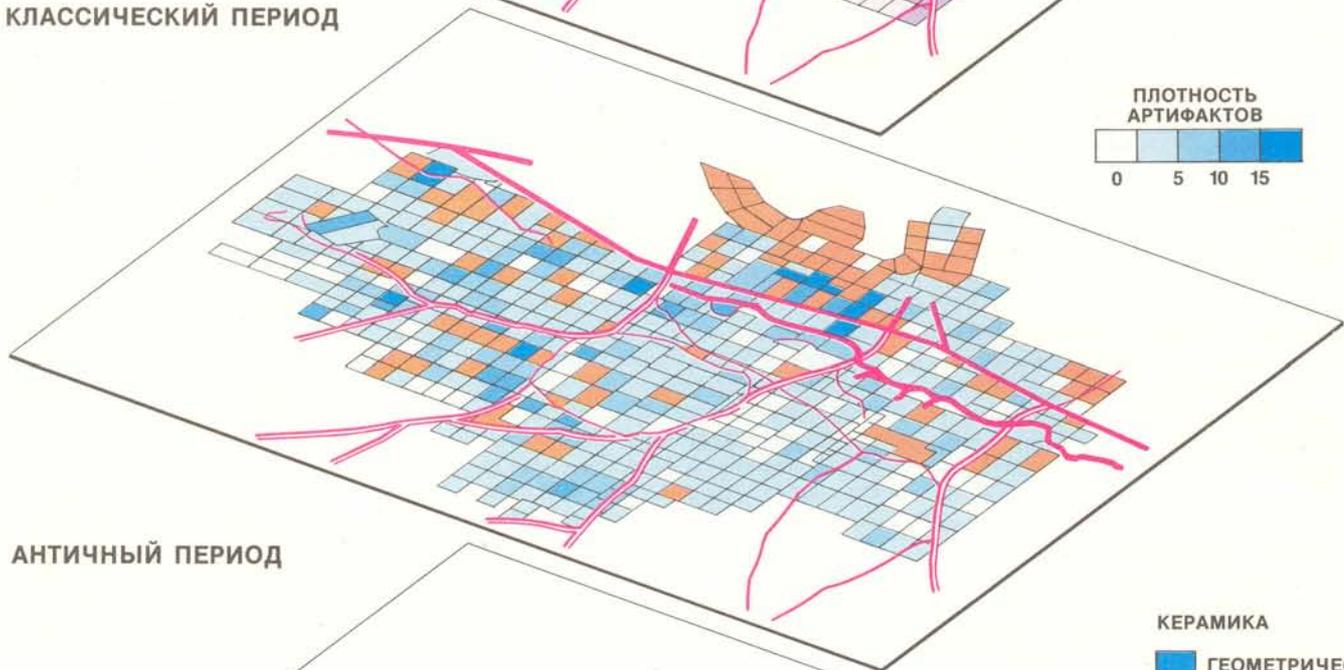


ДРЕВНИЕ АРТИФАКТЫ, относящиеся к античной эпохе, оказываются на поверхности в результате длительного процесса обработки почвы, эрозии ее верхнего слоя и воздействия других еще не совсем понятных геологических факторов. Более древние предметы из нижележащих слоев обычно представлены на поверхности в недостаточной степени,

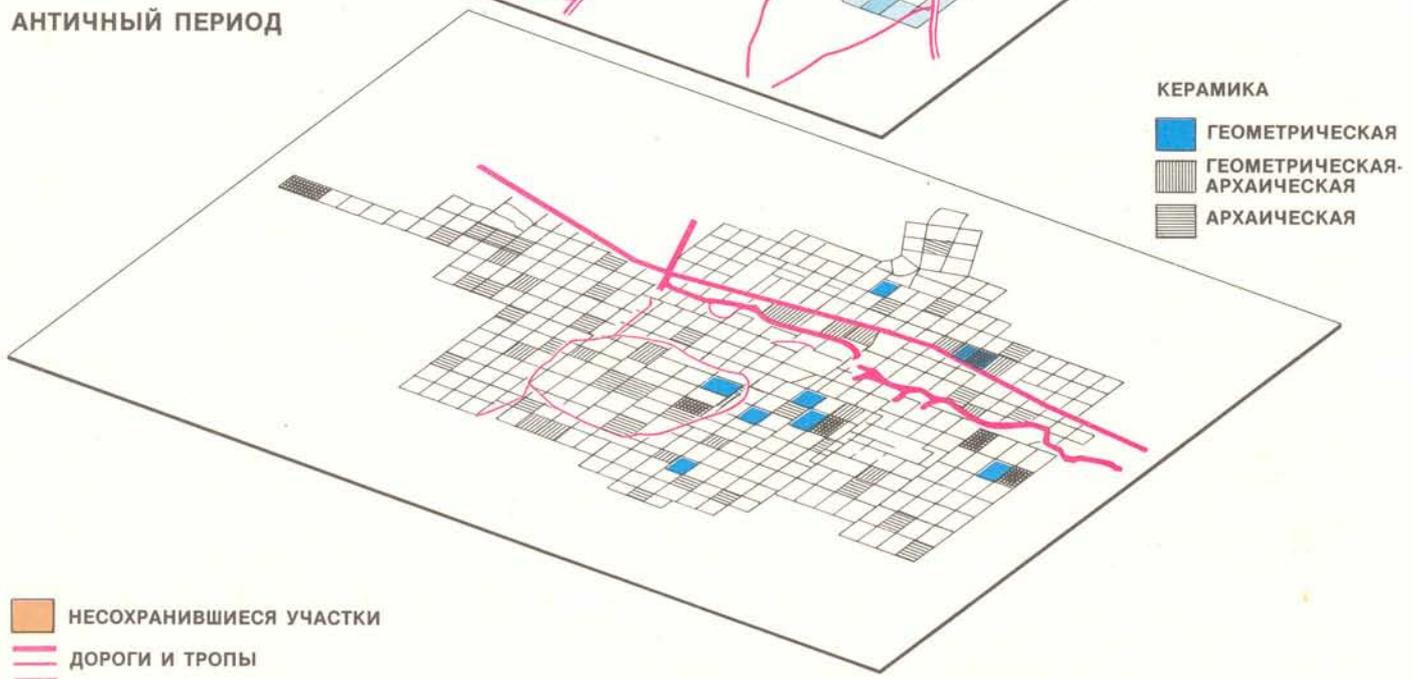
ПОЗДНЕРИМСКИЙ ПЕРИОД



КЛАССИЧЕСКИЙ ПЕРИОД



АНТИЧНЫЙ ПЕРИОД



ОБСЛЕДОВАНИЕ древнего города Феслии поверхностным методом. Датировка найденных предметов показала, что город был заселен на протяжении более 7000 лет. Археологи разделили территорию города на прямоугольники (об-

ласти, отмеченные черными линиями), которые затем были обследованы. Для подтверждения общих выводов обследований было проведено тщательное изучение определенных участков каждого из прямоугольников,

ные посевы впервые за 3000 лет - почти идеальное состояние для археологических исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ нашей работы в Бео-тии проливают свет не только на условия жизни в этих местах, но также и на суть вопросов, на которые пытаются найти ответ археологи и историки. Официальная история преподносит события в запоминающейся форме и таким образом, чтобы, насколько позволяют факты, это было интересно тому, кто читает об этих событиях. Отдельные лица и организации, как представляется, формируют соответствующий курс и более или менее успешно проводят его в жизнь, как однажды было сказано о газете Times of London; официальная история говорит скорее о том, что должно было произойти, чем о том, что имело место на самом деле.

В случае с древними городами положение осложняется еще и тем, что сохранившиеся письменные источники большей частью выбирались по их литературным достоинствам, а не по достоверности изложения событий. Однако некоторые историки древности, также как и мы сегодня, проповедовали объективность, и, кроме того, сохранились другие документальные источники, а именно монеты и надписи. Но все эти данные могут подвергаться искажениям, и очень часто обшая сумма исторических свидетельств дает картину города, начинающуюся с легенды о его основании и завершающуюся божественной карой. Примечательно, что некоторые современные авторитеты обращаются к таким поэтам и философам, как Гомер, Платон и Аристотель не реже, чем к трудам историков.

Традиционная археология может лишь в ограниченной степени содействовать уточнению исторической картины. Трудности финансового и политического порядка обычно переплетаются, и в связи с этим проведение раскопок становится реальным лишь на небольших участках древних городских комплексов (в противоположность возможности в полной мере провести раскопки мелких доисторических поселений). Работы должны проводиться на свободной от современной застройки территории, которая может быть приобретена или отчуждена. Лишь в редчайших случаях при большом везении раскопки дают полноценный срез городской жизни. Конечно, многим исследователям вряд ли импонирует такая прозаичность, куда лучше обнаружить городской центр или главные святилища, в которых можно было бы сделать великолепные находки и дейст-

вительно иметь уверенность в установлении определенной связи с официальной историей.

Кроме того, даже при лучших намерениях, мелкие выборки материала и специфический характер сохранившихся отложений делают «здравые» выводы на основе раскопок весьма ненадежными. Содержимое захоронений, например, может дать недостаточное представление о структуре общества и образе жизни. Предметы, предаваемые земле вместе с усопшим, могут соответствовать его социальному и экономическому статусу, а могут и не совпадать с ним, орудия, утварь и графические изображения в том или ином захоронении могут как соответствовать тому, что было в повседневной жизни той эпохи, так и отличаться от нее.

Следовательно, традиционная археология рискует превратиться в тавтологию, если раскопки будут проводиться только в районах, отмеченных в исторических хрониках. И она может дать совершенно искаженные образы античной жизни, если исследователи будут полагаться на редкие случаи находок хорошо сохранившегося материала. Поверхностные обследования, напротив, дают хотя и неполную, но убедительную картину на основе различных остатков и других предметов, которые оставляет после себя на земле человек.

Многие специалисты и те, кто не имеет прямого отношения к археологии, часто спрашивали у нас, не следует ли подвергнуть результаты поверхностных обследований проверке путем раскопок. В идеале это, вероятно, следовало бы сделать. Но даже раскопки часто приносят неубедительные результаты, которые представляются обоснованными лишь для данной местности. Более того, лишь в редких случаях источники в равной мере доступны для поверхностных обследований и раскопок, поэтому выбор одного означает отказ от другого.

Проведенные нами поверхностные обследования в Феспиях охватывали 99% всей территории города при изучении первоначально намеченных прямо угольников и около 13% при проведении тщательного выборочного контроля на равномерно установленных участках. При тех же затратах мы могли бы провести раскопки, выполнив, вероятно, два или три раскопа площадью 5 м² на глубину до материкового слоя земли - в целом около 0,005% территории города. Если бы даже раскопки принесли аналогичное количество датированного материала, представляется излишним вопрос о том, какой метод обеспечивает лучшую статистическую выборку физических следов городского прошлого,

Наука и общество

Гуманизация экономики

СПЕЦИАЛИСТЫ в области макроэкономики уже давно не учитывают в своих уравнениях такой важный фактор, как человеческий. И в целом это неудивительно, поскольку макроэкономика рассматривает проблемы, связанные с общими процессами, происходящими в масштабах всей экономики, в частности с изменениями валового национального продукта или инфляцией. Однако даже эти проблемы в конце концов не отделимы от человека, и их решение зависит от действий отдельных производителей и потребителей. Поразительно, что за последние 60 лет лишь очень немногие макроэкономисты интересовались мотивами, которыми руководствуются люди, принимая те или иные экономические решения.

Но если прислушаться, то можно различить приглушенный шум новой тенденции, которая проявилась на ежегодном собрании Американской экономической ассоциации, прохо-

дившей в декабре прошлого года. К группе «нарушителей спокойствия» принадлежит профессор Принстонского университета Алан С. Блайндер, который начал проводить опрос менеджеров компаний, ведающих вопросами ценовой политики, чтобы выяснить, почему они повышают или снижают цены и когда они это делают. Другой представитель этой группы - У. Брайен Артур из Стэнфордского университета, который пытается научить компьютеризированные автоматы человеческому поведению и затем использовать их для решения других проблем.

«Экономисты в большей степени, чем представители других общественных наук, проявляют скептицизм в отношении того, что опросы людей могут дать много информации», - считает Блайндер. И основания для этого скептицизма имеются. У людей могут отсутствовать стимулы говорить правду, или, подобно игрокам в пул, которых просят описать физический аспект проведенного приема,

они не способны дать полного объяснения «механики» своих действий. К тому же небольшие выборки могут быть недостаточно типичными.

Однако «теория и эконометрика также имеют свои рамки, которые иногда более жестки, чем нам хотелось бы признать», отмечает Блайндер. Это касается и «негибких» цен, и заработной платы - феномена, открытого Джоном Мейнардом Кейнсом в 30-х годах. Кейнс обратил внимание на то, что общепризнанная теория, согласно которой цены и заработная плата должны изменяться вместе с колебаниями предложения и спроса, попросту не соответствует действительности. Вместо этого цены и заработная плата изменяются весьма медленно.

В объяснениях по поводу негибкости цен и заработной платы нет недостатка, но также и нет возможности определить, какие из этих объяснений верны. (Ни одно из них не дает точного прогноза о том, насколько медленно будут проходить изменения.) Еще в августе 1988г. Блайндер и группа аспирантов начали работу по изучению деятельности сотрудников компаний, отвечающих за принятие решений в сфере ценовой политики.

Предварительные результаты, основанные на 72 из 200 запланированных интервью, представляются неожиданными. Оказывается, что менеджеры обычно изменяют цены только раз в год. Опрошенные также сообщили, что в сторону повышения цены изменяются не чаще, чем в сторону снижения.

Из дюжины экономических обоснований негибкости цен лишь четыре были признаны наиболее соответствующими действительности большинством этих менеджеров. Чаще менеджеры высказывали мнение о том, что предпочтительнее было бы использовать иную тактику вместо того, чтобы трогать цены, включая продление (или сокращение) времени поставки товаров или сокращение (или расширение) дополнительных услуг, предоставляемых покупателю. Они также в основном не согласны с двумя теориями, получившими широкую известность. Например, лишь немногие менеджеры разделяют опасения по поводу того, что потребители могут расценить снижение цен как свидетельство ухудшения качества товара.

Время покажет, убедило ли исследование, проведенное Блайндером, специалистов в области макроэкономики в том, что необходимо больше внимания уделять общению с людьми. Роберт Дж. Шиллер из Йельского университета, один из немногих дру-

Почему компании не спешат менять цены на свою продукцию	Средняя степень важности (по шкале 1 — 4)
Изменяют вместо этого уровень услуг	2,86
Ждут, когда другие фирмы изменят цены	2,85
Ожидают повышения стоимости	2,72
Не желают пока нарушать отношений с потребителями	2,52
Имеют договорные обязательства перед потребителями	2,29
Изменение цен связано с дополнительными расходами	2,28
Считают, что снижение цен не приведет к эффективным результатам	1,97
Не желают превышать некоторые уровни цен: \$ 19,95	1,97
Изменяют объемы материально-производственных запасов	1,72
Имеют постоянные предельные издержки	1,56
Бюрократические причины	1,54
Обеспокоены тем, что потребитель подумает о снижении качества продукции	1,45

ИСТОЧНИК: Алан С.Блайндер

гих специалистов в области макроэкономики, пытающихся проводить подобные исследования, получил неоднозначные отклики на свою работу. Так, в прошлом году он с двумя советскими экономистами провел опрос жителей Нью-Йорка и Москвы о том, справедливо ли, по их мнению, компании устанавливают цены на свою продукцию. Оказалось, что в ответах были лишь незначительные различия. Еще более неожиданным стало замечание одного обозревателя, когда Шиллер представил свою работу для публикации. Он заявил, что «это не ЭКОНОМИКА» что «это не представляет никакого интереса для экономики», вспоминает Шиллер. «В этом есть определенная доля истины, так как такие исследования не отличаются глубиной», признается он. По мнению Шиллера, работа Блайндера «позволяет возместить ущерб, нанесенный Милтоном Фридманом», чей очерк «Методология позитивной экономики» был воспринят экономистами как подходящий объект для проведения тщательного математического анализа.

Экономист из Северо-Западного университета Роберт Дж. Гордон, напротив, по-прежнему испытывает сомнения. Подобные исследования «требуют много времени», подчеркивает он, и добавляет, что «Блайндер широко известен и располагает средствами для их проведения», но другие экономисты могут и не иметь таких возможностей.

Блайндер не одинок в своем стремлении вернуть экономистов к реальности. Вместо того чтобы полагаться на теоретические построения о поведении людей, Артур предлагает использовать средства программного обеспечения или автоматы, имитирующие, насколько это возможно, поведение человека и даже совершающие

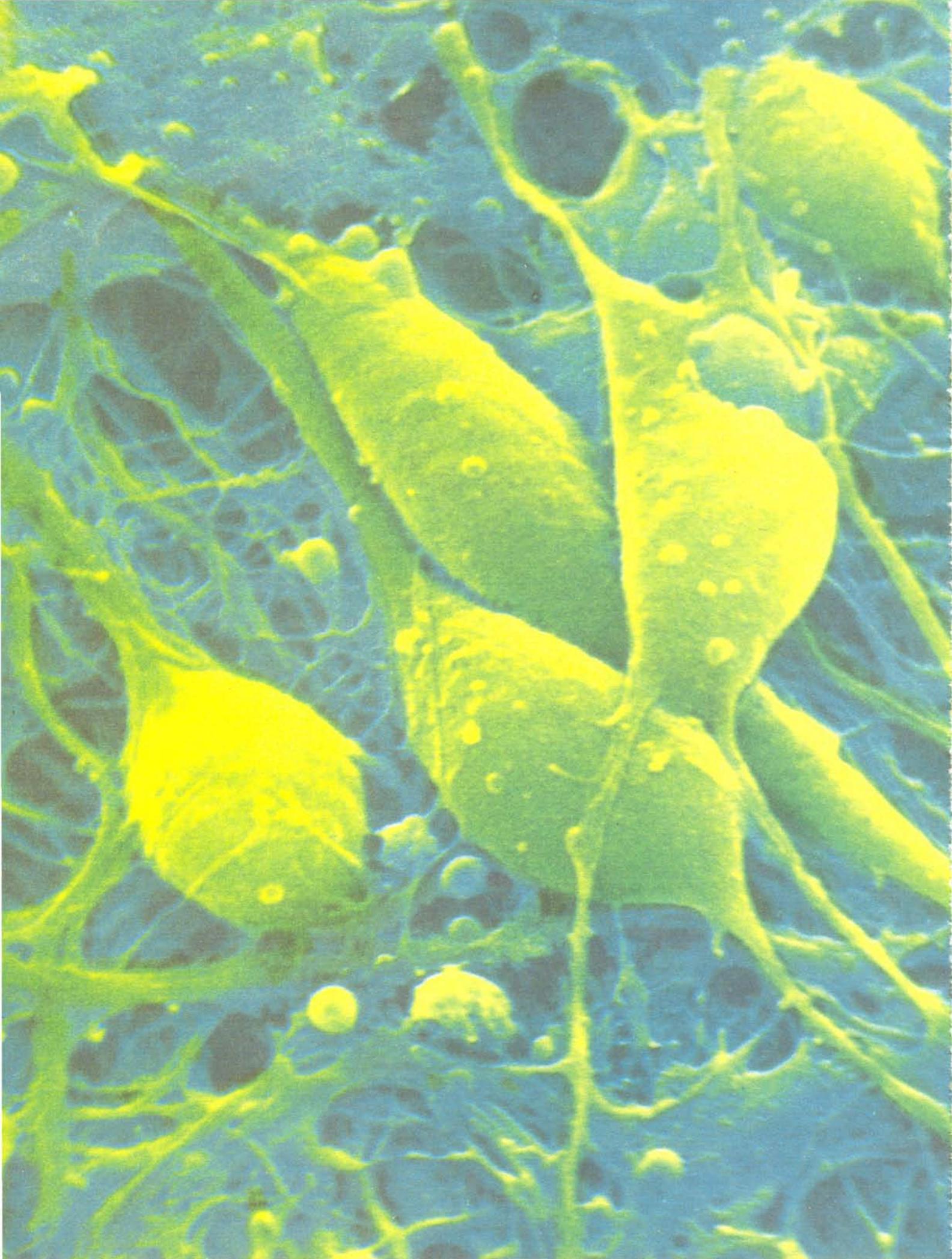
ошибки, свойственные человеку.

С помощью методов программного обеспечения, разработанных Джоном Х. Холландером, специалистом по вычислительной технике из Мичиганского университета в Анн-Арборе, автоматы Артура способны сопоставлять варианты, подобранные группой студентов в серии экспериментов, которые были проведены в Гарвардском университете в 50-х годах. (Было бы предпочтительнее использовать более свежие данные, но их еще предстоит найти.) Кроме того, Артур ставит перед автоматами задачи и наблюдает за тем, какие варианты они выбирают.

До настоящего времени с помощью таких программных средств можно было решать лишь несложные задачи, например проводить поиск среди вариантов с различной отдачей. В итоге Артур надеется использовать свои средства для проверки правильности некоторых экономических гипотез, например идеи о том, что рынок всегда стремится к равновесию.

Конечно, работы Артура, не говоря уже об исследованиях Блайндера, не приведут к революции в макроэкономических исследованиях. Но и те и другие являются попытками получить лучшее представление об особенностях «плоти и крови», то есть человеческой природы. «Даже если бы проверки на основе эконометрической модели оказались более успешными, нам не следует отказываться от информации, получаемой в беседах с людьми», - считает лауреат Нобелевской премии по экономике Роберт М. Солоу из Массачусетского технологического института. «Представьте себе, если бы ваш врач, не спросив, где у вас болит, попросту сказал бы: «Сдайте на анализ кровь», - отмечает он.

Элизабет Коркоран и Пол Уоллич



Лекарства от наркомании

Маргарет Холлоуэй

Изучение загадок наркомании позволяет выявить фундаментальные закономерности работы мозга и может привести к разработке нового поколения лекарств.

С повязкой на глазах и с множеством электродов на голове для регистрации волн мозга наркоман-кокаинист из Балтимора рассказывает о своем состоянии кокаинового «кайфа» в реальном времени. В течение получаса, пока наркотик дает ощущение сильного наслаждения, ведущая эксперимент Эдит Д. Лондон, возглавляющая нейрофармакологическую лабораторию Научно-исследовательского центра по наркомании при Национальном институте по изучению злоупотребления лекарственными препаратами, опрашивает испытуемого, согласен он или не согласен с рядом таких утверждений, как, например, «Я был бы счастлив всегда, если бы чувствовал себя так, как сейчас», «Голова у меня ясная, я не чувствую, что сознание затуманено».

Затем активность мозга наркомана регистрируется методом позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ). При этом изображение создается потоком частиц с высокой энергией, испускаемых короткоживущими радиоактивными изотопами, которые вводят испытуемому перед экспериментом. Эти изотопы наиболее активно захватываются теми участками мозга, в которых высокий уровень метаболизма глюкозы; на дисплее эти участки имеют ярко-красный цвет. Менее активные участки окрашиваются в желтый или голубой цвета.

НЕЙРОНЫ (нервные клетки) формируют запутанную, образующую наиболее сложный недоступный для исследования орган - мозг. Эти клетки (здесь показаны лишь несколько из триллионов нейронов, обеспечивающих всю деятельность человека) ставят одну из труднейших задач разработки лекарств. Подобно старинной крепости, окруженной стеной с водой, мозг защищен гематоэнцефалическим барьером, который часто препятствует проникновению в него лекарственных веществ. Кроме того, нервные клетки, достигнув зрелости, теряют способность к размножению, что сильно затрудняет заживление тканей мозга. Несмотря на эти сложности, постепенно приходит понимание того, какие изменения возникают в нейронах при злоупотреблении наркотическими препаратами. Эти знания используются для истребления «крепости» - для создания лекарств от наркомании.

Сопоставление результатов такой регистрации мозговой активности и опроса испытуемого дает одну из наиболее полных на сегодняшний день картин воздействия кокаина на функционирующий мозг. Путем математической обработки данных регистрации с учетом концентраций изотопов в крови Лондон получает ретроспективные ПЭТ-изображения для каждой из 30 минут эксперимента. «Это потрясающе. Вы можете наблюдать, какие химические измене-

ния соответствуют тому, что человек сообщает о своих субъективных ощущениях», говорит Лондон, которая является одним из основателей использования ПЭТ для изучения острых эффектов злоупотребления наркотическими препаратами.

Исследования Лондон выдвинули ее в первые ряды немногочисленных исследователей, которые в последнее время стали добиваться некоторых успехов в попытках решить трудную проблему наркомании. По данным Института медицины, в США около 5,5 млн. человек применяют запрещенные наркотики - это не считая тех, кто использует в качестве наркотических средств разрешенные лекарства, такие, как барбитураты и амфетамины. Согласно сообщениям из Национального института по изучению злоупотребления алкоголем и алкоголизма и Американской ассоциации по заболеваниям легких, еще 59 млн. или более американцев страдают зависимостью от алкоголя или никотина. Злоупотребление наркотиками непропорционально преобладает среди национальных меньшинств, для которых, как правило, менее доступны услуги здравоохранения. Невозможно подсчитать связанные с этим потери, выражающиеся в гибели и потере трудоспособности людей, затратах на лечение, росте уголовной преступности.

По иронии судьбы наркотические

препараты - эти часто разрушительные и противозаконные вещества - позволяют получать ценную научную информацию. И исследователи, занимающиеся наркоманией, оказываются на передовых рубежах фармакологии. В прошлом разработка лекарств состояла в основном в проверке наудачу множества различных химических соединений в поисках обладающих лечебным действием и исследователи полагались главным образом на везение. И до сих пор служащие некоторых фармацевтических компаний возвращаются из отпуска с образцами почвы для анализа в надежде обнаружить биологически активные продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Механизм действия полученных таким путем лекарств выяснялся, как правило, годы спустя, и это часто приводило к открытию важных сведений о биологических системах, на которые эти препараты воздействовали. Теперь, однако, возможна и обратная последовательность: с развитием современной биологии фундаментальные знания о функционировании организма становятся важным источником потенциальных терапевтических возможностей.

Особенно многообещающими представляются перспективы такого подхода в фармакологии центральной нервной системы. За последнее десятилетие благодаря методам молеку-

лярной биологии и мощным технологиям получения изображений (таким, как ПЭТ) собраны важные новые знания о мозге. Развернулись исследования с целью выяснить влияние наркотических веществ на нейробиохимические параметры. Началось создание высокоприцельных лекарств, которые скоро станут возможным использовать для лечения наркомании на химическом и даже генетическом уровнях.

Результаты последнего - далеко не бесспорного - фармакологического наступления в «войне» с наркотиками могут найти широкое применение. Исследования биологических основ наркомании вносят весомый вклад в понимание основных механизмов функционирования мозга, этого наиболее защищенного и загадочного органа. При этом они прояснили некоторые аспекты психических заболеваний и неврологических расстройств. Клинические наблюдения свидетельствуют, что некоторые лекарственные препараты, уже имеющиеся в продаже, в том числе средства от депрессии, состояния повышенной тревожности и шизофрении, на удивление эффективны для лечения наркомании.

В конечном счете, когда выяснится перекрывание между психическими заболеваниями и пристрастием к наркотическим средствам, лекарства, созданные для лечения наркомании, можно будет использовать для нормализации психики. Лекарственные препараты, которыми злоупотребляют ради их наркотического действия, могут вызывать состояния, весьма сходные с некоторыми психическими расстройствами, «Патология клеток мозга или нарушение их функционирования при употреблении наркотиков, алкоголя, и возможно, при курении, могут быть обусловлены теми же процессами, что и при психических заболеваниях», говорит психиатр Уильям К Банни из Калифорнийского университета в Ирвине - один из первых, кто обратил внимание на связь между психическими заболеваниями и наркоманией.

ПЭТ-зондирование

Разработка лекарств для лечения наркомании недавно стала главным направлением исследований в Национальном институте по изучению злоупотребления лекарственными препаратами (НИЗЛ), частично из-за риска распространения СПИДа путем внутривенных инъекций. В 1990 г. на эти исследования было затрачено 36 млн. долл. - сумма в общем небольшая, особенно в сравне-

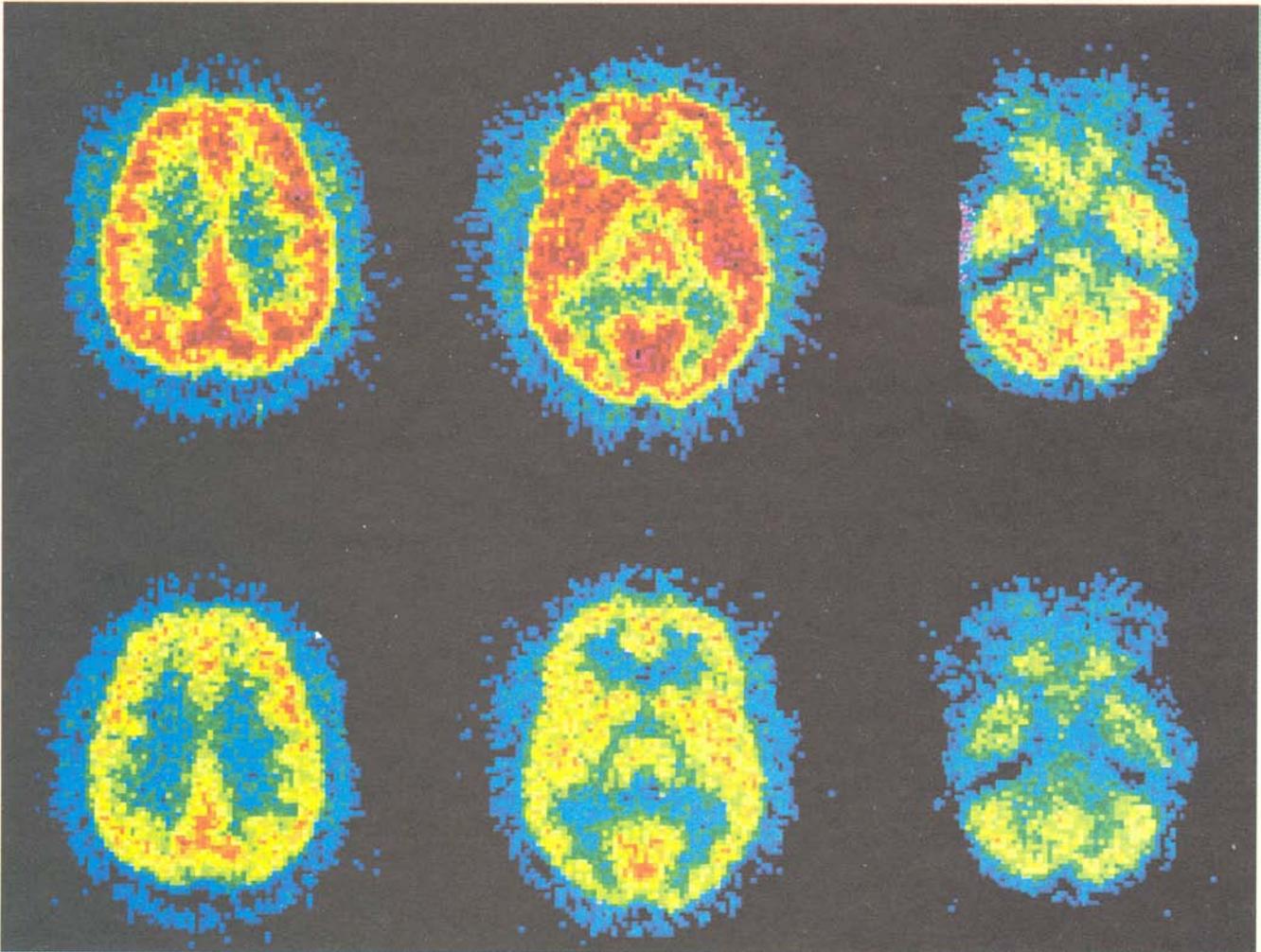
Потребление кокаина и героина



Потребление других наркотических средств



ИСТОЧНИКИ: Юридическая комиссия сената, 1990 г. (вверху) Национальный институт изучения злоупотребления наркотическими препаратами 1990 г. (ниже)



КОКАИН снижает уровень метаболизма глюкозы в определенных участках мозга (внизу) по сравнению с нормой (вверху). Эти изображения получены методом позитрон-

ной эмиссионной томографии; синий цвет соответствует низкому уровню метаболизма, красный - высокому,

нии с тем, что правительство США в прошлом году выделило 6,5 млрд. долл. на ужесточение законов о наркотиках и совершенствование уголовного права. И все же НИЗЛ надеется ускорить свои исследования в сотрудничестве с фармацевтическими компаниями. Многие производители лекарств отошли от разработки препаратов для центральной нервной системы, поскольку считают, что наука о мозге слишком молода и слишком сложна, чтобы результаты исследований претворились в товар. Эта область, особенно в США, относится главным образом к сфере частного предпринимательства, в которой за последние десять лет возникло несколько новых компаний, осваивающих результаты нейробиологических исследований, в том числе Nova Pharmaceuticals, Athena Neurosciences и Alkermes, Inc.

Сейчас, однако, и некоторые главные компании по выпуску лекарств, включая Glaxo, Du Pont и Bristol-

Myers Squibb, проявляют все больший интерес по мере того, как НИЗЛ удается их «соблазнить», а Лондон и другие публикуют свои работы с фейерверком ошеломляющих данных. «Пятнадцать лет назад невозможно было увидеть ничего подобного», воскликнул Майкл Дж. Кухар, возглавляющий нейробиологические работы в Научно-исследовательском центре по наркомании (НИЦН) при НИЗЛ, во время демонстрации ярких цветных слайдов, которыми Лондон сопровождала свой доклад на собрании Американской коллегии по нейропсихофармакологии в Сан-Хуане (Пуэрто-Рико) в декабре 1990 г.

В своей работе Лондон показала, что кокаин подавляет метаболизм глюкозы в коре (наружной области) мозга; это наблюдалось у 16 кокаинистов. Она также обнаружила, что уровень метаболизма глюкозы снижается в структуре, называемой миндалиной, которая расположена в мезолимбической системе - внутрен-

ней области мозга, управляющей эмоциями и такими чувствами, как голод, жажда и половое влечение. Притом падение метаболической активности было пропорционально силе субъективного эффекта кокаина. Эта закономерность имела место для амфетаминов, барбитуратов, бензодиазепинов и морфина, но не для марихуаны, которая вызывает всплеск метаболизма глюкозы.

На молекулярном уровне активность, регистрируемая на ПЭТ-изображениях, отражает сложную картину действия химических посредников, называемых нейромедиаторами, при участии которых осуществляется передача нервных импульсов от одного нейрона (нервной клетки) к другому. Передача нервного импульса состоит в том, что генерирующая его клетка в специальном контактном участке, называемом синапсом, выделяет нейромедиатор, который пересекает синаптическую щель (межклеточное пространство) и связывается с

Суд промышленности

Лекарства для лечения наркомании не популярны в фармацевтической промышленности. И дело не только в сложности и высокой стоимости разработки лекарств для центральной нервной системы - многие компании обеспокоены тем, что называют позорным пятном наркомании. Они считают, например, что многие постоянные покупатели хорошо известных лекарств от депрессии могут отказаться от этих препаратов, если узнают, что те используются для лечения кокаиновых - «Это будет как бы поцелуй смерти», - заявил Сальватор Энна, возглавляющий научные исследования в компании Nova Pharmaceuticals.

В результате некоторые производители лекарств препятствуют деятельности исследователей, изучающих возможности медикаментозного лечения наркомании. В одном из таких случаев, о котором сообщает исследователь, пожелавший остаться неизвестным, лекарственный препарат имелся в продаже в Европе. Но европейские компании отказались предоставить соответствующим организациям США результаты испытаний на животных, что затрудняет получение разрешения Управления по контролю пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств США (FDA) на исследование с целью использования данного препарата для лечения наркомании: «Компании сделают все от них зависящее, чтобы помешать нам исследовать производимые ими продукты», - жалуется психиатр Т. Р. Костен, - один из директоров Группы по лечению злоупотребления химическими препаратами при Йельском университете.

Дело не только в позорном пятне. Как правило, наркоманы не являются образцом здорового человека, так что компании опасаются, что в ходе клинических испытаний лекарственных препаратов у них могут наблюдаться побочные эффекты, которые задержат одобрение FDA или дадут повод привлечь фирму-производителя препарата к судебной ответственности, «Любой скверный побочный эффект у наркоманов превращается в проблему», - признал Фрэнк Дж Воччи, участвующий в руководстве программой разработки лекарственных препаратов в Национальном институте по изучению злоупотребления лекарственными препаратами (НИЗЛ). По словам одного из промышленников, «ЭТО звучит жестоко, но компании заинтересованы в прибыли, а общественное мнение не воспринимает наркоманию как болезнь».

Воччи и другие правительственные чиновники надеются на изменение ситуации. В 1988 г. конгресс выделил 10 млн. долл. на программу разработки лекарственных препаратов в НИЗЛ. Для привлечения производителей НИЗЛ предложил заключение секретных договоров об исследованиях и доступ к государственным клиникам и фармакологическим возможностям. Стимулирующую роль сыграло также обещание FDA проявить особое внимание к лекарствам от наркомании.

Образцом для действий НИЗЛ послужил успех Национального института рака, который много лет назад, сочтя недостаточным спектр средств для ле-

чения рака, привлек на помощь промышленность. И это оправдано. Зимой прошлого года деятельность НИЗЛ получила поддержку Ассоциации производителей Фармацевтических товаров, объединяющей около 100 компаний, которая создала комиссию для помощи предприятиям, разрабатывающим лекарства для наркоманов: «Внезапно дело сильно подвинулось», - заметил Воччи. На сегодняшний день НИЗЛ работает с 15 компаниями.

Однако многие промышленники считают, что, прежде чем производители выделят средства на борьбу с наркоманией, должен сказать свое слово конгресс. Несмотря на проведенные НИЗЛ оценки, точное число наркоманов и кто из них будет обращаться за лечением, установить трудно, «Без законодательного принуждения многие компании предпочтут не ввязываться», - признал один из представителей фармацевтической промышленности, сочтя за благо не называть своего имени.

Обеспечить компаниям покрытие их расходов на разработку лекарств можно, например, распространив на препараты для наркоманов такие же защитные меры, какими пользуются лекарственные препараты, предназначенные для редких болезней или для ограниченного рынка сбыта. В прошлом году сенатор от шт. Делавэр Джозеф Р. Байден предложил такой закон. Но проект включавший эксклюзивный семилетний маркетинг, но это предложение не приняло силы закона.

Тем временем исследователи открыли для себя европейскую фармацевтическую промышленность как богатый источник лекарственных препаратов для поисков подходящих. В Европе компании вкладывают больше средств в разработку лекарств для центральной нервной системы. чем в США. Так, по сообщению Дональда Ф. Клейна, руководящего научными исследованиями в Институте психиатрии шт. Нью-Йорк. новое в глазах американцев лекарство для лечения шизофрении, клозапин, имеется в продаже в европейских странах уже по крайней мере лет десять. В недавно опубликованном обзоре, в котором рассматриваются 50 используемых в Европе препаратов, Клейн обнаружил 20, заслуживающих немедленного интереса как средства против злоупотребления наркотиками и психических заболеваний.

Даже если упомянутые здесь организации и научные учреждения сделают все возможное ради разработки лекарств для центральной нервной системы, проблема наркомании останется с ее этическими и практически сложностями: «Даже если бы сегодня имелось средство излечения, кто будет за него платить? Как можно осуществить лечение? По-моему, не хватает даже клиник, где лечат метадон - так комментирует эту проблему Джон В. Кебабян, возглавляющий разработку исследовательских программ в фармацевтическом отделе фирмы Abbott Laboratories, - Лече разобратся в нейробиохимических аспектах наркомании, чем решить связанные с ней социальные проблемы».

рецептором на постсинаптической мембране другой клетки, в результате чего та в свою очередь генерирует импульс. Установлено, что большинство наркотических средств нарушают этот процесс. Высказывалось предположение, что такие психические заболевания, как шизофрения и эндогенная депрессия, характеризуются аномалиями в системах нейромедиаторов.

В начале 1970-х годов изучение нервной системы значительно продвинул ось благодаря открытию ряда нейромедиаторов. Группа исследователей под руководством Соломона Х. Снайдера (который впоследствии основал фирму Nova Pharmaceuticals) из Университета Джонса Гопкинса искала в мозге рецепторы, связывающие наркотики, и обнаружила рецепторы, с которыми связывались опиоиды - опиум и подобные ему соединения. Снайдер предположил, что эти опиатные рецепторы существуют в норме не ради наркотиков, а для связывания каких-то эндогенных биологически важных соединений. Он, а также Джон Хьюз из фирмы Parke-Davis (Великобритания) и Ханс У. Костерлиц из Абердинского университета с «отрывом» в несколько месяцев друг от друга открыли, что организм производит собственные подобные опию соединения. Эти вещества, получившие название эндорфинов, связываются с рецепторами опиоидов, вызывая чувство удовольствия, а также оказывая обезболивающее действие.

К середине 1980-х годов было идентифицировано несколько других рецепторов опиоидов. Число известных рецепторов, связывающих лекарственные препараты, продолжает увеличиваться. Так, например, недавно сотрудники Национального института психического здоровья открыли рецепторы каннабиноидов, связывающие марихуану.

Существование рецепторов каннабиноидов позволяет думать, что в организме существует еще не обнаруженный нейромедиатор, который в норме связывается с этими рецепторами. Для никотина в мозге также имеются рецепторы, которые, возможно, идентичны рецепторам нейромедиатора ацетилхолина. Не удалось, однако, обнаружить специфического связывания алкоголя ни с каким из идентифицированных рецепторов, хотя он влияет на многие из них.

Кокаин, возможно, действует иначе. Кухар, обследовавший кокаиновых при помощи ПЭТ, обнаружил, что этот наркотик нарушает действие нейромедиатора дофамина (хотя вли-

яет также на другие нейромедиаторы и нейроны, производящие опиоиды). Как выяснилось, кокаин связывается с белком-переносчиком, обеспечивающим обратный захват дофамина выделяющими его нейронами.

Пока не удастся разобраться во всех эффектах дофамина, но, по-видимому, его действие состоит частично в том, что он активирует определенные нейроны и поддерживает их в таком состоянии, что обуславливает чувство удовольствия. Это состояние сохраняется до тех пор, пока белок-переносчик дофамина не вернет его обратно в исходный нейрон, «Вероятно, дофамин действует наподобие выключателя света», - говорил Кухар в своем кабинете в НИЦН, где с гордостью развешаны цветные ПЭТ-изображения дофаминовых рецепторов - первые такого рода. Для получения этих изображений животным вводили радиоактивные соединения, связывающиеся с рецепторами дофамина, после чего участки мозга с большим количеством дофаминовых рецепторов при анализе методом ПЭТ выглядят красными или желтыми, а участки, не имеющие таких рецепторов - голубыми.

По мнению Кухара, кокаин нарушает работу дофаминовой системы. Он оккупирует молекулы белка-переносчика, вытесняя оттуда дофамин, который продолжает бомбардировать рецепторы, что вызывает усиление чувства удовольствия. (В прошлом году Джон Д. Элсворт с коллегами из Йельского университета опубликовали данные о том, что при совместном употреблении кокаина и алкоголя образуется потенциально летальное соединение кокаэтилен, которое тоже связывается с переносчиком дофамина.) Свойства переносчика дофамина целенаправленно изучаются сейчас Кухаром с сотрудниками и конкурирующими с ними лабораториями.

Система поощрения

Изучение переносчика дофамина может дать ключ к пониманию действия самого дофамина и открыть возможности предотвращения эффекта кокаина. Эти знания помогут также разобраться в противоречивом вопросе о том, ответствен ли дофамин за «кайф» в случае многих запрещенных наркотиков. Считается, что большинство лекарственных средств, обладающих наркотическим эффектом, вызывают положительные эмоции, воздействуя в конечном счете на мезолимбическую систему, которая, возможно, является теоретической «системой поощрения».

По мнению ряда исследователей, все положительные эмоции сводятся в конечном счете к дофамину или клеткам, на которые воздействует дофамин. В самом деле, известно, что этот нейромедиатор связывается со многими рецепторами в мезолимбической системе, значительную часть которой составляют нейроны, производящие дофамин. Дофамин может также играть роль в психических заболеваниях, таких, как шизофрения, при которой, как предполагается, имеет место избыточная активность нейронов, производящих дофамин, и болезнь Паркинсона, частично являющаяся результатом утраты таких нейронов.

Дофаминовая теория, предложенная психиатром Роем А. Вайзом из Университета Конкордия в Монреале, утверждает, что наркотики, к которым развивается сильное привыкание, вызывают в конечном счете высвобождение дофамина в участке мезолимбической системы, получившем название аккумбентного ядра, «Помимо противоположных эффектов амфетамины и опиаты обладают очень тонким общим действием», говорит Вайз.

Ведущим противником дофаминовой гипотезы является Гаэтано Ди Хиара из Института экспериментальной фармакологии и токсикологии при Университете в Кальяри (Италия). Три года назад он сообщил, что опиаты, алкоголь, никотин, аи фетамины и кокаин вызывают накопление дофамина в аккумбентном ядре. Недавно на симпозиуме в Сан-Хуане Ди Хиара лицом к лицу столкнулся с Немезидой в облике критика его гипотезы Джорджа Ф. Куба из Научно-исследовательского института при Скриппсовской клинике в Ла-Хойя (шт. Калифорния). Во время доклада Ди Хиары некоторые из присутствовавших предвкусали «кровь на сцене» «Кровопускание» не состоялось, но и к согласию прийти не удалось.

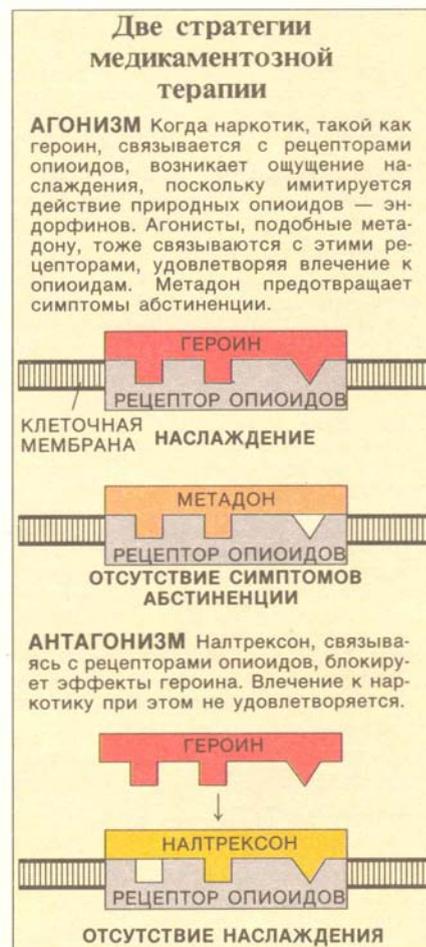
Куб придерживается собственной теории. Он считает, что в наркотическом «кайфе» дофамин играет важную, но не первостепенную роль и что в этом участвуют многие другие нейромедиаторы. В самом деле, при очевидной сложности мозга было бы большим упрощением постулировать одну единственную систему, как заметил фармаколог Эдвард А. Селлерс из Университета в Торонто, который в поисках средства для лечения алкоголизма испытал множество соединений.

Однако Куб тоже считает, что аккумбентное ядро вовлечено в первый этап пути, ведущего к возникновению чувства наслаждения. Но при неуло-

вимой природе мозга даже определение функций отдельных его участков может быть затруднительным. По словам Ганса К. Файбиджера из Университета пров. Британская Колумбия, в Ванкувере (Канада), участники прошлогоднего совещания Нейробиологического общества в Сент-Луисе говорили о том, что по существу неизвестно, где начинается и где заканчивается аккумбентное ядро. Собственно, как шутливо отметил Файбиджер, нет уверенности, существует ли аккумбентное ядро вообще.

Но даже не имея точных сведений о нервном пути (или путях) возникновения чувства наслаждения, специалисты, занимающиеся разработкой лекарств, знают достаточно о нейромедиаторах и рецепторах, чтобы создавать и испытывать нужные соединения. Действительно, большинство предназначенных для мозга медикаментов, имеющихся сейчас в аптеках, воздействуют на нейромедиаторы либо на их рецепторы, либо на те и другие вместе.

Методы лечения наркомании направлены главным образом на подавление эффекта препарата или же на подавление влечения к нему. Медикаментозное лечение от злоупотребле-



ния наркотиками использует обычно один из двух подходов: агонизм либо антагонизм. При первой стратегии лекарство должно связываться с рецепторами, вызывая чувство наслаждения, но при этом создавать лишь слабое привыкание или вовсе никакого. При антагонизме же взаимодействие лекарства с рецептором блоки-

рует связывание нормального нейромедиатора и препятствует развитию чувства наслаждения. Некоторые агонисты и антагонисты, пройдя проверку на лабораторных животных и клинические испытания, появились уже в продаже (см. таблицу внизу). Наиболее известным средством, действующим по принципу агонизма,

является метадон, производимый фирмой Eli Lilly. Наркоманы могут держаться на метадоне неопределенно долго, но после отмены у них наблюдается период абстиненции, менее сильной, чем после героина, зато вдвое более продолжительный. Как утверждает Мэри Джинн Крик из Рокфеллеровского университета, метадон в отличие от героина не нарушает ни гормональное функционирование, ни реакцию организма на стресс,

Налтрексон, который компания Du Pont выпускает под названием трексан, является антагонистом. Он связывается с рецепторами опиоидов с большим сродством, чем героин, и потому используется при передозировке героина. Но некоторые исследователи считают, что налтрексон не очень эффективен в качестве средства для лечения наркомании,

Тем, кто не хочет лечиться

«Одно только блокирование эйфории - это не панацея, как думают наивные люди», - считает психиатр Фрэнк Х. Гэвин из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. С ним соглашается один из директоров НИЦН Рой У. Пикенс: «Наркоман может переключиться на другой наркотик, который не блокируется существующими антагонистами». Многие наркоманы употребляют несколько различных наркотиков, что еще более затрудняет лечение,

В качестве средства против наркомании налтрексон может быть эффективен только у лиц с высоким уровнем мотивации, т. е. стремящихся к освобождению от наркотиков. Как отмечает психиатр Джеймс У. Корниш из Пенсильванского университета, наиболее успешно лечатся те, кто много теряет из-за пристрастия к наркотикам. Корниш недавно закончил исследование, в котором наркоманы, условно осужденные федеральным судом, принимали налтрексон и хорошо поддавались лечению. По его словам, причина успеха была в том, что результаты еженедельного анализа мочи определяли продолжительность осуждения.

При меньшем уровне мотивации восприимчивость к лечению может быть повышена иначе. Как сообщил Фрэнк Дж. Воччи, руковоДЯЩИЙ созданием терапевтических средств в НИЗЛ, он разрабатывает имплантаты с налтрексоном. В свете результатов Корниша и возможностей использования имплантатов не исключено, что некоторые программы лечения наркомании, оказавшиеся успешными, могут стать принудитель-

Некоторые лекарственные препараты, проходящие проверку как средства от наркомании

АВБОТТ 69024 - антагонист дофамина; избирательно связывается с рецепторами D1. Показано, что D1-антагонисты эффективно предотвращают потребление кокаина у животных,

АМАНТИДИН используется для лечения паркинсонизма; проверялся для лечения кокаинистов. У животных, по-видимому, стимулирует высвобождение дофамина. Точное действие у человека не установлено. Результаты испытаний нечеткие,

БУПРОПИОН - антидепрессант; по-видимому, подавляет захват дофамина. Довольно эффективно снимает депрессию, сопровождающую зависимость от кокаина.

БУПРЕНОРФИН - анальгетик; связывается с опиоидными рецепторами. В очень высоких дозах блокирует эффекты героина, но может усиливать влечение к кокаину. В низких дозах способен эффективно подавлять влечение и к героину, и к кокаину. Испытывается также в комбинации с налтрексоном для лечения зависимости от героина.

БРОМОКРИПТИН связывается с рецепторами дофамина и может подавлять влечение к кокаину. Планируются клинические испытания бромокриптина в качестве лекарства для кокаинистов, получающих метадон. Первоначальные испытания не дали положительных результатов,

БУСПИРОН - психотропное средство, применяемое для снижения тревожности; по-видимому, связывается с рецепторами нейромедиатора серотонина; возможно, влияет также на рецепторы дофамина. Подавляет потребление кокаина у животных. Используется и для лечения алкоголизма.

КАРБАМАЗЕПИН (тегретол) - противосудорожное средство; у животных предотвращает характерные судороги, связанные с хроническим потреблением кокаина. В настоящее время ведутся клинические испытания,

ФЛУОКСЕТИН (прозак) - антидепрессант; блокирует, по-видимому, обратный захват серотонина, но не родственного ему нейромедиатора норадреналина. Сейчас испытывается в качестве средства для лечения алкоголизма и зависимости от кокаина. Имеющиеся результаты не впечатляют,

ФЛУПЕНТИКСОЛ - транквилизатор; блокирует рецепторы дофамина (главным образом D2, но затрагивает и D1). Ослабляет, но не снимает влечение к кокаину,

ГЕПИРОН - антидепрессант; действует на уровне серотонина и дофамина; во многом сходен с бупропионом. Изучается его влияние на поведение, обусловленное влечением к наркотику, а также на уровень депрессии и тревожности у кокаинистов,

LAAM (L-ацетилметадол) - экспериментальный препарат; предлагается для лечения зависимости от героина. Первоначально (в 1948 г.) был разработан в качестве анальгетика; подобно метадону, связывается с рецептором опиоидов, но обладает более продолжительным действием. В настоящее время не выпускается по причине утраты патентной защиты фирмой-производителем.

МАЗИНДОЛ подавляет аппетит; действует, по-видимому, на лимбическую систему, подобно амфетамину. Связывается с переносчиком дофамина более прочно, чем кокаин. Имеются обнадеживающие результаты в лечении кокаинистов.

НАЛТРЕКСОН - антагонист опиоидов; используется для лечения зависимости от героина. Эффективен при наличии у наркомана установки на излечение. Недавно обнаружено, что он также блокирует эффекты алкоголя,

SCHERING 23390 - антагонист D1-рецепторов дофамина; разработан для лечения шизофрении. Изучается его действие у животных при потреблении кокаина.

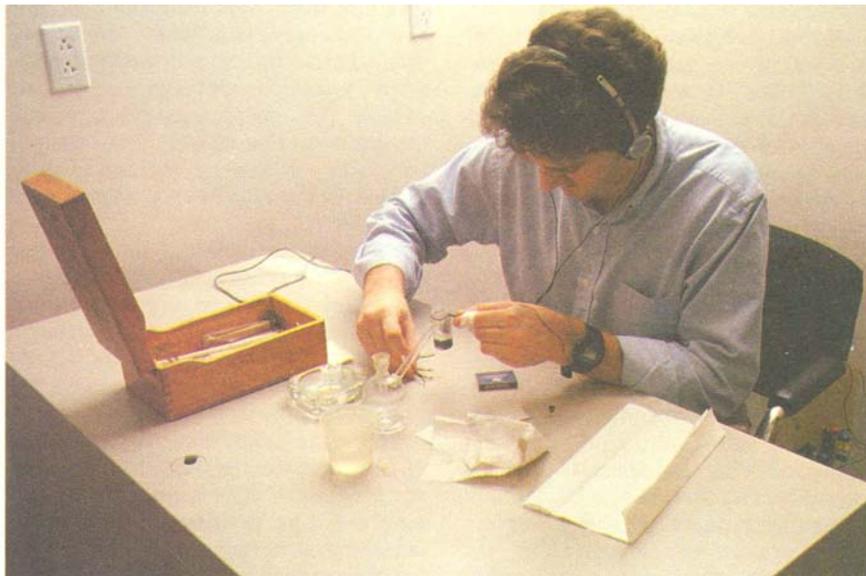
ными - таково мнение директора по научным исследованиям Института психиатрии шт. Нью-Йорк Дональда Ф. Клейна. «Надо смотреть правде в глаза», - сказал он,

Недавно выявился еще один аспект использования налтрексона, На симпозиуме в Сан-Хуане в числе результатов, иллюстрирующих сложные взаимодействия нейромедиаторов и путей системы поощрения в мозге, были приведены данные о том, что налтрексон снимает влечение к алкоголю. Чарльз П. О'Брайан, возглавляющий отделение психиатрии в Медицинском центре Управления по делам участников войны в Филадельфии, представил первые результаты испытаний, которые ведутся сейчас в Пенсильванском университете им и его коллегами, Среди 52 алкоголиков, принимавших налтрексон, частота рецидивов оказалась очень низкой - всего 8% по сравнению с 48% в контрольной группе алкоголиков, которым давали плацебо, По словам О'Брайана, эти результаты были воспроизведены в Йельском университете.

По поводу таких данных Э. Леон Уэй, специалист по фармакологии и токсикологии из Калифорнийского университета в Сан-Франциско заявил: «Если это подтвердится, то я скажу, что ничего более потрясающего не слышал». Ирония здесь в том, что, как следует из результатов О'Брайана, влечение к алкоголю, для которого нет специфических рецепторов, снижается антагонистом опиоидов, т. е. специфичным агентом.

Джозеф Р. Вольпичелли, руководящий планированием работ в Лечебно-исследовательском центре Пенсильванского университета, предложил объяснение этому парадоксу, Возможно, связь между алкоголем и опиатными рецепторами состоит в том, что алкоголь вызывает выделение эндогенных опиоидов вроде эндорфинов, и потому блокирование рецепторов опиоидов подавляет тягу к алкоголю,

В этот процесс может быть также вовлечен стресс, Нормальная реакция организма на стресс - «борьба или бегство» включает в себя высвобождение опиоидов, К тому времени, когда стресс исчезает, организм привыкает к избытку болеутолятелей и требует еще. Очевидно, алкоголь может удовлетворить эту потребность - так сказать, послужить лекарством, Вольпичелли впервые проверил эту гипотезу на крысах в 1987 г. Но он отметил ее исторические корни: морфин использовался для лечения алкоголизма в США еще в начале столетия.



ВЛЕЧЕНИЕ К КОКАИНУ у наркомана может быть вызвано видом белого порошка. На этом снимке сотрудник Лечебного научно-исследовательского центра Пенсильванского университета показывает, как регистрируется физиологическая реакция у наркоманов на ложный и подлинный препараты:

Среди препаратов, которые сейчас испытываются в качестве средств для лечения наркомании, есть соединение, сочетающее в себе свойства агониста и антагониста, Болеутоляющее лекарство, названное бупренорфином, было разработано в Великобритании компанией Reckitt and Coleman Products Ltd, и лицензировано в США фирмой Norwich Eaton, В малых дозах оно действует как агонист, удовлетворяя влечение к кокаину и героину, А в очень высоких дозах блокирует эффекты опиатов, «Плохо то, что высокие дозы этого вещества могут увеличивать потребление кокаина», - заметил психиатр Джек Х. Мендельсон, один из директоров Центра по изучению злоупотребления алкоголем и наркотиками при Больнице Маклина близ Бостона; недавно он закончил исследование, в котором 12 наркоманов, употреблявших героин и кокаин, принимали бупренорфин,

Помимо испытания этих доступных препаратов исследователи надеются разработать методы терапии наркомании на основе более специфического взаимодействия с рецепторами. Вооруженные все расширяющимися знаниями о рецепторах, сотрудники промышленных фирм, академических и государственных учреждений работают над созданием новых лекарств, обладающих меньшими побочными эффектами и большей специфичностью. Препараты с высокой специфичностью к рецепторам могут быть особенно полезны при лечении

женщин и детей - наиболее явных жертв бича наркомании, - которые часто не включаются в клинические испытания. Ричард Л. Хокс из отдела технологии исследований НИЗЛ сообщил о том, что ведется поиск соединений, связывающихся с так называемыми дельта-рецепторами опиоидов. Поскольку в эмбриональный период развития у человека нет развитой системы дельта-рецепторов, лечение беременных женщин соединениями, действующими на дельта-рецепторы, не может нанести вреда плоду,

Из-за «позорного пятна» - наркомании, т. е. общего негативного отношения ко всему, что связано со злоупотреблением наркотиками, лишь немногие компании склонны обсуждать свои исследования, имеющие отношение к этой проблеме (см. текст в рамке на с. 72). Но некоторые фирмы, в том числе Abott Laboratories и Schering-Plough, разрабатывают блокаторы доФаминовых рецепторов; такие препараты могут оказаться эффективными в лечении кокаиновой наркомании. Представитель Schering-Plough заявил, однако, что разрабатываемые этой фирмой в последнее время лекарства предназначены исключительно для лечения шизофрении,

Эти экспериментальные лекарства нацелены на дофаминовые рецепторы типа D1, которые, возможно, играют решающую роль в процессах формирования зависимости от кокаина. Большинство используемых при

шизофрении препаратов, таких, как клозапин, действуют на рецепторы D1 и на другие дофаминовые рецепторы - D2, или же только на D2-рецепторы. В фирме Abbott Laboratories разработан экспериментальный антагонист D1-рецепторов, названный A69024, а в Schering-Plough получен другой антагонист, обозначенный 23390.

Подобные соединения могут найти очень важное применение. В прошлом году Уильям Л. Вулвертон из Чикагского университета сообщил, что у обезьян антагонисты D1-рецепторов способны предотвращать потребление кокаина. Как отметил Вулвертон, по последним данным фармакология кокаина у человека и обезьян одинакова. А Куб по этому поводу сказал: «Если будет получен долгодействующий препарат, специфичный к рецепторам D1, это будет применительно к кокаину то же самое, что метадон в случае героина».

Нынешняя сосредоточенность исследователей на нейромедиаторах и рецепторах может стать отправной точкой для разработки новых лекарств. Однако психиатр Брюс М. Коуэн из Больницы Маклина, являющийся специалистом также в области молекулярной генетики, подчеркивает, что, когда рассматривается только синапс, упускается из виду целый мир других действующих в мозге сигналов; большинство исследователей отдают себе в этом отчет.

Вторичные посредники

Связывание нейромедиатора с рецептором можно уподобить первой из выстраиваемых в цепочку костя-

шек домино, обуславливающей последовательность всей цепочки. Только недавно стали проявляться детали сложного процесса клеточного ответа. Так называемые вторичные посредники, подобно бегуну второго этапа в эстафете, начинают действовать, когда рецептор сделал свое дело.

К числу вторичных посредников относятся так называемые О-белки, которые открыл в 80-е годы Альфред Г Гилман из Техасского университета в Далласе. Молекулы этих белков погружены в клеточную мембрану; они активируются при связывании нейромедиаторов с рецепторами на поверхности клеток. Известно несколько О-белков, обозначаемых в соответствии с их активирующими, ингибирующими и другими свойствами.

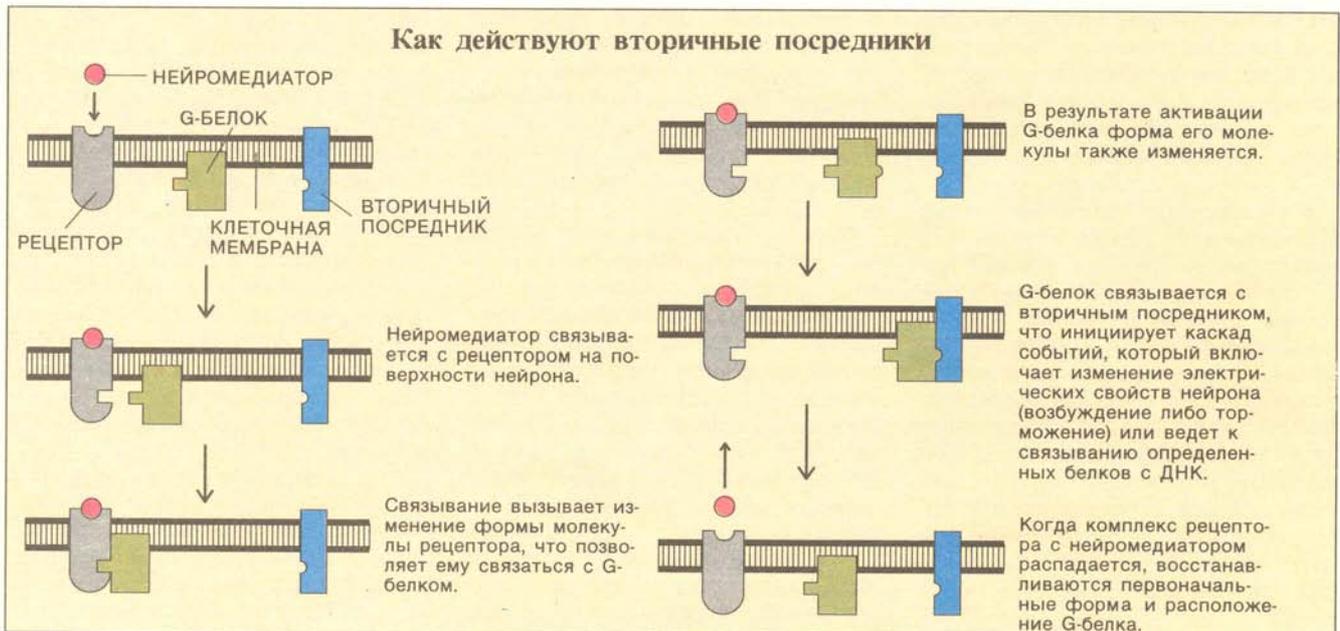
В результате связывания молекулы наркотика, такого, как морфин, с соответствующим рецептором, последний изменяет свою форму, и благодаря этому рецептор приобретает способность взаимодействовать с О-белком. В свою очередь О-белки могут влиять на мембранный потенциал нейрона и таким образом вызывать генерацию электрического импульса, который распространяется по клетке путем изменения трансмембранного транспорта ионов. Эти белки могут также играть непрямую роль в экспрессии генов в клетках, оказывая влияние на связывание белков с ДНК.

Специалист по молекулярной нейробиологии Стивен Э. Хайман из Массачусетской больницы общего типа отметил, что хотя все лекарственные препараты, действующие через рецепторы, непрямым образом

вливают на вторичные посредники, их разработка ведется в основном методом проб и ошибок. Не было целенаправленных попыток вмешательства на уровнях после активации рецепторов, хотя некоторые лекарства, например, литий, действуют только на вторичные посредники. «Можно разрабатывать лекарства, действующие именно на этом участке, а не на уровне рецепторов», - считает Уэй, работы которого в области изучения наркотиков прояснили действие некоторых вторичных посредников.

Дейвид К. У'Причард, вице-президент по медико-биологическим исследованиям в фармацевтической группе ICI, и другие специалисты высказали предположение о том, что модуляция вторичных посредников позволяет открывать возможности тонкой регуляции с целью достичь желательных эффектов в нейронах. Медикаментозная терапия может быть специфически направлена на рецепторы клеточ-мишеней, взаимодействующие с различными О-белками; это обеспечивает более точный контроль действия лекарств. Возможны также препараты, нацеленные на ауторецепторы - т. е. рецепторы, находящиеся на том же нейроне, который выделяет нейромедиатор, и играющие роль «термостата», регулируя высвобождение нейромедиатора.

Однако просто нарушение функционирования систем рецепторов и нейромедиаторов, включая даже вторичных посредников, лишь частично решает проблему, «В мозге происходят какие-то медленные процессы, изменяющие реакцию на лекарство», - отмечает Коуэн, приводя в пример антидепрессанты, для проявления эф-



фекта которых часто требуется принимать препарат несколько недель.

Данные о некоторых из этих изменений были представлены Норой Д. Волкау из медицинского отделения Брукхейвенской национальной лаборатории, изучавшей рецепторы дофамина при помощи ПЭТ и радиоактивной метки. Она обнаружила, что у кокаинистов понижено содержание рецепторов дофамина. Остается неясным, являются ли эти изменения стойкими, но Волкау отметила, что в ее исследовании нет указаний на нормализацию числа рецепторов.

Результаты, полученные Волкау, соответствуют клиническим наблюдениям. В отсутствие наркотического «кайфа» кокаинисты пребывают в подавленном состоянии или не могут чувствовать удовольствие (ангедония). Это может быть результатом снижения количества рецепторов, которых не хватает для нормального уровня дофамина. (Эта идея поддерживает теорию, объясняющую злоупотребление наркотическими препаратами «самолечением» нейрохимических отклонений.) В таком случае лекарства, увеличивающие число дофаминовых рецепторов, должны эффективно снимать ангедонию и таким образом подавлять влечение к Кокаину.

Гэвин провел испытания ряда имеющихся в продаже антидепрессантов в надежде применить их для подавления пристрастия к кокаину. Одно из этих соединений, флулентиксол, не разрешено к применению в США, и Гэвин несколько лет назад предпринял поездку на Багамские острова, чтобы проверить его действие.

Это лекарство, получившее у наркоманов название фиксал, ослабляет влечение к кокаину, но не снимает его полностью, Гэвин приводит такой пример. Один наркоман, описывая свое влечение, говорил: «Как будто бы две руки схватили меня сзади за шею и толкают в сточную канаву» А после приема флулентиксола этот большой ощущал «будто кто-то толкает одной рукой и не так сильно» В настоящее время Гэвин испытывает флулентиксол двойным слепым методом.

В надежде найти способ подавлять влечение к наркотикам Лондон намерена изучать компьютерные изображения метаболизма глюкозы при опиатной и кокаиновой абстиненции. Она обнаружила, что у крыс состояние опиатной абстиненции характеризуется высокой интенсивностью утилизации глюкозы, как будто бы отмена опиатов заставляет мозг работать «сверхурочно» Поскольку некоторые аспекты ощущения насла-



МАРГАРЕТ КЭТРЕМБОН недавно приняла участие в клинических испытаниях налтрексона, проводившихся в Пенсильванском университете. Она обнаружила, что этот препарат подавил ее влечение к алкоголю.

дения, по-видимому, связаны с пониженным уровнем метаболизма, страдания при абстиненции, возможно, ассоциированы с избыточной активностью. Если окажется, что у человека это так, то Лондон проведет испытания клонидина (этот препарат связывается с рецепторами опиоидов; его используют при повышенном кровяном давлении) и бупренорфина на предмет снижения интенсивности метаболизма. Анна Роз Чайлдс из Пенсильванского университета собирает при помощи ПЭТ изучать экспериментально индуцированное влечение к наркотиками (см, рисунок на с. 75).

В поисках основы этих физиологических изменений некоторые специалисты предполагают, что имеют

место какие-то события на генетическом уровне. Рядом исследователей, в том числе Эриком Дж. Нестлером из Йельского университета, Хайманом и Коуэном недавно показано, что хотя сами гены не изменяются, возможна их активация и инактивация под влиянием наркотиков и лекарств, действующих в мозге. Выяснение механизма этого влияния могло бы стать ключом к созданию новых лекарств, Коуэн отметил, что только в последнее время появились методы для изучения этих процессов.

Не исключено, что понимание влияния наркотических веществ на гены, откроет секрет влечения к ним. До сих пор неизвестно, какие нейрохимические изменения лежат в основе то-

лерантности и влечения к наркотикам. По мнению Коуэна, изучение изменений генной экспрессии может прояснить нервные пути системы поощрения. Он считает, что в этих путях участвуют нейронные сети, охватывающие различные области мозга, а не ограниченные какой-то одной областью. Он и его коллеги надеются, установив, какие гены активируются, скажем, кокаином, использовать наркотик в качестве зонда и определить, в каких нервных клетках активируются эти гены. Тем самым прояснится нейронная сеть, через которую наркотик оказывает свое действие.

В основе наркомании, возможно, лежат постепенные изменения нервных связей, вызванные повторяющимся введением наркотика. Коуэн полагает, что благодаря этим нервным связям, вероятно, существует некоторое перекрытие между влечением, зависимостью от наркотиков и общей системой поощрения. Что касается лечения, то выявление таких нервных сетей может привести к разработке лекарств, подавляющих влечение к опиоидам, кокаину и алкоголю. Это привлекает внимание фармацевтических компаний, поскольку обещает возможность воздействия на более распространенные пагубные влечения, включая тягу к никотину и неумеренное потребление пищи, «Если найдется своего рода аспирин для системы злоупотребления различными веществами, это будет нашим звездным часом», сказал Майкл Уильямс, возглавляющий нейробиологические исследования в фирме Abbott, на прошедшей недавно конференции по разработке препаратов для лечения наркомании.

Новые данные указывают на то, что гены, обеспечивающие работу дофаминовой системы, могут стать отправной точкой в поисках таких лекарств. На симпозиуме в Сан-Хуане Коуэн и другие исследователи представили свои результаты о влиянии наркотических веществ на экспрессию генов. По данным Коуэна, действующее на мозг препараты, в том числе кокаин и два лекарства, используемые при шизофрении, вызывают усиление производства определенных матричных РНК (мРНК), что свидетельствует об активации соответствующих генов.

Коуэн установил, что в случае двух противошизофренических лекарственных препаратов мРНК, содержание которых увеличивалось, участвовали в синтезе рецепторов дофамина и обусловливали активацию двух генов из числа немедленно отвечающих на определенные стимулы (например,

химические). Часто такие гены активируют другие гены. По наблюдениям Коуэна, генная экспрессия варьировала и по уровню, и по локализации в зависимости от того, какое лекарство использовалось.

Хотя было известно, что лекарства могут изменять число дофаминовых рецепторов, как это обнаружил Волкау с помощью ПЭТ, механизмы такого изменения оставались непонятными. «Теперь мы знаем, как делаются новые рецепторы, - отметил Коуэн, - и можем следить непосредственно за продуктом гена - соответствующей РНК».

Вирусный шаттл

Следующим шагом, на который потребуются годы исследований, будут поиски путей влияния на генную экспрессию или ликвидации влияния, оказываемого наркотическими препаратами. Одной из возможностей этого является введение в клетки так называемых антисмысловых РНК, которые комплементарны клеточным мРНК и потому будут связываться с ними, тем самым подавляя синтез соответствующих белков.

С помощью прицельных векторов, т. е. переносчиков генетической информации, - таких, как рекомбинантные вирусы, проникающие только в нейроны, - можно будет доставлять антисмысловые молекулы в нужные клетки. Например, исследователи из Питтсбургского университета и Медицинской школы Гарвардского университета использовали вирус простого герпеса для введения генов в нейроны. Таким путем можно также вводить в клетки регуляторные последовательности ДНК, управляющие транскрипцией определенных генов.

Такая регуляция генов еще далека от практики, но возможности здесь потрясающие. Коуэн сказал: «В некотором смысле это все равно что путешествие на Луну. Технология представляется столь могущественной, что, похоже, сейчас весьма своевременно обсуждать такие проблемы». И действительно, некоторые фармацевтические компании уже обращались к Хайману, который занимается регуляторными последовательностями ДНК. Как он заявил, эти компании интересуются лекарствами, действующими на факторы транскрипции, и хотят использовать изменения генной экспрессии как индикатор нейронов, затронутых тем или иным препаратом. Хайман отмечает, что это открывает новый путь поиска потенциальных средств для центральной нервной системы,

Однако вовсе не закончены дебаты о том, действительно ли гены вносят вклад в наркоманию и психические заболевания. Меньше подвергается сомнению сходство между некоторыми психическими заболеваниями и злоупотреблением наркотиков: и то и другое характеризуется нарушениями баланса нейромедиаторов, которые могут проявляться как нейрохимически, так и в поведении.

Однако ни одна из этих корреляций не была прослежена на генетическом уровне, а только эпидемиологически. В проведенном недавно под руководством директора отделения клинических исследований Национального института психического здоровья Даррела А. Реджира обследовании, в котором участвовал 20 291 человек (в том числе здоровые люди из разных слоев общества, пациенты психиатрических лечебниц, обитатели домов призрения, тюремные заключенные), было показано, что среди тех, кто злоупотребляет наркотиками, у 53% имеются такие психические расстройства, как шизофрения, состоящие повышенной тревожности или эндогенная депрессия. А среди заключенных, взятых в отдельности, почти в 90% случаев наркомании сопутствуют психические нарушения. По словам Реджира, эти данные позволяют предположить, что одно влечет за собой другое или же подверженные таким расстройствам люди обладают предрасположенностью к ним.

Попытки установить хромосомную локализацию генов, ответственных за определенные психические заболевания, такие, как маниакально-депрессивный психоз и шизофрения, пока не увенчались успехом, как отметил Эллиот С. Гершон, возглавляющий клиническое нейрогенетическое отделение в Национальном институте психического здоровья, который много лет занимается такими исследованиями. В начале 1980-х годов Гершон, изучая близнецов, обнаружил, что реакция на амфетамин генетически обусловлена. По его мнению, в основе предрасположенности к наркомании лежат генетические факторы.

Была предпринята попытка выявить генетический компонент при алкоголизме. Но результаты этих исследований весьма противоречивы. В прошлом году группа сотрудников Медицинского центра Техасского университета в Сан-Антонио под руководством Кеннета Блама сообщила о том, что есть связь между алкоголизмом и геном, кодирующим рецептор дофамина. Однако позже Дейвид Голдман, руководящий генетическими исследованиями в Национальном

институте по изучению злоупотребления алкоголем и алкоголизма представил данные, свидетельствующие об отсутствии такой связи. Но Блам использовал трупы, а Голдман обследовал живых алкоголиков, так что проблема далеко не решена.

И хотя большинство исследователей согласно с тем, что в алкоголизме имеется генетический компонент, связать это заболевание с каким-либо определенным геном не удается. Пикенс на основании исследования близнецов, результаты которого еще не опубликованы, пришел к выводу, что риск заболевания алкоголизмом обусловлен на 20-30% наследственностью (при некоторых типах алкоголизма влияние наследственности сильнее). Джордж Ул из НИЦН, который занимается клонированием гена, кодирующего переносчик дофамина, так комментирует это: «Литературные данные очень неоднозначны, и это первое исследование, проведенное с использованием стандартных генетических подходов».

В ожидании практических результатов научных исследований - лекарств от наркомании, основанных на рецепторах, вторичных посредниках и на экспрессии генов, врачи тем временем на свой страх и риск борются с множеством проблем, от которых страдают наркоманы. Ослабляя некоторые побочные эффекты злоупотребления наркотическими препаратами и связанные с ним психические нарушения, они облегчают страдания. «Было бы наивно думать, что эти лекарства могут излечить от наркомании», отметил О'Брайан, мнение которого находит отклик почти у всех специалистов в этой области. Медикаментозное лечение следует сочетать с беседами, изменением распорядка дня и помощью в обеспечении жильем и трудоустройстве. «Мы надеемся в основном на то, что получим средства, ликвидирующие биологические изменения, возникающие при злоупотреблении наркотическими препаратами», - добавил О'Брайан.

Но не хватает как программ лечения, так и обслуживающего персонала; на сегодняшний день предоставить заботу и уход всем нуждающимся невозможно. Показателен, в частности, тот факт, что никто не выступает за создание в своем районе, скажем, клиник, где бы наркоманов лечили метадоном. Некоторые фармацевтические компании стараются прижать научные исследования, чтобы оградить рынок наркотиков. О'Брайан подчеркнул, что, несмотря на видимое расширение войны с наркотиками, уличному наркоману отню-

щено сейчас меньше денег на лечение, чем это было в 1971 г.

Пожалуй, наиболее решительные протесты против медикаментозной терапии наркомании имеют, можно сказать, философский характер: утверждается, что применяемые для лечения наркоманов лекарства сохраняют у них зависимость, эмоциональную слабость. «Нас упрекают в том, что проблему наркомании мы решаем химическим путем, по сути пытаемся плохую химию привести в порядок с помощью хорошей» - говорит психиатр Лестер Гринспун из Медицинской школы Гарвардского университета.

В свою очередь наркоманы тоже обеспокоены возможностью возникновения зависимости от других веществ, даже если они являются лекарствами. Вот пример, Служащая среднего возраста, по имени Маргарет Кэтрэмбон, пристрастившаяся к алкоголю еще будучи подростком, с большой неохотой приняла участие в клинических испытаниях налтрексона, проводившихся в Пенсильванском университете, «Я думала, что это не поможет, что таблетки не избавят меня от влечения к алкоголю», -

вспоминает она. Однако после трех месяцев лечения пациентка осознала, что больше не чувствует влечения к алкоголю. Она заявила: «Благодаря этому я поняла, что могу быть в трезвом состоянии и изменить свою жизнь». Теперь Кэтрэмбон принимает лекарство только накануне трудных для нее дней, вроде праздников. И, по ее словам, не чувствует зависимости от налтрексона, хотя очень этого боялась.

У многих врачей не вызывает сомнения, что медикаментозная терапия может быть эффективна при наркомании. «Мне не совсем ясны эти философские возражения, - говорит Стивен Магура, являющийся заместителем директора по исследовательской работе в фирме Narcotic and Drug Research Inc. в Нью-Йорке, - Злоупотребление наркотическими препаратами - это болезнь. Если лекарства помогают, зачем их отвергать? Ради нашей собственной пользы или ради пользы больного?» Но пока лекарства еще разрабатываются и нет возможности помочь всем наркоманам, желающим лечиться, приходится признать, что этот вопрос остается спорным.

Книги издательства "Мир"

КОСМИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Под ред. Л. Кейвни
1988 г. Цена 4 р. 90 к.

КОСМИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ВВЕДЕНИЕ В НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Под ред. Б. Фойербахера и др.
1989 г. Цена 5 р. 90 к.

Э. Органик ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛ 432

1987 г. Цена 2 р. 50 к.

Д.ж. Садуорс, А. Гилли СЕРНОНАТРИЕВЫЕ

АККУМУЛЯТОРЫ

1988 г. Цена 5 р. 80 к.

ЭЛЕКТРОНИКА СБИС. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУР

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

эти книги вы можете получить наложенным платежом, направив заказ по адресу:

191040 Ленинград, Пушкинская ул, 2,
магазин № 5 «Техническая книга»

Занимательная математика

Меню математических яств



А. К. ДЬЮДНИ

РОСС ХОНСБЕРГЕР на протяжении более двух десятилетий коллeкционировал рецепты математических блюд. Посетив не так давно одну из его редких публичных лекций, я испытал истинное удовольствие от этого математического пиршества. Его блюда оказались не только приятными на вкус, но и восхитительными на вид.

Хонсбергер, преподающий математику в Университете Ватерлоо в Канаде, не останавливается буквально ни перед чем, чтобы продемонстри-

ровать тот или иной математический принцип. Однажды, чтобы показать топологический фокус, он забрел на лекцию одного из своих коллег в брюках, вывернутых наизнанку. Слушателям он заявил, что, не снимая брюк, вывернет их на лицевую сторону.

Чтобы доказать, что он действительно не собирается снимать брюки, Хонсбергер связал ноги улодыжек веревкой длиной 2,5 м. Затем он начал стягивать штаны вниз на веревку, обнажив свои любимые семейные трусы в горошек. Студенты внимательно

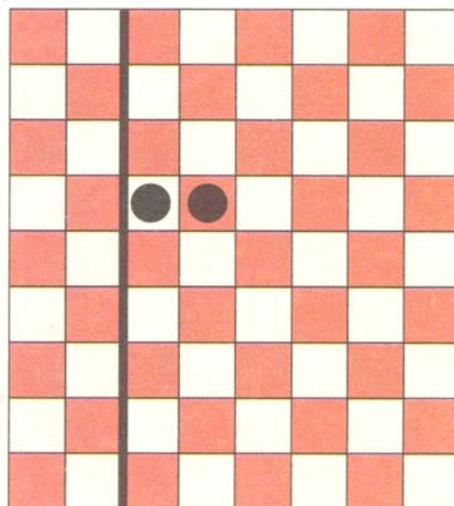
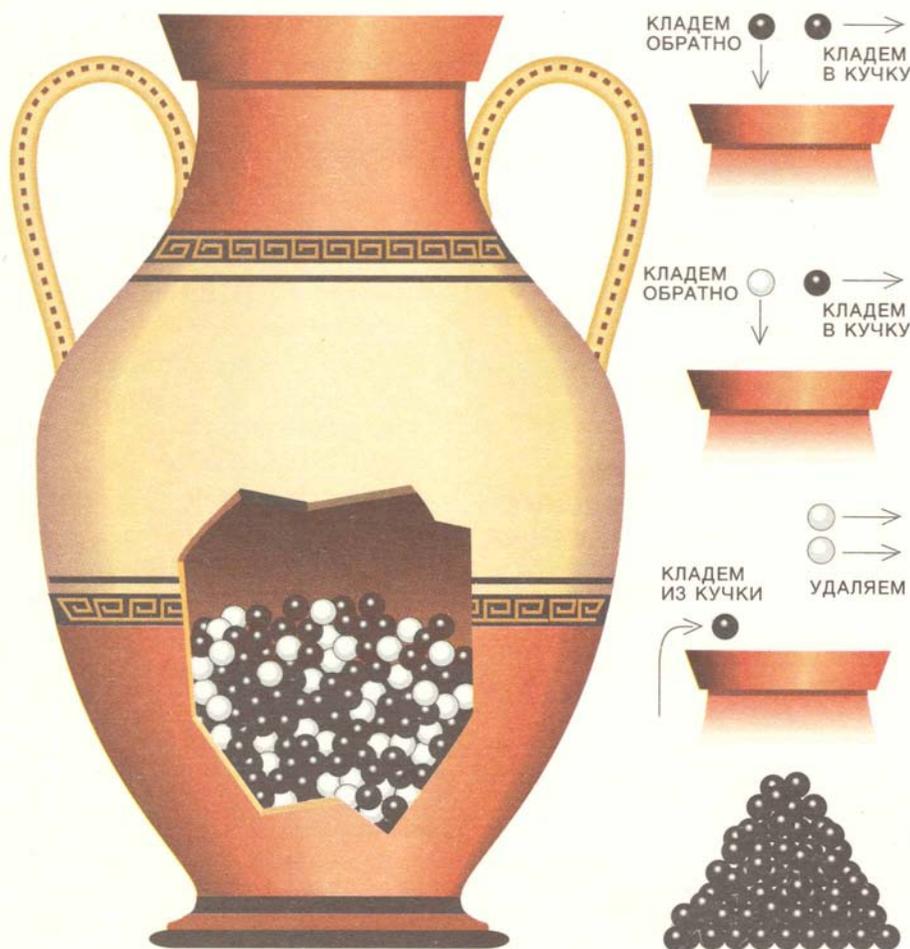
наблюдали за его действиями, стараясь не прозевать какого-нибудь обмана. Сначала Хонсбергер протащил брюки через веревку, вывернул на лицевую сторону и затем снова натянул их на себя. Со своей стороны, могу засвидетельствовать, что трюк Хонсбергера не связан ни с каким обманом.

Лекцию Хонсбергера я слушал в провинции Онтарио, неподалеку от городка, в котором живу. Он развлекал публику такими номерами, как шары в конусе, шашки на доске, точки на тарелке и фасолины в греческой Базе.

Свою деятельность Хонсбергер начал с описания замечательных сфер Жерминаля Данделена, бельгийского математика XIX в. Данделен открыл удивительную связь между классическим и современным понятиями и эллипса, Древние греки рассматривали эллипс как фигуру, образующуюся в сечении конуса наклонной плоскостью. Однако со времен Декарта эллипс стали описывать аналитически с помощью двух особых точек, называемых фокусами: сумма расстояний от двух фокусов до любой точки на эллипсе остается постоянной.

Хонсбергер, говоря о шарах Данделена, демонстрировал диапозитив, на котором плоскость пересекает конус (Читатели могут проследить за рассуждениями Данделена, глядя на верхний рисунок на с. 81.) Не могу поручиться, что мое описание в точности совпадает со словами Хонсбергера, но он согласился, что в общих чертах его объяснения отражены верно.

- Не надо быть гением, чтобы заметить, что плоскость делит конус на две части, Данделену пришла в голову мысль вставить в каждую из этих ча-



Какого цвета фасолина останется в вазе, если первоначально в ней было 75 белых и 150 черных фасолин?

стей по шару. Каждый шар касается стенки конуса, а также плоскости эллипса в определенной точке. Но где именно? Можно представить себе, как у Данделена забилось сердце при мысли о том, что сферы могут касаться плоскости в двух фокальных точках эллипса.

Хонсбергер берет карандаш и делает пометки на изображении. Он обозначает две точки касания буквами F и G . Являются ли они фокусами эллипса?

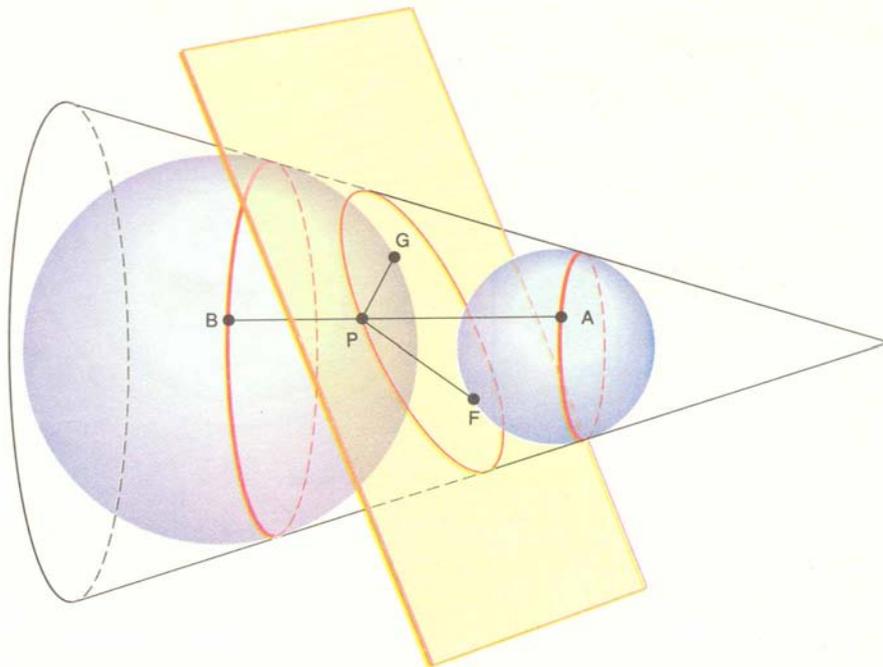
- Давайте посмотрим, что сделал хитрый старик Данделен. Для начала, через любую точку P , выбранную нами на эллипсе, мы можем провести прямую, которая проходит по поверхности конуса к его вершине. Во-вторых, эта прямая коснется двух сфер в точках, которые мы обозначим, скажем, A и B . Какую бы точку P мы ни выбрали на эллипсе, длина отрезка AB останется одной и той же,

Ага, но в этом-то все и дело! Расстояние между точками F и P равно расстоянию от F до A , B в конце концов обе прямые PF и PA являются касательными к одной и той же сфере, проведенными из одной точки. По тем же причинам расстояние от второй точки, G , до точки P равно расстоянию между G и B . Ну что, кажется, все в порядке? $PF + PG = PA + PB$, а последняя сумма как раз равна (постоянной) длине AB .

Чертовски интересно, не правда ли? - вопрошает Хонсбергер.

Оглядывая лекционный зал, я вижу обескураженные лица студентов. Преподаватели же то улыбаются, то хмурят брови. Один из них за моей спиной бормочет: «Вот это да».

Едва переведя дыхание, Хонсбергер приступил уже к следующему номеру



Эллипс в конусе разделяет сферы Данделена

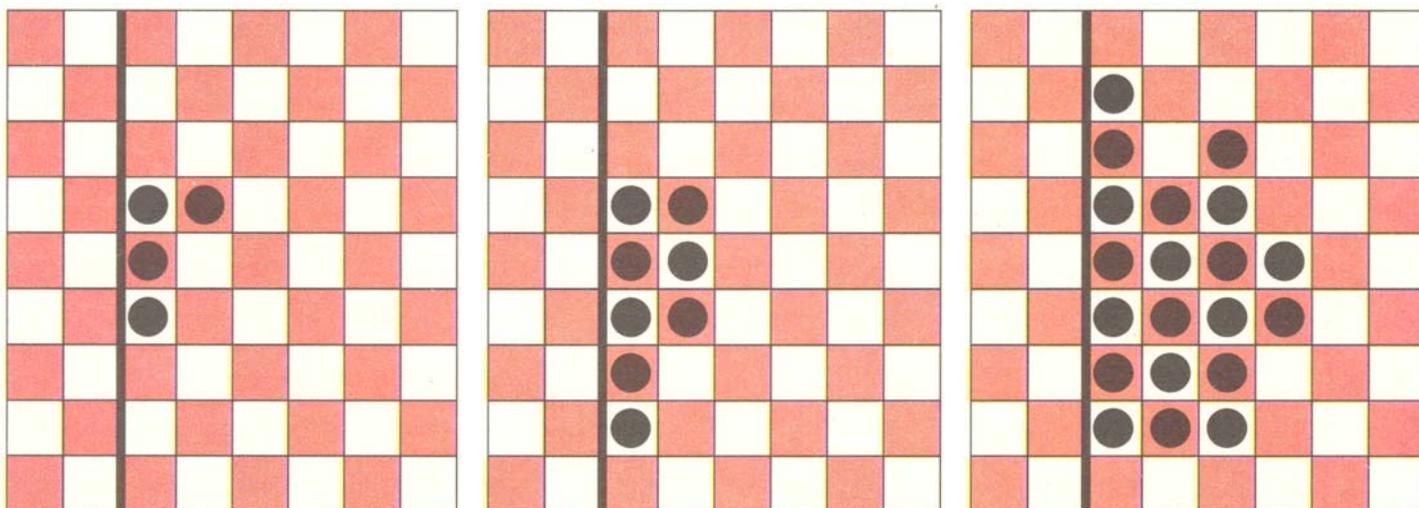
своей программы. Перед нами уже диапозитив любопытной настольной игры,

- А теперь - простенькое упражнение в шашечных прыжках. Я думаю, что у такой сообразительной публики не возникнет никаких проблем с решением этой задачки, - В его глазах загорелся лукавый огонек, и мы понимаем, что сейчас произойдет что-то необычное.

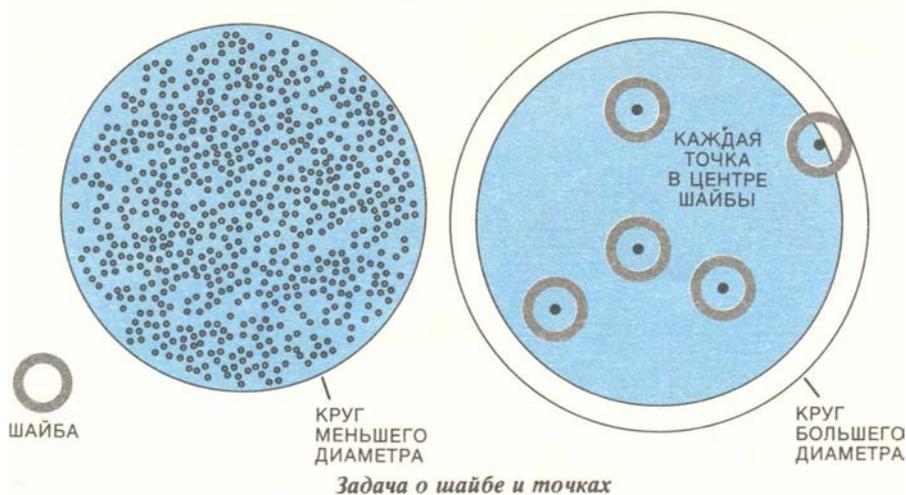
На слайде изображена решетка квадратов с проведенной жирной линией посередине (см. рисунок внизу). Хонсбергер объясняет правила игры: играющий располагает определенное количество шашек произвольным об-

разом за ограничительной чертой. Через шашки можно перепрыгивать, удаляя их, в вертикальном и горизонтальном направлениях, но при последнем прыжке должна остаться только одна фигура. Задача заключается в том, чтобы определить, каким должно быть минимальное число шашек, чтобы «продвинуть» последнюю фигуру на заданное расстояние d за ограничительную линию. По ходу решения вы должны также придумать исходное расположение шашек, при котором такое продвижение будет возможным.

- Кто-нибудь желает попробовать? - Хонсбергер вызывающе



Четыре варианта расположения шашек в задаче с прыжками



смотрит в зал и, видя, что желающих нет, хитро улыбается,

- Ну что же, рассмотрим несколько примеров.

Он располагает на доске две шашки на соседних клетках, переставляет заднюю шашку через переднюю, затем с триумфальным видом подходит к доске и пишет:

$d \sim$ число шашек

1

2

После этого он расставляет на доске четыре шашки и переставляет их друг через друга, пока во втором ряду не останется всего одна,

- Я просто сокращаю вам работу. Поверьте мне, это самое лучшее расположение из всех возможных. - Он записывает на доске «2» под «d» и «4» под «числом шашек». Далее Хонсбергер создает конфигурацию из 8 шашек, чтобы продвинуть одну из них на третью линию. На доске в соответствующих графах появляются цифры «3» и «8»,

- Кто-нибудь попробует угадать, сколько потребуется шашек, чтобы продвинуть одну из них на четыре ряда за ограничительную линию?

Кто-то называет число 16. Нет. Выясняется, что правильный ответ по меньшей мере 20.

Публика начинает лихорадочно размышлять. Может быть, отношение между расстоянием и числом шашек описывается какой-нибудь суперэкспоненциальной функцией? Возможно, потребуется миллион шашек, чтобы добраться до пятого ряда за линией. Когда Хонсбергер оглашает ответ, слушатели переглядываются, смущенно улыбаясь.

- К сожалению, миллиона шашек не хватит, как впрочем не хватит и миллиарда. Сколько бы шашек вы ни собрали за ограничительной линией и как бы вы их ни располагали, решить

задачу просто невозможно. Джон Конвей, математик из Кембриджа, доказал, что задача не имеет решения,

Хонсбергер не прерывает своих демонстраций, чтобы описать трудное доказательство Конвея, хотя и не отговаривает слушателей от попытки найти доказательство самостоятельно. Затем он быстро переходит к обсуждению принципа голубиных гнезд.

Этот знаменитый принцип просто гласит, что если я построил 9999 голубиных гнезд для 10000 голубей, то по крайней мере в одном из гнезд окажется более одной птицы. Принцип голубиных гнезд использовался для доказательства многих теорем в комбинаторике, математической области, в которой изучаются конечные множества,

- Следующая математическая миниатюра демонстрирует одно из самых неожиданных применений принципа голубиных гнезд за всю историю его существования. Предположим, некто нанес 650 точек на круге радиусом 16 единиц. Вам дали кольцо в виде плоской шайбы. Внешний радиус шайбы равен трем единицам, а внутренний - двум. Вам предлагается положить шайбу так, чтобы она покрыла по меньшей мере 10 из 650 точек.

- Невозможно, - шепчет бойкий студент позади меня. - Что если все точки попали в маленькую область?

- Тогда он сможет накрыть их все одной шайбой, дурак! - отвечает ему другой.

Возможно ли на самом деле накрыть 10 точек шайбой в общем случае? Хонсбергер начинает доказательство с того, что рисует диаграмму (см. рисунок вверху). Он предлагает вообразить, что каждая из 650 точек внутри круга накрыта своей шайбой.

Некоторые точки могут оказаться

вблизи границы круга, и тогда какая-то часть колец выйдет за пределы окружности. Но поскольку каждая точка лежит внутри круга и каждая шайба имеет радиус три единицы, все кольца окажутся внутри несколько большего круга с тем же центром и радиусом 19 единиц, на три больше 16. Площадь шайбы равна разности между площадью круга радиусом 3 и площадью круга радиусом 2. Эта площадь составит, таким образом, 571'.

- 650 шайб покроют большой круг так, что площадь покрытия будет равно 650 умножить на 571'. е. 32507Г. Разумеется, значительная часть покрытия будет образована наложением одних шайб на другие, но предположим на данный момент, что ни одна из точек внутреннего круга не покрыта более чем девятью шайбами. В таком случае полная площадь покрытия в пределах большего круга не превысит 32497Г, что в девять раз превышает площадь круга. Но поскольку 32497Г меньше, чем 32507Г, какая-то точка x должна быть покрытой по крайней мере десятью шайбами. Здесь опять срабатывает принцип голубиных гнезд.

Хонсбергер сделал паузу, чтобы перевести дыхание. - Вы уже заметили это, не правда ли? - Затем он выражает притворное удивление. - Как, не заметили?

Применение принципа голубиных гнезд здесь достаточно очевидно, но часть слушателей пребывает в недоумении. Мы полагали, что нужно покрыть 10 точек одной шайбой, а тут все свелось к тому, чтобы спрятать одну точку x под 10 шайбами. Мы чувствуем, как наши мозги выворачиваются наизнанку, подобно паре брюк в описанном выше примере.

- Рассмотрим точку x . Если убрать 10 шайб, покрывающих эту точку, и заменить их одной шайбой с центром в x , то эта шайба должна накрыть центры тех 10 шайб, которые были убраны. Но каждый из этих центров совпадает с одной из 650 исходных точек!

Миниатюра, наконец, доходит до нас. Однако коронный номер программы Хонсбергера символизируется рисунком греческой вазы, украшающей его следующий диапозитив (см. рисунок на с. 80).

Когда улеглись восторги в зале, он объясняет смысл задачи. В вазе находится 75 белых и 150 черных фасоллин. По соседству с вазой находится большая кучка черных фасоллин. Фасолины должны удаляться из вазы согласно определенным правилам,

- Правила таковы. Выберите случайным образом две фасолины из вазы. Если хотя бы одна из них черная,

положите ее в кучку, а вторую фасолину независимо от того, черная она или белая, бросьте обратно в вазу. Но если обе фасолины окажутся белыми, выбросьте их, а затем возьмите одну черную фасолину из кучки и бросьте ее в вазу. Всякий раз, когда грек или кто-нибудь еще залезает рукой в вазу,

чтобы выбрать наугад две фасолины, при любом исходе операции в вазе останется на одну фасолину меньше, чем до операции. Медленно, но верно первоначальный запас черных и белых фасолин в вазе иссякает. В конце концов остается только три фасолины, затем две, затем одна. Какого

цвета последняя фасолина?

у задачи простой и удивительный ответ -- последняя фасолина будет белого цвета. В поисках доказательства этого факта грек может получить большое духовное удовлетворение, стоимость которого не соизмерима даже с целой горой фасолин,

Наука и общество

Ведущая космологическая теория подвергается новой атаке

Выдержит ли теория «холодного темного вещества» очередную атаку? С начала 80-х годов эта теория стала общепринятым объяснением того, как эволюционировали галактики после Большого взрыва, но в последние годы скептическое отношение к ней все растет. И теперь новый обзор галактик нанес этой теории очередной удар, возможно, фатальный. «Челюсти сжимаются»,

Но греш цена нежизнеспособной теории. Ее последователи сознают, что недавние наблюдения сгущивания галактик нанесли ей серьезный удар и что некоторые ее аспекты требуют «хирургического вмешательства». Однако они утверждают, что некоторые другие открытия, в частности касающиеся массы Вселенной, подкрепляют теорию. «Холодное темное вещество еще не умерло», - заявляет К. Френк из Даремского университета в Англии.

В этой теории принимается, что 99% массы Вселенной состоит из какого-то темного (невидимого) и холодного (медленно движущегося) вещества. Все звезды, галактики и другие «горячие» светящиеся объекты, которые можно наблюдать в телескоп, - всего лишь белые барашки волн,

Сомнения относительно этого сценария накапливались в течение нескольких последних лет. Астрономам удалось найти лишь часть темного вещества, предсказанного теорией. И хотя, согласно теории, это вещество должно быть распределено в пространстве довольно однородно, согласно наблюдениям, галактики объединены в огромные скопления, окруженные еще более протяженными войдами (пустотами). Однако многие космологи по-прежнему считают, что теория холодного темного вещества лучше всего объясняет Вселенную.

В январском номере журнала «Nature» группа астрономов сообщила, что обзор, выполненный с помощью инфракрасного спутника IRAS, выявил сгущивание галактик в масштабах, слишком больших, чтобы его можно было объяснить в рамках модели холодного темного вещества. Френк и другие сторонники модели входил в эту группу.

Отмечая этот факт в комментарии, сотрудник «Nature» пишет: «Теория холодного темного вещества сходит со сцены». Газета

ОБЗОР ГАЛАКТИК со спутника IRAS выявил более сильное сгущивание галактик, чем предСказывается в модели холодного темного вещества. Ненаблюдаемые области зачернены.

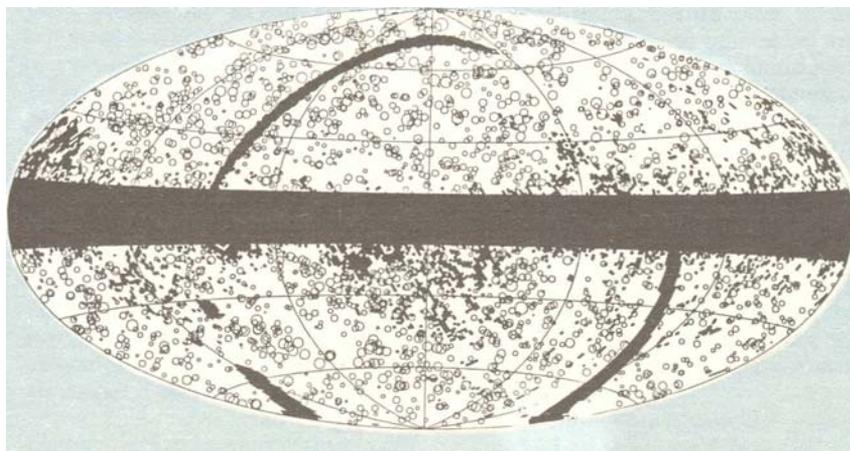
«NewYork Times» дополнила это сообщение, объявив, что теория холодного темного вещества «отвергается наиболее стойкими ее приверженцами». Однако Френк и его соавторы заявили, что отвергается лишь один вариант теории - самый простой и самый популярный, а не модифицированные версии, исходящие из других предположений относительно распределения темного вещества.

Кроме того, согласно Н. Кайзеру из Университета в Торонто, еще одному из соавторов статьи в «Nature», данные IRAS подтверждают существование холодного темного вещества. На основе измерения движения галактик Кайзеру и Френку удалось оценить силы гравитации, действующие на галактики, а отсюда - плотность вещества во Вселенной.

Из их расчетов следует, что Вселенная содержит гораздо больше вещества, чем наблюдается, - почти такое количество, которое предсказывается теорией холодного темного вещества. «Здесь у нас консенсус», - говорит Кайзер, имея в виду, что Э. Бершингер из Массачусетского технологического института и другие ученые пришли к аналогичному выводу.

Недавно проведенные наблюдения масс спиральных галактик дали дополнительные свидетельства в пользу темного вещества. Д. Зарицкий из Аризонского университета и другие ученые проанализировали движения мелких галактик-«спутников», Обращающихся вокруг 40 спиральных галактик, в том числе и нашей. Движения этих спутников указывают, что спиральные галактики окружены «гало» из темного вещества, превышающими видимую галактику по размерам по крайней мере в 20 раз и по массе в 100 раз.

Однако немецкие астрономы недавно сообщили, что данные наблюдений квазаров с помощью рентгеновского спутника ROSAT не согласуются с некоторыми версиями теории холодного темного вещества (см, рисунок на с. 93),



Генезис шизофрении



ФИЛИП MORRISON

Ирвин И. Готтсман, Дороти Л. Вулфграм. ГЕНЕЗИС ШИЗОФРЕНИИ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ БОЛЕЗНИ SCHIZOPHRENIA GENESIS: THE ORIGINS OF MADNESS, by Irving I. Gottesman, with Dorothea L. Wolfgram. W.H. Freeman and Company, 1991 (\$ 24,95; paperback, \$ 14,95).

Слова «шизофрения»~ часто употребляют как метафору, подразумевая под ним непоследовательность в планах или поведении человека. В этой прекрасной и глубокой по своему содержанию книге оно уже имеет четко определенный смысл и служит для обозначения распространенного психического заболевания. В США этим заболеванием страдают в настоящее время около 2 млн. человек в возрасте старше 16 лет и на его долю приходится примерно 1/6 всех случаев психических заболеваний. Мы пока не знаем, что вызывает шизофрению и до сих пор не умеем лечить ее.

Болезнь эта распространена во всем мире. Согласно исследованию, проведенному в 1988г. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), риску заболеть шизофренией подвержены почти в равной мере как жители Нагасаки, так и Пенджаба, Гонолулу и Москвы. Шизофрению когда-то называли болезнью молодых взрослых, но сейчас известно, что десятую часть больных составляют люди моложе 20 лет, и также десятую часть - люди старше 45 лет. Шизофрению можно назвать болезнью бедных, поскольку заболевающие ею часто быстро «со-скальзывают» вниз по социальной шкале. Частота этого заболевания пока отличается постоянством. Как показало исследование, проведенное в 1971г. в Норвегии, число выявленных заболеваний шизофренией оставалось на удивление стабильным в течение более чем полувека. Согласно статистике, шизофрения - это современное заболевание, широко распространенное лишь в последние два столетия.

Болезнь впервые была описана в 1809 г. Джоном Хасламом из Вифлеемской больницы в Лондоне и Филип-

пом Пинелем в Париже. Вскоре в литературе появился и первый персонаж со всеми признаками «явного шизофреника». Им был герой одного произведения Бальзака, опубликованного в 1832г. В трагедиях Шекспира и в обширной медицинской литературе античной эпохи таких «случаев» не встречается, хотя часто налицо признаки других психических заболеваний.

Что же все-таки вызывает шизофрению? Неизвестный вирус? Стрессы современной жизни? Для поисков ответов на эти вопросы используется многосторонний подход, включая анализ нарушений речи и поведения. Случаи шизофрении могут весьма отличаться по своим симптомам, продолжительности и серьезности заболевания, а также по его исходу. В настоящее время во всем мире ведутся сравнительные исследования диагнозов болезни и характеров поведения людей, страдающих ею. Отметим, что шизофрения - это не просто «расщепление разума, психическое разделение личности, как то «предписывает» греческая этимология слова (schizo - разделяю, расщепляю, phren - ум, разум, мысль. - *Ред.*). Диагностика заболевания - процесс весьма тонкий. В общих чертах сначала исключаются возможные влияния травм, лекарственных препаратов, опухолей и других «шумов». Пациент (который, по словам его родственников или друзей, в течение нескольких месяцев 'не похож на самого себя) может испытывать навязчивые состояния и галлюцинации, при этом не совсем теряя самосознания и способности мыслить логически (он может, например, делать покупки, ухаживать за ребенком и т. д.). Часто болезнь не оказывает заметного влияния на выполнение человеком привычных повседневных действий. Хотя пациент неделями может испытывать состояние депрессии или возбуждения, шизофрению вовсе нельзя рассматривать как психическое расстройство, выражающееся в резких сменах настроения,

Некоторые излечившиеся пациенты делятся в книге ощущениями, ко-

торые они испытывали во время болезни. Вот что говорит один из них, профессиональный художник: «я знаю... это сумасшествие, когда ... любой смех воспринимаешь на свой счет ... Отблески света кажутся глазами демона». По словам некоего Дейвида - молодого человека, страдавшего паранойей, ему казалось, что экран его телевизора всякий раз вспыхивал вслед за любой фразой, касающейся его личности. Некий код, возможно, заданный Богом, а может быть и ЦРУ, регистрировал ход мыслей Дейвида. Вместе с тем, как он сам чувствовал, ему удалось установить, что «NBC имеет трансцендентальный взгляд и часто смотрит на Дейвида как на Иисуса Христа. CBS... утверждало, что Дейвид болен шизофренией. ABC выражало смешанные чувства...»!

С 1916 г. проводятся статистические исследования с целью установить, является ли шизофрения наследственным заболеванием. У примерно 90% пациентов ни один из родителей не страдал шизофренией, и большинство пациентов имеют в этом отношении «чистую» родословную, в их фамильном древе вплоть до племянников и племянниц вообще не было случаев шизофрении. Однако, судя по результатам 40 исследований, проводившихся в Европе в течение многих десятилетий, риск «семейной» шизофрении наиболее высок для однойцевых близнецов. Если один из них страдает шизофренией, то для другого вероятность заболеть ею составляет примерно 1/2. В случае разнородных близнецов эта вероятность уменьшается до 1/6. Такое быстрое снижение риска заболевания при уменьшении степени родства свидетельствует о том, что вряд ли причиной шизофрении является какой-то один ген.

Однако причина этого странного заболевания все же существует и предположительно ею является генетическая предрасположенность и некоторые, пока неизвестные стрессовые факторы среды обитания. В настоящее время ведутся усиленные поиски таких факторов.

Благодаря достижениям в области молекулярной генетики сейчас удается лечить некоторые редкие генетические заболевания; на очереди заболевания более распространенные и более сложные. Авторы книги смотрят в будущее с оптимизмом. По их мнению, весьма перспективны методы нейробиологии и системы построения изображения мозга. Даже в пределах текущего «Десятилетия мозга» мы можем раскрутить «скрученные молекулы и тем самым ... скрученный мозг».

Параллельный суперкомпьютер Тосио Симады

В Японии, где повсюду царит жесткая иерархия, и отказ от традиции не поощряется, Тосио Симада отважился пойти своим путем. Уже более десяти лет Симада пытается добиться успеха, разрабатывая принципиально новую аппаратуру и программное обеспечение для сверхмощного компьютера. «Все мыслят в [традиционных] категориях вычислительной машины фон Неймана, - говорит 45-летний конструктор, - а я хочу исследовать другие возможности».

Возглавляя отдел компьютерной архитектуры в Электротехнической лаборатории в Цукубе, научном центре, поддерживаемом японским правительством, Симада получил возможность и необходимые финансовые средства, чтобы реализовать свои замыслы. Но даже если его технологический риск оправдается, он все же столкнется с серьезным препятствием: ему придется убедить японских изготовителей суперкомпьютеров воплотить на практике идею параллельного суперкомпьютера, основанного на «потоке данных».

Симада не всегда был склонен к оригинальности. Как и многие другие молодые японцы, он испытывал особое пристрастие к математике еще в школе, и в конце концов стал аспирантом самого престижного в Японии Токийского университета. Однако, продолжая заниматься проблемами управляющей техники в промышленности, Симада натолкнулся на глубокую пропасть, разделяющую теорию и практику, бытующую на промышленных предприятиях. По его словам, ему хотелось изучать более абстрактные проблемы, но он выбрал вычислительную технику и информатику.

Получив звание магистра в области прикладной математики и теории измерений, Симада поступил в Электротехническую лабораторию, старейший и самый престижный в стране исследовательский центр. Здесь ученые размышляли о долговременной перспективе (и потенциальных препятствиях) развития высокопроизводительных компьютеров. Симада сразу же взялся за дело и стал изучать возможности параллельных компьютеров, содержащих большое число простых процессоров, одновременно решающих одну задачу. Их примене-

ние, как представлял ось, должно обеспечить более быстрое решение сложных задач по сравнению с обычными компьютерами, в которых один процессор последовательно выполняет все операции.

Примерно через два года благодаря сложившимся обстоятельствам у Симады сформировался собственный подход и определил ось направления исследований. С лета 1980 г. он провел год в Массачусетском технологическом институте (МТИ), работая со специалистами по информатике, среди которых были Дж. Деннис и его коллега Арвинд. Здесь большое впечатление на Симаду произвела атмосфера открытости, которая совсем не была похожа на систему отношений в научном и промышленном мире Японии, где все было построено на старшинстве. Симада вспоминает, как однажды, придя поздно вечером в лабораторию, когда большинство помещений уже было закрыто, он застал Денниса, напряженно работающего за компьютерным терминалом в полусвещенной комнате. «В Японии крупные ученые вообще редко продолжают заниматься исследовательской работой, - говорит он. - Меня это очень удивило».

Важнее, пожалуй, то, что Симада заинтересовался вычислительным приемом, называемым потоком данных и предложенным несколькими годами ранее Деннисом и Арвиндом. «Они занимались настоящим творчеством, - вспоминает Симада с воодушевлением. - Метод потока данных показался мне чрезвычайно четким и ясным».

Вернувшись в Японию, Симада развил энергичную деятельность по практической реализации концепции потока данных в работающем компьютере. «Казалось, что мы могли создать неплохую машину, воплощающую в себе эту вычислительную модель», - говорит он. Хотя в нескольких других лабораториях США и Европы также пытались построить опытные образцы машин, управляемых потоком данных, проекту Симады суждено было стать самым значительным и живучим.

На чертежной доске в своем просторном рабочем кабинете Симада рисует диаграмму потока данных, напоминающую цепную реакцию, протекающую в обратном направлении и начинающуюся с деления многих атомов, а заканчивающуюся одним единственным. Однако в его модели каждый атом - это узел системы

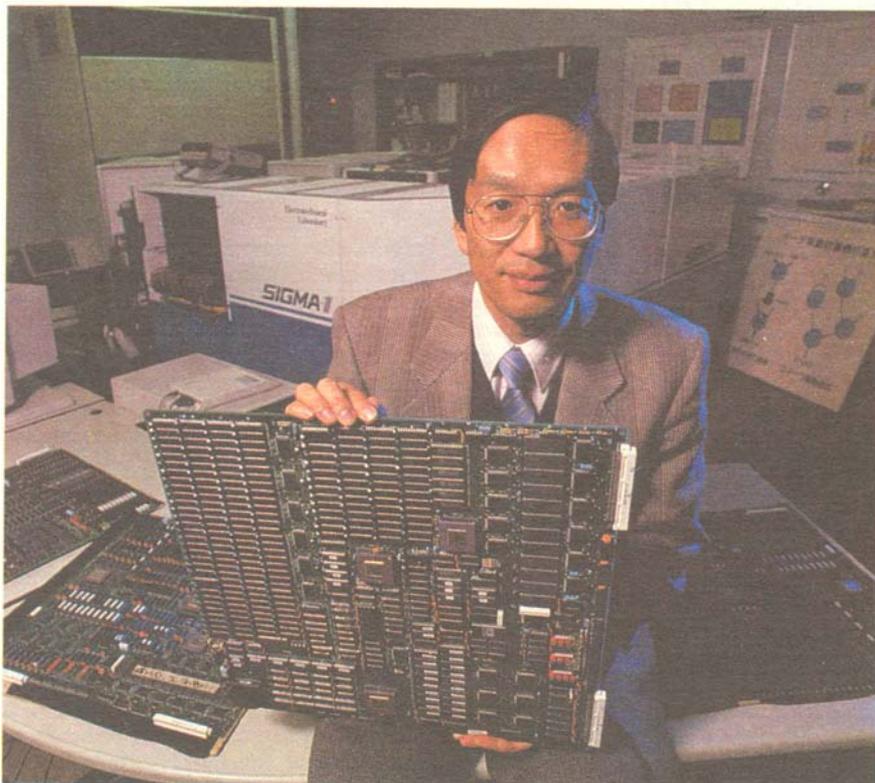
(или процессорный элемент), связанный с запоминающим устройством. Два элемента данных сходятся к одному узлу, который затем срабатывает, выполняя заданное вычисление и генерируя соответствующий результат. Этот результат в свою очередь становится входом для следующего уровня узлов.

Симада далеко не одинок в своем стремлении построить параллельный компьютер. Другие конструкторы вычислительных машин, особенно в США, также переходят к высокопараллельным архитектурам. Основное различие заключается в характере вычислительной модели, определяющей структуру той или иной вычислительной системы. Вычислительная модель имеет важнейшее значение, поскольку она диктует программисту, как следует писать программу, чтобы она эффективно использовала возможности машины.

Модель, получившая сейчас наиболее широкое признание, - это, по видимому, схема формирования параллельных потоков данных. Ее, в частности, взяла на вооружение фирма Thinking Machines Corporation в Кембридже (шт. Массачусетс). В таких машинах каждый реальный или «виртуальный» процессор (существующий на логическом, а не на физическом уровне) связан с элементом данных. Одна и та же команда подается на все процессоры, каждый из которых затем выполняет соответствующую операцию над своими локальными данными.

Симада считает, что реализация модели потока данных позволяет успешно избежать проблем, с которыми приходится сталкиваться при разработке архитектуры высокопараллельных систем. Например, координация работы многочисленных процессоров может вызывать значительные затруднения. При использовании модели потока данных, по его мнению, можно избежать явной синхронизации, поскольку узлы сами срабатывают, как только на оба входа поступают данные. Однако Симада признает, что превратить концепцию потока данных в реальную систему - дело непростое.

Поэтому на создание аппаратуры у Симады ушла большая часть последнего десятилетия. Сейчас неподалеку от кабинета Симады находятся два прототипа КОМПЬютеров, управляемых потоком данных. Восемь белых металлических шкафов с человеческий рост расположены в виде квадрата и соединены многожильными плоскими кабелями со шкафом в центре; все вместе они образуют машину "SIGMA-I". В каких-нибудь трех мет-



ТОСИО СИМАДА, конструктор вычислительной техники из японской Электротехнической лаборатории, держит плату из разработанного им параллельного компьютера "SIGMA-1", Компьютер основан на вычислительной модели, называемой потоком данных, Фото Д, Грэй,

рах от нее располагается меньший шкаф, оборудованный кондиционером. На стенке шкафа написано «Опытный образец EM-4» Физически меньшего размера, но в вычислительном отношении более мощная машина «EM-4» представляет собой второе поколение компьютера "SIGMA-1".

Симада и его коллеги начали строить машину "SIGMA-1" в 1982 г. на средства фонда Национальной программы создания суперкомпьютеров, финансируемой министерством внешней торговли и промышленности (МВТП). Презентация машины состоялась по завершении проекта в январе 1990 г. Компьютер "SIGMA-1" имеет 128 процессоров; теоретически максимальное быстродействие каждого процессора составляет 3,3 млн операций с плавающей точкой в секунду (мегафлопа), Более новая модель «EM-4» настоящее время состоит из 80 сделанных на заказ процессоров с теоретически максимальным быстродействием, равным 12,5 млн операций в секунду. Ожидается, что к 1993г. машину доведут до проектных масштабов и тогда она будет содержать 1024 процессора.

Однако этим машинам еще далеко до того, чтобы выйти за стены лабо-

ратории. «EM-4» пока не имеет программного обеспечения, а среднее быстродействие "SIGMA-1", выполняющей контрольные программы, достигло лишь 100 мегафлопов, т. е. менее четверти ее теоретического предела, К тому же контрольные программы пока были единственными программами, которые когда-либо выполнялись на машине. Разработка программного обеспечения - одна из главных трудностей, В настоящее время Симада задался целью написать «крупномасштабную и имеющую практическое значение программу» для "SIGMA-1" к осени 1991 г. и надеется, что справится с этой задачей.

Симада признает, что после десяти лет работы над компьютерной системой, которой еще только предстоит выполнить практически применимую программу, можно почувствовать и некоторое разочарование. Пять лет у возглавляемой им группы ушло на создание компилятора для потока данных, специальной программы, переводящей строки программы на языке программирования в машинные команды, представленные в двоичном виде. Но даже после того, как было написано 100тыс. строк на языке программирования С, компилятор еще

не готов. «Наша группа невелика и насчитывает лишь 10 человек, поэтому нам трудно одновременно работать над аппаратурой и программным обеспечением, - жалуется Симада. - Хотя до сих пор усилия группы в основном были сосредоточены на аппаратуре, сейчас я пытаюсь найти людей, специализирующихся в программировании»~.

Несмотря на все трудности, Симада считает, что у него есть одно преимущество перед многими учеными, работающими в других странах, а именно долговременное финансирование со стороны МВТП. «У нас много беспокойств, когда проект начинается, - говорит он. - Но если он уже запущен, то есть почти полная гарантия, что он будет финансироваться в течение пяти или шести лет. Это здорово» В США исследователи должны демонстрировать впечатляющие результаты каждые два-три года, чтобы добиться финансовой поддержки, отмечает Симада.

Когда его спрашивают, каковы различия между Японией и США в организации исследований в области параллельных вычислительных систем, прекрасный английский язык Симады становится очень точным, осторожным и даже дипломатичным. «Американские ученые могут объяснить то, чем они занимаются, очень логично, очень ясно, - размышляет он, не имея в виду сугубо лингвистический аспект. - Японский же ученый, даже если он проводит очень хорошие исследования, обычно не может так же хорошо их объяснить». Симада внимательно следит за работой своих коллег в США и поддерживает с ними связь, в том числе со своими бывшими наставниками из МТИ.

Несмотря на поддержку со стороны МВТП, японские компании, производящие компьютеры и способные открыть путь к рынку машинам с архитектурой потока данных, к деятельности Симады относятся сдержанно. Так, менеджер отдела, занимающегося разработкой суперкомпьютеров в компании Fujitsu, Кеичиро Учида, хотя и является сторонником параллельных систем, осторожно относится к принципу потока данных. Он признает, что эффективность этого метода зависит от того, каким образом данные распределяются между процессорами. «Но, - говорит он, - алгоритмы для такого точного распределения [данных] очень трудно разрабатывать на коммерческой основе».

«Поток данных - это естественная параллельная процессорная система», добавляет Тадасе Ватанабе, помощник генерального менеджера в компании NEC и главный архитектор

суперкомпьютеров NEC. Но он сомневается, что этот подход станет преобладающим в архитектуре вычислительных машин, потому что многие научные расчеты связаны с массивами данных, которые легче поддаются обработке традиционными параллельными системами. Тем не менее «наша цель - добиться максимального быстродействия одиночных процессоров», - подчеркивает Ватанабе. - Объединяя некоторое конечное число таких процессоров, мы можем получить очень высокое [в пределах всей системы] быстродействие».

Следует отметить, что японские фирмы, производящие компьютеры, делают свои собственные пробные шаги в направлении параллельных архитектур. Например, в центральной исследовательской лаборатории компании NEC уже успешно эксплуатируется одна высоко специализированная машина, задействованная на проверке интегральных микросхем. Эти работы получили более широкое распространение в Японии после принятия в марте 1990г. плана разработки новых концепций обработки информации.

Симада считает, что в конце концов наступит время, когда компьютеры с архитектурой, удовлетворяющей принципу потока данных, все же будут признаны и получат распространение. Прохаживаясь у чертежной доски с фломастером в руке, он набрасывает эскиз схемы следующего компьютера, который придет на смену «EM-4» Это будет гигантская машина, содержащая от 10 до 20 тыс. процессоров. К 1996 г. быстродействие такой машины достигнет порядка триллиона операций в секунду, считает Симада.

Именно столь высокая производительность, как утверждает Симада, откроет дорогу параллельным компьютерам к их массовому производству. «Единственный способ [привлечь внимание к архитектуре потока данных] - это добиться в 10 раз более высокого быстродействия по сравнению с лучшими современными машинами», - заявил Симада.

Симада и его помощники отдают работе очень много времени. «Каждые две недели в одну из суббот у нас выходной день, но я обычно все равно прихожу на работу, - говорит Симада. - Многие мои коллеги работают даже в воскресенье» Вот уже 11 лет, как он участвует в этой гонке, и пока не намерен выходить из игры.

Усилители для световодов

НАКНИЖНОЙ полке в кабинете Эммануэля Десюрвира в Колумбийском университете стоит катушка

оптического волокна, внешне ничем не отличающегося от рыболовной лески. В эту стеклянную нить внедрено небольшое количество ионов редкоземельного элемента эрбия. Само по себе это активированное волокно скорее поглощает, чем пропускает свет. Если же короткий его отрезок подсоединить к лазерному диоду, то получится оптический усилитель, способный усиливать проходящие через него оптические сигналы.

В течение последних двух лет такие оптические усилители оказались предметом самых интенсивных исследований в области создания новой телекоммуникационной аппаратуры. их привлекательность заманчива и обусловлена снижением стоимости дальней связи и многократным увеличением количества передаваемой информации.

По словам Десюрвира, бывшего сотрудника AT&T Bell Laboratories, а ныне профессора Колумбийского университета, ионы эрбия в стекле - это «чудо Природы» и другие исследователи убеждены, что эти усилители быстро найдут практическое применение. «При этом не потребуются никаких изобретений новых материалов и процессов», - считает Д. Томпсон, который руководит разработкой новых компонентов в фирме Corning. Пока, правда, не ясно, как будет внедряться новшество и во что это обойдется.

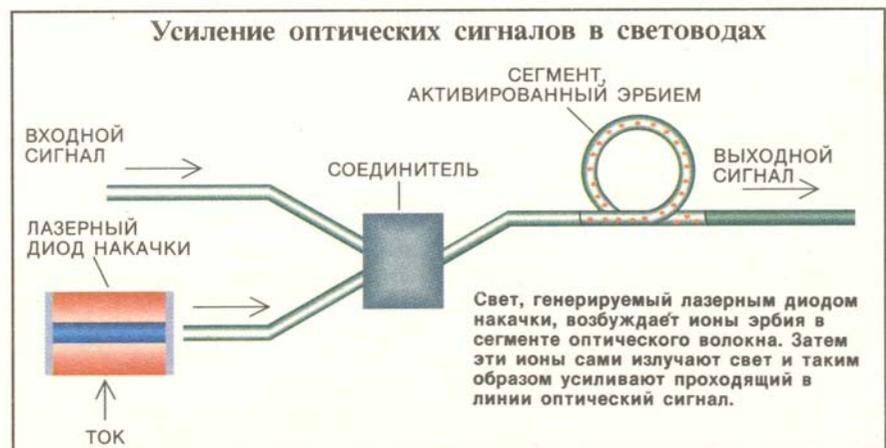
Как ни странно, но допированные эрбием волокна уже свыше 20 лет ждут своего применения. В начале 60-х годов Элиас Снитцер, ныне профессор Университета Ратгерса, в процессе исследований в области поиска новых волоконно-оптических материалов обнаружил, что в стекле, активированном ионами неодима или эрбия, при его накачке (облучении) лампой-вспышкой могут генерироваться импульсы света.

В результате был сделан вывод о том, что многочисленные энергетические уровни редкоземельных ионов

имеют необычную внутреннюю структуру. При накачке светом количество ионов, которые переходят на верхний энергетический уровень, намного больше по сравнению с числом ионов, которые остаются на нижних уровнях. (Это явление называется инверсией населенности.) По истечении некоторого времени ионы опускаются на более низкие энергетические уровни, спонтанно испуская при этом свет. Но если до того, как они опустятся на низкие уровни, их стимулировать другим световым сигналом (энергия которого равна разнице энергий верхнего и нижнего состояний), ионы будут излучать больше света. Таким образом, происходит усиление этого проходящего света.

Чтобы сделать лазер из стекла, Снитцеру надо было лишь заставить излученный спонтанно свет «путешествовать» между зеркалами взад-вперед. Устранение зеркал и введение дополнительного входного сигнала превращают систему в усилитель, «То были отважные эксперименты, которые показали наши большие возможности, - вспоминает Снитцер. - Мы как раз говорили об этих грядущих усилителях». Но недостаточное финансирование, по словам Снитцера, привело к тому, что идея о создании оптических усилителей осталась нереализованной и о ней лишь говорили в научных журналах.

Тем не менее за 20 лет техника продвинулась вперед: телекоммуникационные магистрали стали прокладывать из волокон плавленого кварца, которые отличались значительно большей пропускной способностью, чем линии из медных кабелей. Но эти магистрали были недостаточно протяженными. Дело в том, что по кварцевым линиям оптические сигналы могут распространяться не далее чем на 40 миль; на больших расстояниях сигнал быстро затухает и «тонет в шум». Поэтому сети, охватывающие большие расстояния, требуют дорогостоящих электронных



ПО ДАННЫМ ФИРМЫ AT&T Bell Laboratories

повторителей, которые должны преобразовывать световой сигнал в электронный, прежде чем восстановить его.

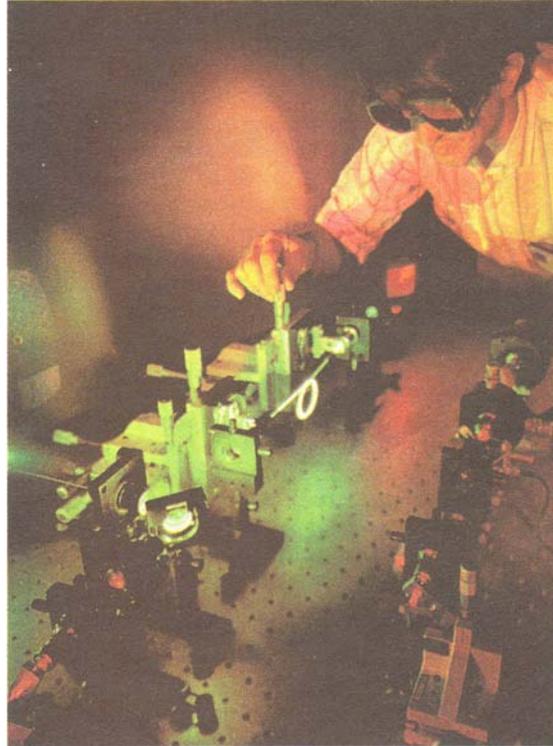
Повторители буквально заполонили телекоммуникационные линии, выполняя в них примерно ту же роль, что и досмотровые пункты на международных трассах. Хотя оптические волокна теоретически могут передавать сигналы, содержащие различные частоты оптического диапазона, повторители в данный момент времени способны пропускать лишь одну частоту. Поэтому при передаче сложных сигналов различные его частоты распределяют по отдельным повторителям, а затем их объединяют и ретранслируют. Повторители также калибруют, чтобы они могли обрабатывать сигналы, распространяющиеся лишь с определенными скоростями, т. е. с определенной скоростью передачи битов. Если повысить скорость передачи битов (что соответствует увеличению количества данных, проходящих через сеть), то придется заменить повторители.

Когда активированные эрбием волоконные усилители снова появились примерно в 1985 г. в работе, выполненной в Саутгемптонском университете в Великобритании (и вскоре после этого в работах Десюрвира и его коллег в Bell Laboratories), их коммерческие возможности стали более заманчивыми. Усилители привлекли еще большее внимание в 1989 г., когда сотрудники японской фирмы NTT доказали, что полупроводниковые лазерные диоды могут обеспечить достаточную мощность для возбуждения ионов эрбия. Сотрудники NTT продемонстрировали, что при наличии мощных миниатюрных лазеров габариты оптических усилителей можно уменьшить до размеров спичечной коробки.

Энтузиазм в отношении оптических усилителей стал особенно заметным в последние два года, и в основном потому, что эти приборы, судя по всему, способны пропускать оптические сигналы любой сложности. Благодаря этой особенности они могут усиливать сигналы при любой скорости передачи битов, а сами сети могут быть переведены в режим более высокой скорости связи путем замены передатчиков (и соответственно приемников). Действительно, любой видео- и звуковой сигнал или последовательность данных могут быть едва «слышимыми» на входе «прозрачных световых трубок» и достаточно «громкими» на выходе, как говорит Н. Олссон, руководитель исследований в области твердого тела и квантовой опти-

электроники в Bell Laboratories. Более того, составляющие различных частот светового сигнала, распространяющегося в одном канале, могут быть усилены одновременно. В результате оптические волокна, по-видимому, обеспечат значительно более высокие скорости в сетях связи.

«Прежде приходилось думать о том, насколько велики потери в системе и насколько ограничены возможности технических средств связи», - говорит Олссон. «Теперь вопрос о потерях уже утрачивает свою значимость, - добавляет Э. Экмпора, директор Центра исследований в области связи в Колумбийском университете. - Если бы три



ОПТИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ, активированный эрбием (в виде кольца), испытываемый Э. Десюрвиром в AT&T Bell Laboratories.

года назад меня спросили, что является простым ключом к тому, чтобы прозрачные сети стали реальностью, я бы сказал: оптический усилитель».

Приборы еще предстоит встроить в работающую систему, но компании во всем мире проводят многочисленные полевые испытания с опытными образцами. По крайней мере четыре компании уже рекламируют свою новую продукцию, включая BT&D Technologies в Уилмингтоне (шт. Делавэр), Pirelli Cavi в Милане, Furukawa Electric в Токио и AT&T. Фирма Corning намеревалась объявить о производстве собственных изделий в конце февраля.

Все новые конструкции в основном

базируются на идее Снитцера. Ионы эрбия вносятся в кварц при изготовлении волокна. Точная концентрация ионов зависит от предполагаемой конечной длины активированного волокна. В «сосредоточенном» усилителе концентрация ионов эрбия будет составлять несколько частей на миллион на участке оптического волокна в несколько метров. «Распределенный» усилитель, наоборот, может иметь протяженность, исчисляемую десятками километров, и концентрацию эрбия, равную нескольким долям части на миллион.

Второе волокно, которое отводит свет от полупроводникового лазерного диода, подсоединяется к активированному сегменту. В зависимости от мощности лазера и конструкции сети эта лазерная накачка может быть локализована на удаленной подкачивающей станции или находиться рядом с активированным волокном. Оптический кабель, несущий сигнал, также подсоединяется к активированному сегменту.

Исследователи считают, что волоконные усилители в первую очередь найдут применение в кабельных телевизионных системах и в трансокеанических коммуникационных сетях. При наличии волоконных усилителей можно будет связать одним кабелем передающий телевизионный центр с соседними, расщепить сигнал, а затем усилить его и довести непосредственно до домов.

AT&T и Kokusai Denshin Denwa, японская телекоммуникационная компания дальней связи, уже объявили, что они планируют построить 2,4-гигабитную полностью оптическую сеть через Тихий океан, которая должна вступить в строй в 1996 г. Однако конструкция этой сети пока еще обсуждается. Возможно, что она будет предусматривать установку одного сосредоточенного усилителя сразу после передатчика сигнала и одного - непосредственно перед приемником.

Есть и другой путь. Можно было бы постепенно исправлять искажения сигнала (вместо того, чтобы усиливать его) с помощью распределенных усилителей. Такой подход очень заманчив, но для этого передачу сигналов нужно вести солитонами, волноподобными оптическими импульсами, которые не затухая могут распространяться более чем на 10000 км.

Тем не менее, подобно контрольным постам на шоссе, на этом оптическом пути тоже множество препятствий. Так, эрбий может быть возбужден светом различных длин волн; исследовате-

ли проводят эксперименты с тремя раз, личными лазерными диодами накачки. Пока наиболее эффективными считаются лазеры с длиной волны 0,98 мкм; они могут обеспечить усиление сигнала до 10дБ на один милливатт мощности накачки. (Так как усиление не может возрастать бесконечно, усиление в 40 дБ, обеспечиваемое 50-милливатным лазером, считается одним из лучших достигнутых результатов.)

Генерирование света с Длинной волны 0,98 мкм, однако, требует специально-го лазера на основе арсенида индия-галлия. Менее дорогим, хотя и несколько менее эффективным, может быть 1,48-микронный лазер накачки, сделанный из фосфида индия. Типичным ДЛЯ этих усилителей является усиление около 60 дБ на один милливатт. Еще более дешевым было бы применение 0,82-микронного лазера накачки на арсениде галлия, который сравним с лазерным диодом в проигрывателях компакт-дисков. Однако эти лазеры пока не обеспечивают достаточного усиления.

«Стоимость - самый важный параметр»; заметил Л. Андруз, руководитель отдела по оптическим волокнам и компонентам в фирме ОТЕ, который исследует применение волоконных усилителей в локальных сетях связи. Поскольку стоимость оптических усилителей в значительной степени определяется стоимостью лазеров накачки, большинство исследователей полагают, что цены на них будут падать по мере роста объемов производства.

Но и при этих условиях встраивание оптических усилителей в существующие волоконные сети будет делом длительным. Большинство уже работающих волоконных линий рассчитаны на передачу сигналов на длине волны 1,3 мкм, а не 1,5 мкм. (Причина в том, что обычные кварцевые волокна не дают дисперсии оптических сигналов с длиной волны 1,3 мкм.) В то же время ни одна компания не собирается отказываться от уже эксплуатируемой ею коммуникационной сети.

В результате «поставщик» сигналов стоит перед выбором: либо встраивать новые усилители в существующие системы и при этом не обращать внимание на потери, либо ожидать, когда будут изготовлены «дисперсионно-сдвинутые» волокна, оптимальные для передачи 1,5-микронных сигналов, «Хотя большинство компаний экспериментируют с различными активаторами волокон из фтористого стекла в надежде получить усилитель на 1,3 мкм, до решения поставленной задачи еще далеко, - заявил Андруз. - Видимо, нужно искать совершенно новый материал».

«Создание оптического передатчика на длину волны 1,3 мкм было бы фан-

тастичным», соглашается Олссон. Однако, по крайней мере для линий связи большой протяженности, передача в диапазоне 1,5 мкм выглядит более перспективной. По мнению Олссона, главное преимущество этого диапазона заключается в надежности накачивающего лазерного диода. Это особенно важно для подводных линий, в которых безотказность систем накачки должна быть гарантирована по крайней мере на 20 лет,

Можно почти не сомневаться, что новая технология со временем придет на смену электронным повторителям. «Сейчас брошен вызов всей технике, - утверждает Дж. Меллис, руководитель производства оптических усилителей в BT&D в Ипсвиче (Англия). - Поскольку применение оптических усилителей в трансокеанических подводных системах рассматривается всерьез, то им, непременно, повезет если не в этом, то в следующем десятилетии». Олссон добавляет: «Не существует никаких сомнений в том, что начатую работу следует продолжать. Когда будет получен положительный результат, наше отношение к волоконно-оптическим системам в корне изменится».

Самолет рождается на экране

КОГДА осенью прошлого года компания Boeing устроила торжественный прием по поводу создания нового самолета «Боинг-777» духовой оркестр Вашингтонского университета играл «Текилу» Однако присутствующие на вечере 5000 сотрудников компании не выкрикивали громовое «Текила» в каждой музыкальной паузе, как это принято во время университетских футбольных матчей, Вместо этого, когда музыка прерывалась, раздавалось громогласное «Катиа» (CATIA).

CATIA - это сокращенное название компьютерной программы фирмы IBM. Ее полное название Computer-graphics Aided Three-Dimensional Interactive Application, что в переводе означает: интерактивный прикладной пакет трехмерной компьютерной графики. Этот пакет позволяет конструкторам компании проектировать на компьютере каждую из 130 тыс. уникальных деталей самого большого в мире двухмоторного пассажирского авиалайнера, вмещающего до 390 человек, «Думаю, что это первый в мире коммерческий авиалайнер, полностью сконструированный на вычислительной машине», заявил М. Джонсон, ведущий инженер компании Boeing в области машинного проектирования.

Системы автоматизированного

проектирования (САПР) применялись при конструировании коммерческих самолетов компании Boeing начиная с 1978 г. но только для отдельных частей самолетов. Использовать все возможности этих систем можно было еще раньше - при создании модели «777» с экономным расходом топлива, однако в 1987 г. работы над проектом были прекращены, Нынешняя модель «777» впервые предоставляет возможность инженерам компании, работающим над созданием коммерческих самолетов, сконструировать совершенно новый авиалайнер. В последний раз они имели такую возможность лишь в начале 80-х годов, когда работали над моделью «757».

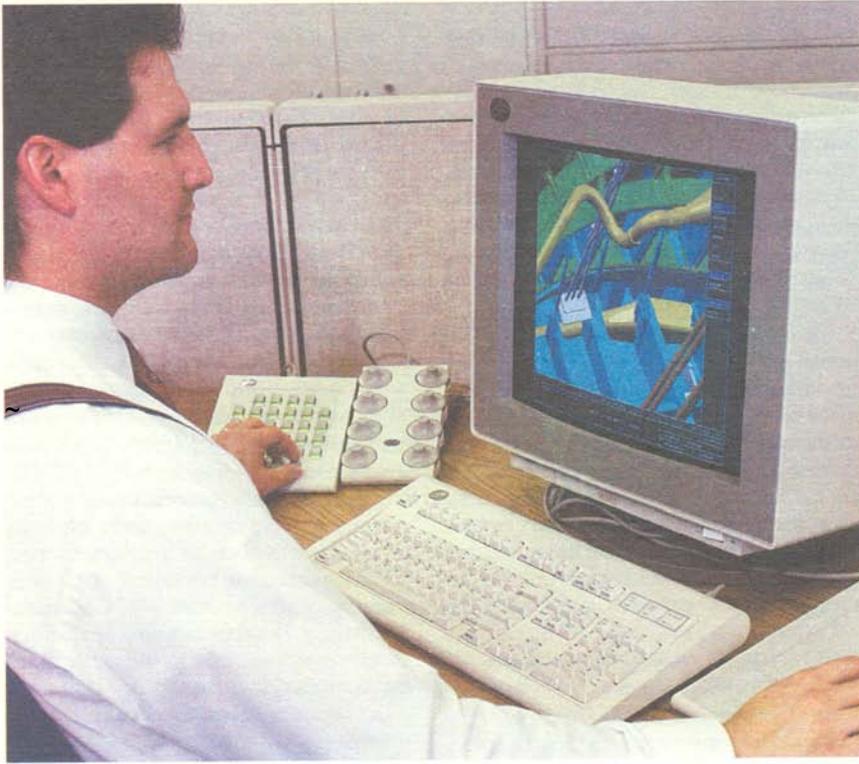
Другим авиастроительным компаниям еще только предстоит воспользоваться всеми возможностями САПР. В новом трехмоторном реактивном лайнере "MD-II" компания McDonnell Douglas использует многие сконструированные вручную детали и узлы прежней модели "DC-1Q",

Компьютеризованная система проектирования компании Boeing заменит огромные хранилища с многочисленными рядами полок, на которых пылятся рабочие чертежи самолетов, Их место займут восемь самых мощных компьютеров IBM, которые будут управлять работой 2200 терминалов в главном конструкторском бюро компании Boeing в Сиэтле.

Большие компьютеры устанавливаются также и в других конструкторских бюро в шт. Канзас и в Японии, Фирма Boeing заключила контракт с консорциумом трех японских компаний: Mitsubishi Heavy Industries, Kawasaki Heavy Industries и Fuji Heavy Industries, которые должны будут обеспечить производство 20% узлов нового самолета.

Программный пакет CATIA, разработанный компанией Dassault Systems в Париже и поставляемый IBM, позволяет проектировать детали как в двумерном, так и трехмерном представлении, При этом инженерам не нужно строить полномасштабные модели самолета или макеты, которые были необходимы раньше для того, чтобы произвести разводку кабелей и проводов, труб воздушных кондиционеров, кислородных и гидравлических систем и других коммуникаций, Теперь трехмерные модели узлов можно собрать на экране компьютера и получить модель всего самолета.

Компьютерный макет позволит выявить все несоответствия между отдельными деталями, которые раньше были главной причиной внесения изменений в конструкцию в последнюю минуту уже тогда, когда



ТРЕХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ позволяет компании Boeing моделировать сборку 130 тыс. уникальных деталей в новом реактивном самолете «777». Благодаря этому конструкторы могут заранее увидеть, не мешают ли друг другу багажное отделение, система обнаружения дыма (*тонкие трубки*) и гидравлическая линия (*вверху*). Фотография представлена компанией Boeing.

приступали к производству нового самолета. «Нам приходилось создавать много конструкций, которые потом просто выбрасывались», - сказал Б. Косгроув, вице-президент компании Boeing по конструированию и летным испытаниям. Когда инженеры компании попытались воспользоваться автоматизированной системой для предварительной сборки крыла модели «767» это новшество помогло вдвое сократить количество изменений, вносимых на стадии производства.

Конструкторы должны были учитывать требования, предъявляемые трехмерным моделированием на компьютере. Пакет САТИА аппроксимирует кривые поверхности деталей путем «стыковки» плоских участков со слегка отличающимися углами наклона. Введение дополнительных плоских поверхностей, необходимых для точного представления кривых поверхностей детали, требует огромных затрат времени на вычисления. Поэтому в компании Boeing была создана самая крупная система взаимосвязанных больших компьютеров IBM. «Работая над этим проектом, мы вышли в неизведанные моря», говорит У. Кломп, возглавляющий в компании всю деятельность, связанную с применением системы САТИА.

Помимо машинного проектирования компьютеры помогают практически реализовать концепцию «параллельного проектирования», в рамках которой компания Boeing и другие

промышленные компании пытаются совместить по времени процессы конструирования и производства. В ходе предыдущих проектов все фазы этих процессов выполнялись последовательно, шаг за шагом - от проектирования до испытаний.

Параллельное проектирование объединяет примерно 15 стадий конструирования и производства в ходе создания самолета в единый процесс с частичным перекрытием по времени отдельных его этапов. На стадии, когда еще продолжается проектирование деталей, инженеры-технологи уже начинают разрабатывать технологию их изготовления. По завершении конструкторских работ автоматизированное проектирование плавно переходит в автоматизированное производство с применением вычислительной техники. Система САТИА указывает необходимые технические средства и инструкции по управлению этими автоматизированными средствами для изготовления деталей.

Всего в трех главных конструкторских бюро компании Boeing действует 220 групп «проектирования-производства» которые координируют эти параллельные разработки. Компания буквально разрушила стены между различными отделами, собрав в каждом бюро в один коллектив специалистов из таких разнообразных областей, как инженерное проектирование, технология материалов, производство и взаимодействие с клиентами. Каждый член коллектива может

критиковать работу других. Например, конструктор предлагает деталь, которую, по мнению технолога, будет невозможно изготовить. Спор в этом случае решается на основе данных САПР.

Стремясь сохранить свое лидирующее положение на рынке коммерческих авиалайнеров, компания Boeing привлекает клиентов уже на ранних стадиях проектирования модели «777». Компания надеется, что такое взаимодействие позволит успешно выдержать жесткую конкуренцию со стороны двух основных соперников - Airbus Industrie и McDonnell Douglas, которые уже приступили к производству нового поколения самолетов. После замечания, высказанного одним из клиентов, компания Boeing решила в создаваемой модели слегка переместить двери и мотор так, чтобы подвижной грузовой док машины не задевал двигатель.

По заявлению представителей администрации, применение САПР и режим параллельного проектирования, возможно, и не позволят сократить период подготовки производства авиалайнера «777» по сравнению с предыдущей моделью. Дело в том, что обучение огромного технического персонала компании Boeing требует времени. «Переучить 4 тыс. инженеров так, чтобы они привыкли думать категориями трехмерного, а не плоскостного (двумерного) представления на экране, это значит - преодолеть серьезный барьер», - считает

Джонсон. - Пока мы продвинулись еще не так далеко, чтобы судить, как пойдут дела.» Возможно, что выигрыш будет достигнут за счет снижения расходов на конструктивные изменения и меньшего количества проблем, связанных с обслуживанием первых машин, сошедших с конвейера.

Если все сложится удачно, то авиалайнер «777» с убирающимися секциями крыльев, благодаря чему самолет способен проходить через узкие ворота ангаров, и креслами для пассажиров, которые можно перемещать на промежуточных посадках, по-видимому, установит новый стандарт на конструкцию самолетов. Ну а к 1995 г., когда машина должна уже поставаться клиентам, тысячи инженеров, конструкторов и технологов, работающих сейчас над самолетом «Боинг-777» наверное, будут вспоминать старые чертежи на кальке с той же но-стальгией, с которой их коллеги, трудившиеся над созданием предыдущих моделей, вспоминали логарифмическую линейку.

Умереть достойно

АМЕРИКАНЦЫ, страдающие неизлечимыми заболеваниями желающие уйти из жизни, способны на отчаянные поступки. В прошлом году женщина, страдавшая болезнью Альцгеймера, совершила перелет из Орегона в Мичиган, чтобы попасть на прием к врачу, создавшему «аппарат для самоубийства», который обеспечивает получение больным смертельной дозы лекарств. Она повернула переключатель и умерла в микроавтобусе марки «Фольксваген», принадлежавшем этому врачу и находившемся на стоянке возле мотеля.

Несомненно, что многие другие также последовали совету Hemlock Society, ведущей группы сторонников эйтаназии, который заключается в том, чтобы принять чрезмерную дозу снотворного и для верности надеть на голову пластиковый пакет. «Прозрачный пластиковый пакет или нет? - задает вопрос Д. Хамфри, основатель Hemlock Society, в последнем информационном бюллетене. - Если бы мне пришлось это сделать, то, учитывая свою большую любовь к миру, я бы выбрал прозрачный».

По мнению Хамфри, в идеале помочь пациентам умереть безболезненно и с достоинством могли бы врачи. Но в Соединенных Штатах врачам запрещается назначать или даже (во многих штатах) просто давать смертельную дозу лекарств больному, намеренному покончить жизнь самоубийством. Единственный разрешен-

ный образ действий - отказ от лечения, увеличивающего страдания человека. Хотя призывы к «смерти с помощью врачей» все чаще слышны в США и Европе, фактически единственной страной, в которой активно используется эйтаназия, являются Нидерланды. «Это пока только начало, - говорит Хамфри. - И сторонники, и противники эйтаназии внимательно следят за ходом действий».

Одним из ведущих сторонников и практиков эйтаназии является П. Адмираал, онколог и анестезиолог из Католической больницы в Делфте. Он уверен в том, что через некоторое время Нидерланды докажут миру, что эйтаназия может быть «закключительным актом в процессе лечения». Однако он подчеркивает, что в Нидерландах далеко не разрешен вопрос о том, кто имеет право на эйтаназия и каким образом должно регулироваться ее применение. Прекращение жизни другого человека даже по его просьбе по-прежнему считается преступлением и карается тюремным заключением на срок до 12 лет.

Но уже в 70-х годах ряд врачей, в том числе и Адмираал, открыто нарушали запрет на эйтаназия, что вынудило нидерландские суды сформулировать условия, которые могли бы служить оправданием этого акта. Первым и самым важным условием является пребывание больного в полной памяти и его неоднократные просьбы о смерти. Больной может быть Подвергнут эйтаназии даже при несогласии членов его семьи. Адмираал считает, что по желанию больного врач может даже не ставить семью в известность о его решении.

Четыре года назад комитет Королевской медицинской ассоциации Нидерландов, издавший инструкции, до-Поляющие и расширяющие аналогичные инструкции судов, выступил с предложением о том, что несовершеннолетние также должны иметь право на эйтаназия даже в случае возражений со стороны их родителей, «Иногда и пятнадцатилетние обладают здравомыслием, а в некоторых случаях оно отсутствует у родителей», утверждает в докладе комитета, Судам еще не приходилось рассматривать подобные дела.

Другим условием, сформулированным судами, является необходимость согласия по крайней мере двух врачей с тем, что просьба больного обоснованна. Врач может отказаться применить эйтаназия или одобрить ее, но члены Королевской медицинской ассоциации полагают, что врач обязан (по этическим, а не юридическим соображениям) устроить (онсультацию) больного с другим врачом.

В любом случае, как считают суды, больной должен испытывать «невыносимую боль» без надежды на облегчение. Но состояние больного не обязательно должно быть критическим, и боль может быть как физической, так и душевной. В 1985 г. Адмираал ввел смертельную дозу лекарства больному прогрессирующим рассеянным склерозом, которая, однако, не находилась при смерти. Он был обвинен в убийстве, но затем оправдан. Позднее прокуроры не стали настаивать на обвинении врача, который применил эйтаназия в отношении больного, практически полностью парализованной.

Адмираал отмечает, что такие случаи, когда больные не находятся в предсмертном состоянии или не испытывают острой физической боли, являются исключительными. По его утверждению, тяжелобольные редко выражают желание уйти из жизни, так как в Нидерландах им обеспечивается хороший уход. Согласно его оценкам, 80% больных, желающих подвергнуться эйтаназии, - это онкологические больные в конечной стадии развития болезни,

По мнению адвоката Э. Сьюториуса, зашишавшего Адмираала и других врачей, обвинявшихся в применении эйтаназии, в последнее время возникли разногласия относительно того, имеют ли право на эйтаназия люди, страдающие в первую очередь психическими, а не физическими расстройствами. Четыре года назад прокуроры приняли решение не привлекать к судебной ответственности психиатра, который преднамеренно дал (а не назначил) чрезмерную дозу лекарств человеку, помещенному в специальное лечебное учреждение по поводу тяжелой депрессии и неоднократно пытавшемуся покончить с собой. Аналогичное дело в настоящее время находится на рассмотрении в Верховном суде.

Эти случаи, как утверждает Сьюториус, вызвали горячие споры о том, могут ли душевнобольные считаться достаточно компетентными и способными принимать самостоятельные решения. «Мы не хотим дискриминировать больных, страдающих душевными недугами, - считает он, - Но каждому ясно, что ситуации могут быть далеко не однозначными». Адмираал выражает сомнение в том, что допустимо помогать душевнобольным уйти из жизни. «я считаю, что мы всегда будем испытывать сомнения, так как в любом случае остается надежда на то, что удастся вылечить этих людей»; - говорит он.

Осуществить эйтаназия может

только врач. Адмирал рекомендует делать инъекцию барбитуратов, которые приводят человека в бессознательное состояние, после чего следует ввести дозу кураре, который останавливает сердце и прекращает дыхание. После смерти больного врачу следует поставить об этом в известность коронера, который в свою очередь информирует местного прокурора. Если последний считает, что данный случай смерти вызывает подозрение, он может потребовать вскрытия и начать расследование.

Ежегодно сообщается примерно о 150 случаях эйтанази, но, по мнению Адмирала их значительно больше. Оценки сильно различаются. В Нидерландах, население которых составляет 15 млн. человек, часто называется цифра 3000 случаев в год или около 2% всех смертей. Если бы такой процент случаев эйтанази наблюдался в США, это составило бы около 50 тыс. смертей ежегодно.

Организации, выступающие в поддержку эйтанази в Нидерландах, заявляют, что неопределенность правового статуса эйтанази, дающая прокурорам большую свободу действий в расследовании или выдвигении обвинений, вынуждает врачей воздерживаться от сообщения о случаях применения эйтанази. К. Сибранди, основательница Информационного центра добровольной эйтанази, считает, что правительству следует официально легализовать эйтаназию, заменив расплывчатые инструкции судов конкретными законодательными актами. По ее мнению, такой шаг способствовал бы утверждению открытости, что уменьшило бы возможность злоупотреблений.

По мнению других, такой шаг может оказаться излишним и даже нежелательным, «От этого мало что изменится», считает Адмирал. Сьюториус опасается, что эйтанази, если она будет легализована, может свестись к «чисто технической процедуре» что приведет к определенному снижению ответственности некоторых врачей», добавляет он,

Показывают ли Нидерланды хороший пример остальному миру? Вовсе нет, убежден кардиолог р, Фенигсен. Он утверждает, что официальное признание «добровольной» эйтанази (он всегда заключает это слово в кавычки) неизбежно приведет к убийству тех, кто считается психически или физически неполноценными и является обузой для общества. По его

Обоснованность эйтанази в Нидерландах

- ~ Больной должен неоднократно и недвусмысленно выражать желание умереть
- Больной должен быть достаточно информирован, решение о смерти должно быть продумано и принято независимо
- Больной должен испытывать сильную физическую или душевную боль без надежды на облегчение
- Все другие способы излечения должны быть исчерпаны, либо больной отказался от них
- Эйтанази должна выполняться квалифицированным врачом
- Врач должен получить консультацию по крайней мере еще одного специалиста
- Врач должен информировать местные власти о проведении эйтанази

мнению, такая нацистская практика уже тайно проводится в Нидерландах, и пожилые люди и престарелые больные настолько запуганы, что многие из них избегают врачей.

Позиция Фенигсена стала известна и в Соединенных Штатах. Он опубликовал свои статьи в авторитетном журнале по медицинской этике "Hastings Center Report", а также в "Wall Street Journal". Недавно он приезжал в штат Вашингтон для того, чтобы выступить против легализации «добровольной» эйтанази для больных в критическом состоянии. Эта инициатива, как ожидается, будет вынесена на голосование избирателей в ноябре.

Однако утверждения Фенигсена оспариваются не только нидерландскими авторитетами, но даже частью противников эйтанази, «Это удивительный человек, польский еврей, прошедший через ад 2-ой мировой войны, но он сгущает краски», - считает католическая монахиня Т, Таккен, которая, будучи специалистом по врачебной этике, работает в больнице Голета-Холли в Санта-Барбара (шт. Калифорния) и в Утрехтском университете. Таккен полагает, что благодаря существованию высоко развитой системы здравоохранения и социального обеспечения в Нидерландах количество просьб о применении эйтанази находится на минимальном уровне, что почти исключает злоупотребления, о которых предостерегает Фенигсен. Но она согласна с тем, что они возможны в странах, в которых не обеспечиваются такие условия, в частности в Соединенных Штатах. «Нам не время даже рассуждать об эйтанази до тех пор, пока не будет обеспечена медицинская помощь и нормальные жилищные условия для всех», утверждает она.

К. Бейли, специалист по врачебной этике из Системы здравоохранения Св. Иосифа в Орандже (шт. Калифорния), согласна с тем, что соображения

экономического порядка могут отрицательно сказаться на решениях, касающихся эйтанази в США. Она добавляет, что обычно американские врачи намного меньше общаются со своими пациентами и между ними не такие доверительные отношения, поэтому они хуже подготовлены к просьбам об эйтанази. Положение осложняется еще и наличием многих спорных вопросов в американской системе здравоохранения. Адмирал рассказывает, как он неоднократно просил американских врачей устроить «проверку» амери-

канскому законодательству, производя эйтаназию согласно нидерландским инструкциям, но они всегда отвечали ему: «Нет, нет, нет, на нас подадут в суд какие-нибудь дальние родственники или прокурор»,

«Воздействие всех этих факторов, несомненно, осложняет использование эйтанази в Соединенных Штатах», - признает М. Бэттин, философ из Университета шт. Юта, которая, как Таккен и Бейли, изучала проблемы эйтанази в Нидерландах. «Но я не думаю, что ответ заключается в запрещении эйтанази, - отмечает она. - Следует изменить систему здравоохранения в США, чтобы уменьшить вероятность злоупотреблений» Бэттин согласна с Хамфри в том, что эйтанази - одно из основных прав человека. «Главное - это проблема контроля, - считает она. - Неужели человек не имеет право решать, каким образом ему уйти из жизни и избежать страданий и боли»

Загадка рентгеновского излучения

ДАЖЕ самые несговорчивые люди обычно согласны с тем, что ночью небо темное. Однако не пытайтесь утверждать это в присутствии астронома. В 1962 г. ученые открыли, что при наблюдении на инструментах, чувствительных к рентгеновским лучам, небо светится ярко и чрезвычайно однородно по интенсивности.

Это всепроникающее излучение с довольно непотичным названием «диффузное рентгеновское фоновое излучение» не поддается простому объяснению. Примерно 25-30% приписывается квазарам, крошечным по космическим масштабам источникам энергии, находящимся, по-видимому, в центрах некоторых галактик. Про-

исхождение остальных 70-75% остается тайной.

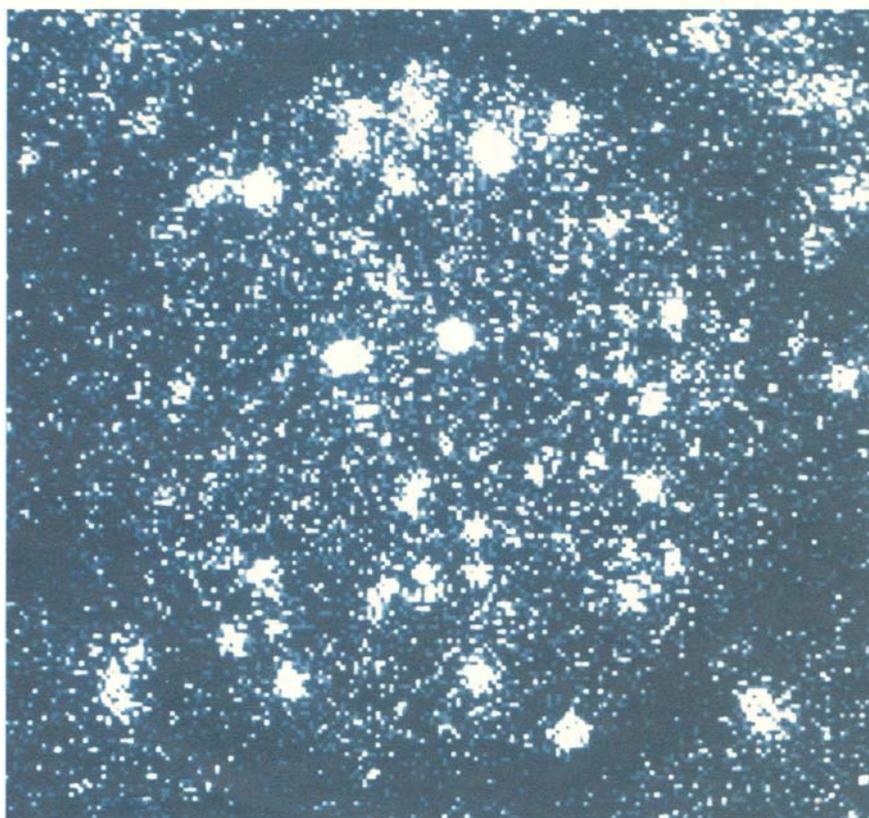
Два недавно сделанных открытия (одно основано на новых данных, другое - на пересмотре старых) могут снять этот покров тайны. Данные получены с рентгеновского спутника ROSAT (Roentgen Satellite) - астрономического инструмента, плода сотрудничества правительства Западной Германии, Великобритании и США. С момента запуска в мае 1991г. ROSAT производил картографирование неба с чувствительностью и разрешением, превосходящими эти параметры предыдущих рентгеновских инструментов.

Одна из задач картографирования - разрешить рентгеновский фон на дискретные компоненты и выявить их природу. 15 января И. Трюмпер и Г. Хазингер из Института космической физики им. Макса Планка доложили ученым на годичном собрании Американского астрономического общества в Филадельфии, что ROSAT обнаружил гораздо больше квазаров, чем выявлялось раньше, - около 100 квазаров на квадратный градус. Отсюда следует, что на всей небесной сфере насчитывается около 4 млн. квазаров. По оценке Хазингера этого достаточно, чтобы объяснить 40% рентгеновского фона.

Интересно, что ROSAT обнаружил «сгустки» рентгеновского излучения, расположенные между дискретными рентгеновскими источниками. Хазингер и Трюмпер предполагают, что эти сгустки представляют собой скопления квазаров, настолько удаленных, что ROSAT не способен различить излучение отдельных объектов. Если принять, что возраст Вселенной около 13 млрд. лет, то расстояние до этих скоплений составляет, по видимому, 10 млрд. св. лет, а их диаметр - от 15 до 30 млн. св. лет.

Для космологов эта новость не из приятных. У них уже заготовлено объяснение происхождения сгустивания галактик из однородно распределенного вещества после Большого взрыва. Как отмечает Хазингер, «существование крупных скоплений квазаров - весьма сложная проблема для теории расширяющейся Вселенной».

Но и в этом случае существованием квазаров можно объяснить лишь около 50% рентгеновского фона. А. Фра-сьоне, Р. Гриффитс и Дж. Мак-Кенти из Института космического телескопа в Балтиморе предложили на встрече в Филадельфии возможный источник рентгеновского излучения. Объединив старые данные, полученные с помощью рентгеновского телескопа «Эйнштейн» (Einstein X-ray Telescope)



РЕНТГЕНОВСКОЕ ФОНОВОЕ излучение обнаруживает клочковатую структуру на этом изображении, полученном со спутника ROSAT, Большинство из 40 удаленных источников отождествлено с квазарами,

и инфракрасного спутника IRAS (Infrared Astronomical Satellite), с проведенными ими инфракрасными измерениями, они предположили, что 30% или более фонового излучения обусловлено галактиками с чрезвычайно высоким темпом звездообразования, возможно, стимулированным близким прохождением другой галактики.

Некоторые новорожденные массивные двойные звезды в этих галактиках быстро эволюционируют в рентгеновские двойные; это системы, в которых один объект - нейтронная звезда или черная дыра - медленно «пожирает» своего компаньона, создавая поток рентгеновских лучей. Поэтому галактики с высоким темпом звездообразования должны быть мощными источниками рентгеновского излучения и большое число таких объектов, распределенных по всему небу, могло бы обусловить значительную долю наблюдаемого фона.

«Придется решить еще ряд задач, прежде чем загадка рентгеновского фона будет разгадана», - предупреждает С. Холт из Годдардовского центра космических полетов НАСА. Холт, представитель США в проекте ROSAT, указал, что спектр фона на

самых коротких волнах не похож на спектр квазаров, и поэтому квазары не имеют к нему никакого отношения. Он считает, что галактики с высоким темпом звездообразования - «лучший источник для пополнения рентгеновского фона» в этой области спектра. Результаты со спутника ROSAT не позволяют однозначно установить, являются ли наблюдаемые сгустки скоплениями квазаров или галактик с высоким темпом звездообразования.

Эти сгустки могут быть чем-то совершенно иным. «Хазингер видит сгустивание, но это вовсе не означает, что скопления состоят из конденсированных объектов», говорит Холт. Спектр рентгеновского фона очень похож на спектр разреженного горячего газа. Другой спутник COBE (Cosmic Background Explorer) не обнаружил свидетельств существования такого газа, но если газ сконцентрирован в небольшие сгустки, он и не смог бы этого сделать.

Не окажется ли, что наблюдавшиеся спутником ROSAT сгустки рентгеновского излучения - именно такой горячей газ, а не скопления квазаров? «Это гипотеза *ad hoc*, - усмехается Холт, - но это возможно».

Заметки по поводу СПИДа и грядущих пандемий



ДЖОНАТАН МАН

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СПИДа по всему миру продолжается. Если в 1980 г. вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ) было заражено 100 тыс. человек, то на сегодняшний день их 8-10 млн. Через 10 лет после своего начала пандемия СПИДа осталась динамичной и изменчивой, подчиняясь глубоко скрытым и мало понятным закономерностям. Более того, в следующее десятилетие ситуация, судя по всему, будет еще хуже: к 2000 г. ожидается по крайней мере 6 млн. новых случаев клинической картины СПИДа у взрослых - за счет как новых зараженных (по расчетам их число составит от 10 до 25 млн.), так и уже подвергшихся инфекции.

Однако положение могло бы быть гораздо более плачевным. Реакция человечества на СПИД поистине выдающаяся во многих отношениях: наука достигла значительных успехов в разработке вакцин и методов лечения; все общество и местные власти быстро мобилизовались; мероприятия по информированию населения впечатляют своими масштабами и порой откровенностью; мировая общественность сделала шаг вперед в осознании необходимости объединения для противодействия пандемии. Но хотя глобальные достижения беспрецедентны, это вовсе не означает, что основные проблемы решены. Весь ход событий в общем был полностью предсказан уже в 1981 г, когда обнаружили СПИД. Большой удачей является то, что СПИД был открыт не 5 или 10 годами позже. Причины раннего обнаружения этой болезни дают урок исключительной важности, который может пригодиться в будущем при новых пандемиях.

Во-первых, к 1981 г. СПИД выявили в США - стране с высокоразвитой системой контроля и изучения болезней. Если бы распространение СПИДа ограничилось развивающимися странами, он был бы идентифицирован почти наверняка значительно позже. Кроме того, у некоторого заметного

числа зараженных ВИЧ клинически различимая картина заболевания развилась в течение нескольких лет после заражения, хотя теперь известно, что латентный период инфекции ВИЧ (интервал времени от момента заражения до проявления клинических признаков заболевания) составляет в среднем примерно 10 лет. Если бы этот период был продолжительнее или сильнее варьировал, то даже в США СПИД был бы идентифицирован позже.

Во-вторых, обнаружению СПИДа весьма способствовала необычность характерных для него инфекций' и злокачественных новообразований. Подавление иммунной системы, вызванное СПИДом, могло бы приводить и к обычным болезням, а не к редким оппортунистическим инфекциям. Например, если бы ВИЧ вызывал только увеличение смертности от обычной пневмонии, его выявление заняло бы больше времени.

В-третьих, СПИД впервые привлек внимание официальных кругов США как проблема здравоохранения в крайне замкнутой группе населения - среди мужчин-гомосексуалистов. Если бы эти люди скрывали свой сексуальный статус или если бы инфекция ВИЧ в США распространялась преимущественно среди гетеросексуалистов, это задержало бы раскрытие ключевых эпидемиологических связей.

Наконец, в конце 1970-х годов, т. е. в то самое время, когда - еще незаметно - распространялся ВИЧ, были разработаны методы определения ретровирусов человека. Если бы тогда не было этих методов и кое-каких знаний о таких вирусах, идентификация возбудителя СПИДа, несомненно, заняла бы намного больше времени. Быстрая разработка доступных диагностических тестов не только позволила предотвращать заражение ВИЧ при переливании крови, но сыграла важную роль в определении общих границ распространения ВИЧ в то время, когда в большинстве стран

эпидемия была столь новой, что практически все случаи заражения еще не проявлялись в симптомах.

Таким образом, необычные обстоятельства со стороны как вируса, так и человека привели к обнаружению всеобщей угрозы здоровью человечества всего через 5-10 лет после того, как началась пандемия. Однако еще более существенно то, что в современном мире, который сегодня представляет собой по существу одну огромную «деревню» практически наверняка инфекция ВИЧ - это далеко не последняя пандемия.

Начиная с середины 1960-х годов произошел такой количественный рост передвижения людей, товаров и идей (включая направления культуры сексуального поведения), что установилась качественно новая взаимозависимость. Ныне более чем когда-либо за всю историю человеческого общества пища, которую мы едим, воздух, которым мы дышим, и вирусы, заражающие нас, СВязаны в глобальном масштабе.

Этот новый уровень общности означает, что вирусы и другие уже известные патогены, географическое распространение которых на сегодняшний день ограничено, имеют беспрецедентную потенциальную возможность к дальнейшему распространению. На примере ВИЧ видно, как быстро и эффективно может это произойти. Прежде чем стать пандемией, инфекция ВИЧ где-то существовала; точно так же могут существовать другие вирусы, о которых в настоящее время ничего неизвестно. Недавно открытые вирус Эбола и возбудитель болезни легионеров являются мощным напоминанием об идущей сейчас «войне» между человеком и микроорганизмами.

Что можно сделать, чтобы не упустить из-под контроля следующую пандемию? Я предлагаю всемирный эпидемиологический надзор. Простое расширение действующих механизмов для наблюдений за инфекционными заболеваниями недостаточно. В любом случае подобные системы хорошо развиты только в нескольких странах, а люди не могут позволить себе ждать сложа руки, пока болезнь не распространится и не станет пандемией раньше, чем она будет обнаружена. Необходим новый подход в поиске вспышек заболеваемости - этот качественный скачок расширит возможности выявления изменений в эпидемиологической обстановке. И следует быть готовыми к поискам доказательств существования еще неизвестного патогена. Мы должны по-новому думать об основной проблеме, не ограничиваясь пассивной кон-

статацией в духе концепций эпидемиологического надзора, применявшихся прежде.

Для решения этой задачи требуется участие психологов, социологов и антропологов, а также вирусологов и инфекционистов, чтобы разработать эффективные способы анализа эпидемиологической обстановки, позволяющие вовремя выявлять ее тревож-

ные изменения. Например, следует использовать данные, собранные при изучении многочисленных эпидемий, когда местное население осознавало, что происходит нечто необычное. Необходимо рассматривать широкий спектр нетрадиционных источников прямой и косвенной информации.

Поиски различных путей выявления эпидемиологической угрозы в

принципе сложны и, возможно, дороги на практике. Однако пандемия СПИДа указывает, что перед лицом глобальной опасности человечество должно находить возможности для противостояния. Неудача оставит нас на волю случая при угрозах здоровью, которыми сегодня сопровождаются социальные, экономические и политические изменения,

Наука и общество

Фиксация азота для пшеницы

Дзот, составляющий 80% атмосферы, является незаменимым питательным веществом для растений. Однако большинство видов, включая основные зерновые сельскохозяйственные культуры - рис, пшеницу и рожь, - не способны использовать его непосредственно. Но некоторые растения, в том числе бобовые - такие, как бобы, горох, - обладают редким преимуществом. Они служат хозяевами для обитающих в их корнях специализированных бактерий, которые «фиксируют» атмосферный азот, превращая его в аммиак. Аммиак затем могут использовать другие растения,

И вот недавно А. Земан, Я.-Ц. Чан и И. Кеннеди из Сиднейского университета, похоже, достигли долгожданной цели - внедрения азотфиксирующих бактерий в бобовые пищевые культуры. Их работа, продолжившая более ранние исследования Ян-Фу Ни из Университета Шандонг (Китай), показала, что возможно получать высокий урожай пшеницы, менее зависимый от химических удобрений.

Азотфиксирующие бактерии *Rhizobium* обитают в корневых клубеньках бобовых растений, получая в обмен на аммиак другие питательные вещества. Ян-Фу Ни обнаружил, что при низких концентрациях 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты (это соединение является гербицидом и известно под обозначением 2,4-D), которая вызывает

размягчение клеточных стенок, у проростков пшеницы на корнях развиваются утолщения, напоминающие клубеньки бобовых. Но ни ему, ни другим исследователям не удалось внедрить *Rhizobium* в эти образования.

Земан, Чан и Кеннеди решили выяснить, не будут ли другие азотфиксирующие бактерии более подходящими для этой цели. Они обработали проростки пшеницы, в результате чего у тех появились клубеньковые образования, описанные Ни, которые назвали параклубеньками. Эти проростки подвергли воздействию азотфиксирующих бактерий *Azospirillum*, свободно живущих в почве.

Бактерии *Azospirillum* заражали параклубеньки проростков пшеницы. Было показано, что фиксация азота действительно происходит, причем в значительном количестве и эффект хорошо воспроизводится, «Есть основания утверждать, что *Azospirillum* фиксирует азот», - делает вывод Чан. Более того, как подчеркивает Кеннеди, *Azospirillum* в параклубеньках пшеницы, подобно *Rhizobium* в бобовых, похоже, тесно связаны с нормальными метаболическими процессами растения. Когда в проростках процесс фотосинтеза ингибировали химическими агентами, признаки фиксации азота исчезали.

Кеннеди и его коллеги сообщили о своих исследованиях на ряде научных конференций, однако за пределами Австралии лишь немногие специалисты знакомы с

ними. «Результаты, хотя и удивительные, в принципе вполне вероятны, так что их следует рассмотреть тщательнее», - таково мнение агронома и специалиста по азотфиксации Ч. Хейдждорна, работающего в Университете шт. Виргиния в Блэксбурге и Виргинском политехническом институте. В настоящее время австралийские ученые с помощью радиоактивного азота пытаются проследить, способны ли растения утилизировать азот, который фиксируют *Azospirillum*.

Кеннеди отмечает, что *Azospirillum* и *Rhizobium* значительно различаются. Например, *Azospirillum*, судя по всему, проникает между клетками, а *Rhizobium* внедряется в них. И еще неизвестно, может ли инфекция параклубеньков *Azospirillum* продолжаться длительное время, что необходимо для улучшения урожая. Как полагает Кеннеди, селекция и генетическая инженерия могут в конце концов привести к практическому применению, но на это уйдет 10 лет.



Азотфиксирующие клубеньки на корнях проростков пшеницы, обработанных 2,4-D.

Библиография

ПА ТЕНТОВАНИЕ НОВЫХ ФОРМ ЖИЗНИ

THE INTERNATIONAL BREEDER'S RIGHTS SYSTEM AND CRoP PLANT INNOVATION. J. H. Barton in *Science*, Vol. 216, No. 4550, pages 1071-1075; June 4, 1982.

THE IMPACTS OF PATENT PROTECTION ON THE U.S. SEED INDUSTRY AND PUBLIC PLANT BREEDING. L. J. Butler and B. W. Marion. College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin at Madison, 1985.

INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN BIOTECHNOLOGY WORLDWIDE. S. A. Bent et al. Stockton Press, 1987.

PROPRIETARY RIGHTS AND THE NORMS OF SCIENCE IN BIOTECHNOLOGY RESEARCH]. R. Eisenberg in *97 Yale Law Journal*, No. 2, pages 177-231; December 1987.

NEW DEVELOPMENTS IN BIOTECHNOLOGY: PATENTING LIFE. Office of Technology Assessment, Congress of the United States, Im.

«ТЭВА ТРОНН»

SUPERCONDUCTING MAGNET TECHNOLOGY FOR ACCELERATORS. R. Palmer and A. V. Tollestrup in *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, Vol. 34, pages 247-284; 1984.

WORLDS WITHIN THE АТОМ. John Boslough in *National Geographic*, Vol. 167, No. 5, pages 634-663; May 1985.

FROM QUARKS TO THE CosMos: TOOLS OF DISCOVERY. Leon M. Lederman and David N. Schramm. Scientific American Library, 1989.

ЧЕМ РЕГУЛИРУЕТСЯ КЛЕТочный ЦИКЛ

GENETIC CONTROL OF CELL DIVISION PATTERNS IN THE DROSOPHILA EMBRYO. Вгисе А Edgar and Patrick H. O'Farrell in *Cell*, Vol. 57, No. 1, pages 177-187; April 7, 1989.

CYCLIN SYNTHESIS DRIVES THE EARLY EMBRYONIC CELL CYCLE. Andrew W. Murray and Marc W. Kirschner in *Nature*, Vol. 339, No. 6222, pages 275-280; May 25, 1989.

CHECKPOINTS: CONTROLS THAT ENSURE THE ORDER OF CELL CYCLE EVENTS. Leland H. Hartwell and Ted A. Weinert in *Science*, Vol. 246, No. 4930, pages 629-634; November 3, 1989.

DOMINOES AND CLOCKS: THE UNION OF TWO VIEWS OF THE CELL CYCLE. Andrew W. Murray and Marc W. Kirschner in *Science*, Vol. 246, No. 4930, pages 614-621; November 3, 1989.

UNIVERSAL CONTROL MECHANISM REGULATING ONSET OF M-PHASE. Paul Nurse in *Nature*, Vol. 344, No. 6266, pages 503-508; April 5, Im.

ВОЗДЫМАНИЕ ПЛАТО И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

DISTRIBUTION OF MAJOR VEGETATION TYPES DURING THE TERTIARY. Jack A. Wolf in

The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present. Edited by E. T. Sundquist and W. S. Broecker, American Geophysical Union, 1985.

EXPLANATIONS OF THE TERTIARY GLOBAL COOLING TREND. Eric J. Barron in *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 50, No. 1, pages 45-61; July 1985.

INFLUENCE OF LATE CENOZOIC MOUNTAIN BUILDING ON OCEANIC GEOCHEMICAL CYCLES. Maureen E. Raymo, William F. Ruddiman and Philip N. Froelich in *Geology*, Vol. 16, No. 7, pages 649-653; July 1988.

FORCING OF LATE CENOZOIC NORTHERN HEMISPHERE CLIMATE BY PLATEAU UPLIFT IN SOUTHERN ASIA AND THE AMERICAN WEST. W. F. Ruddiman and J. E. Kutzbach in *Journal of Geophysical Research*, Vol. 94, No. D15, pages 18400-18427; December 1989.

НЕИЗОБРАЖАЮЩАЯ ОПТИКА

DEVELOPMENT OF COMPOUND PARABOLIC CONCENTRATORS FOR SOLAR ENERGY. Roland Winston and J. O'Gallagher in *International Journal of Ambient Energy*, Vol. 4, pages 171-186; 1983.

HIGH COLLECTION NONIMAGING OPTICS. Roland Winston and W. T. Welford. Academic Press, 1989.

NONIMAGING OPTICS FOR FLUX CONCENTRATION. Roland Winston, I. M. Bassett and W. T. Welford in *Progress in Optics*, Vol. 27, pages 161-226; 1989.

SUNLIGHT BRIGHTER THAN THE SUN. D. Cooke, P. Gleckman, H. Krebs, J. O'Gallagher, D. Sagie and R. Winston in *Nature*, Vol. 346, No. 6287, page 802; August 30, 1990.

ПЕРЕКАТИ-ПОЛЕ

RUSSIAN THISTLE AND BARBWIRE RUSSIAN THISTLE SEED AND SEEDBED ECOLOGY. R. A. Evans and J. A. Young in *Agricultural Research Bulletin ARR-W-25*. Albany, Calif., U.S. Department of Agriculture, 1982.

CATTLE IN THE COLD DESERT. James A. Young and B. Abbott Sparks. Utah State University Press, 1985.

THE PUBLIC RESPONSE TO THE CATASTROPHIC SPREAD OF RUSSIAN THISTLE (1880) AND HALOGETON (1945). James A. Young in *Agricultural History*, Vol. 62, No. 2, pages 122-130; April 1988.

RUSSIAN THISTLE: THE WEED THAT WON THE WEST. James A. Young and Raymond A. Evans in *Weeds Today*, Vol. 16, No. 1, pages 4-7; 1988.

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ДРЕВНИХ ГОРОДОВ

ARCHAEOLOGICAL SURVEY IN THE MEDITERRANEAN AREA. Edited by

Donald R. Keller and David W. Rupp. Oxford, British Archaeological Reports, International Series S155, 1983.

THE CAMBRIDGE / BRADFORD BOEOTIAN EXPEDITION: THE FIRST FOUR YEARS. John L. Bintliff and Anthony M. Snodgrass in *Journal of Field Archaeology*, Vol. 12, No. 2, pages 123-161; Summer 1985.

BEYOND THE ACROPOLIS: A RURAL GREEK PAST. Tjeerd H. van Andel and Curtis Runnels. Stanford University Press, 1987.

OFF-SITE POTTERY DISTRIBUTIONS: A REGIONAL AND INTERREGIONAL PERSPECTIVE. John L. Bintliff and Anthony M. Snodgrass in *Current Anthropology*, Vol. 29, No. 3, pages 506-513; June 1988.

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

MATHEMATICAL GEMS: FROM ELEMENTARY COMBINATORICS, NUMBER THEORY AND GEOMETRY. Ross Honsberger. Dolciani Mathematical Expositions, No. 1. Mathematical Association of America, 1973.

MATHEMATICAL MORSELS. Ross Honsberger. Dolciani Mathematical Expositions, No. 3. Mathematical Association of America, 1978.

MATHEMATICAL PLUMS. Edited by Ross Honsberger. Dolciani Mathematical Expositions, No. 4. Mathematical Association of America, 1979.

В МИРЕ НАУКИ

Подписано в печать 08.05.91,
По оригинал-макету. Формат 60 x 90 1/8.
Гарнитуры тайме, гелиос.

Офсетная печать,
Объем 6,00 бум. л.
Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 12,00,
Уч. изд. л. 15,35,
Уел. кр.-отт. 50,25,

Изд. № 25/8263. Заказ № 443.
Тираж 13880 экз. Цена 3 р,
Издательство «Мир»
Госкомпечати СССР
129820, ГСП, Москва, И-10,
1-й Рижский пер., 2.

Набрано в Межиздательском
фотонаборном центре
издательства «Мир»
Типография ВЮ «Внешторгиздат»
Госкомпечати СССР
127576, Москва, Илимская, 7



Вниманию читателей!

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: ТАНТАЛ И НИОБИЙ

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



Коллективная монография, написанная ведущими геологами ФРГ, США, Франции, Канады, Австралии и Дании, посвящена проблемам минералогии, геохимии, месторождениям редкоземельных элементов, тантала и ниобия, а также методам их поисков и обогащения руд. Книга насыщена новей-

шей информацией по этим вопросам, в большинстве своем не известной советскому читателю. Это особенно относится к всесторонней характеристике ряда зарубежных месторождений редкоземельных элементов, ниобия и тантала. Приводимые описания месторождений достаточно полно иллюстрированы изотопными данными, а также характеристиками распределения редкоземельных элементов, что имеет большое значение для генетических выводов и сравнения с данными, имеющимися по месторождениям Советского Союза.

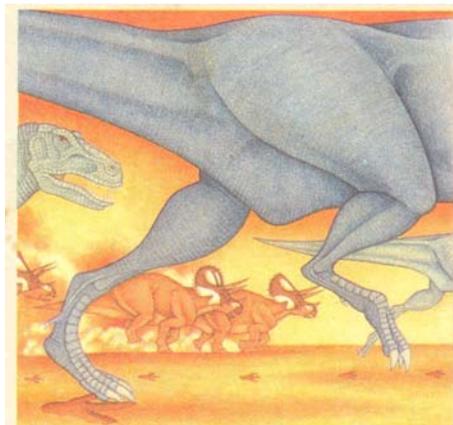
Для геологов-рудников, минералогов, геохимиков, геологов-поисковиков и обогатителей.

1992 г. 32 л, Цена 6 р. 50 к.

Эту книгу вы сможете заказать в магазинах научно-технической литературы.



В Следующем ноМере::



КАК БЕГАЛИ ДИНОЗАВРЫ?

РЕАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ЭНЕРГИИ

СТРУКТУРА КВАЗИКРИСТАЛЛОВ

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЗАСТЕЖКИ-«МОЛНИИ» И РЕГУЛЯЦИЯ ГЕНОВ

БЕССТОЛКНОВИТЕЛЬНЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ

ВИРУС ГЕПАТИТА В

ФОТОХРОМНЫЕ И СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА

ТРУДНЫЕ СЛОВА. НОВОЕ В ЛИНГВИСТИКЕ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА