

В МИРЕ НАУКИ

SCIENTIFIC
AMERICAN

Издание на русском языке

УПРАВЛЕНИЕ ПЛАНЕТОЙ ЗЕМЛЯ



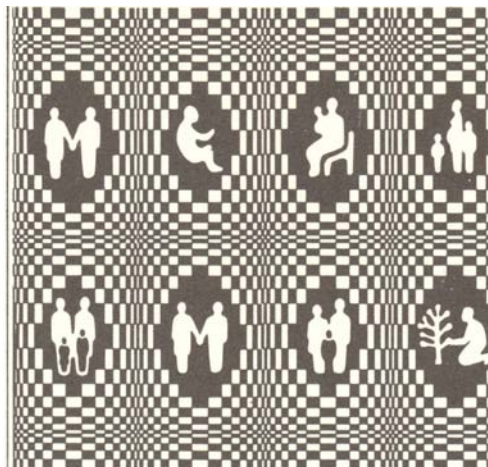
СПЕЦИАЛЬНЫЙ
НОМЕР

Ноябрь **11** 1989.

**РАДИАЦИЯ
ДОЗЫ, ЭФФЕКТЫ, РИСК**

Перевод с английского

РАДИАЦИЯ
Дозы, эффекты, риск



ИЗДАТЕЛЬСТВО <МИР>

Книга представляет собой обзор данных, собранных научным комитетом ООН. Рассмотрены вопросы влияния радиации на жизнедеятельность, предельно допустимые дозы, а также наблюдаемые уровни радиоактивности в окружающей среде и продуктах питания (по отдельным регионам).

Из предисловия к русскому изданию: «... у нас в стране только специалистам известны работы международной организации - Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР), созданного в рамках ООН в 1955 г. Это неслучайно, так как НКДАР отчитывается перед секретариатом ООН и восемь объемистых томов его научных исследований, посвященных воздействию проникающей радиации на человека и окружающую среду, доступны лишь специалистам. Предлагаемый читателям перевод книги «Радиация. Дозы, эффекты, риск» является фактически кратким резюме работ, проведенных за тридцать лет в рамках комитета ... в ней дается оценка потенциальной опасности воздействия атомной энергетики и предприятий ядерного топливного цикла по сравнению с традиционными источниками энергии; обсуждаются последствия варварской бомбардировки в августе 1945 года японских городов Хиросимы и Нагасаки».

Книга рассчитана на широкий круг читателей. Она написана доступным языком, в нее включено много схем и рисунков, облегчающих понимание проблемы.

1988 г. 7 л. Цена 50 к.

В 1989 г. книга выходит дополнительным тиражом



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»

№ 11 · НОЯБРЬ 1989

В номере:

4 Биосфера и человечество

Н. Н. Воронцов

(Scientific American, September 1989, Vol. 261, No.3)

7 Управление планетой Земля

Уильям К. Кларк

Краткий обзор тематического выпуска журнала, посвященного анализу перспектив экологически сбалансированного развития человечества на планете с ограниченными природными ресурсами

СТАТЬИ



16 Меняющаяся атмосфера

Томас Э. Грейдел, Пауль Дж. Крутцен

Под влиянием человеческой деятельности изменяется сложная смесь газов в атмосфере. Некоторые следствия этих изменений, уже проявляются в виде кислотных дождей и смога. Другие ждут нас в будущем



26 Меняющийся климат

Стивен Г. Шнайдер

Глобальное потепление в ближайшие 10-20 лет - явление почти неизбежное. Лишь немедленное уменьшение промышленных выбросов могло бы замедлить накопление в атмосфере газов, обуславливающих парниковый эффект, и ослабить последствия этого рискованного планетарного «эксперимента»



38 Угроза водным ресурсам

Ж. В. Морис ла Ривьер

Рост численности населения, безграмотность и нищета, а также низкий уровень землепользования - все это факторы, угрожающие сохранности водных ресурсов на земле. Для предотвращения в будущем острой нехватки воды необходимо принять срочные меры



48 Разнообразие живой природы под угрозой

Эдвард О. Уилсон

Из-за того, что уничтожаются местообитания, что происходит главным образом в тропиках, ежегодно вымирают тысячи видов растений, животных и других организмов. Если так будет продолжаться, нас ждут катастрофические последствия



57 Рост народонаселения
Натан Кейфиц

Прогресс ведет к стабилизации численности населения. Но произойдет ли это прежде, чем рост населения и «грубые» методы производства вызовут необратимые нарушения среды обитания человека?



66 Стратегии развития сельского хозяйства
Пьер Р. Кроегон, Норман Дж. Розенберг

Сельскохозяйственные исследования ведут к созданию новых технологий, позволяющих расширить производство продовольствия без ущерба для земельных и водных ресурсов, а также генетического разнообразия живой природы. Проблема в том, чтобы эти технологии вошли в практику



76 Стратегии использования энергии
Джон Х. Гиббоне, Питер Д. Блейер, Холли Л. Гуик

Повышение эффективности использования энергии может содействовать снижению остроты экологических проблем, неминуемо возникающих в процессе экономического развития, замедлению изменения климата на планете, увеличению времени использования имеющихся энергоресурсов и тем самым продлению срока разработки альтернативных источников энергии



86 Стратегии промышленного производства
Роберт А. Фрош, Николае С. Галлопуло

Отходы одного производства могут служить в качестве сырья для другого; в результате нежелательное воздействие промышленности на окружающую среду уменьшится



99 Пути достижения сбалансированного экономического развития
Джим Макнейл

Мировая экономика расходует природные ресурсы быстрее, чем они могут быть восполнены. Вместе с тем существуют пути, позволяющие поддерживать экономический рост без нарушения целостности природной среды



110 Сбалансированность как глобальная стратегия
Уильям Д. Рукельхауе

Как добиться таких перемен в деятельности Людей, организаций и правительств, которые могли бы обеспечить дальнейшее экономическое развитие с учетом экологических требований?

РУБРИКИ

25, 36, 46, 55, 74, 85,

96, 108, 119, 124, **130**, 135 Наука и общество

120 Наука вокруг нас

126 Занимательный компьютер

132 Книги

138 Эссе~

139 Об авторах

142 50 и 100 лет назад

143 Библиография

SCIENTIFIC AMERICAN

Jonathan Piel
-EDITOR

John J. Moeling, Jr.
PRESIDENT AND PUBLISHER
BOAAO OF EDITORS

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

Samuel L. Howard
ART DIRECTOR

Richard Sasso
DIRECTOR OF PRODUCTION

SCIENTIFIC AMERICAN, Inc.
~Claus-Gerhard Firchow
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER
Georg-Dieter von Holtzbrinck
CHAIRMAN OF THE BOARD
Gerard Piel
CHAIRMAN... EMERITUS...

© 1989 By Scientific American, Inc.
Товарный знак *Scientific American*,
его текст и шрифтовое оформление
являются исключительной собственностью
Scientific American, Inc.
и использованы здесь в соответствии
с лицензионным договором

В МИРЕ НАУКИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
С.П.Капица

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Л. В.Шепелева

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

ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР
О. В. Мошкова

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
С. К. Аносов

ЗАВЕДУЮЩАЯ РЕДАКЦИЕЙ
Л. И. 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», 1989

НА ОБЛОЖКЕ изображена Земля, наблюдаемая ночью со спутника. Пятна света отражают интенсивность человеческой деятельности. Наиболее светлые области соответствуют районам высокой урбанизации (особенно в Северном полушарии), подсечно-огневого земледелия (в Южной Америке), выжженных пастбищ (в Африке) и районам, где сжигается природный газ (в Сибири и на побережье Персидского залива). Проектора на рыболовецких судах освещают Японское море; ряд светлых точек на территории Сибири - это огни городов, расположенных вдоль транссибирской магистрали, а на темном фоне Сахары выделяются огни вдоль Нила. Хотя это лишь приблизительная картина (по-скольку, например, лесные пожары возникают в разных местах и их частота зависит от времени года), в общих чертах она все же отражает распределение интенсивности человеческой деятельности на нашей планете. Рисунок выполнен Дж. Кельвином по данным, представленным сотрудником Вашингтонского университета В. Салливаном, который составил мозаичное изображение «Ночная Земля» по фотографиям, сделанным с метеорологических спутников ВВССША.

Иллюстрации

ОБЛОЖКА: George V. Kelvin

СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК**	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК**	СТР.	АВТОР/ИСТОЧНИК**
6	Steve McCurry, Magnum Photos, Inc.	54	Michael J. Balick, Peter Arnold, Inc. (<i>вверху слева</i>); Michael J. Balick, New York Botanical Garden (<i>вверху справа</i>); Mark Moffett (<i>внизу</i>)	93	Mark Sherman, Bruce Coleman Inc.
8-14	George Retseck			99	Co Rentmeester
17	Richard O. Bierregaard, Jr.			100	Johnny Johnson
18-20	Hank Iken			101	Raghu Rai
21	Chester C. Langway, Jr., SUNY at Buffalo (<i>вверху</i>); Hank Iken (<i>внизу</i>)	56	Sebastiano Salgado, Jr.	102,	
23	Bruno Barbey, Magnum Photos, Inc.	58-62	Ian Worpole	105	Ian Worpole
24	Hank Iken	63	Robert Caputo	106	International Development Research Center, Ottawa
27	Gary Braasch	64	Hill and Knowlton	110,	
28-30	Hank Iken	67	Earth Observation Satellite Company	111	Warner Collection of the Gulf States Paper Corporation, Tuscaloosa, Ala.
31	Claude Lorius	68	Gabor Kiss	112	George Retseck
32-33	Jesse Simmons	69	J. C. Tucker	113	Joe Lertola; данные © By The New York Times Company
34	V. Ramanathan	70	Gabor Kiss	114	Joe Lertola
39	Thase Daniel, Bruce Coleman Inc.	71	J. K. Aase	115	Joe Lertola (<i>вверху</i>); Scott Willis, <i>San Jose Mercury News</i> /Copley News Service (<i>внизу</i>)
40	Hank Iken	72	World Bank (<i>внизу</i>)	116	Laurie Burnham
41	Gabor Kiss	77	Sipey and Clark, St. Cloud, Minn.	117	<i>Soviet Life</i>
42	Ray Pfortner, Peter Arnold, Inc. (<i>вверху</i>); Jeff Foott, Bruce Coleman Inc. (<i>внизу</i>)	78-79	Gabor Kiss	120,	
43	George Retseck	80	Rai! Logsdon	121	Jearl Walker
44	Ted Spiegel	81	Joe Lertola	122,	
45	United Nations	82	Gabor Kiss	123	Michael Goodman
49-50	Gary Braasch	83	Chris J. Calwell	1267	
51-52	Patricia J. Wynne	87	S. Varnedoe	127	Andrew Christie
53	Earth Observation Satellite Company	88	Edvard BeH (<i>внизу</i>)	128	Greg Turk
		88-89	Hank Iken (<i>вверху</i>)	129	Andrew Christie
		90	Wellman, Inc.		
		91	George Bodenburgh		
		92	Joe Lertola		

БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО

«Биосфера и человек, а не человек и биосфера». Этот принцип, сформулированный великим биологом Н.В. Тимофеевым-Ресовским, должен будет в конце концов лечь в основу нашего взаимоотношения с окружающей средой. Человечество возникло в биосфере, живет в биосфере, пользуется продуктами былых биосфер. Мы зависим от биосферы, но в то же время изменяем ее. Биосфера как таковая возникла не менее трех с половиной миллиардов лет тому назад, по многим данным, три миллиарда восьмьсот лет тому назад, т. е. всего 100 млн. лет спустя после образования земной коры и возникновения Мирового океана. С момента зарождения жизни началось накопление полезных ископаемых в виде донных осадков морей и океанов, а с момента выхода жизни на сушу стала образовываться почва. Затем сформировался озоновый экран, защищающий нас от губительного солнечного ультрафиолета. Он тоже имеет биогенное происхождение. Биогенного происхождения и ископаемые топлива - уголь, нефть, торф. То же касается известняков. Не все представляют, однако, что знаменитые руды Криворожского бассейна, железные руды Курской магнитной аномалии, железные горы Кируны в Швеции являются продуктами деятельности железобактерий или железно-марганцевых бактерий. Все это означает, что сегодня, разрабатывая те или иные полезные ископаемые, мы используем наследие былых биосфер.

Мы совершенно забыли о том, что человечество - элемент биосферы и что оно может существовать и выжить только в том случае, если будет пользоваться разумным процентом с накопленного капитала. У всех живых организмов существуют пределы роста и человеческая популяция не исключение. Никакое сколько-нибудь реальное улучшение жизни человечества невозможно, если все усилия будут уходить только на то, чтобы прокормить быстро увеличивающееся население Земли. Мы должны отдавать себе отчет в том, что чистота воздуха, чистота почвы и воды не существуют сами по себе. Они очищаются в результате биогенных процессов, а биогенные процессы легко могут быть нарушены.

Проблема охраны природы, проблемы экологии начинают волновать все большее число людей. Во всем мире возникают общественные движения, вызванные беспокойством за разрушение окружающей среды. С другой стороны, мы сталкиваемся со своего рода экологическим экстремизмом, который связан с нехваткой наших знаний, с отсутствием представления о том, что такое биосфера, экосистема, какое значение имеет сохранение видового разнообразия биосферы или разнообразия экосистем на Земле. До недавнего времени у нас преобладал чисто технократический подход к развитию промышленности, сельского хозяйства. Что рассматривают, когда решается вопрос о строительстве какого-либо предприятия в данном месте? Первое - ресурсы, второе - транспортные пути, третье - источники энергии, четвертое - дополнительные ресурсы типа воды, пятое - трудовые ресурсы, шестое - социальная инфраструктура. По сей день, как правило, не изучаются экологические характеристики района и прежде всего то, что можно назвать экологической емкостью территории, полностью определяемой состоянием экосистемы. Практика же строительства предприятий осуществляется без учета того, сколько может выдержать данная территория, и в конечном итоге может ли выдержать такую нагрузку загрязнения человек. В результате возникают чудовищные противоестественные агломерации, где загрязнение среды превышает допустимые пределы. Такие агломерации существуют в развитых странах Запада, к примеру, в районе Ливерпуля, в Рурском бассейне. Такие же чудовищные агломерации имеются и в нашей стране. В первую очередь я бы назвал район южной Украины, который включает в себя Днепрпетровск, Днепродзержинск, Запорожье, Кривой Рог, Мариуполь, весь Донбасс. Уровень загрязнения здесь огромен. Экологическая емкость территории давно превышена. Не говоря уже о том, что в результате выпадения соединений серы подрубается продуктивность почв. А ведь именно в этом районе расположены знаменитые украинские черноземы, самые продуктивные почвы мира. Нельзя не сказать, что формирование этих южно-русских и украинских черноземов происходило на протяжении последних двухсот пятидесяти - четырехсот тысяч лет, т. е. оно началось где-то в середине ледникового периода. И их разрушение наносит непоправимый ущерб и биосфере, и почвенным покровам и в конечном итоге элементу этой биосфе-

ры - человеку. Сокращается продолжительность жизни в загрязненных районах, возрастает частота респираторных, сердечно-сосудистых, раковых заболеваний.

Мы перегородили многие реки, превратив их в каскад непромываемых водохранилищ. Эту проблему мы оставляем нашим детям и внукам. В середине XXI в. придется, например, спускать одно за другим волжские водохранилища. Что будут делать наши потомки с огромным количеством тяжелых металлов и органических загрязнителей, накопившихся на дне водохранилищ?

Гигантомания, охватившая нас, совершенно ПРОтиворечит экологическим возможностям природных территорий.

Сельское хозяйство, не только в нашей стране, но и в большинстве стран мира, также является продуктом технократического мышления. Хорошо известно, что наименее продуктивным сообществом является монокультура. Сообщество из нескольких видов всегда более устойчиво биологически и более продуктивно. Чтобы защитить и подстегнуть монокультуру, требуются в большом количестве разнообразные химикаты - пестициды, гербициды и т.д. А они не только ядовиты, но также являются сильнейшими мутагенами. Чрезмерное употребление ядохимикатов резко уменьшает биологическое разнообразие в почвах и тем самым снижает их плодородие в не меньшей степени, чем водная и ветровая эрозии.

Если мы хотим жить в устойчивой среде, то должны помнить, что наиболее устойчивы те природные системы, которые состоят из максимального числа видов. Мы же на протяжении десятилетий катастрофически теряли разнообразие на всех уровнях: и природных и социальных. Исчезают десятки видов растений, животных и микроорганизмов, и это не только культурные потери, разбазаривание того, что было создано и накоплено эволюцией за миллионы лет, но и причина возникновения неустойчивых природных сообществ, которые не могут нормально функционировать. Известно, например, что лес, не угнетенный городскими выбросами, не пораженный тетраэтилсвинцом, обладает фотосинтетической активностью в четыре раза большей, чем городские парки.

И наконец, угроза утраты экологического разнообразия человеческих сообществ. Каждый народ живет в гармонии с окружающей средой и, как правило, занимается неистощительным природопользованием. Утеря же национального разнообразия, культурного и регионального своеобразия ведет не только к культурным потерям, но и к тяжелым экологическим последствиям: разрушению традиций, замене неистощительного природопользования хищническим.

В результате возникает усредненный быт, усредненная культура, усредненное мышление с его антропоцентризмом и лозунгами типа: «Все для человека». В то же время антропоцентризм напрямую связан с этноцентризмом - «Мой народ лучше других!» и с социоцентризмом - «Мой класс лучше других!», что в конечном итоге ведет к утрате гуманизма, к технократичности мышления и уничтожению природы. Все оказывается связанным. Судьба человечества в его руках. Сохранить Землю пригодной для обитания человека и всех других организмов - эта задача не может быть решена без сотрудничества всех стран и всех народов Земли, а также без повышения экологического сознания каждого человека.

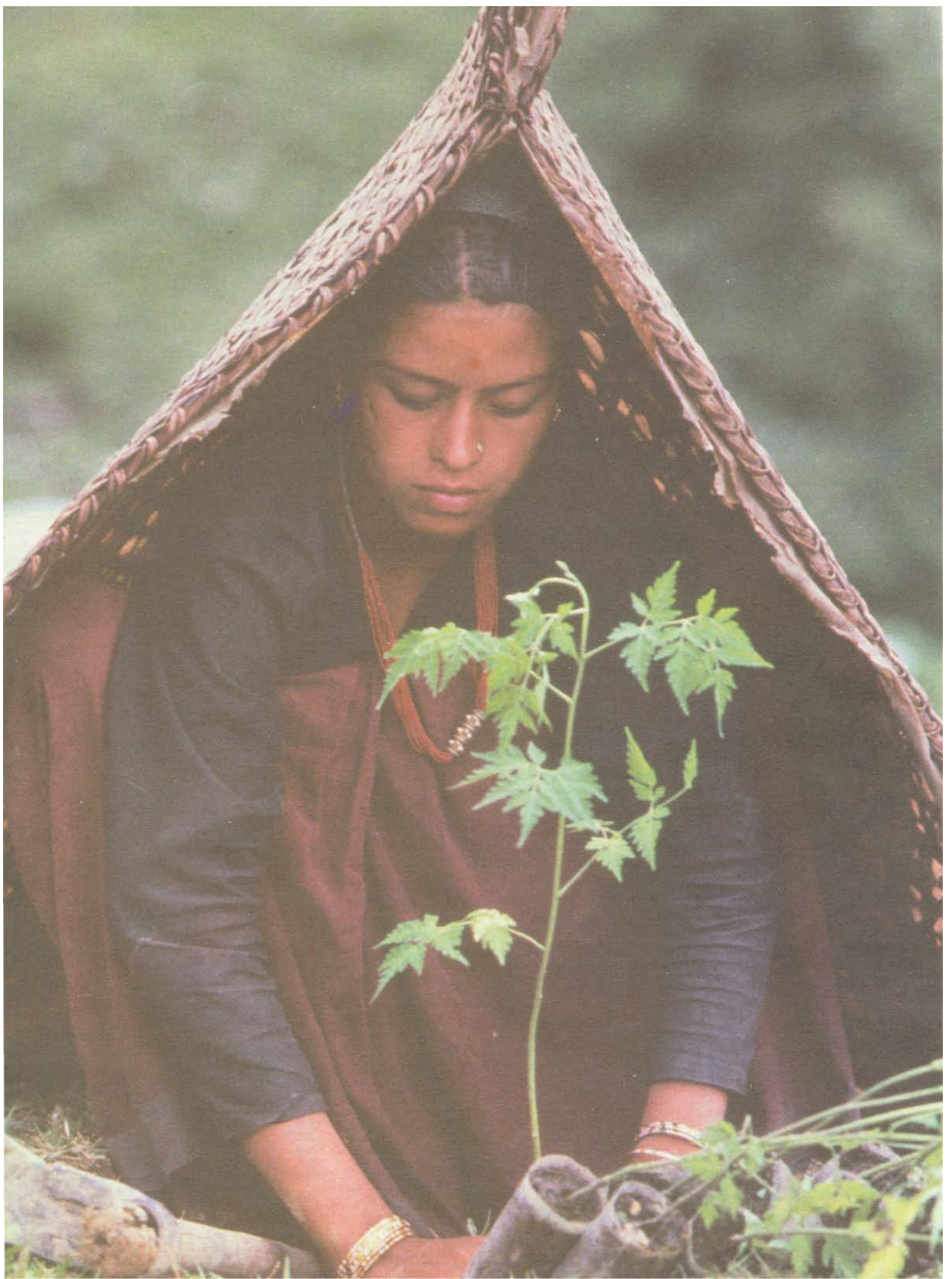
Данный номер журнала «В МИРЕ НАУКИ», посвященный проблемам сохранения природы и выживания человечества представляет на своих страницах неоспоримые тому доказательства.

Н.Н. Воронцов

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР

ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ



Управление планетой Земля

*Краткий обзор тематического выпуска журнала,
посвященного анализу перспектив экологически
сбалансированного развития человечества
на планете с ограниченными природными ресурсами*

У И Л Ь Я М К. К Л А Р К

ЖИЗНЬ, в любой своей форме, постоянно вынуждена искать компромисс между присущей ей способностью к росту и возможностями и ограничениями, проявляющимися при ее взаимодействии с окружающей природной средой. Поразительный успех, которого добился в решении этой проблемы наш собственный биологический вид, отражен на иллюстрации, украшающей обложку этого номера журнала, полностью посвященного одной теме. Однако этот первоначальный успех лишь начало.

Чтобы попытаться представить себе различные пути, по которым может пойти развитие дальше, полезно прибегнуть к некоторым аналогиям. Общая световая картина, создаваемая современной цивилизацией, имеет определенное сходство с картиной бурного роста, возникающей вскоре после того, как бактерии попадают в чашку Петри с богатой питательной средой. В ограниченном пространстве чашки Петри такой рост не происходит сбалансированно. Рано или поздно, по мере того как популяции бактерий исчерпывают имеющиеся ресурсы и «захлебываются» в отходах - продуктах своей жизнедеятельности, их первоначальное процветание сменяется застоєм или гибелью.

Аналогия заканчивается на том, что популяции бактерий не властны над своим неизбежным конфликтом с

ЧТОБЫ УПРАВЛЯТЬ нашей планетой, нужно прежде всего ответить на два вопроса: Какая планета нам нужна? Какой действительно может стать планета? Для ответа на эти два вопроса люди должны понять, каким образом их деятельность влияет на глобальную природную среду, и выработать стратегии для дальнейшего развития. На снимке одну из сторон возможной глобальной стратегии символизирует девушка из Непала, которая высаживает деревце, участвуя в программе возобновления лесонасаждений.

конечной средой обитания и поэтому не несут за него ответственности. В отличие от ситуации с бактериями присущие человечеству энергия и творческий гений, которые так сильно преобразили Землю, способствовали также беспрецедентному пониманию естественных процессов, происходящих на планете, и того, как современная деятельность человека угрожает этим процессам и какие меры можно предпринять, чтобы улучшить перспективы сбалансированного развития. Способность посмотреть на самих себя из космического пространства символизирует нашу неразрывную связь с будущим окружающей среды и перспективу нашего биологического вида. Вместе с пониманием приходит и ответственность, которой не может быть у бактерий, - ответственность за то, каким образом человечество должно использовать планету Земля.

На индивидуальном уровне люди, все яснее осознавая глобальные изменения в окружающей среде, начали реагировать на них, меняя свои ценности, убеждения и действия. Перемены в индивидуальном поведении, конечно, необходимы, но их недостаточно. Мы меняем планету все вместе как представители одного глобального вида. И только как глобальный вид - собрав воедино наши знания, координируя наши действия и совместно пользуясь тем, что дает нам планета, - мы имеем какие-то шансы справиться с проблемами преобразования планеты, выйдя на путь сбалансированного развития. Научиться осторожному, разумному управлению Землей - одна из важнейших задач, стоящих перед человечеством, вступающим в ХХ! в.

ХОТЯ попытки управлять взаимодействиями между людьми и природной средой уходят своими корнями в истоки человеческой цивилизации, задача такого управления в наше время трансформировалась из-за беспрецедентного увеличения скорости, масштабов и сложности процессов

этих взаимодействий. То, что раньше было отдельными случаями местного загрязнения, теперь стало проблемой сразу для нескольких государств, например, выпадение кислотных осадков в странах Европы и Северной Америки. То, что раньше было отдельными серьезными случаями относительно обратимого ущерба, теперь превращается в фактор, воздействующий на несколько поколений, такой, как проблема захоронения химических и радиоактивных отходов. То, что раньше было прямым столкновением интересов между сохранением природы и экономическим ростом, сейчас стало сложным клубком взаимосвязей, как в случае обратных связей между потреблением энергии, сельскохозяйственным производством и климатическими изменениями, которые, по мнению специалистов, являются начальной фазой парникового эффекта.

Мы вступили в новую эру, для которой характерны синдромы глобальных изменений, обусловленные взаимозависимостью между дальнейшим развитием человечества и состоянием окружающей среды. Пытаясь перейти от обстоятельств, порождающих эти синдромы к сознательному управлению ими, мы должны поставить перед собой два центральных вопроса: Какая планета нам нужна? Какой может стать наша планета?

Вопрос о том, какая планета нам нужна, - это в конечном итоге вопрос наших ценностей. Каким следует поддерживать разнообразие биологических видов на Земле? Следует ли ограничивать размеры или темпы прироста человеческого населения, чтобы защитить природную среду? Какие климатические изменения можно считать приемлемыми? С каким уровнем бедности можно мириться? Можно ли считать дно океана достаточно безопасным местом для хранения вредных отходов?

Наука может лишь пролить свет на эти вопросы, но не решить их. Выбор ответов остается за нами, а испытать на себе последствия придется нашим

внукам. Поскольку разные люди живут в различных условиях и имеют разные ценности, варианты индивидуального выбора тоже могут быть очень разными. Как указала Гро Харлем Брундтланд в завершающем этот номер эссе «Необходимы конструктивные решения» (с. 138), особенно существенны различия между богатыми и бедными в их сравнительной оценке экономического роста и сохранения природной среды. Однако в последнее время уже давно развернувшиеся дебаты о том, что важнее - экономический рост или сохранение природы, стали отличаться несколько большей зрелостью суждений. В общих чертах мы постепенно приходим к выводу о том, что взаимодействие между людьми и средой их обитания должно быть подчинено главной цели - достижению сбалансированного развития.

Международная комиссия по охране окружающей среды и развитию (WCED), возглавляемая премьер-министром Норвегии Гро Харлем Брундтланд, характеризует концепцию сбалансированного развития как путь социального, экономического и политического прогресса, позволяющий «удовлетворить нужды настоящего, не подрывая способности будущих поколений удовлетворять их нужды». Эта концепция отражает выбор ценностей в пользу такого управления планетой, одним из главных критериев которого являются

равные условия - равенство между народами всей планеты сегодня, равенство между живущими ныне и их потомками.

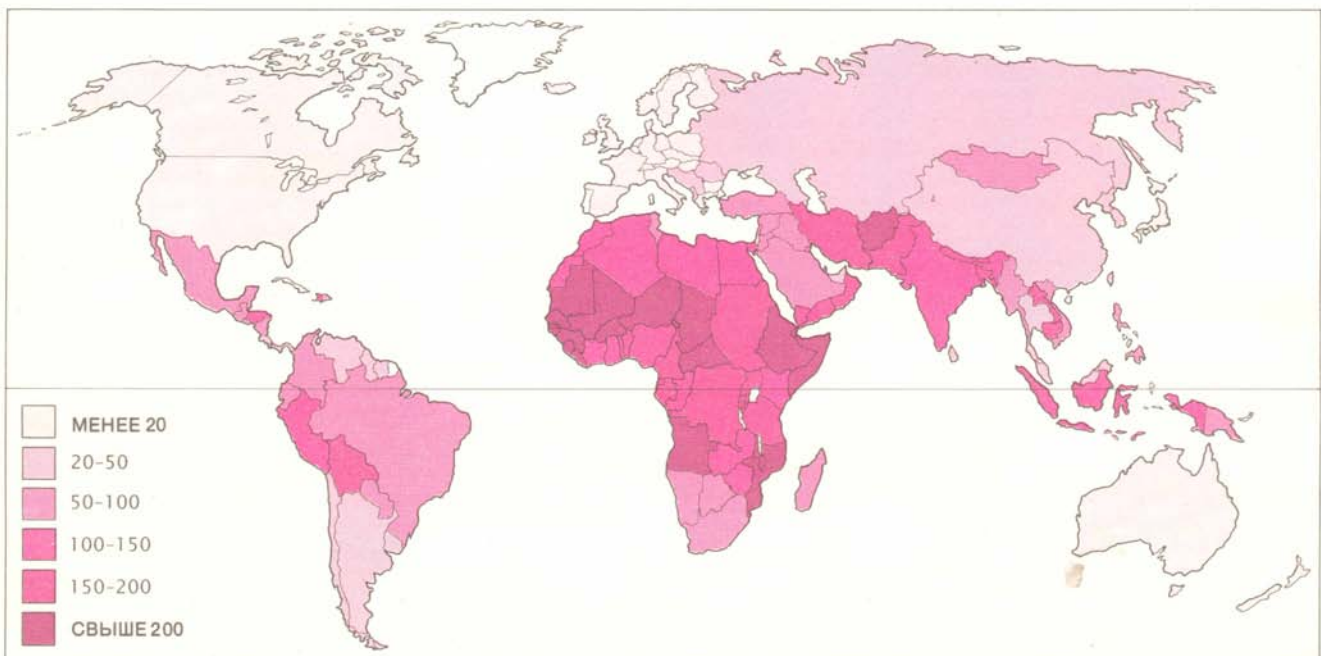
ПРОБЛЕМА перехода к экологически сбалансированной модели развития не только очень сложна, но она требует неотложного решения. Масштабы этой проблемы представлены Н. Кейфицем в статье «Рост народонаселения» (с. 57) и Дж. Макнейлом в статье «Пути достижения сбалансированного экономического развития» (с. 99). Хотя картина в общих чертах уже знакомая, напомним некоторые факты. На сегодняшний день планету населяют более 5 млрд. людей, которые ежегодно используют около 40070 органического материала, образующегося на суше в результате фотосинтеза; они потребляют топливо, в количестве, эквивалентном 2 т угля на человека, и производят в среднем 150 кг стали на каждого мужчину, женщину и ребенка. Народонаселение, благосостояние людей и степень их воздействия на природную среду варьируются в значительных пределах от одной страны к другой (см. рисунки на с. 8-11).

С одной стороны, богатая часть населения (15%) потребляет более трети питательных веществ и более половины энергии, вырабатываемой на Земле. С другой стороны, по-видимому, четверть населения Земли по крайней мере в определенные сезоны года голодает. Более одной трети

живет в странах, где детская смертность выше чем 1 из 10. В подавляющем большинстве стран доходы на душу населения меньше официально уровня бедности в США.

Думая о будущем, следует отметить, что темпы прироста населения практически повсеместно снижаются. Однако, даже если эта тенденция сохранится, то уже в следующем веке, по-видимому, число людей, которые должны будут жить на Земле, вдвое увеличится. Почти весь прирост населения придется на страны, которые в настоящее время относятся к бедным. По данным WCED, на протяжении последующих 50 лет, чтобы удовлетворить основные потребности и чаяния будущего населения, необходимо будет интенсифицировать мировую экономику в 5-10 раз. Последствия такого резкого экономического роста для и так уже перегруженной окружающей среды планеты выглядят по меньшей мере проблематичными и потенциально катастрофичными.

Поэтому усилия, направленные на сбалансированное развитие Земли, должны быть подчинены трем конкретным целям. Первая цель - распространение знаний и средств, необходимых для сдерживания роста населения. Вторая - создание условий для достаточно быстрого экономического роста и справедливого распределения его плодов, чтобы удовлетворить основные потребности как нашего, так и последующих поколений.



ДЕТСКАЯ СМЕРТНОСТЬ представляет один из показателей уровня жизни населения. На этой карте представлены данные по числу смертей на 1000 рождений среди детей младше 5 лет. Более одной трети населения Земли живет в

странах, где детская смертность превышает показатель ~1 из 10. Данные Отдела по экономическим и социальным вопросам ООН, рассчитанные на период с 1985 по 1990 г.

Третья цель - разработка такой стратегии этого развития, чтобы его огромное потенциальное воздействие на окружающую среду оставалось в допустимых пределах, которые еще только предстоит определить.

ЕСЛИ эти цели сбалансированного развития указывают нам тип планеты, который мы хотели бы иметь, то второй вопрос пока остается без ответа: какой же на самом деле может стать наша планета? Рассматривая его, надо перейти от того, что мы ценим, к тому, что знаем.

В конечном итоге стратегии сбалансированного развития должны воплотиться в конкретные действия на местах, если им вообще суждено оказать какое-то практическое влияние. Однако, как я уже отмечал, сегодня решения многих из наиболее трудных проблем, стоящих на пути сбалансированного развития, охватывают десятилетия или даже века во временном масштабе и всю территорию планеты в пространственном масштабе. Чтобы стали возможны существенные позитивные сдвиги в способности людей управлять планетой Земля, необходимо научиться увязывать действия, направленные на развитие отдельных районов, с глобальной экологической перспективой.

К счастью, за последние годы в понимании глобальных изменений окружающей среды произошли революци-

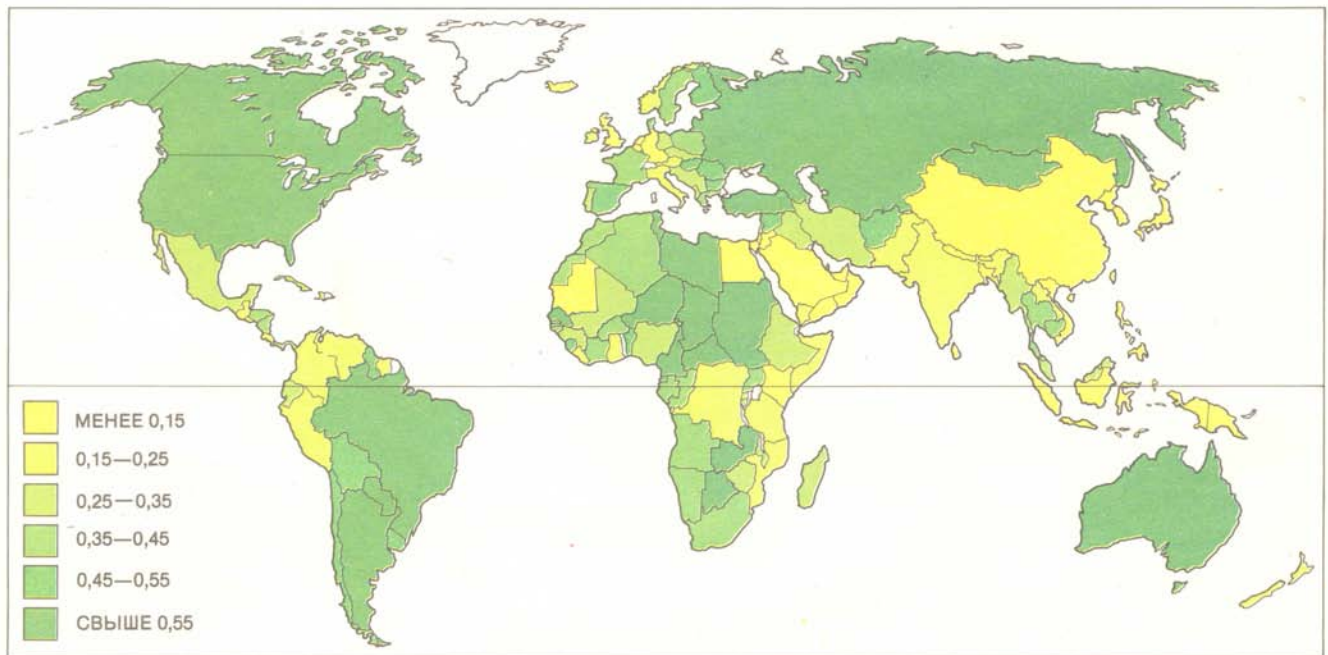
онные изменения. Своими истоками они восходят к 20-м годам, к основополагающим трудам советского ученого В. И. Вернадского, посвященным биосфере. Другим мощным импульсом послужило проведение в 1957 г. Международного геофизического года, а в настоящее время по всей планете проводятся разнообразные программы исследований и наблюдений, среди которых выделяется новая Международная программа исследований геосферы и биосферы, ставящая перед собой очень важные задачи. Хотя революция в области понимания «глобальных изменений» еще далека от завершения, в общих чертах ее можно представить так, как это сделано на рисунке на с. 12.

На этом рисунке, показывающем изменения в окружающей среде нашей планеты, над которой на протяжении десятилетий и веков доминировали взаимодействия между климатом и потоками основных химических веществ; эти взаимодействия увязывались воедино глобальным гидрологическим циклом; существенное влияние на них оказывает и присутствие жизни на Земле.

Климатическая система включает атмосферные и океанические процессы, управляющие глобальным распределением ветров, осадков и температуры. Наиболее существенные процессы, отражающие влияние деятельности человека на окружающую среду, - это изменения содержания в ат-

мосфере газов, способствующих парниковому эффекту, и их воздействие на температуру; влияние, оказываемое океанической циркуляцией на временное и пространственное распределение этих изменений; роль растительности в регулировании потоков воды между Землей и атмосферой (см. статью С. Шнайдера «Меняющийся климат» на с. 26).

Вторая важная компонента природных процессов на планете - это глобальная циркуляция и превращения, претерпеваемые такими основными химическими элементами, как углерод, кислород, азот, фосфор и сера. Это элементы, важнейшие для жизни. В виде таких соединений, как диоксид углерода, метан и оксиды азота, они также оказывают большое влияние на климат. Даже в отсутствии воздействий со стороны человека климат на Земле и химические процессы в природе претерпевали резкие, тесно связанные друг с другом изменения, подобные тем, которые нашли свое выражение в «летописях», запечатленных в кернах материкового льда (см. рисунок на с. 31). В дополнение к этим естественным явлениям деятельность человека привела к нарушениям в глобальных химических потоках, проявляющихся в виде смога, кислотных осадков, разрежения озонового слоя в стратосфере и других явлениях (см. статью Т. Грейдела и П. Крутцена «Меняющаяся атмосфера» на с. 16).



ПЛОЩАДЬ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ на душу населения - показатель гибкости в сельскохозяйственной практике общества. Здесь представлены данные на середину 80-х годов (в гектарах в расчете на одного человека). Государства, где

этот показатель меньше примерно 0,2, особенно ограничены в выборе средств управления окружающей средой. Данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО).

Третья компонента, представленная на рисунке (с. 12), - гидрологический цикл - включает процессы испарения и выпадения осадков, стока воды и ее циркуляции. Вода - это ключевой агент топографических изменений и общий регулятор глобальных химических потоков вещества, а также климата. Как отмечается в статье Ж. Мориса ла Ривьера «Угроза водным ресурсам» (с. 38), среди факторов воздействия человеческой деятельности на гидрологический цикл особого внимания заслуживают загрязнение грунтовых вод, поверхности водных бассейнов и океанов, перераспределение водных потоков на земной поверхности и потенциальное изменение уровня моря как результат глобального потепления.

Жизнь - последняя компонента рисунка на с. 12 - нашла для себя в окружающей среде планеты богатейшие возможности и ее эволюция привела к возникновению поразительно, но постоянно уменьшающегося разнообразия биологических видов на Земле (см. статью Э. Уилсона «Разнообразие живой природы под угрозой» на с. 48). До недавних пор мало кто отдавал себе отчет в том, что жизнь играет также ключевую роль в регулировании процессов глобальной окружающей среды, оказывая на них влияние через химические и гидрологические циклы. Наконец, одна из форм жизни - вид человека - за несколько столетий совершил скачок от

малозаметной роли, которую он некогда играл в масштабах планеты, и стал теперь важнейшим действующим лицом в глобальных изменениях природной среды.

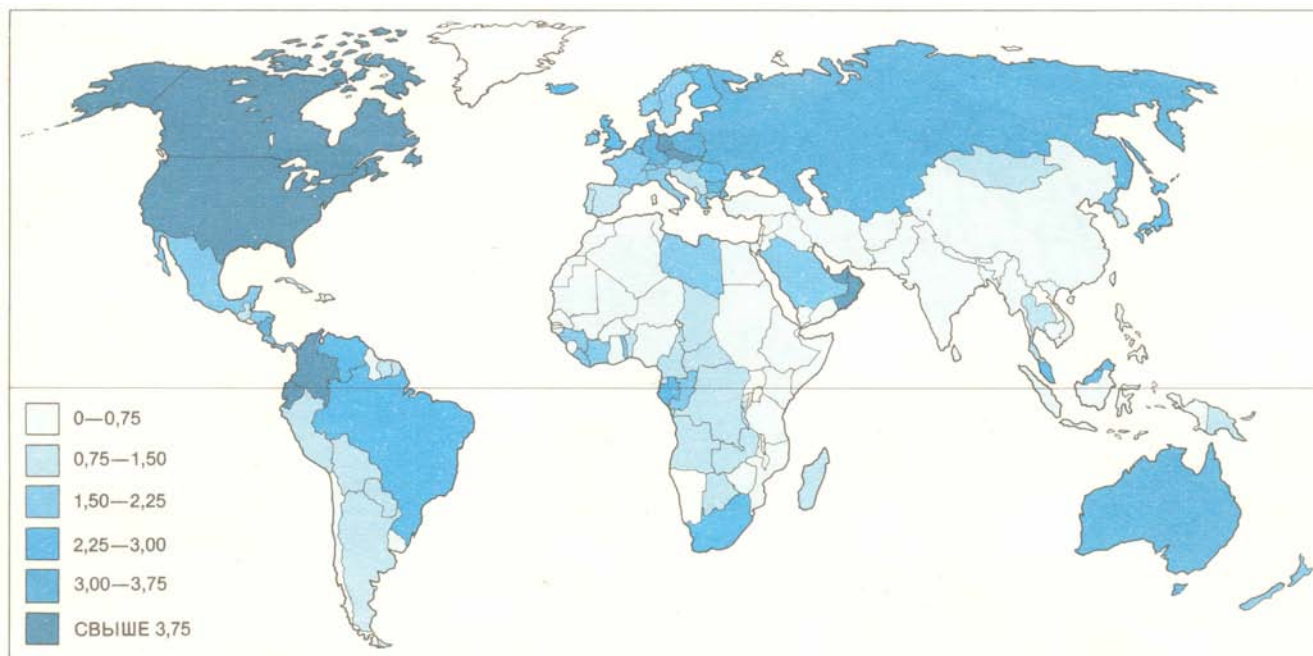
ХОТЯ НАШИ знания о Земле быстро расширяются, мы еще не достаточно хорошо знаем ее, чтобы сказать с какой-то степенью определенности, насколько важные изменения ее системы как целого она может выдержать или насколько велик ее потенциал для поддержания дальнейшего развития человечества. Однако многое уже известно о взаимодействиях между отдельными компонентами глобальной природной среды и определенными видами человеческой деятельности. Даже эти неполные знания дают возможность ответить на некоторые вопросы, касающиеся управления ресурсами планеты.

С начала XVIII в. население Земли возросло в 8 раз, а средняя продолжительность жизни по крайней мере удвоилась. На протяжении этого периода хозяйственная деятельность человека приобретала глобальный характер - спрос на товары и услуги в одной части света удовлетворялся поставками с другого континента. Объем товарообмена в международной торговле возрос более чем в 800 раз и в настоящее время составляет свыше третьей части от всей мировой продукции.

Три составляющие этого роста и

«глобализация» человеческой деятельности, оказавшие наиболее сильное влияние на окружающую среду, - это сельское хозяйство, энергетика и промышленное производство. Каждая из этих компонент подробно обсуждается в последующих статьях. Сельское хозяйство было главным фактором глобальных изменений на суше; с середины прошлого века 9 млн. км² земной поверхности было превращено в постоянные пахотные угодья (см. статью П. Кроссона и Н. Розенберга «Стратегии развития сельского хозяйства» на с. 66). За тот же период потребление энергии возросло в 80 раз, что имело важные последствия для глобальных химических потоков углерода, серы и азота (см. статью Дж. Гиббонса, П. Блейра и Х. Гуика «Стратегии использования энергии» на с. 76). Наконец, мировое промышленное производство возросло за 100 лет более чем в 100 раз. Этот прирост длительное время поддерживался темпами роста, превышавшими 3% в год, - в потреблении таких основных металлов, как свинец, медь и железо (см. статью Р. Фроша и Н. Галлопулоса «Стратегии промышленного производства» на с. 86).

Преобразование природной среды, вызванное этим взрывом человеческой активности, особенно отчетливо проявилась в изменениях физического ландшафта Земли. За период с начала XVIII в. было потеряно 6 млн. км² леса - площадь, превышающая разме-



ДИОКСИД УГЛЕРОДА(CO₂)- один из продуктов деятельности человека, оказывающий влияние на окружающую среду. Здесь показано содержание диоксида углерода, выделяющегося от источников энергии, промышленных предприятий и в результате вырубке лесов. Цифры даны в

тоннах углерода в расчете на одного человека в год. Наиболее высокие показатели в ГДР и США, а наиболее низкие в Бурунди и Бутане. Эти данные собраны С. Субак, студенткой Гарвардского университета.

ры Европы. В значительной степени ухудшилось качество почвы, хотя точной оценке это ухудшение не поддается (см. рисунок внизу). Осадочные процессы увеличились в три раза в системах крупных рек и в восемь раз в более мелких речных бассейнах, расположенных в зонах интенсивной хозяйственной деятельности человека; в результате поток углерода, поступающего в Мировой океан, достиг величины от 1 до 2 млрд. т в год. За тот же период количество воды, которое люди потребляют, и которая изымается из гидрологического цикла, возросло, по-видимому, от 100 до 3600 км³ в год - объем, эквивалентный озеру Гурон.

Существенным изменениям подверглись и многие другие химические потоки на планете. За последние 300 лет в результате сельскохозяйственного и промышленного развития количество метана в атмосфере удвоилось, а содержание диоксида углерода повысилось на 25070. Глобальные потоки таких основных элементов, как сера и азот, обусловленные человеческой деятельностью, стали теперь сравнимыми по величине или даже превосходили естественные потоки этих элементов. Если же говорить о металлах, присутствующих в следовых концентрациях, многие из которых токсичны для живых организмов, то, согласно данным Дж. Фриагу из Канадского национального научно-исследовательского института воды и

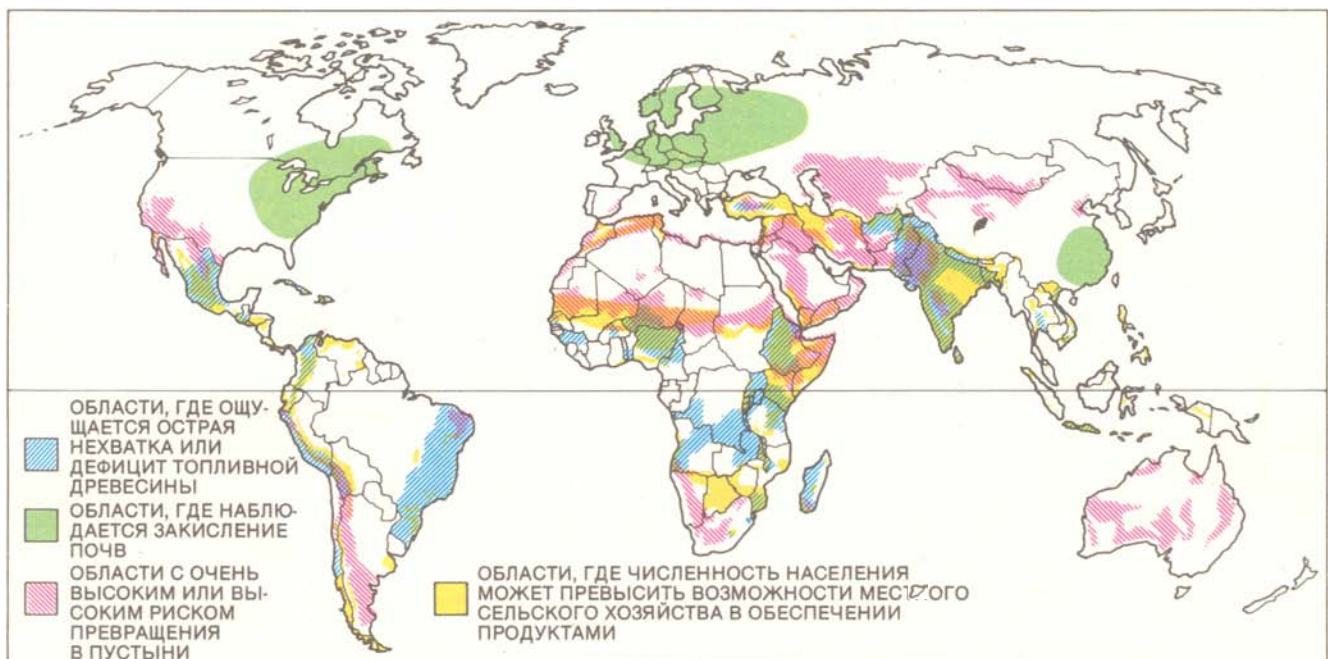
Дж. Пасина из Норвежского института исследования воздуха, хозяйственные выбросы свинца, кадмия и цинка превосходят естественные источники этих металлов в 18, 5 и 3 раза соответственно. Для других металлов, включая мышьяк, ртуть, никель и ванадий, в настоящее время вклад человеческой деятельности в глобальные потоки вдвое превышает вклад естественных источников. Наконец, было показано, что более чем из 70 000 химических соединений, синтезированных человеком, несколько веществ даже при очень низких концентрациях оказывают существенное влияние на общую экологическую обстановку, например ДДТ и хлорфторуглероды (ХФУ).

ОЦЕНКА перспектив сбалансированного развития показывает, что изменения темпа преобразования планеты под влиянием человеческой деятельности, могут оказаться таким же важным фактором, как и абсолютная величина этого воздействия. Б. Тэрнер, Р. Кейтс и я проанализировали исторические данные, касающиеся этих темпов для нескольких составляющих глобальной ПРИРОДНОЙ системы. Для каждой составляющей сначала мы установили характерное время изменений - время, на которое приходится половина обусловленного деятельностью человека вклада, от доисторических времен до сегодняшнего дня. Далее, мы оценили ускорение

изменений, сравнивая современные темпы с темпами, которые наблюдались в предыдущем поколении. Из этого анализа следует вывод, что в основном большинство глобальных изменений произошло сравнительно недавно. Ни одна из изученных нами компонент не достигла 50% полной величины своего изменения раньше чем в XIX в. Большинство же прошли отметку 50% лишь во второй половине XX в.

Помимо этого общего вывода выявились четыре общие закономерности в преобразовании глобальной природной системы. Первая закономерность - это систематическое уничтожение лесов и эрозия почв, начавшиеся уже относительно давно и характеризующиеся растущими и в наше время темпами. Второй процесс, начавшийся относительно недавно и пока УСКОРЯЮЩИЙСЯ является в сокращении многообразия растительности, извлечении воды из гидрологического цикла, речных осадениях, содержащих углерод, азот и фосфор, и мобилизации потоков этих элементов в результате хозяйственной деятельности человека. Пока не существует достаточно оснований полагать, что человечество научилось управлять этими ускоряющимися изменениями окружающей среды в глобальном масштабе.

Более обнадеживающими являются тенденции замедления, прослеживаемые в процессах других ви-



РАЗРУШЕНИЕ ПОЧВЫ - результат некоторых видов деятельности человека. Показаны регионы, которым угрожает превращение в пустыню, недостаток топливной древесины, кислотные дожди, а также перегрузки, вызванные

попытками обеспечить продовольствием население, плотность которого превышает возможности местного сельского хозяйства. Данные ФАО и Научного комитета по проблемам окружающей среды ООН.

дов. Процесс уничтожения человеком наземных позвоночных животных достиг половины от своего современного уровня в конце XIX в. и в настоящее время развивается уже медленнее, чем в прошлом поколении. Последняя группа исследованных нами трансформаций - выбросы в окружающую среду серы, свинца, радиоактивные выпадения, выбросы органических растворителей и уничтожение морских млекопитающих - также представляет собой явления, присущие главным образом XX в., для которых наблюдается снижение темпов.

Данные, свидетельствующие о таком усредненном замедлении и достаточно грубо оцененные, еще не дают гарантии, что наблюдающееся замедление темпов этих процессов отражает возрастающую компетентность людей в вопросах управления ресурсами планеты. (Некоторые показатели, характеризующие темпы преобразований, могли, например, снизиться

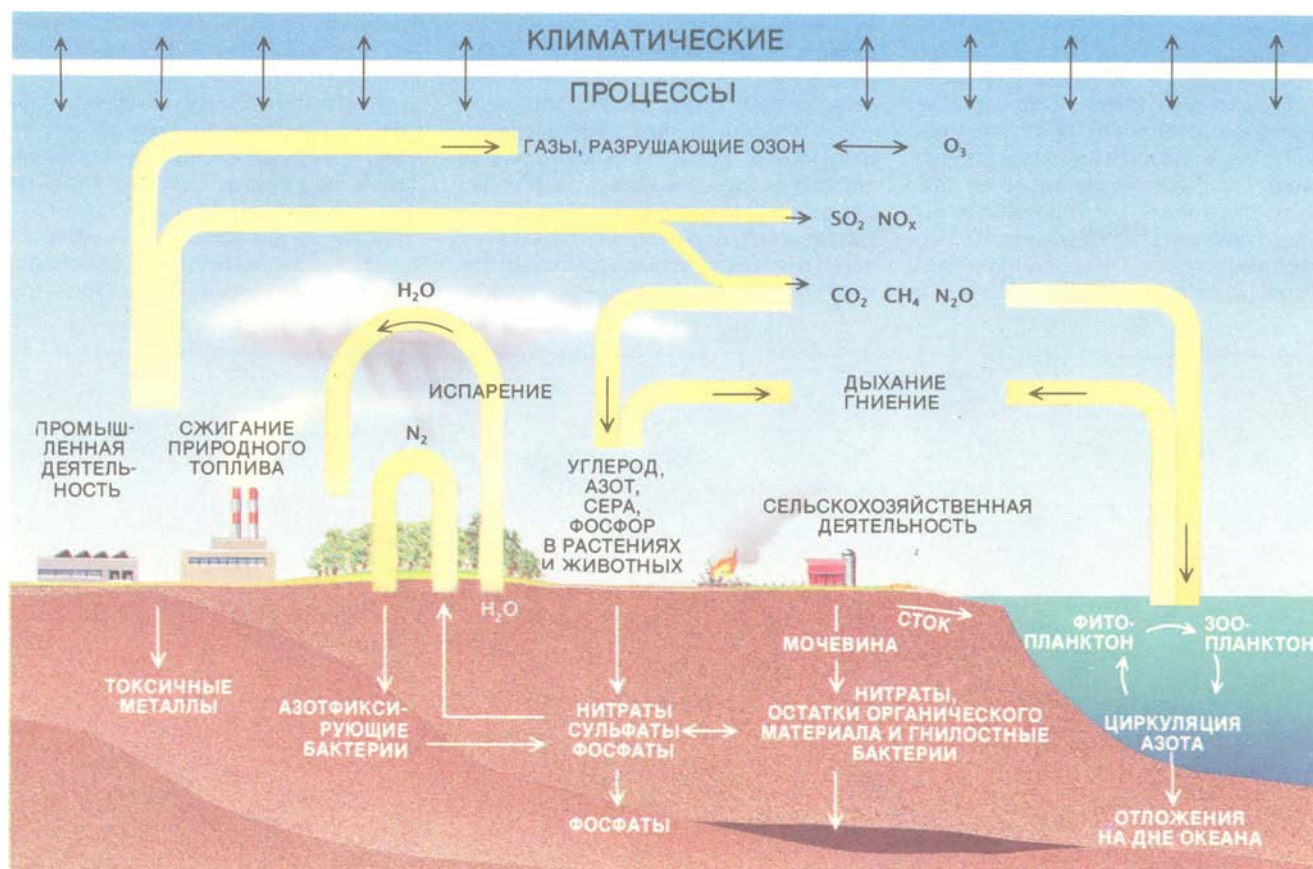
просто потому, что не осталось видов, которые можно было бы уничтожить, или потому, что мы перешли на более дешевое топливо, которое по чистой случайности содержит другие виды загрязнителей.) Тем не менее в большинстве рассмотренных случаев по крайней мере некоторую долю наблюдаемого замедления можно отнести за счет целенаправленных, крупномасштабных, рассчитанных на длительную перспективу усилий по разумному управлению ресурсами Земли.

ГЛОБАЛЬНЫЕ закономерности, рассмотренные нами выше в общих чертах, дают необходимую, но не достаточную картину для того, чтобы можно было наметить пути улучшения в нашем управлении планетой Земля. Необходимо также понимание той роли, которую играют региональные аспекты наблюдающихся изменений. Сколько-нибудь подробный анализ региональных си-

туаций выходит за рамки этой статьи, и все же полезно будет напомнить о том чрезвычайно широком диапазоне местных процессов, которые нужно будет учитывать, если процесс преобразования планеты человеком будет направлен на путь сбалансированного развития.

Любая классификация региональных перспектив сбалансированного развития неизбежно будет сопровождаться чрезмерным упрощением реальной действительности. Однако одним из наиболее поучительных упрощений становится картина различий во взаимодействии между окружающей средой и экономическим развитием, характерная для бедных и богатых регионов. Другое различие в таком взаимодействии наблюдается между районами с высокой и низкой плотностью населения. Сочетание этих двух факторов дает классификацию, проиллюстрированную на рисунке на с. 13.

Малонаселенные области с низки-



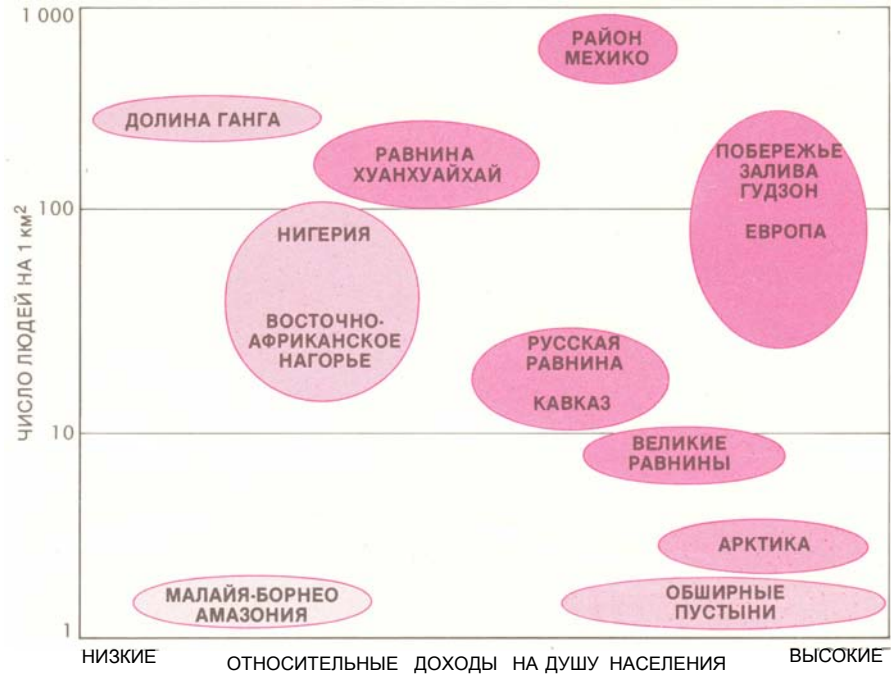
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ между климатом и потоками основных химических веществ управляют глобальными изменениями в окружающей среде на протяжении десятков или сотен лет. Эти взаимодействия опосредуются биотой и гидрологическим циклом, в котором вода попадает на землю из атмосферы с осадками и возвращается обратно в результате испарения. Мировой океан играет важную роль, придавая большую инерцию климатическим изменениям и действуя как резервуар для углерода и воды. Сельскохозяйственная деятельность человека влияет на природную

систему планеты, изменяя потоки нитратов, фосфатов и соединений углерода. При дыхании и разложении органического материала выделяется метан (CH₄). При сжигании ископаемого топлива высвобождаются большие количества углерода в виде CO₂, газа, который, так же как и CH₄, способствует потеплению на планете. Выбросы диоксида серы (SO₂) и оксидов азота (NO_x) способствуют выпадению кислотных осадков. Промышленные выбросы таких газов, как хлорфторуглероды (ХФУ), способствуют разрушению озона (O₃) и также влияют на климат.

ми доходами населения, такие как бассейн Амазонки и Малайя-Борнео, представляют собой пограничные зоны расселения, все еще доступные населению менее развитых стран. До недавнего времени здесь было очень мало людей, а «вторжения» из промышленно развитого мира ограничивались небольшими плантациями и добычей полезных ископаемых. За последние 20 лет ситуация здесь стала резко меняться, по мере того как проводилась вырубка лесов и в этих районах распространялось скотоводство. В результате произошло смешение мелкого и крупного сельского хозяйства, а также горнодобывающей промышленности, которое привело к весьма своеобразному изменению природного ландшафта, последствия которого еще невозможно оценить в полной мере. Тем не менее уменьшение биологического разнообразия и снижение биологической продуктивности представляются неизбежными (см. статью Э. Уилсона «Разнообразие живой природы под угрозой» на с. 48). Бедность не имеющих земли фермеров, занимающихся расчисткой земель под сельскохозяйственные угодья, и относительная слабость местных организаций, которые могли бы взять на себя преобразования, ведущие к сбалансированному развитию этих районов, представляют собой дополнительные трудности, с которыми придется столкнуться при осуществлении любой стратегии природопользования в глобальном масштабе.

В отличие от этого для малонаселенных районов с высоким уровнем капиталовложений в современные технологии, как правило, характерны классические суровые природные условия. К таким регионам относятся арктическое заполярье, пустыни, равнинные районы, где ведется добыча полезных ископаемых, и морские базы по переработке рыбы. Крупномасштабные преобразования здесь стали возможны лишь в последние несколько десятилетий, когда сочетание таких факторов, как научные знания, цены на мировом рынке и новые технологии, сделало развитие этих регионов экономически выгодным.

Некоторые виды природных изменений, связанных с этим развитием, - загрязнение нефтью, изменения речных режимов и трансформация ландшафта - привлекли к себе внимание широкой общественности. Другие же, такие, как загрязнение атмосферы, остались менее заметными. Необходимый для рационального управления этими регионами фундамент знаний пока остается слабым. Однако, поскольку основной действу-



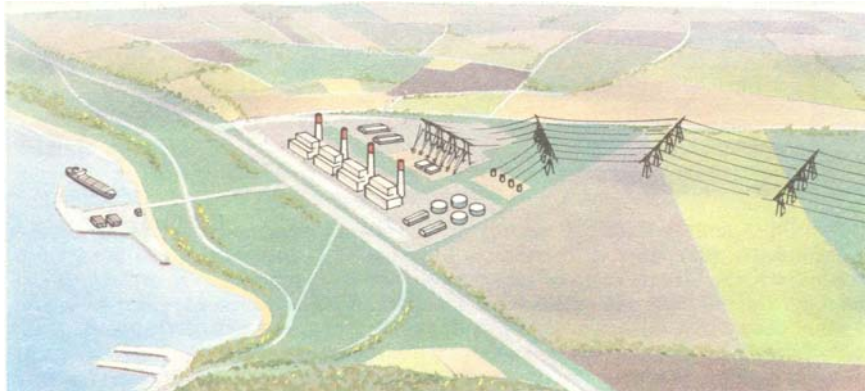
РАЗНООБРАЗИЕ РЕГИОНОВ по преобразованию окружающей среды можно представить диаграммой: плотность населения - относительное богатство. Районы с низкой плотностью населения и низким уровнем индустриализации включают многие пограничные зоны расселения, где сельскохозяйственная деятельность начала развиваться лишь недавно. В отличие от этого малонаселенные области со сравнительно высокими капиталовложениями обычно представляют собой территории с суровыми жизненными условиями, эксплуатируемые крупными компаниями по добыче полезных ископаемых. Хозяйство густонаселенных регионов с низкими доходами на протяжении длительного времени было аграрным; здесь задача заключается в том, чтобы повысить урожай, уменьшив в то же время нагрузку на землю. Наибольшая ответственность за выработку стратегий сбалансированного развития ложится на густонаселенные богатые регионы, обуславливающие непропорционально высокую нагрузку на окружающую среду. Диаграмма взята из работы Б. Тэрнера, Р. Кейтса и автора настоящей статьи.

ющей силой для большинства существенных трансформаций, по-видимому, являются крупные организации, здесь существует относительно хорошие возможности для принятия стратегий экологически сбалансированного развития.

Типичным густонаселенными регионами с низкими доходами являются долина реки Ганг в Индии и равнина Хуанхуайхай в Китае. Здесь веками господствовало интенсивное земледелие, а в последние десятилетия началось бурное промышленное развитие в растущих городских центрах. Главной проблемой здесь является ухудшение качества земель, так как все больше и больше людей занимаются сельским хозяйством на земле, которая и без того уже эксплуатируется на пределе возможного. Кроме того, быстрое развитие тяжелой индустрии в этих районах привело к проблемам загрязнения окружающей среды, сравнимым с теми, с которыми столкнулись в Европе несколько десятилетий назад. Важнейшая задача здесь заключается в том, чтобы обес-

печить занятость населения, которая увеличила бы его доходы и сняла избыточную нагрузку с земли, но так, чтобы не усложнить проблем, связанных с урбанизацией, или обострить конкуренцию в тяжелой промышленности, символизируемой дымящими трубами.

В ближайшей перспективе наибольшим потенциалом в выработке стратегий сбалансированного развития обладают густонаселенные богатые регионы промышленно развитых стран - на них возлагается и наибольшая ответственность за эти решения. Как уже неоднократно констатировалось при обсуждении проблем, связанных с разрушением озонового слоя и парниковым эффектом, передовые промышленно развитые государства несут ответственность за непропорционально большой вклад в неблагоприятное воздействие на глобальную природную среду планеты. Однако за последние несколько десятилетий в таких разных регионах, как Швеция, Япония и северо-восточная часть США, был достигнут значи-



ПОРТРЕТ БУДУЩЕГО - так называется совместная работа двух шведов, эколога Ларса Эммелина и художника Гуннара Брузевица, задавшихся целью показать, как в будущем может выглядеть Швеция в зависимости от выбранного пути развития. На этих двух иллюстрациях, основанных на подлинных картинах Брузевица, показан район южной Швеции, таким, каким он может быть в 2015 г. Вверху показан этот район, развивавшийся по сценарию «Солнечная Швеция» с ветряными электростанциями и плантациями по выращиванию биомассы; внизу - та же местность по сценарию «Ядерной Швеции».

тельный прогресс в многочисленных региональных подходах к защите окружающей среды. Были расширены лесные массивы, снизились выбросы серы, популяции исчезнувших в этих местах биологических видов были успешно восстановлены. Очевидно, что многие из этих «экологических» достижений являются просто побочными эффектами экономических изменений, не связанных с проблемами окружающей среды. Другие же отражают тенденцию экспорта разрушительных для природы видов хозяйственной деятельности в менее «счастливые» регионы мира. Однако в развитых странах прогресс в этой области все в большей мере достигается за счет систематических мер по предотвращению бесконтрольного развития, и здесь начался процесс создания такой окружающей среды, в которой хотело бы жить население этих стран.

КАкой ЖЕ природной среды **НО** достичь, следуя этим страте-

гиям? Какое развитие способна поддерживать такая природная среда? Помимо знания основ того, как действует глобальная природная система и как с ней взаимодействует развивающаяся экономика, необходимо также понимание той роли, которую могут сыграть политические решения в связи с изменениями, происходящими в окружающей среде.

Нужно прежде всего отметить, что стратегия управления планетой должна быть гибкой - значение этого требования невозможно переоценить (см. статью У. Рукельсхауса «Сбалансированность как глобальная стратегия» на с. 110). Научно обоснованное понимание глобальных изменений еще далеко не полно и будет оставаться неполным в обозримом будущем. Сюрпризы, подобные образованию озоновой «дыры» в стратосфере, будут и впредь возникать и требовать принятия опережающих мер в условиях недостаточной научной обоснованности. Наше понимание экономических и социальных про-

цессов, способствующих глобальным природным изменениям, еще хуже. Обычные прогнозы роста народонаселения и энергопотребления могут оказаться привычной несостоятельностью. Наука может, конечно, помочь, однако решающим условием для эффективного управления ресурсами планеты будет способность к выработке гибкой политики, которая позволила бы своевременно реагировать на любые неожиданности природы. Чтобы обрести эту способность, нужно развить умелое руководство и достичь профессиональной компетентности по крайней мере в четырех сферах.

Во-первых, необходимо, чтобы информация, на основе которой люди и организации принимают решения, была в большей степени ориентирована на цели сбалансированного развития. Часть задачи - и это стоит повторить еще и еще раз - заключается просто в том, чтобы всемерно поддерживать фундаментальные научные исследования и программы повсеместного мониторинга, которые пополняют наши знания о глобальных изменениях в окружающей среде. Важно также улучшить поток информации, связанной с существующей системой цен, с регулируемыми факторами и экономическими стимулами. Неспособность современных моделей экономического развития учесть реальные издержки, вызванные изменениями в окружающей среде в результате человеческой деятельности, приводят только к неэффективному природопользованию. Искусственно поддерживаемые высокие цены на многие виды сельскохозяйственной продукции значительно обострили проблемы загрязнения и ухудшения качества земли во многих частях света. Целевые правительственные субсидии существенно повлияли на уничтожение лесов. Все эти искаженные информационные сигналы должны быть пересмотрены при выработке гибкой политики, направленной на сбалансированное развитие.

Вторым необходимым условием становится разработка и реализация технологий, на которых может быть основано сбалансированное развитие. Эти технологии должны быть экономичными с точки зрения потребления ресурсов, не загрязняющими (а еще лучше восстанавливающими) окружающую среду и в то же время необременительными экономически. В статьях этого номера журнала, посвященных сельскому хозяйству, энергетике и промышленному производству, сказано, что уже был достигнут значительный технический прогресс на пути к тому, чтобы конечная про-

дукция и услуги как можно меньше оказывали неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Удивительно, но часто стоимость экологически безвредных технологий оказывается ниже: именно благодаря экономической рентабельности -- а не заботе об окружающей среде -- удалось вдвое снизить отношение объема потребляемой энергии к валовому национальному продукту США по сравнению с максимальным значением, имевшим место в начале 20-х годов.

Были разработаны также технологии для восстановления земель, подвергшихся засолению, закислению или разрушению при добыче полезных ископаемых; в настоящее время эти технологии эффективно применяются в региональном масштабе. Чтобы приспособить эти новые технологии к специфическим местным условиям и разнообразным противоречиям между сохранением окружающей среды и экономическим развитием, с которыми приходится сталкиваться в различных регионах мира, требуются решения на политическом уровне.

Третье условие, необходимое для гибкого управления ресурсами планеты, -- это создание как на национальном, так и на международном уровне механизмов, позволяющих координировать деятельность организаций, занимающихся вопросами защиты окружающей среды. Необходимость в заключении официальных международных соглашений в этой области подчеркивалась в Монреальском протоколе о веществах, разрушающих озоновый слой, и при обсуждении возможного международного закона об атмосфере. Действительно, сейчас уже действует более десяти всеобщих конвенций по защите окружающей среды.

Помимо мер, принимаемых на этом высшем уровне, существует БОЛЬШОЕ число неправительственных организаций, правительственных агентств и международных организаций, пытающихся сыграть какую-то роль в управлении ресурсами планеты. Можно, конечно, многое сказать в пользу такого плюрализма. Однако, не создается ли такое положение, когда слишком многие участвуют в конференциях, выдвигают декларации и наносят визиты в качестве экспортеров, а тех, кто действительно готов сделать что-либо полезное, остается совсем мало, причем у них, как правило, не хватает ни средств, ни времени? Необходимо в самом ближайшем будущем на международном уровне собрать форум, где можно было бы на уровне министров регулярно обсуждать и проводить в жизнь меры по

координации усилий в управлении ресурсами, подобно тому, как это уже делается в области международной экономической политики. Так же, как и в экономической политике, существование такого официального правительственного органа на высшем уровне, занимающегося вопросами охраны окружающей среды и развития, дало бы повод для параллельных обсуждений, включающих неправительственные организации и частных лиц.

Наконец, четвертое необходимое условие для гибкого управления планетой, заключается в наличии желания и способности постоянно размышлять о ценностях и целях, направляющих наши усилия. В определенном и очень важном смысле концепция сбалансированного развития получила даже больший резонанс, чем рассчитывали умудренные члены Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию. Отдельные люди, организации и целые государства приняли эту концепцию в качестве отправной точки для переосмысления своего взаимодействия с окружающей средой на всем земном шаре.

В Советском Союзе экологические вопросы стали одной из основных тем, обсуждавшихся на I съезде народных депутатов СССР. В Кении на-

чались работы в рамках прогрессивного проекта, поддерживаемого Африканской академией наук, целью которого является исследование и предложение альтернативных вариантов развития этого континента в XXI в. В ФРГ комиссия высокого уровня, представляющая все политические партии и научную общественность, разработала общий принцип -- Vorsorge (предохранение), с учетом которого должна строиться политика государства в области защиты окружающей среды. В Швеции национальным бестселлером и центральной темой политических дебатов стала работа ученых, специалистов по вопросам окружающей среды, и художника Гуннара Брузевица, объединивших усилия для создания «портретов будущего» -- шведских ландшафтов при альтернативных путях развития страны.

Пока еще далеко не ясно, какую роль в конечном итоге сыграют эти и подобные им исследования, проводимые по всему миру, в рациональном управлении воздействием, которое человек оказывает на природную среду. Однако нет никаких сомнений в том, что, несмотря ни на что, эти усилия являются отражением растущей решимости идти по пути разумного, ответственного управления нашей планетой.

Книги издательства „Мир“

М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд
**ЭКОЛОГИЯ:
ОСОБИ, ПОПУЛЯЦИИ И СООБЩЕСТВА**

В 2-х томах
Перевод с английского

Написанный английскими авторами учебник по теоретическим основам современной экологии. Благодаря широте охвата материала может служить справочным пособием. Отличается от ранее выпущенных книг по экологии аналитической, объяснительной направленностью и насыщенностью новыми

фактами и идеями. В первом томе рассматривается связь организмов с внешней средой и взаимодействия между организмами. Второй том посвящен проблеме сообществ, их организации и структуре.

Для специалистов-экологов, студентов и аспирантов биологических факультетов.

1989 г. Т. 1 — 45 л., 3 р. 60 к., Т. 2 — 34 л., 2 р. 80 к.

Эти книги вы можете приобрести
в магазинах научно-технической литературы.



Меняющаяся атмосфера

Под влиянием человеческой деятельности изменяется сложная смесь газов в атмосфере. Некоторые следствия этих изменений уже проявляются в виде кислотных дождей и смога.

Другие ждут нас в будущем

ТОМАС Э. ГРЕЙДЕЛ, НАУ ЛЬ ДЖ. КРУТЦЕН

АТМОСФЕРА Земли никогда не оставалась неизменной: ее состав, температура и способность к самоочищению непрерывно менялись с тех самых пор, как сформировалась наша планета. Однако в последние два столетия эти изменения стали идти с заметной скоростью: в частности, состав атмосферы меняется значительно быстрее, чем когда-либо в истории человечества.

Учащаются и усиливаются следствия этих изменений: вымывание из атмосферы кислот, коррозия материалов на открытом воздухе, смог в городах и утончение слоя стратосферного озона (аз), который защищает Землю от губительного ультрафиолетового излучения Солнца. Ученые полагают также, что в скором времени на нашей планете станет теплее (что вызовет значительные изменения климата) из-за усиления парникового эффекта - влияния газов, которые поглощают инфракрасную радиацию, испускаемую поверхностью планеты, и переизлучают эту радиацию назад к поверхности.

Как это ни удивительно, но столь важные явления не связаны с изменениями в содержании основных составляющих атмосферного воздуха. За исключением водяного пара, содержание которого меняется в довольно широких пределах, концентрации основных компонентов атмосферного воздуха, составляющих 99,9910 атмосферы по объему, а именно азота (N₂), кислорода (O₂) и не вступающих ни в какие реакции благородных газов, остаются практически постоянными на протяжении длительного периода - дольше, чем существует на Земле человек. Перечисленные выше эффекты связаны с изменениями главным образом возрастанием концентраций некоторых второстепенных компонентов атмосферного воздуха - газовых примесей. К ним относятся диоксид серы (SO₂), два оксида азота - монооксид (NO) и диоксид (NO₂), обозначаемые общей формулой NO_x, - и ряд хлорфторуглеродов.

Например, диоксид серы редко содержится в атмосфере в большей концентрации, чем 50 млрд-1 даже там, где велики его выбросы, однако он вносит вклад в кислотные осадки, коррозию камня и металлов и часто служит причиной пониженной видимости. Оксиды азота NO_x, концентрации которых также малы, играют определенную роль в образовании кислотных осадков и так называемого фотохимического смога - продукта химических реакций, идущих в атмосфере под воздействием солнечного света. Хлорфторуглероды, концентрация которых в совокупности составляет лишь одну часть на миллиард, несут основную ответственность за утончение слоя озона в стратосфере. В дополнение к этому хлорфторуглероды наряду с метаном (CH₄), оксидом азота (N₂O) и диоксидом углерода (CO₂) - самой распространенной из газовых примесей (средняя концентрация 350 млн-1) - создают уже упоминавшийся парниковый эффект.

Гидроксильный радикал (OH) обладает высокой реакционной способностью и играет важную роль в атмосфере, хотя присутствует в очень малой концентрации - менее 0,00001 млрд-1. Однако «направленность» его действия обратная: он способствует очищению атмосферы. В будущем его содержание в атмосфере может уменьшиться.

Разумеется, содержание некоторых атмосферных газов зависит в определенной мере от «работы» природных источников. Вулканы, например, могут выбрасывать соединения серы и хлора в тропосферу (нижний слой атмосферы, простирающийся до высоты 10 - 15 км) и в стратосферу (с верхней границей на высоте 50 км). Вместе с тем совершенно ясно: за большую часть тех изменений, которые произошли за последние 200 лет, ответственна человеческая деятельность. К ней относятся: сжигание ископаемого топлива (угля и нефти) для получения энергии, сжигание биомассы (растительности), сведение лесов и

другая промышленная и сельскохозяйственная деятельность.

КАКОЙ вид человеческой деятельности определяет конкретный вид эмиссии? Каким образом изменения концентрации газовых примесей приводят к такому «букету» эффектов? Насколько серьезно стоит проблема и каковы следствия этих эффектов для планеты? Хотя обстоятельные ответы на эти вопросы еще предстоит получить, дружные усилия химиков, метеорологов, специалистов по физике Солнца и космоса, геофизиков, биологов и экологов привели к тому, что впереди забрезжил просвет.

Междисциплинарное сотрудничество - это решающий фактор, поскольку механизмы, определяющие поведение газов в атмосфере, и процессы, лежащие в основе их взаимодействия, очень сложны и не до конца поняты. Так, например, химические реакции, в которые вступает газ в атмосфере, могут изменяться в зависимости от газового состава и смеси частиц в данном месте, от температу-

СЖИГАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ - обычная практика в тропиках ведет к выделению в атмосферу сажи и некоторых газов, в частности диоксида углерода (CO₂), монооксида углерода, или угарного газа (CO), углеводородов, монооксида азота (NO) и диоксида азота (NO₂). Этот и другие виды человеческой деятельности (например, сжигание ископаемого топлива) в значительной степени повинны в резком возрастании в последние два столетия концентрации в атмосфере многих газовых примесей. В результате учащаются такие нарушения окружающей среды, как кислотные осадки и смог в городах, утончается стратосферный слой озона, поглощающий губительный для живых организмов солнечный ультрафиолет. Ожидается также, что на планете произойдет потепление климата, причина которого - накопление парниковых газов, задерживающих у Земли инфракрасную радиацию, излучаемую поверхностью.



ры, интенсивности солнечной радиации, типов облаков, осадкообразования и характера воздушных потоков, которые переносят химические вещества в горизонтальном и вертикальном направлениях. Сами реакции в свою очередь определяют, как долго газ остается в атмосфере, а значит, и то, оказывает ли он и продукты его взаимодействия с другими веществами глобальное воздействие на окружающую среду, или же это воздействие носит локальный характер.

Одним из результатов исследований явилось более глубокое понимание связи между эмиссией различных газов и определенными видами человеческой деятельности. Известно, что сжигание ископаемого топлива в целях получения энергии приводит к выбросам значительного количества диоксида серы (в особенности это касается сжигания угля), оксидов азота (образующихся при нагревании в воздухе азота и кислорода) и диоксида углерода. Если сгорание топлива неполное, образуется также монооксид углерода, или угарный газ (CO), раз-

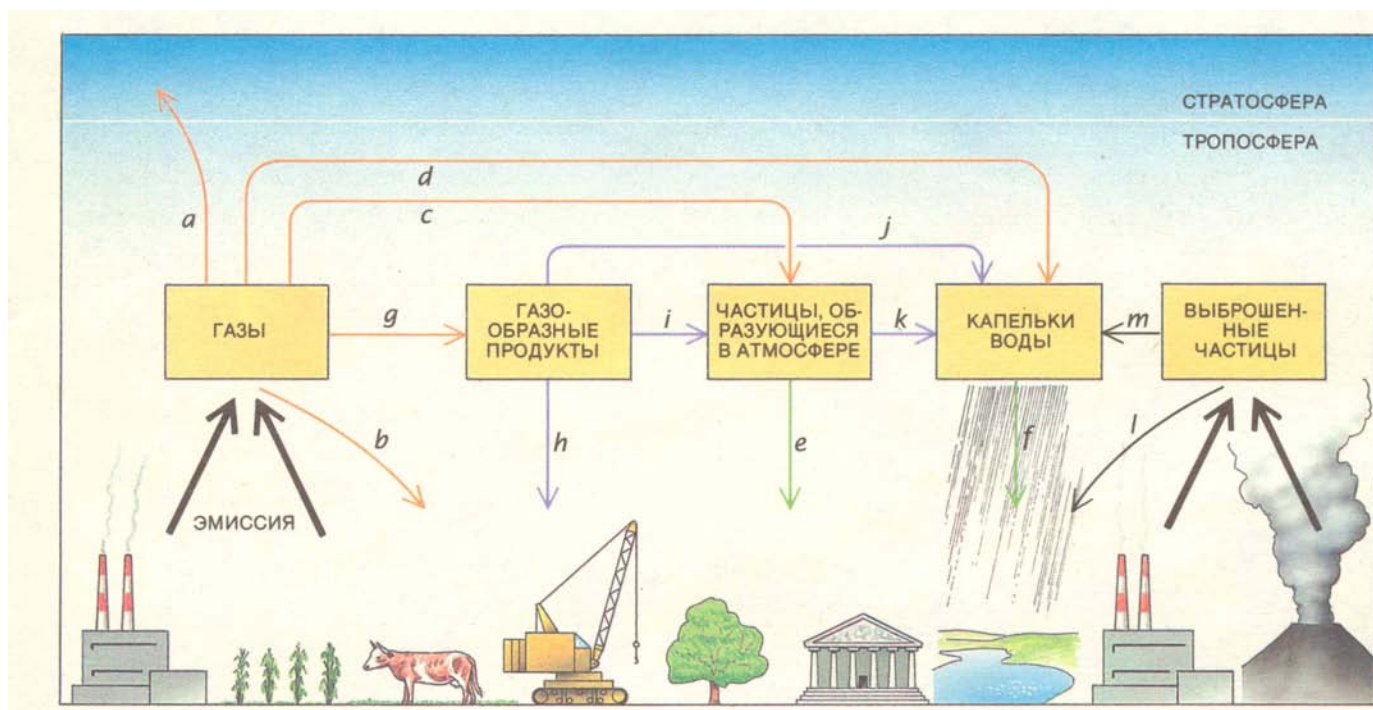
личные углеводороды (включая метан) и сажа (частицы углерода). Другие виды хозяйственной деятельности (например, плавильное производство) сопровождаются выбросами в атмосферу диоксида серы, а также хлорфторуглеродов и токсичных металлов.

К эмиссии газов в атмосферу приводят и некоторые сельскохозяйственные мероприятия. Выжигание лесов и саванновой растительности в тропических и субтропических регионах, ведущееся в целях создания пастбищ и пахотных земель, служит причиной поступления в атмосферу дополнительного количества монооксида углерода, метана и оксидов азота NOx. Кроме того, из почвы, обнажающейся после сведения лесов, выделяется N₂O; источником этого же газа служат азотные удобрения. Метан «производят» домашние животные (фактически эту роль выполняют бактерии, обитающие в пищеварительном тракте коров и других травоядных животных и потребляющие кислород). Значительна эмиссия метана в

районах, занятых рисовыми плантациями; учет этого источника важен особенно потому, что рис составляет основу пищевого рациона многочисленного населения в тропиках и субтропиках.

Исследования, проводимые в последнее время, позволили также лучше понять, какие эффекты оказывают все возрастающие антропогенные выбросы. Например, теперь мы знаем, что «кислотные дожди» (к которым относят также кислотные снег, туман и росу) являются в основном побочным продуктом химических реакций в атмосфере, в которых участвуют оксиды азота NOx и диоксид серы. В ходе различных реакций, таких как соединение с гидроксидом, эти газы могут превращаться соответственно в азотную кислоту (HNO₃) и серную кислоту (H₂SO₄), которые хорошо растворяются в воде. Капельки такого раствора, падающие на землю, и представляют собой кислотный дождь.

Поскольку водяные капли быстро удаляются из атмосферы, кислотный



ПОВЕДЕНИЕ ГАЗОВ, попавших в атмосферу, может быть различным. Газ (оранжевые стрелки), который не вступает в химические реакции и не растворяется в воде (a), будет распространяться через тропосферу (нижний слой атмосферы толщиной 10-15 км) и в некоторых случаях через стратосферу (простирающуюся до высоты 50 км), хотя часть этого газа может поглощаться растениями, почвой или водой (b). Если газ растворим в воде, он может растворяться в жидкой оболочке твердой частицы (c) или в капельке воды (d) - в основном в облаках. Эти частицы и капельки переносят газ к поверхности (зеленые стрелки) непосредственно (e) или в виде дождя, снега, тумана и росы (f). Многие газы обладают достаточно высокой реакционной способностью, чтобы вступать в атмосфере в реакции (g), обусловленные главным образом взаимодействием с

гидроксильным радикалом (OH). Образующиеся газообразные продукты (фиолетовые стрелки) могут в некоторых случаях выпадать на землю в виде «сухих» осадков (h), но, поскольку они лучше растворяются в воде, чем исходные вещества, они легче поглощаются жидкими оболочками частиц (i), а также - непосредственно (j) или опосредованно (k) - капельками воды. Таким образом, газообразные продукты химических реакций в атмосфере могут быстро удаляться из атмосферы (e, f) и реже, чем реагенты, выходят за пределы тропосферы. Поведению попавших в атмосферу частиц (черные стрелки) сходно с поведением газов. Они могут выпадать на землю непосредственно (l) или присоединяться к капелькам воды (m) и возвращаться на поверхность с осадками.

ГАЗ	ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ	РАЗРУШЕНИЕ СЛОЯ ОЗОНА	КИСЛОТНЫЕ ОСАДКИ	СМОГ	КОРРОЗИЯ	ПОНИЖЕННАЯ ВИДИМОСТЬ	ОСЛАБЛЕНИЕ САМООЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
МОНОКСИД УГЛЕРОДА (CO)							+
ДИОКСИД УГЛЕРОДА (CO ₂)	+	+/-					
МЕТАН (CH ₄)	+	+/-					+/-
NO _x : МОНОКСИД АЗОТА (NO) И ДИОКСИД АЗОТА (NO ₂)		+/-	+	+		+	-
ОКСИД АЗОТА (N ₂ O)	+	+/-					
ДИОКСИД СЕРЫ (SO ₂)	-		+		+	+	
ХЛОРФТОРУГЛЕРОДЫ	+	+					
ОЗОН (O ₃)	+			+			-

ГАЗ	ОСНОВНЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ	ВЫБРОСЫ (АНТРОПОГЕННЫЕ/ СУММАРНЫЕ) В ГОД В МЛН. ТОНН	СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ ПРЕБЫВАНИЯ В АТМОСФЕРЕ	СРЕДНЯЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ 100 ЛЕТ НАЗАД, млрд-1	ПРИМЕРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ СЕГОДНЯ, млрд -	ПРОГНОЗИРУЕМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ В 2030г., млрд-1
МОНОКСИД УГЛЕРОДА (CO)	Сжигание ископаемого топлива, сжигание биомассы	70012000	Месяцы	? Сев. полушарие, 40-80, Южн. полушарие (Чистая атмосфера)	100-200 Сев. полушарие, 40 - 80 Южн. полушарие (Чистая Сиа́тмосфера)	Вероятно, возрастет
ДИОКСИД УГЛЕРОДА (CO ₂)	Сжигание ископаемого топлива, сведение лесов	001 00	100 лет	290 000	350000	400 000 - 550 000
МЕТАН (CH ₄)	Рисовые поля, скот, свалки, производство ископаемого топлива	300 - 400/550	10 лет	900	1700	2200-2500
ГАЗЫ NO _x	Сжигание ископаемого топлива, сжигание биомассы	20 - 01 0 - 50	Сутки	0,001 - ? (От чистой до. ИНДУСТРИАЛЬНОЙ)	0,001 - 50 (От чистой до индустриальной)	0,001 - 50 (От чистой до индустриал ~..ой)
ОКСИД АЗОТА (N ₂ O)	Азотные удобрения, сведение лесов, сжигание биомассы	6/25	170 лет	285	310	330-350
ДИОКСИД СЕРЫ (SO ₂)	Сжигание ископаемого топлива, плавильное производство	100-130/150 - 200	От суток до неделя	O, O ₃ ? (От чистой до индустриальной)	0,03 50 (От чистой до индустриальной)	0,03-50 (От чистой до индустриальной)
ХЛОРФТОРУГЛЕРОДЫ	Аэрозоли, хладагенты, пены	1/1	От 60 до 100 лет	0	Около 3 (По атомам хлора)	2,4 6 (По атомам хлора)

ГАЗОВЫЕ ПРИМЕСИ и связанные с ними нарушения окружающей среды (вверху). Знак плюс означает, что газ усиливает данный эффект, знак минус означает, что он ослабляет его действие. В ряде случаев влияние газа неоднозначно, тогда употребляется знак « +/- ». Например, влияние диоксида углерода, оксидов NO_x и N₂O на уменьшение толщины слоя озона зависит от высоты. Метан в целом ослабляет этот эффект, исключая район, занятый озонной дырой, а его влияние на самоочищение атмосферы (посредством уменьшения количества гидроксила) различно в Северном и Южном полушариях: в Южном полушарии метан ослабляет способность атмосферы к самоочищению, в Северном наоборот. Концентрации многих газов существен-

но возрастут в ближайшие 40 лет, если антропогенные выбросы будут и дальше увеличиваться (внизу). Для газов, время жизни которых составляет годы, приведены средние оценки по земному шару. Концентрации оксидов азота NO_x и диоксида серы над основными промышленными районами могут и не возрасти существенно в ближайшие 40 лет, но загрязненных ими мест, особенно в развивающихся странах - будет становиться все больше. Концентрация хлорфторуглеродов выражена через число атомов хлора, поскольку каждая молекула этих веществ содержит, как правило, более одного атома хлора, разрушающего озон.

пиках, вредные примеси в воздухе будут появляться там все чаще и чаще. Это обстоятельство вызывает особенное беспокойство, поскольку свойства почвы в этих регионах делают здешние экосистемы более уязвимыми по отношению к смогу, чем в средних широтах.

Если снижение концентрации озона вблизи поверхности оказало бы оздоравливающее влияние на загрязненные районы, то снижение концентрации стратосферного озона опасно, поскольку следующее за этим увеличение интенсивности ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности, влечет за собой много неприятных последствий. Оно повышает частоту раковых заболеваний кожи и катаракты, повреждает сельскохозяйственные культуры и разрушает фитопланктон - микроскопические растения, являющиеся начальным звеном пищевой цепи в океане.

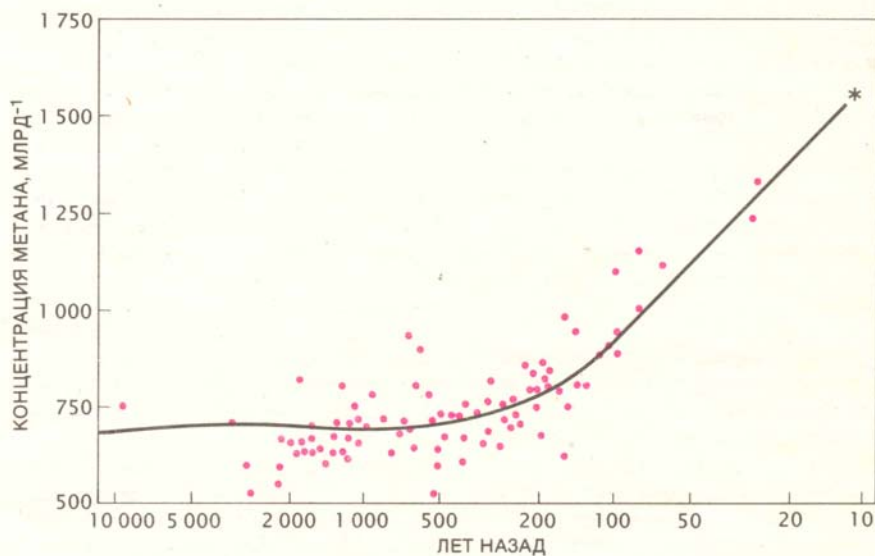
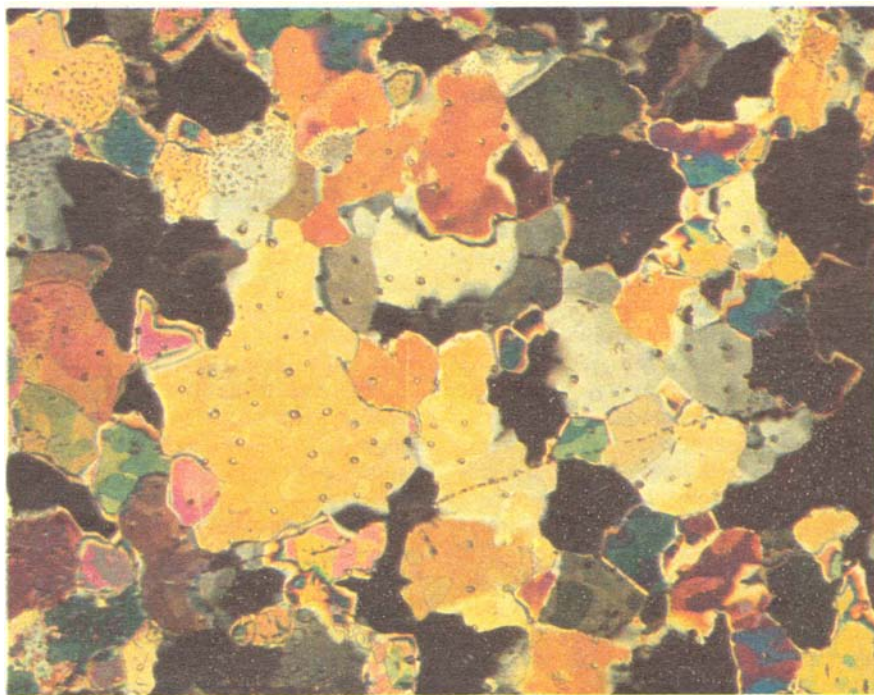
До сих пор утончение слоя озона в стратосфере было наиболее выражено над Антарктикой, где с 1975 г. каждую весну Южного полушария образуется озонная «дыра» - область резко пониженной концентрации озона. В последнее десятилетие весеннее содержание озона над Антарктикой снизилось на 50070 (см. статью: Ричард С. Столарски. Озонная дыра над Антарктикой. «В мире науки», 1988, №3). Выводы о состоянии слоя озона в целом по земному шару пока еще делать рано, но уже сейчас можно сказать о том, что за последние 20 лет зимой и ранней весной в средних и высоких широтах Северного полушария потери озона составляли от 2 до 10%, причем большие потери отмечались в высоких широтах.

ТЕПЕРЬ мы совершенно точно знаем, что главными виновниками снижения концентрации озона в стратосфере являются хлорфторуглероды, в особенности ХФУ-II (CFCl_3) и ХФУ-12 (CF_2Cl_2). Эти антропогенные вещества, выбросы и концентрация которых быстро растут с начала их применения несколько десятилетий назад, широко используются в качестве хладагентов, распылителей и растворителей, а также при производстве пен. Причина такой их популярности частично объясняется тем, что поначалу все были зачарованы одним их замечательным свойством: в нижних слоях атмосферы они практически не вступают в химические реакции и поэтому не оказывают токсичного воздействия на живые организмы.

К сожалению, именно их «инертность» и позволяет им попадать в стратосферу без особых изменений. Там под воздействием сильного ультра-

фиолетового излучения они расщепляются с высвобождением атомов хлора. Последние и способствуют разрушению озона, выступая в роли катализатора в реакции превращения озона в кислород. (Катализаторы ускоряют химические реакции, но сами в конечном счете не изменяются.) Каждый атом хлора становится причиной разрушения многих тысяч молекул озона. Вследствие выбросов хлорфторуглеродов, по крайней мере в значительной мере из-за этого, содержание хлорированных соединений в

ми в конечном счете не изменяются.) Каждый атом хлора становится причиной разрушения многих тысяч молекул озона. Вследствие выбросов хлорфторуглеродов, по крайней мере в значительной мере из-за этого, содержание хлорированных соединений в



КРИСТАЛЛЫ ЛЬДА в образце из Гренландии, сфотографированные в поляризованном свете, имеют возраст около 1000 лет. Заметные в них крошечные пузырьки воздуха «содержат» информацию о концентрациях газовых примесей в древние эпохи; к этим примесям относятся помимо других газов диоксид углерода и метан. Изучение кернов льда из Гренландии и Антарктики показывает, что в среднем по земному шару концентрация метана оставалась примерно постоянной (700 млрд⁻¹) в период от 10 000 до 300 лет назад, а примерно 100 лет назад начала резко возрастать (внизу). Красные точки соответствуют данным, полученным по измерениям характеристик льда; звездочка представляет среднюю по земному шару величину для конца 1970-х годов - примерно 1500 млрд⁻¹. Микрофотография сделана Честером К. Лангуэем из Университета шт. Нью-Йорк в Буффало.

стратосфере в наше время в 4-5 раз выше естественного уровня и продолжает увеличиваться со скоростью 5070 в год. Этот факт показывает, насколько серьезное влияние может оказывать человеческая деятельность на стратосферу.

Стратосферный озон (O₃) образуется, когда молекула кислорода (O₂) поглощая коротковолновую радиацию, распадается на два атома кислорода (O); каждый из этих атомов соединяется с другой молекулой кислорода, образуя молекулу озона. В обычных условиях в результате фотохимических реакций, в которых катализатором служат оксиды азота NO_x, озон разрушается с такой же скоростью, с какой образуется. Хлор нарушает этот естественный баланс, в результате чего потери озона увеличиваются (см. текст в рамке на с.19).

В Антарктике и в какой-то степени в Арктике низкие температуры способствуют ускорению каталитического цикла с участием хлора, поскольку при низкой температуре из воздуха удаляются оксиды азота, препятствующие протеканию этих реакций (пары воды и NO_x замерзают, образуя так называемые полярные стратосферные облака). Кроме того, на частицах облаков с большей легкостью идут химические реакции, в ходе которых хлор высвобождается из соединений, в обычных условиях с озоном не реагирующих, - соляной кислоты (HCl) и нитрата хлора (ClONO₂).

Даже если бы хлорфторуглероды перестали поступать в атмосферу совсем, химические реакции, ведущие к разрушению озона, продолжались бы еще по меньшей мере столетие. Причина этого проста: хлорфторуглероды надолго остаются в атмосфере и будут проникать в стратосферу из тропических «резервуаров» спустя длительное время после того, как прекратятся выбросы.

Если уточнение стратосферного слоя озона обусловлено влиянием главным образом одного класса антропогенных веществ - хлорфторуглеродов, то угрожающее Земле быстрое потепление объясняется сочетанием целого ряда выбросов. Насколько может подняться температура на земном шаре в ближайшие годы, мы еще не знаем. Очевидно одно: содержание в атмосфере газов, поглощающих инфракрасную радиацию, таких как диоксид углерода, метан, хлорфторуглероды и оксиды азота, возросло в последние десятилетия до такой степени, что потепление климата стало неизбежным.

Задерживание тепла вблизи поверхности перечисленными газами естест-

венного происхождения - процесс очень важный для поддержания жизни на планете. Не будь его, температура на Земле была бы слишком низкой для того, чтобы здесь могли обитать живые организмы. Однако перспектива быстрого повышения температуры даже на несколько градусов Цельсия вызывает беспокойство, поскольку никто не может точно предсказать, какое влияние оно окажет на окружающую среду - например, на выпадение осадков или на уровень моря. Все эти изменения будут, скорее всего, происходить очень быстро, так что земным экосистемам и человеку будет очень трудно к ним приспособиться.

Исключительно высокие темпы накопления парниковых газов в атмосфере становятся очевидными, если сопоставить то, каким было их содержание в прошлом и каким оно стало сейчас. Такой анализ был проведен для многих газов, в том числе для диоксида углерода, который один задерживает половину тепла в атмосфере, и метана - гораздо более эффективного поглотителя инфракрасной радиации, хотя и присутствующего в атмосфере в существенно меньших концентрациях.

«История» диоксида углерода и метана в атмосфере может быть реконструирована по измерениям концентраций этих газов в пузырьках воздуха, включенных в лед в таких вечно холодных местах, как Антарктида и Гренландия. В силу того что эти газы относятся к долго живущим и потому более-менее равномерно распределены вокруг земного шара, образцы из полярных областей дают возможность определить средние концентрации этих газов в атмосфере в минувшие исторические и геологические эпохи.

Анализ пузырьков воздуха, заключенных во льду, показывает, что концентрации диоксида углерода и метана оставались постоянными с конца последнего ледникового периода (около 10 тыс. лет назад) до ХУП в. нашей эры и составляли соответственно 260 млн-1 и 700 млрд-1. Триста лет назад концентрация метана начала возрастать, а примерно 100 лет назад концентрации этих газов подскочили до их современных отметок - 350 млн-1 у диоксида углерода и 1700 млрд-1 у метана. Кроме того, непосредственные измерения по всему земному шару, проведенные несколькими исследователями в последнее десятилетие, показали, что концентрация атмосферного метана растет со скоростью 1% в год - быстрее, чем концентрация диоксида угле-

Увеличение содержания обоих газов в XX в. в значительной мере должно быть отнесено на счет все возрастающей роли человеческой деятельности в эмиссии этих газов. Дополнительная эмиссия диоксида углерода обусловлена главным образом сжиганием ископаемого топлива и сведением лесов в тропиках; для метана - это возделывание риса, разведение скота, сжигание биомассы в тропических лесах и саваннах, жизнедеятельность бактерий на свалках бытовых отходов и утечки газа при добыче и транспортировке угля, нефти и природного газа. В следующем веке население Земли возрастет, а вместе с ним возрастут потребности в энергии, рисе и мясе, а это приведет к тому, что содержание метана в атмосфере, возможно, удвоится. Потепление климата, вызываемое метаном и другими газовыми примесями, может сравняться по величине с потеплением, обусловленным диоксидом углерода.

Что будет происходить с другими газовыми примесями? Авторы статьи, равно как и некоторые другие исследователи, проделали экстраполяцию данных, относящихся к древним эпохам и нашему времени; чтобы дать прогноз на будущее; при этом в расчет принималось ожидаемое увеличение численности населения и потребления энергии. Эти оценки показывают, что в ближайшие 100 лет возрастет содержание в атмосфере практически всех газовых примесей. Воспрепятствовать этому могут только переход на новые технологии и принятие мер по экономии энергии, направленные на то, чтобы уменьшить зависимость от угля (содержащего в большом количестве серу) как основного источника энергии.

Приведем один пример. В сотрудничестве с другими исследовательскими группами мы проанализировали данные о выбросах диоксида серы на северо-востоке США и в Европе и попытались понять, каким были и будут концентрации этого соединения в указанных районах, а также в долине Ганга в Индии, где промышленных предприятий гораздо меньше (см. рисунок на с. 24). Анализ данных для США показал, что в период с 1890 по 1940 г. происходило быстрое увеличение концентрации атмосферного диоксида серы, причем происходило одновременно с ростом числа заводов и новых электростанций. Затем концентрация диоксида серы выровнялась, а в 1960-х и 1970-х годах она снизилась. В значительной степени это уменьшение концентрации было связано с переходом на новое горючее -

нефть (содержащую мало серы), а также с принятием ряда юридических мер по контролю за качеством воздуха, направленных на уменьшение выбросов серы.

Над Европой концентрация диоксида серы возросла с 1890 г. до середины нашего столетия, после чего она вышла на постоянный уровень; резкого снижения ее с тех пор не произошло, поскольку в Европе не принимались такие строгие меры, как в США, по контролю выбросов. Над долиной Ганга, где промышленные предприятия начали появляться сравнительно недавно, концентрация диоксида серы в некоторых районах возросла практически с нуля до таких значений, которые могут соперничать с концентрацией этого соединения на северо-востоке США.

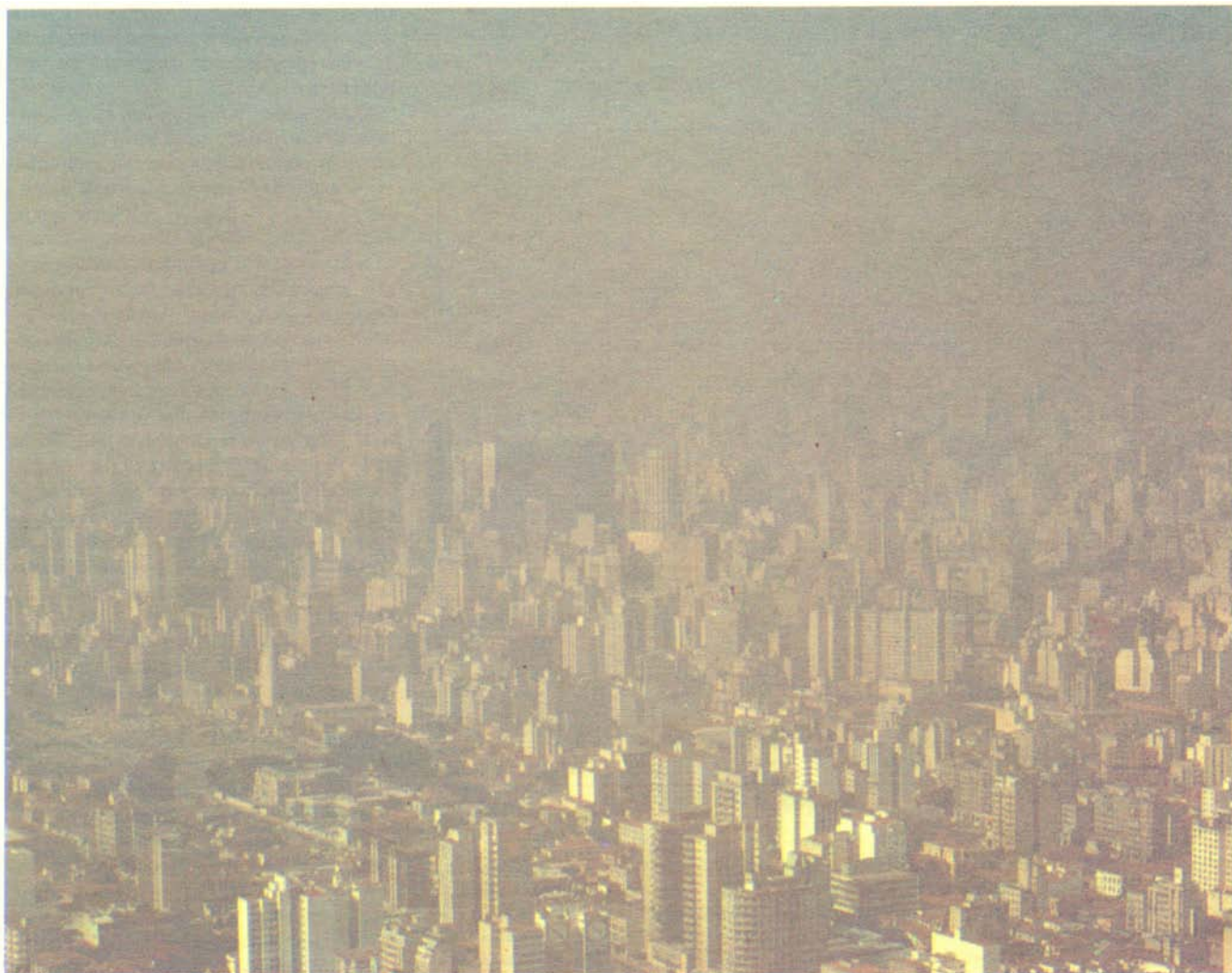
Можно ожидать, что содержание в атмосфере диоксида серы во всех трех

регионах будет возрастать из-за сокращения удельного веса топлива с низким содержанием серы (в США и Европе строгие меры по контролю за выбросами могли бы сохранить содержание SO_2 на прежнем уровне - по крайней мере в течение нескольких десятилетий). Наиболее заметным будет увеличение концентрации диоксида серы ~в Индии и в других развивающихся странах с быстрорастущей численностью населения, которые имеют доступ к большим запасам такого относительно недорогого топлива с большим содержанием серы, как уголь. Для того чтобы остановить быстрое возрастание выбросов диоксида серы, основное внимание в ближайшем столетии следует уделить вопросам энергетики.

Среди газов, содержание которых в атмосфере, вероятно, будет возрастать, следует назвать и монооксид

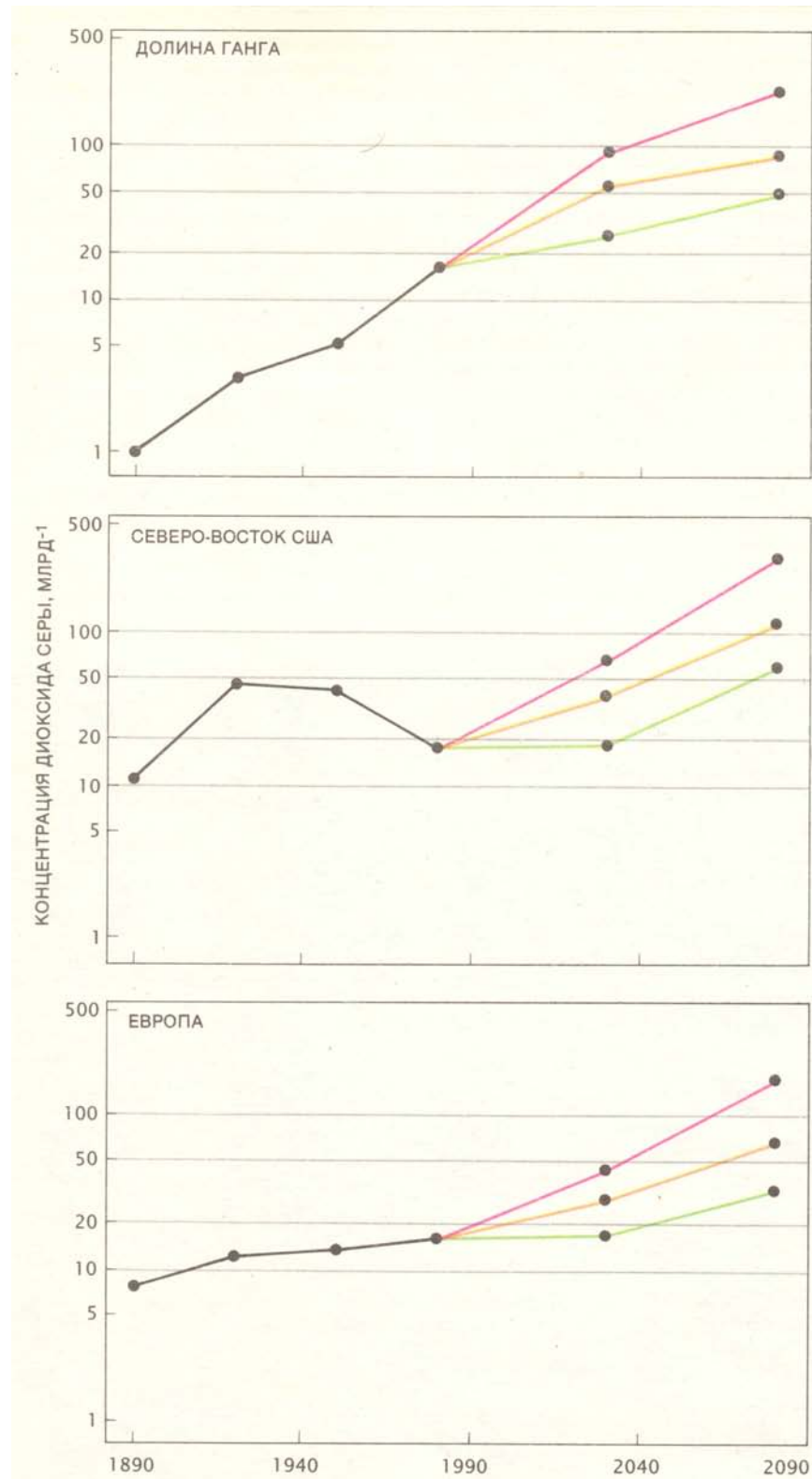
углерода (угарный газ), который обладает способностью уменьшать самоочищение атмосферы. Возрастания концентрации этого газа можно ожидать потому, что должна усиливаться «мощность» его источников: это сжигание ископаемого топлива, сжигание биомассы и атмосферные реакции с участием метана. В то же время значительная (хотя и неизвестно какая в точности) доля этого газа образуется в атмосфере над тропиками при разложении углеводов, выделяемых растительностью, а этот источник под влиянием человеческой деятельности истощается. Таким образом, какова станет концентрация монооксида углерода в будущем, остается не ясным, хотя с учетом всех обстоятельств многие исследователи предвидят возрастание содержания этого газа в Северном полушарии.

МОНОКСИД углерода снижает спо-



ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СМОГ - частое явление в Лос-Анджелесе и других крупных городах. Он образуется в тех случаях, когда солнечная радиация воздействует на антропогенные газы (в особенности оксиды азота NO_x) и углеводороды, присутствующие в выхлопах автомобилей) и в

результате вблизи поверхности образуется вредная смесь газов. Основным компонентом такого смога является озон (O_3) который отрицательно воздействует на глаза и легкие человека, а также на деревья и сельскохозяйственные культуры.



КОНЦЕНТРАЦИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ над новыми промышленными районами, типа долины Ганга в Индии, а также над северо-восточными районами США и Европой: рассчитанная по данным измерений (черные) и прогнозируемая на 100 лет вперед (цветные). Прогнозы основаны на предположении, что население в указанных районах и потребление энергии будут расти, а вместе с ними в целях получения энергии во все большем количестве будет сжигаться уголь (основной источник диоксида серы). Оценки, которые дает прогноз, зависят от того, какие ограничения на выбросы заложить в расчеты: слабые (красный), умеренные (оранжевый) или жесткие (зеленый). Расчеты показывают, что концентрация диоксида серы будет, скорее всего, возрастать, хотя в случае очень жестких ограничений выбросов ее рост удастся замедлить над США и Европой.

способность атмосферы к самоочищению, уменьшая концентрацию гидроксильного радикала (последний вступает в реакцию почти с любой газовой примесью, включая и те, что в иных условиях остаются инертными). В отсутствие гидроксильного радикала концентрация многих газов в атмосфере была бы намного выше, чем сегодня, и атмосфера в целом имела бы совершенно иные химические и физические свойства, а Земля иной климат.

ИТАК, если предположить, что в результате человеческой деятельности в атмосферу и далее станут поступать в огромных количествах вредные газы, будущее не выглядит обнадеживающим. Неуклонный рост численности населения и расширение производства не только изменяют химию атмосферы, но и ведут к быстрому потеплению климата. Это изменение климата в сочетании с возрастанием концентраций различных газов и составляет суть опасного «эксперимента», в котором принимает участие каждый живущий на земном шаре.

Особенное беспокойство вызывают непредвиденные последствия, поскольку человек фактически вмешивается в работу такой сложной системы, как атмосфера, а происходящие в ней процессы и взаимодействия между живыми организмами и неживой материей поняты недостаточно. Озонная дыра над Антарктикой — особенно грозный пример неприятностей, которые ждут нас, возможно, в будущем. Ее неожиданная «глубина» служит неоспоримым свидетельством того, что атмосфера может быть исключительно чувствительна к химическим «возмущениям», на первый взгляд малым, и что реакция на такие возмущения может возникнуть гораздо быстрее, чем в состоянии вообразить самые проникательные исследователи.

Тем не менее можно предпринять некоторые шаги, направленные на предотвращение быстрых изменений в атмосфере и ослабление известных и неизвестных угроз. Можно надеяться, что существенное уменьшение темпов сжигания ископаемого топлива приведет к замедлению парникового потепления, ослаблению такого явления как смог, улучшению видимости и уменьшению количества кислотных осадков. Другие меры могут быть направлены против определенных газов, таких как метан. Эмиссию метана удастся уменьшить, если принять определенные меры, препятствующие его выделению из мусорных свалок и применять такие методы производства ископаемого топлива,

которые дают меньше отходов. Эмиссия метана, обусловленная разведением крупного рогатого скота, может быть уменьшена путем внедрения новых технологий откорма.

Еще больше обнадеживает тот факт, что многие люди и организации осведомлены теперь о том, что их действия могут иметь не только локальные, но и глобальные последствия для атмосферы и для среды обитания человека. Подтверждением того, что такое понимание действительно пробивает себе дорогу, служит ряд событий последних лет: так, согласно Монреальскому протоколу от 1987 г., десятки стран согласились вдвое уменьшить выбросы хлорфторуглеродов к концу столетия, а несколько стран и крупных фирм - производителей хлорфторуглеродов объявили о своем намерении полностью прекратить к указанному сроку производство этих соединений. Некоторые из стран, подписавших Монреальский протокол, обсуждают возможность принятия международного «закона об атмосфере». Он должен ограничить выбросы некоторых парниковых и химически активных газовых примесей, включая диоксид углерода, метан и N₂O, а также диоксид серы и NO_x.

Авторы и многие другие исследователи считают, что решить проблемы, связанные с окружающей средой, можно, лишь объединив усилия всего человечества, и в частности, значительно расширив сотрудничество между учеными, широкими слоями населения и политическими кругами. Страны, наиболее развитые в техническом отношении, должны ограничить потребление природных ресурсов, которое непропорционально велико. Они должны также помогать развивающимся странам разрабатывать и внедрять такие технологии и такие стратегии планирования, которые бы учитывали в полной мере проблемы охраны окружающей среды, поскольку именно быстрый рост численности населения в этих странах и увеличение потребности в энергии в целях поднятия уровня жизни являются основными факторами, угрожающими окружающей среде. Если уделить должное внимание поддержанию стабильного состава атмосферы, то, возможно, удастся удержать в определенных пределах происходящие в ней химические изменения, а это позволит сохранить экологическое равновесие на планете.

ществуя расщепление или сплайсинг в определенных местах «внутренней матрицы». Показано, что рибозимы осуществляют каталитическое превращение других молекул РНК только в экспериментальных условиях и только если у этих молекул есть общая с рибозимом матричная последовательность нуклеотидов.

Кроме того, по сравнению с полимеразами рибозимы гораздо привлекательнее в отношении соединяемых нуклеотидов. Например, в случае рибозима, выделенного Чеком с коллегами из простейшего *Tetrahymena thermophila*, подлежащий сплайсингу участок должен оканчиваться уридином, а на внутренней матрице ему должен соответствовать гуанозин. (Основания гуанин и урацил взаимодействуют друг с другом, образуя так называемую качающуюся пару.) Эти ограничения, по-видимому, придают рибозимам слишком высокую избирательность, чтобы они могли фигурировать в качестве полимераз общего действия.

Недавно Дж. Дудна и Дж. Шостак получили рибозим, в котором эти ограничения преодолены. Им удалось разграничить в рибозиме *Tetrahymena* каталитический центр и соседнюю с ним внутреннюю матрицу. Они модифицировали молекулу рибозима таким образом, что эти участки оказались отделены друг от друга, и в результате рибозим стал действовать на различные внешние РНК-матрицы.

Дудна и Шостак полагают, что избирательность рибозимов в отношении нуклеотидов обусловлена сродством к определенной геометрии нуклеотидной пары. В таком случае можно попытаться обмануть рибозим, придав нуклеотидным парам пространственное сходство с парой гуанин-урацил. Для этого (по не вполне понятным причинам) требуется добавление полиамина, называемого спермидином, молекулы которого несут положительный заряд. В присутствии спермидина модифицированный рибозим способен осуществлять сплайсинг РНК без ограничений.

Конечно, рибозим, который получили Дудна и Шостак, - это далеко не первичная самовоспроизводящаяся молекула. Модифицированный рибозим *Tetrahymena* может соединять готовые цепочки РНК, но он не эффективен для присоединения отдельных нуклеотидов к растущей полинуклеотидной цепи. Тем не менее результаты Дудны и Шостака расширили представления о потенциальных возможностях рибозимов и сильно укрепили претензии РНК на роль первой молекулы жизни.

Наука и общество

Начало начал

УЖ ЕСЛИ специалист по молекулярной биологии интересуется происхождением жизни, у него непременно есть свое собственное решение проблемы «курицы и яйца». Что первично - нуклеиновые кислоты или белки? Другими словами, каковы были первые самовоспроизводящиеся молекулы? Белки обладают множеством структурных и каталитических возможностей, но не несут генетической информации, нужной для их образования. Эта информация содержится в нуклеиновых кислотах - ДНК и РНК. Одноцепочечные молекулы нуклеиновых кислот способны служить матрицами для копирования самих себя, но не могут завершить процесс синтеза новой молекулы без участия белковых ферментов, называемых полимеразами, которые катализируют соединение друг с другом мономеров нуклеиновых кислот - нуклеотидов. Недавно открытая каталитическая способность некоторых РНК поддерживает предположение о том, что первыми самовоспроизводящими-

ся молекулами были РНК или нечто в этом роде.

В 1981 г. Т. Чек с коллегами из Колорадского университета в Боулдере получили важные для этой гипотезы данные: они впервые наблюдали ауто-сплайсинг РНК, т. е. аутокаталитический процесс выщепления участка молекулы одноцепочечной РНК и соединения возникших концов (см. статью: Чек Т. РНК - фермент, «В мире науки», № 1, 1987). Ферментативная активность РНК дала основания для новых предположений. Коль скоро существуют такие каталитические РНК (их назвали рибозимами), которые, вырезая из генов отдельные участки, состыковывают концевые нуклеотиды, то, быть может, есть и такие, которые могут действовать как полимеразы, т. е. соединяя отдельные нуклеотиды в цепочку, осуществлять репликацию генов.

С тех пор обнаружены несколько классов рибозимов, но ни один из них не обладает полимеразной активностью. Обычно в нормальных условиях рибозимы выступают в роли ферментов по отношению к самим себе, осу-

Меняющийся климат

Глобальное потепление в ближайшие 10-20 лет - явление почти неизбежное. Лишь немедленное уменьшение промышленных выбросов могло бы замедлить накопление в атмосфере газов, обуславливающих парниковый эффект, и ослабить последствия этого рискованного планетарного «эксперимента»

ЕТИВЕН Г. ШНАЙДЕР

В 1957 г. Роджер Ревелл и Ганс Э. Суэсс из Скриппсовского океанографического института заметили, что человечество проводит «крупномасштабный геофизический эксперимент», проводит не в лаборатории, не на компьютере, а на собственной планете. Начало этого «эксперимента» совпало с началом промышленной революции, а первые результаты должны проявиться в ближайшие десятилетия. За это время, сжигая уголь, нефть и другие виды ископаемого топлива и вырубая леса, человечество уже увеличило на 250/10 концентрацию в атмосфере диоксида углерода (углекислого газа).

Общее содержание диоксида углерода в атмосфере невелико - около 0,03%, но наряду с водяным паром и некоторыми другими газами, такими как метан и хлорфторуглероды (ХФУ), этот газ играет важнейшую роль в поддержании на Земле определенного климата. Еще в XIX в. ученые поняли, что наличие в атмосфере диоксида углерода служит причиной так называемого «парникового эффекта». В парнике стеклянная крыша и стены пропускают солнечную радиацию, но не дают уходить теплу - главным образом благодаря тому, что нагретый воздух не смешивается с наружным холодным воздухом. Подобно этому, диоксид углерода и другие парниковые газы, относительно прозрачные для солнечной радиации, задерживают длинноволновое тепловое излучение Земли, не давая ему уходить в космос.

К настоящему времени мы хорошо изучили способность атмосферы задерживать тепло. Если смотреть из космоса, то Земля излучает радиацию на таких длинах волн и с такой интенсивностью, какие свойственны телу с температурой - 18 °С. Однако средняя температура у поверхности примерно на 33 °С выше: тепло задерживается между поверхностью и некоторым промежуточным уровнем в атмосфере, довольно высоким, с кото-

рого тепловая радиация все-таки уходит. Специалисты практически едины во мнении, что увеличение содержания в атмосфере диоксида углерода и других парниковых газов приведет к увеличению доли задерживаемого тепла и потеплению климата.

Какой же вопрос должен быть разрешен в таком случае входе продолжающегося геофизического «эксперимента»? Хотя в существовании парникового эффекта никто из ученых не сомневается, оценки этого эффекта разнятся. Насколько повысится температура на Земле в результате увеличения концентрации парниковых газов - на 1, на 5 или на 8 °С? Сколько лет на это потребуется - 50, 100 или ISO? Станет ли климат в шт. Айова более засушливым, а в Индии более влажным? Еще больше возникает разногласий, когда речь заходит о практических выводах. Следует ли пытаться уменьшить величину потепления и устранить его последствия? Какие меры и когда для этого нужно предпринимать? В свете такой неопределенности важно разобраться в том, что о парниковом потеплении нам известно достоверно, что мы знаем частично и что пока остается неизвестным.

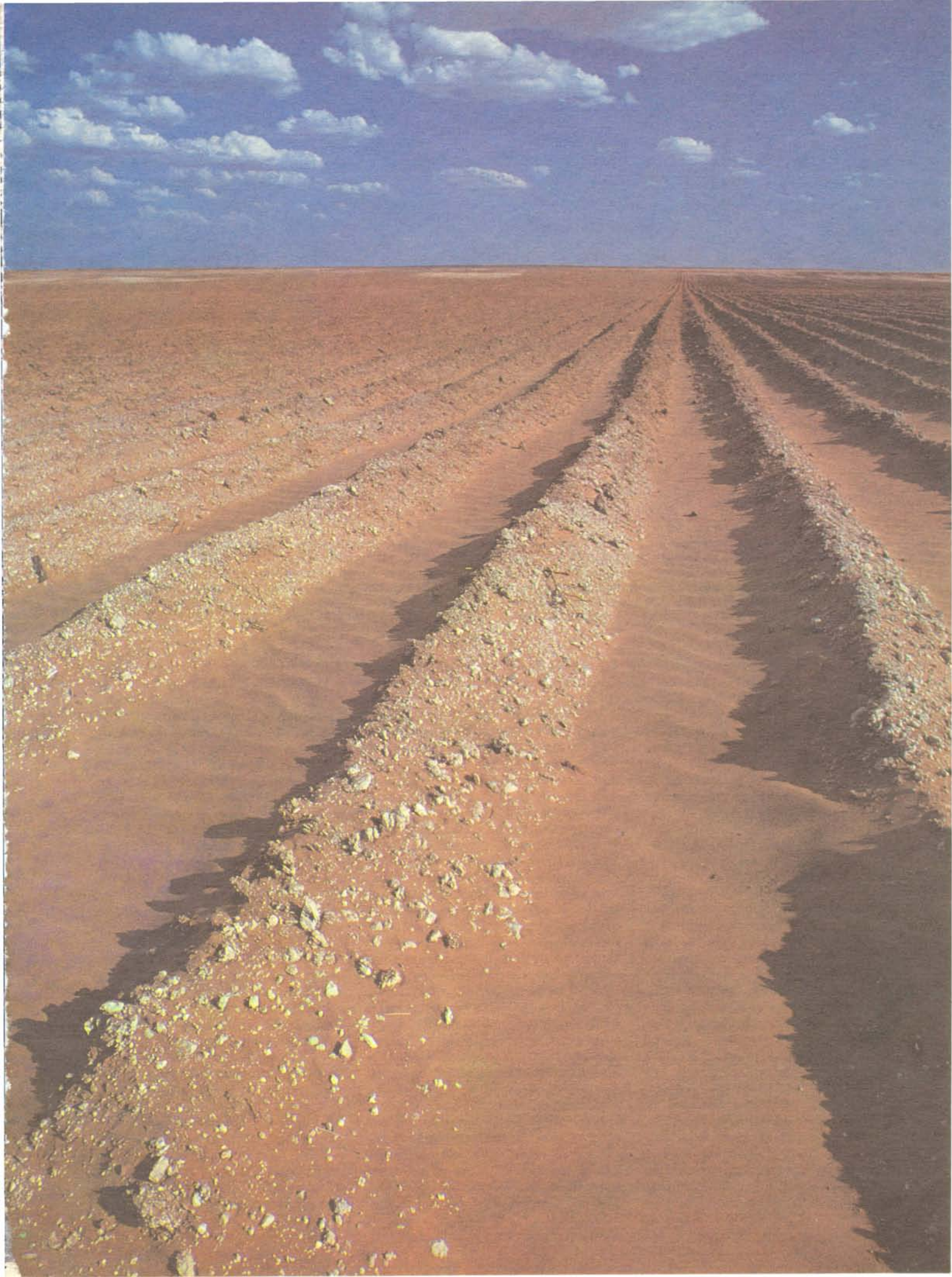
МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ФАКТЫ геологического и исторического прошлого свидетельствуют о связи между изменениями климата и колебаниями содержания парниковых газов. В период от 4 до 3,5 млрд. лет назад яркость Солнца была примерно на 30% меньше, чем сейчас. Однако и под лучами молодого, «бледного» Солнца на Земле развивалась жизнь и образовывались осадочные породы: по крайней мере на части земной поверхности температура была выше точки замерзания воды. Некоторые ученые высказывают предположение, что в ту пору в земной атмосфере содержалось в 1000 раз больше диоксида углерода, чем сейчас, и это компенсировало нехватку солнечной энер-

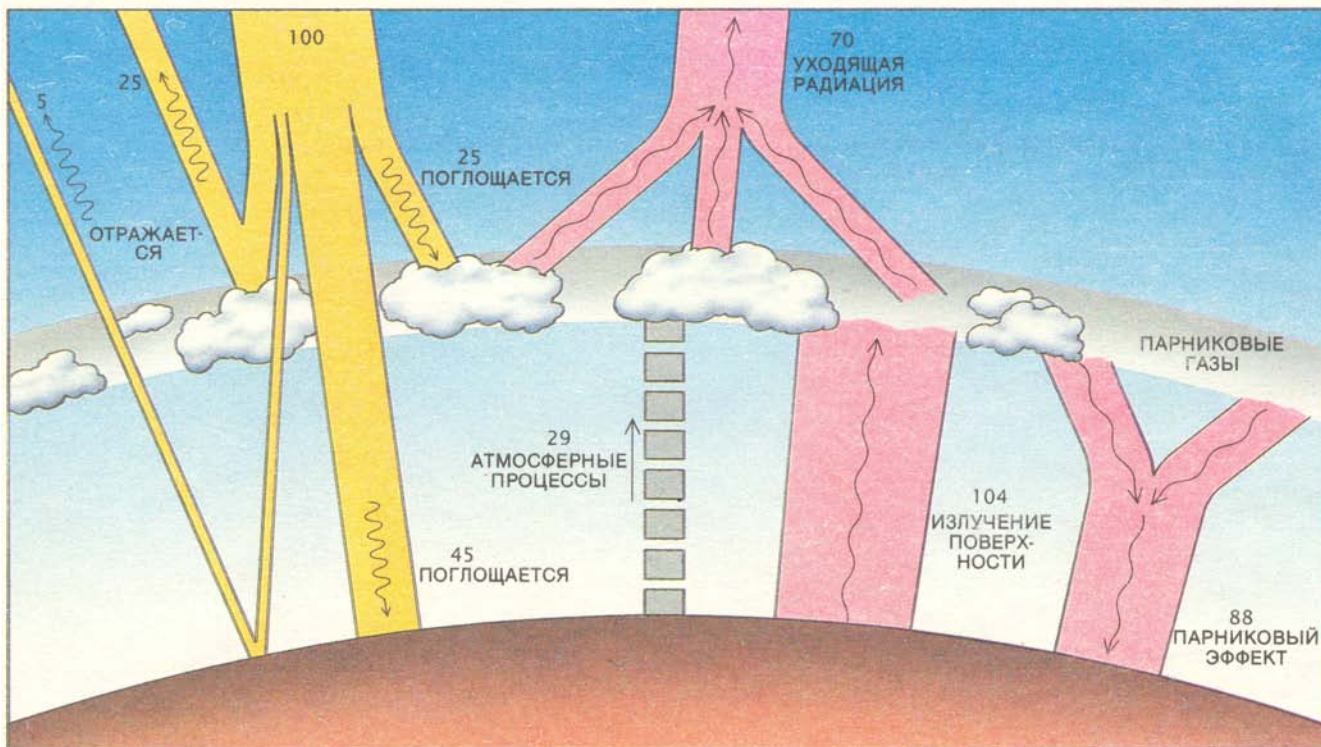
гии, поскольку больше тепла, излучаемого Землей, оставалось в атмосфере.

Усливавшийся парниковый эффект мог стать одной из причин исключительно теплого климата позднее - в мезозойскую эру (эпоху динозавров). По данным анализа ископаемых остатков на Земле в ту пору было на 10-15 °С теплее, чем сейчас. Следует заметить, что тогда, 100 млн. лет назад и раньше, континенты занимали иное положение, чем в наше время, и океаническая циркуляция также была иной, поэтому перенос тепла от тропиков в полярные районы мог быть больше. Однако расчеты, выполненные Эриком Дж. Барроном, работающим сейчас в Пенсильванском университете, и другими исследователями, показывают, что с палеоконтинентальной географией могло быть связано не более половины мезозойского потепления.

Остающуюся часть потепления легко объяснить ростом содержания диоксида углерода. Это предположение было впервые выдвинуто советскими учеными А. Б. Роновым из Государственного гидрологического института и М. И. Будыко из Главной геофизической обсерватории. Расчеты, подтверждающие это предположение, были проведены Эриком Барроном, Старли Л. Томпсоном из Национального центра атмосферных исследований (NCAR) и мною. Из геохимической модели, разработанной Робертом А. Бернером и Антонио К. Ласагой из Йельского университета и ныне покойным Робертом

ЭТИ ПОЛЯ в шт. Техас превратились в пустыню, после того как здесь в 1983 г. некоторое время продержалась засуха. Такую картину, как показывают расчеты по компьютерным моделям, можно будет наблюдать во многих местах, если в результате глобального потепления уменьшится влажность почвы в центральных районах континентов, где сосредоточено производство зерна.





ЗАДЕРЖКА ТЕПЛА атмосферой — основной компонент энергетического баланса Земли. Примерно 30% энергии, поступающей от Солнца, отражается (слева) либо от облаков, либо от частиц, либо от поверхности Земли; остальные 70% поглощаются. Поглощенная энергия переизлучается в инфракрасном диапазоне поверхностью планеты и

атмосферой (которая нагревается также восходящими потоками воздуха и теплом, выделяющимся при образовании облаков). Из-за того что большая часть обратного излучения не пропускается парниковыми газами и облаками и возвращается к поверхности, на Земле на 33 °С теплее, чем было бы в отсутствие этого процесса.

М. Гаррелсом из Университета Южной Флориды, следует, что диоксид углерода мог выделяться при исключительно сильной вулканической активности на срединно-океанических хребтах, где поднимающаяся магма формирует новое океаническое дно (см. статью: Роберт А. Бернер, Антонио К. Ласага, Моделирование геохимического цикла углерода, «В мире науки», 1989, №~5).

Прямые свидетельства, указывающие на связь во время оледенений между содержанием в атмосфере парниковых газов и климатом, можно «извлечь» из пузырьков воздуха, включенных в антарктический лед, который образовался в древние эпохи в результате спрессовывания падающего снега. Группа исследователей, возглавляемая Клодом Лорью из Лаборатории гляциологии и геофизики в Гренобле, изучила колонку льда длиной 2000 м (соответствующую периоду продолжительностью 160 тыс. лет), полученную советскими исследователями на станции «Восток» в Антарктиде. Лабораторный анализ газов, заключенных в этой колонке льда, показал, что в древней атмосфере концентрации диоксида углерода и метана менялись согласованно и, что более важно, «в такт» с изменениями средней локальной температуры (она

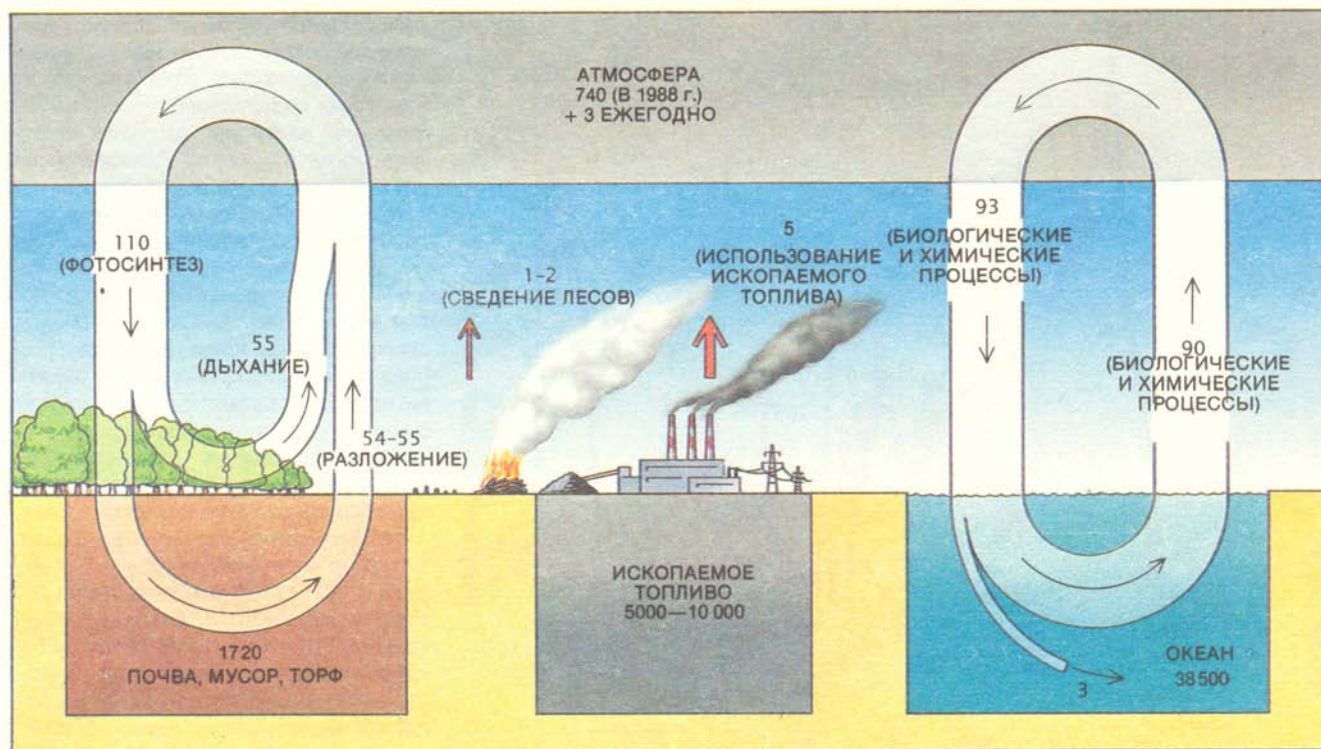
была определена по отношению концентраций изотопов водорода в молекулах воды).

Во время последнего межледникового периода, продолжающегося уже 10 тыс. лет, и в предшествующее ему межледниковье (130 тыс. лет назад) продолжительностью также 10 тыс. лет, средняя температура в этом районе была на 10 °С выше, чем во время оледенений. (В целом на Земле в указанные периоды было на 5 °С теплее.) В эти же периоды в атмосфере содержалось на 25% больше диоксида углерода и на 100070 больше метана, чем во время оледенений. Неясно, было ли причиной изменения содержания парниковых газов, а следствием климатические изменения или наоборот. Скорее всего, причиной оледенений были изменения орбиты Земли и особая динамика продвижения и отступления ледников; однако эти климатические колебания могли усиливаться благодаря изменениям биоты и колебаниям океанической циркуляции, влияющим на содержание парниковых газов в атмосфере.

Еще более подробные данные о флуктуациях содержания парниковых газов и изменениях климата имеются для последних 100 лет, за которые произошло дальнейшее увеличение на 25% концентрации диоксида углерода

и на 100% метана. «Записи» средней температуры на земном шаре для последних 100 лет были изучены двумя группами исследователей, возглавляемыми Джеймсом Э. Хансеном из Годдардовского института космических исследований Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства, и Т. М. Л. Уигли из Отдела климата Университета Восточной Англии. Эти ученые воспользовались данными измерений на метеостанциях, разбросанных по всем континентам (группа из Отдела климата включила также в анализ данные измерений на море). Вместе с тем в двух группах были приняты разные методики анализа наблюдений и учета «искажений», связанных, например, с тем, что некоторые метеостанции за сто лет «переехали» на другое место, а некоторые, расположенные в городах, давали данные, «загрязненные» влиянием тепла, выделяемого промышленными предприятиями или накапливаемого за день зданиями и мостовой.

Последний эффект, приводящий к появлению «островов тепла», очень заметен в развитых странах, например в США. Вместе с тем, даже если рассчитанную для США поправку (она была получена Томасом Р. Кар-



ОБМЕН УГЛЕРОДОМ между атмосферой и различными «резервуарами» на Земле. Каждое число указывает в миллиардах тонн приход или уход углерода (в форме диоксида) за год или его запас в резервуаре. В этих естественных циклах, один из которых «замыкается» на сушу, а другой на океан, из атмосферы удаляется ровно столько диоксида

углерода, сколько в нее поступает, однако человеческая деятельность - сведение лесов и сжигание ископаемого топлива - приводит к тому, что содержание углерода в атмосфере ежегодно повышается на 3 млрд. тонн. Данные заимствованы из работы Берта Болина, работающего в Стокгольмском университете.

лом из Национального центра климатических данных в Эшвилле, шт. Северная Каролина, и П. Д. Джоунсом из Университета Восточной Англии) распространить на все данные по земному шару, в обеих записях останется «реальное» потепление величиной 0,5 ОС, относящееся к последним 100 годам. В согласии с общей тенденцией 1980-е годы остаются самым теплым десятилетием, а 1988, 1987 и 1981 гг. - наиболее теплыми годами (в порядке перечисления).

Можно ли считать это «сигналом» парникового потепления? Казалось бы, можно, однако в действительности факты не столь однозначны. Возьмем для примера такое обстоятельство: вместо неуклонного потепления, какое можно ожидать от парникового эффекта, быстрое повышение температуры, происходившее до конца второй мировой войны, сменилось небольшим похолоданием, продлившимся до середины 1970-х годов, за которым последовал второй период быстрого потепления, продолжающийся по сей день.

КАКОЙ характер примет изменение температуры в ближайшее время? Чтобы дать такой прогноз, необходимо ответить на три вопроса. Какое количество диоксида углерода

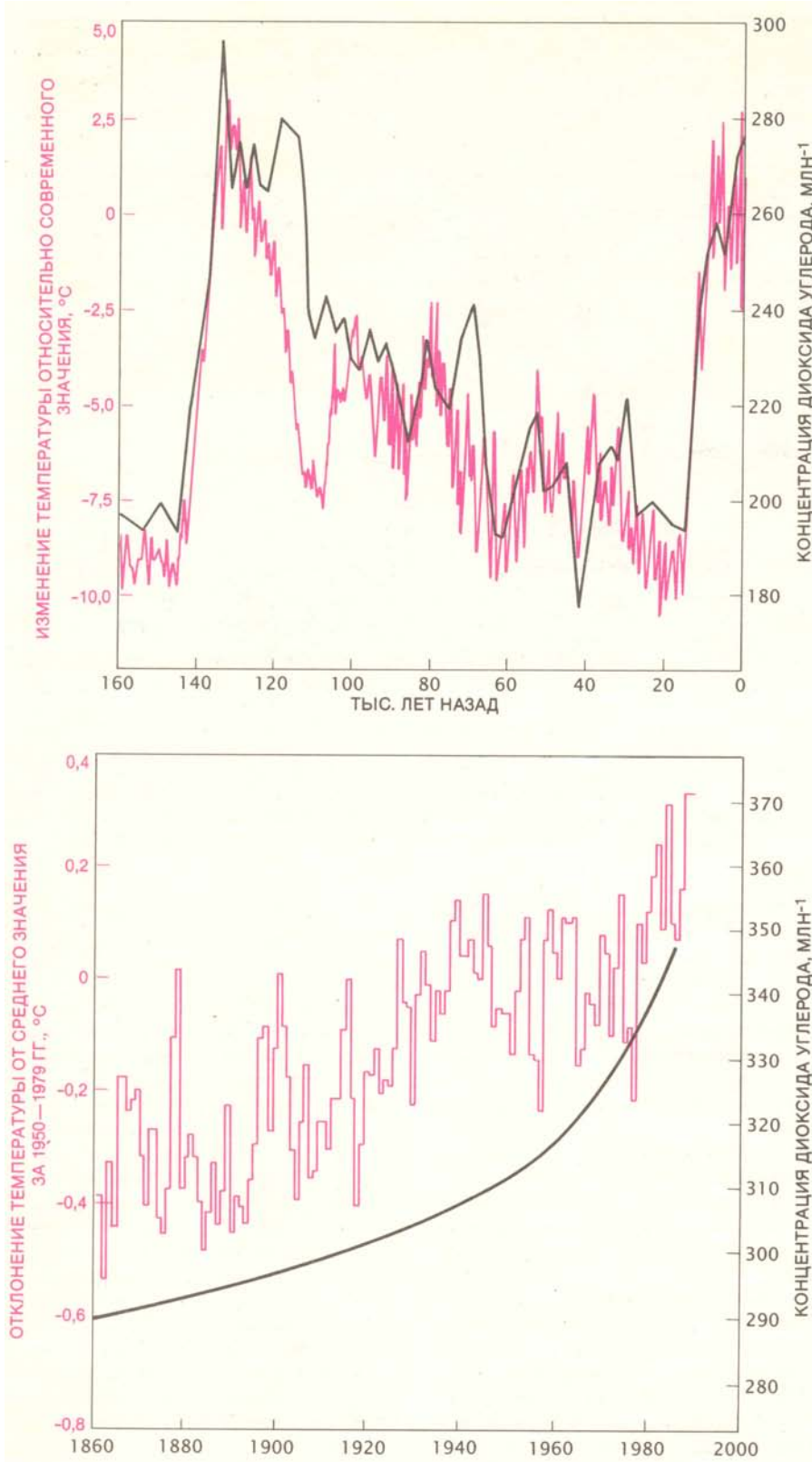
и других парниковых газов будет выброшено в атмосферу? Насколько при этом возрастет концентрация этих газов в атмосфере? Какой климатический эффект вызовет это повышение концентрации, если будут действовать естественные и антропогенные факторы, которые могут ослаблять или усиливать климатические изменения?

Прогноз выбросов - нелегкая задача для исследователей, занимающихся анализом человеческой деятельности. Какое количество диоксида углерода попадет в атмосферу, зависит главным образом от того, сколько ископаемого топлива будет сожжено и сколько лесов вырублено (последний фактор ответствен за половину прироста парниковых газов с 1800 г. и за 2007 (прироста в наше время). И тот и другой фактор зависят в свою очередь от множества причин. Так, на потреблении ископаемого топлива сказываются рост населения, переход к альтернативным источникам энергии и меры по экономии энергии, а также состояние мировой экономики. Прогнозы в основном сводятся к тому, что потребление ископаемого топлива на земном шаре в целом будет увеличиваться примерно с той же скоростью, что и сегодня - намного медленнее, чем до энергетического кризиса 1970-х годов.

Н результате эмиссия (поступление в атмосферу) диоксида углерода в ближайшие несколько десятилетий, будет увеличиваться на 0,5-2070 в год.

~Другие парниковые газы, такие как ХФУ, оксиды азота и тропосферный озон, могут вносить в потепление климата почти столь же большой вклад, что и диоксид углерода, хотя в атмосферу их попадает значительно меньше: объясняется это тем, что они более эффективно поглощают солнечную радиацию. Предсказать, какова будет эмиссия этих газов - задача еще более трудная. Так, например, не вполне ясно происхождение некоторых газов, в частности метана; величина выбросов других газов, таких как ХФУ или озон, будет зависеть от того, какие изменения в технологии и политике произойдут в ближайшем будущем.

Предположим, мы имеем разумный прогноз того, как будет изменяться эмиссия диоксида углерода. Какие изменения в этом случае произойдут с концентрацией этого газа в атмосфере? Атмосферный диоксид углерода «потребляется» растениями, а также океаном, где он расходуется на химические и биологические процессы. С изменением концентрации атмосферного диоксида углерода



КОНЦЕНТРАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ТЕМПЕРАТУРА изменялись почти одинаково в последние 160 тыс. лет (вверху) и в какой-то степени в последние 100 лет (внизу). Длинная «запись», основанная на данных, полученных в Антарктиде, показывает, что локальная температура (цветная кривая) и концентрация диоксида углерода почти одновременно резко возросли в конце ледникового периода (около 130 тыс. лет назад), снизились в начале нового ледникового периода и вновь возросли 10 тыс. лет назад, когда лед отступил. Современные данные указывают на небольшое глобальное потепление (цветная кривая). Сейчас идут жаркие дебаты о том, действительно ли причиной потепления климата на 0,5 °С послужило накопление в атмосфере диоксида углерода.

будет, вероятно, меняться и скорость «потребления» этого газа. Иными словами, процессы, обуславливающие изменение содержания атмосферного диоксида углерода, должны включать обратную связь. Диоксид углерода является «сырьем» для фотосинтеза в растениях, поэтому потребление его растениями скорее всего будет увеличиваться с накоплением его в атмосфере, что замедлит это накопление. Аналогично этому, поскольку содержание диоксида углерода в поверхностных водах океана находится в примерном равновесии с его содержанием в атмосфере, увеличение поглощения диоксида углерода океанской водой приведет к замедлению его накопления в атмосфере.

Может случиться, однако, что накопление в атмосфере диоксида углерода и других парниковых газов приведет в действие механизмы положительной Обратной связи, которые будут Усиливать климатический эффект. Так, быстрые изменения климата могут привести к исчезновению части лесов и других экосистем, что ослабит способность биосферы поглощать диоксид углерода. Более того, потепление может привести к быстрому высвобождению углерода, содержащегося в почве в составе мертвой органической материи. Этот углерод, количество которого вдвое выше, чем в атмосфере, постоянно превращается в диоксид углерода и метан под действием почвенных бактерий. Потепление может ускорить их «работу», в результате чего ускорится выделение диоксида углерода (из сухих почв) и метана (из районов, занятых рисовыми полями, из свалок и заброшенных земель). Довольно много метана запасено также в осадках на континентальном шельфе и ниже слоя вечной мерзлоты в Арктике в виде клатратов - молекулярных решеток, состоящих из молекул метана и воды. Потепление шельфовых вод и таяние вечной мерзлоты могут привести к высвобождению метана. Несмотря на указанные неопределенности, многие исследователи считают, что поглощение диоксида углерода растениями и океаном замедлит накопление этого газа в атмосфере - по крайней мере в ближайшие 50-100 лет. Типичные оценки, основанные на существующей в настоящее время скорости эмиссии, показывают, что из всего количества диоксида углерода, попадающего в атмосферу, оставаться там будет примерно половина. Из этого следует, что удвоение концентрации диоксида углерода по сравнению с 1900 г. (до уровня 600 млн₁) произойдет примерно между 2030 и 2080 гг. Вместе с тем другие парнико-

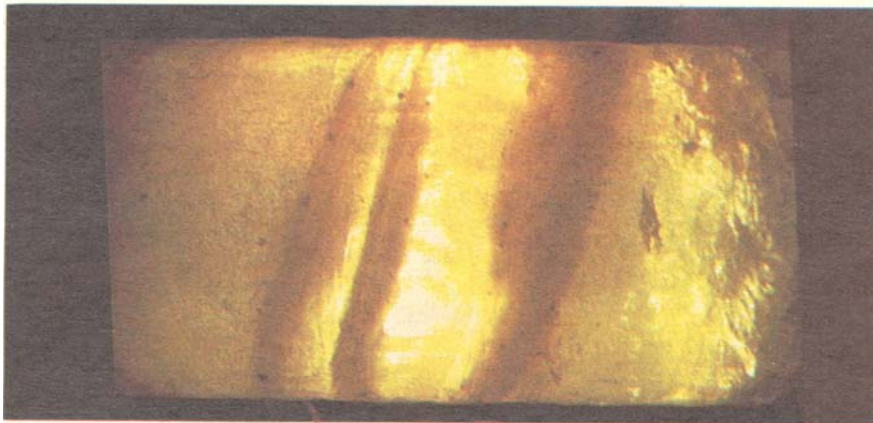
вые газы будут, скорее всего, накапливаться в атмосфере быстрее.

КАК ИЗМЕНИТСЯ климат, если количество атмосферного диоксида углерода удвоится? В имеющихся исторических «записях» мы не находим ответа на этот вопрос. Не помогают и лабораторные эксперименты, ибо невозможно создать в лаборатории «подобие» климата - состояния, обусловленного сложными взаимодействиями атмосферы, океана, суши, растительности и полярных льдов. Чтобы заглянуть в будущее, используют математические модели климата.

Такие модели были разработаны в Лаборатории геофизической гидродинамики Принстонского университета, в Годдардовском институте космических исследований, в NCAR и в других местах. Они основаны на уравнениях для взаимодействующих компонентов системы океан - атмосфера, а также на основных физических принципах, определяющих поведение этой системы, - таких как газовые законы, законы сохранения массы, количества движения и энергии. Подавая на «вход» модели данные о потоке энергии от Солнца и составе атмосферы, можно получить на «выходе» климат - т. е. температуру, а в сложных моделях также давление, скорость ветра, влажность, содержание влаги в почве и другие величины.

Чтобы вычисления можно было проводить на компьютерах, их «привязывают» к отдельным точкам карты Земли, отражающей в некотором приближении реальный земной шар. В наиболее сложных моделях - моделях глобальной циркуляции (МГЦ), разработанных для долгосрочного прогноза погоды, - атмосфера представляется в виде трехмерной «сетки» с расстоянием между «узлами» несколько сотен километров по горизонтали и несколько километров по вертикали; климатические параметры, или попросту «климат», вычисляются лишь в «узлах». Несмотря на такое упрощение, расчет изменений климата хотя бы на год занимает даже на самых мощных суперкомпьютерах много часов.

Для того чтобы исследовать эффект, оказываемый накоплением парниковых газов, в модель «вводят» дополнительное количество парниковых газов и результат сравнивают с контрольным расчетом климата, соответствующего реальному составу атмосферы. Результаты расчетов по последним МГЦ примерно согласуются друг с другом: они показывают, что удвоение количества атмосферного диоксида углерода или эквивалент-



КОЛОНКАЛЬДА, часть двухкилометрового керна, полученного в Антарктиде на советской станции «Восток», содержит пузырьки древнего воздуха. Химический анализ этого воздуха и изучение отношения изотопов водорода во льду, изменяющегося с изменениями температуры, позволили Клоду Лорью и его коллегам из Лаборатории гляциологии и геофизики в Гренобле построить график изменений состава атмосферы и температуры для последних 160 тыс. лет (см. *верхний рисунок на с. 30*).

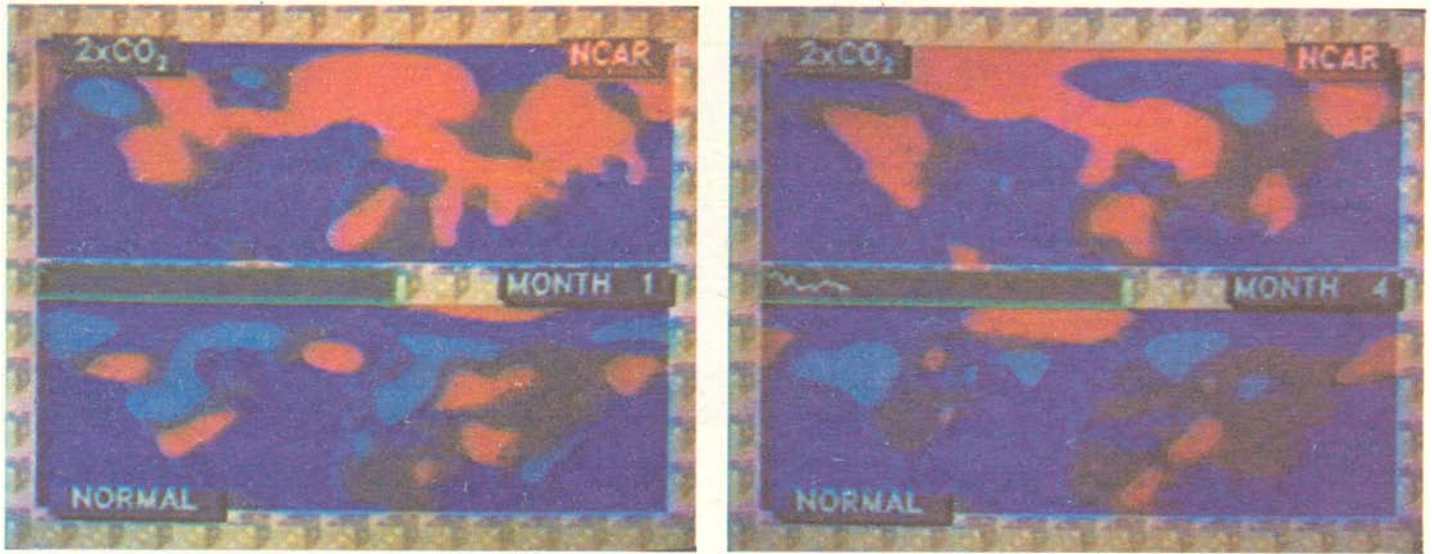
ное увеличение содержания других парниковых газов приведет к повышению температуры на Земле на 3-5,5 °С. Такое потепление в истории человечества не имеет аналогов; оно близко к величине потепления, происшедшего вслед за последним оледенением (18 тыс. лет назад), но займет в 10-100 раз меньше времени.

Недостатки численных моделей ограничивают надежность таких прогнозов. Многие процессы, влияющие на глобальный климат, имеют слишком малые масштабы, чтобы их можно было «поймать» редкой сеткой модели. Такие важные для климата процессы, как атмосферная турбулентность, выпадение осадков или образование облаков, имеют масштабы не несколько сотен километров (расстояние между узлами сетки в МГЦ), а несколько километров и меньше. Поскольку такие процессы не могут быть учтены в явном виде, приходится искать способы связать их с переменными, которые в модели учитываются. Делается это путем введения параметра (коэффициента пропорциональности), который связывает, например, среднюю облачность в данной ячейке сетки со средней влажностью и средней температурой (переменными, которые модель воспроизводит).

Этот прием, называемый параметризацией, позволяет учесть суммарный эффект мелкомасштабных явлений и процессов, которые могут обеспечивать обратную связь, сглаживающую или усиливающую изменения климата. Облака, например, отражают солнечный свет назад в космос (что приводит к похолоданию планеты), но они также поглощают инфра-

красную радиацию, идущую от Земли (что приводит к потеплению). Какой из этих эффектов преобладает, зависит от яркости облаков, высоты, на которой они расположены, их распределения по небу и занимаемой ими площади. Последние исследования и измерения со спутников показали, что расчеты, выполненные два десятилетия назад, верны: в настоящее время облака охлаждают поверхность Земли. Иными словами, под безоблачным небом Земля была бы теплее. Однако изменения климата могут приводить к изменениям в характере облачного покрытия, что затрагивает природу и силу обратной связи. Современные модели, грубо воспроизводящие лишь среднюю облачность, немногие способны поведать о механизме обратной связи, обусловленной облачностью, равно как и о других механизмах такого рода, зависящих от параметризуемых процессов.

Другим существенным недостатком современных моделей является то, что они недостаточно точно учитывают влияние океанов. Океаны влияют и будут, без сомнения, влиять на климат в будущем. Огромные массы воды в океанах действуют подобно «тепловой губке»: они замедляют повышение температуры, забирая лишнее тепло. Эффективность этого процесса зависит в свою очередь от особенностей циркуляции, которая может перестраиваться в меняющемся климате. В принципе в моделях климата несложно учесть взаимодействие атмосферы с океаном, описав последний достаточно детально. Однако объем вычислений при этом настолько возрастает, что в большинстве современных МГЦ, исполь-



ЗАГЛЯНУТЬ В «ПАРНИКОВЫЙ ВЕК» можно, используя модель климата, разработанную автором и Старли Л. Томпсоном в NCAR. В модели рассчитывалась температура на

протяжении года в атмосфере, где уровень диоксида углерода в два раза превышает современный; результаты сравнивались с результатами расчетов для реальной атмосферы

зуемых для расчетов парникового потепления, динамика океанов рассматривается в упрощенном виде и рассчитывается с очень грубым пространственным разрешением либо вообще исключается из анализа.

Помимо того что упрощенное представление океанов в моделях ставит предел надежности глобальных прогнозов, оно также мешает нам получить ответ на вопрос, как будет изменяться климат в разных регионах. В идеальном случае мы хотим знать не только, как потеплеет климат на Земле в целом, но также станет ли суше в шт. Айова, будет ли выпадать больше дождей в Индии и повысится ли влажность воздуха в Нью-Йорке. Однако поскольку океаны не находятся в тепловом равновесии с атмосферой, их влияние на температуру в разных местах различно. Скажем, в том регионе, где теплые поверхностные и холодные глубинные воды перемешиваются друг с другом слабо, температура воздуха будет повышаться быстро; в высоких широтах, где глубинные воды интенсивно перемешиваются с поверхностными, потепление будет идти медленно. Эти чисто температурные аномалии в свою очередь влияют на распределение ветра, от которого зависят такие факторы, как влажность или количество выпадающих осадков. (Региональный прогноз погоды во многих моделях можно получить лишь путем упрощения влияния растительности, когда игнорируются такие важные процессы, как испарение с листьев и вклад растительности в альбедо, т. е. в отражательную способность земной поверхности.)

НЕСМОТРЯ на все вышесказанное, климатологи имеют основание доверять тем прогнозам глобальной температуры, которые следуют из их моделей. Отдельные компоненты модели можно проверять, сравнивая результаты с результатами более подробных субмоделей (имеющих лучшее пространственное разрешение), а также с данными измерений. Например, параметризацию облачности можно проверять путем сравнения измеренных температуры и влажности с облачностью в том районе, который соответствует данной ячейке модели.

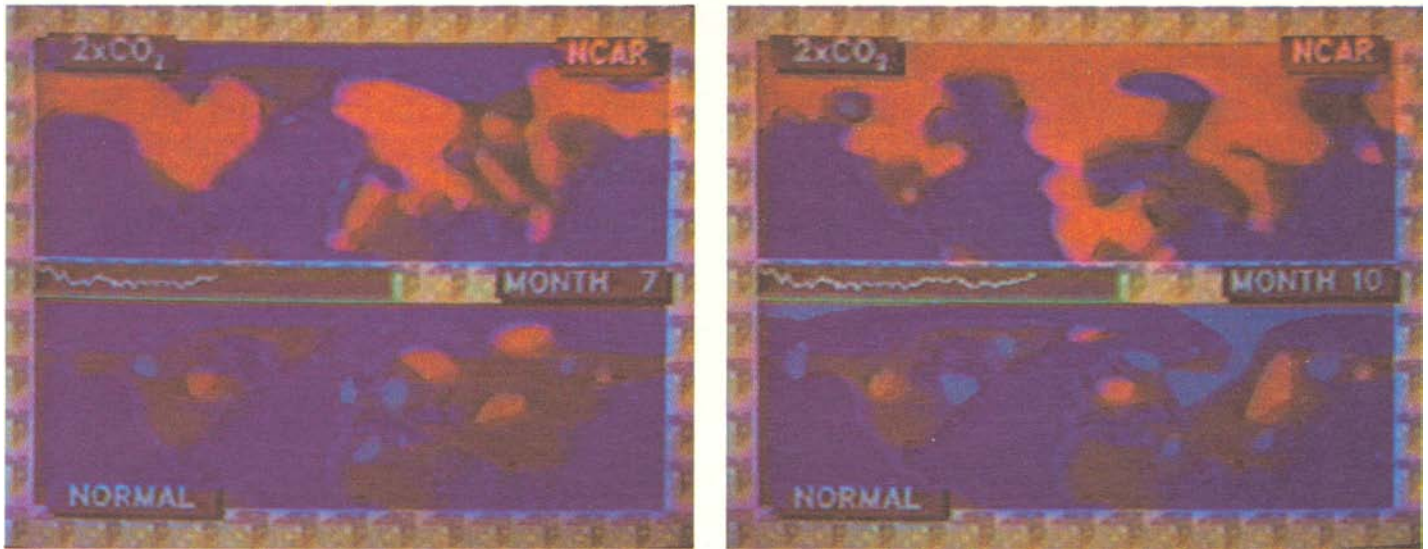
«Совершенство» модели в целом, и в частности ее способность описывать относительно быстрые процессы - изменения атмосферной циркуляции или распределения облачности - можно проверить, посмотрев, как воспроизводит модель сезонный цикл - происходящие дважды в году изменения климата, которые имеют гораздо больший «размах», нежели любое мыслимое парниковое потепление. Несмотря на параметризацию, большинство МГЦ неплохо воспроизводят сезонную изменчивость температуры, однако в какой степени они могут описать сезонные изменения других климатических характеристик, включая выпадение осадков и относительную влажность, остается неясным.

В масштабах десятилетий (именно такой период, как предполагается, займет потепление) в игру вступают другие, более медленные процессы, не влияющие на сезонный цикл: это, например, изменения океанической циркуляции или распространения ледников. Моделирование палеоклима-

тов - похолоданий во время ледниковых периодов или сильного потепления в мезозойскую эру - служит хорошим тестом для проверки работы моделей на больших отрезках времени. К таким тестам можно отнести и расчеты климатов других планет, например Венеры, где благодаря плотной атмосфере, содержащей большое количество парниковых газов, температура у поверхности планеты достигает 450 °С.

Наблюдения за последние 100 лет - это единственный источник прямых данных, сравнение с которыми позволяет проверить, способны ли модели предсказать эффект парникового потепления. Предположим, мы «запустили» модель, взяв в качестве начального условия состав атмосферы столетней давности, а затем повторили вычисления, но уже взяв содержание диоксида углерода больше на 25070, а содержание метана на 100070. Получим ли мы на «выходе» наблюдаемое потепление величиной 0,5 °С? На самом деле большинство моделей дают несколько большую величину потепления - по крайней мере 1 °С.

Если выведенное из наблюдений повышение температуры действительно обусловлено парниковым потеплением, а не является просто «шумом», т. е. случайной флуктуацией, расхождение между расчетами и измерениями можно объяснить несколькими способами. Возможно, модели слишком чувствительны к небольшим увеличениям концентрации парниковых газов; возможно также, что неплотная и неоднородная сеть измерителей температуры на земном шаре не «улавливает» потепление в



ры. Красным показаны области, где температура более чем на 6 °C выше той, которую модель дает для того же сезона, но в реальной атмосфере; голубой цвет означает, что

здесь температура более чем на 6 °C ниже «реальной». В ходе вычислений аномалии изменяли положение, форму и размеры, но преобладающим всегда было потепление.

полной мере. Может существовать и некий фактор, не учтенный в модели, который замедляет или противодействует потеплению. Не исключено, что способность океанов поглощать тепло больше, чем принятая в моделях, что несколько ослабло излучение Солнца или что вулканы выбросили в стратосферу больше пыли, чем мы думаем, и таким образом было экранировано больше солнечного света.

Важно отметить, что в начале 1940-х годов началось временное похолодание, которое нарушило общую тенденцию к потеплению; особенно заметно оно было в Северном полушарии, совпав во времени и в пространстве с резким увеличением выбросов серы из труб тепловых электростанций и заводов, использующих в качестве топлива уголь и нефть. Сера — главная причина кислотных дождей — выбрасывается в виде газа, диоксида серы, но в атмосфере он превращается в частицы сульфатов. Эти частицы переносятся на большие расстояния и служат ядрами конденсации при образовании водяных капель; при этом плотность и яркость облаков могут возрастать, а с ними растет «охлаждающий эффект» облачности. Кроме того, если с частицами сульфатов не связываются частицы сажи, то даже в безоблачном небе сульфаты образуют дымку с повышенной отражательной способностью. Именно частицы сульфатов могли быть одним из тех факторов, которые в отдельных районах Северного полушария сводили на нет парниковое потепление — особенно после второй мировой войны.

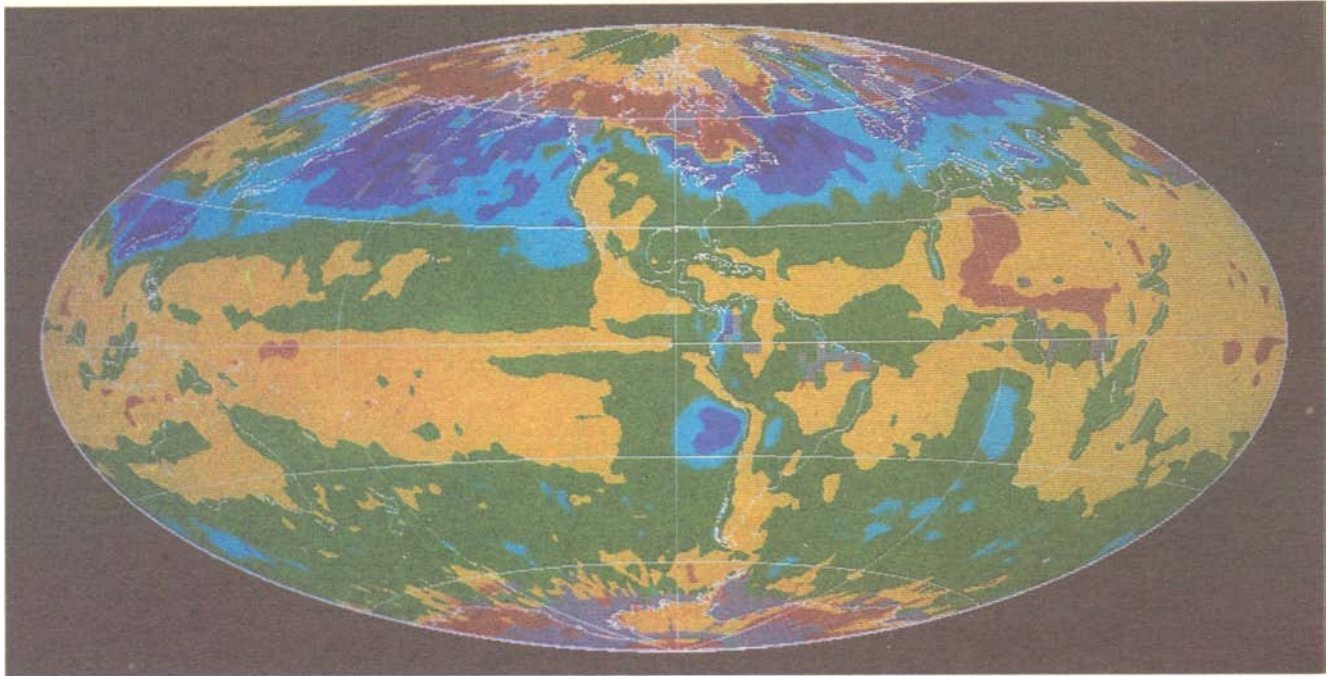
Расхождение между рассчитанным потеплением и наблюдаемым заставляет большинство климатологов воздерживаться от определенного (с уровнем вероятности, скажем, 99/100) утверждения, что парниковое потепление окончательно установилось. Вместе с тем это расхождение все-таки мало, модели достаточно тщательно выверены, а воздействие парниковых газов на климат несомненно. Все это позволяет думать о повышении средней температуры на Земле, предсказываемом моделями для ближайших 50 лет, как о вероятном процессе, с фактором неопределенности, равным двум. (Под словом «вероятно» я подразумеваю большую степень уверенности, чем «может быть, будет, а может быть, нет».) В ближайшие десять лет (или около того) потепление с предсказываемой величиной должно проявиться в явном виде — даже в температурных записях, «загрязненных» пумами. Однако мы не можем беспечно ждать этого недвусмысленного подтверждения наших прогнозов, поскольку изменения климата, с которыми столкнется человечество, окажутся в этом случае больше, чем если бы мы уже сейчас начали предпринимать меры по ослаблению парникового эффекта. Разумеется, вопрос действовать или не действовать выходит за рамки науки.

ПОЧЕМУ, собственно, нас должно беспокоить изменение климата в тех масштабах, которые предсказывают модели? Дело в том, что изменения температуры и осадкообразования могли бы отрицательно сказаться на экосистемах, сельскохозяй-

ственном производстве и среде обитания человека. Так, например, отдельные виды лесов растут в географических зонах, границы которых определяются главным образом температурой. Хвойные леса, которые сейчас произрастают в Канаде, в конце последнего ледникового периода, 10 тыс. лет назад, росли гораздо южнее, подступая на севере к самому краю льдов. По мере потепления — на 1-2 °C каждые 1000 лет — и отступление льдов зона лесов сдвигалась к северу со скоростью около 1 км в год. Не исключено, что леса не смогут вынести той скорости миграции, которую будет «навязывать» им ожидаемое потепление; некоторые экосистемы не могут мигрировать вообще: они существуют лишь в естественных «заповедниках», которые в новых неблагоприятных климатических условиях, вероятно, превратятся в «необитаемые острова».

Непосредственно на человеческую деятельность повлияет и тот факт, что потепление ускоряет испарение, уменьшая речной сток. Так, в западной части США повышение температуры на несколько градусов приведет к существенному уменьшению речного стока в бассейне Колорадо, даже если количество осадков останется прежним. В результате возрастет потребность в ирригационных работах и увеличится нагрузка на системы водоснабжения. Одновременно снизится и качество воды, поскольку то же самое количество отходов, попадающих в реки, будет разбавляться меньшим количеством воды.

Еще хуже то, что в центральных районах континентов, включая цент-



ОБЛАКА неоднозначно влияют на температуру у поверхности Земли, поскольку они одновременно отражают солнечную радиацию, не позволяя ей нагревать поверхность, и поглощают инфракрасное излучение планеты, внося вклад в парниковый эффект. На этом снимке, построенном по данным измерений со спутников в апреле 1985 г., видно, что в одних областях (*синий, зеленый*) влияние об-

лачности состоит в охлаждении поверхности Земли, а в других (*красный*) - в нагревании ее. В целом облака больше охлаждают планету, чем нагревают, но в парниковом мире характеристики облачности и их влияние на климат могут изменяться непредсказуемым образом. Снимок предоставлен В. Раманатаном из Чикагского университета.

ральные равнины США, уменьшилось бы количество летних осадков. На эту опасность указывают результаты расчетов по нескольким моделям климата. Покойный Дин Ф. Петерсон из Университета шт. Юта и Эндру А. Келлер из организации «Ресурсы для будущего» оценили, какое влияние на урожай зерновых окажут потепление на 3 °С и уменьшение количества осадков на 100%. По их данным, вынужденное увеличение полива и уменьшение количества доступной воды должны привести к тому, что площадь пригодной для обработки земли в аридных районах западных штатов и на Великих равнинах уменьшится примерно на одну треть. (Более засушливый климат в западных районах США может также стать причиной роста числа самопроизвольных пожаров.)

В прибрежных районах отрицательное влияние окажет повышение уровня моря. Большинство исследователей сходятся на том, что увеличение температуры на земном шаре на несколько градусов в ближайшие 50-100 лет вызовет повышение уровня моря на 0,2-1,5 м в результате теплового расширения океанской воды, таяния горных ледников и, возможно, отступления южной границы ледяного щита в Гренландии. (В Антарктиде лед, скорее всего, будет на-

растать, поскольку более теплые зимы, как правило, сопровождаются обильными снегопадами.) Повышение уровня моря создаст угрозу береговым сооружениям и прибрежным экосистемам и приведет к загрязнению грунтовых вод солями. Несмотря на то что влияние различных локальных факторов затрудняет выделение глобальной составляющей из рядов наблюдений за уровнем моря, одна группа исследователей сообщила недавно о том, что, анализируя длинные ряды данных измерителей приливов, они смогли обнаружить неуклонное повышение уровня моря в глобальном масштабе со скоростью около 2 мм/год. (Эта скорость, впрочем, несколько выше ожидаемой, рассчитанной по величине наблюдавшегося до сих пор потепления).

Совершенно ясно, что такие следствия изменений климата должны отразиться как на экономике, так и на внутренней и внешней политике разных стран. Уменьшение урожаев на Среднем Западе и на Великих равнинах, например, было бы губительным для Фермеров и отрицательным образом отразилось бы на экономике США в целом. Кроме того, уменьшение избыточного количества зерна, производимого в США, вызвало бы серьезные потрясения в международном масштабе.

Строго говоря, пострадают не все. Если пояс зерновых сместится к северу на несколько сотен километров, миллиардные потери, которые понесет шт. Айова, обернутся миллиардными прибылями для шт. Миннесота. Вопрос о том, как компенсировать потери «проигравшим» и какой «данью» обложить «выигравших». Этот вопрос может стать еще более острым, если одновременно будут задеты интересы разных стран: что делать, например, если выбросы парниковых газов в одной или нескольких странах станут причиной убытков в других странах, чья экономика не внесит столь большой «вклад» в парниковое потепление?

В СВЕТЕ ЭТИХ УГРОЗ представляется возможным предпринять контрмеры трех категорий. Некоторые исследователи предлагают чисто технические средства противодействия изменениям климата - например, разбрасывать в верхних слоях атмосферы порошок, отражающий солнечный свет. Однако если мы не способны точно предсказать собственно изменения климата, то вряд ли сможем предугадать последствия таких контрмер.

Многие экономисты ратуют за контрмеры второго типа, направленные на адаптацию без попыток угадать

отрицательные последствия потепления или противодействовать изменениям климата. Эти исследователи полагают, что ввиду большой неопределенности в прогнозах было бы неразумно тратить значительные средства на борьбу с последствиями, которые могут и не реализоваться. По их мнению, стратегия адаптации более экономична: инфраструктуры, которые следует модифицировать перед угрозой грядущих изменений климата (к таким инфраструктурам относятся системы водоснабжения или, скажем, береговые сооружения), должны быть в любом случае заменены до того, как существенные изменения климата начнут проявляться. Поэтому такие инфраструктуры могут быть просто перестроены с тем, чтобы противостоять изменениям окружающей среды.

«Пассивная» адаптация предполагает реагировать на события по мере их, так сказать, разворачивания во времени, однако некоторые «активные» меры, предпринимаемые уже сейчас, могли бы облегчить адаптацию к изменяющимся условиям в будущем. Комиссия по климатическим изменениям, созданная Американской ассоциацией содействия развитию науки, выдвинула одно очень значительное предложение по активной адаптации: по мнению этой комиссии, правительства и органы управления на всех уровнях в США должны еще раз изучить технические особенности систем водоснабжения, а также экономические и Правовые аспекты управления водоснабжением, с тем чтобы повысить эффективность и гибкость этих систем. По мере потепления климата и изменений осадкообразования и речного стока случаи нехватки воды будут отмечаться все чаще, а требования к перераспределению водных ресурсов будут принимать все более сложный характер. Даже если климат не изменится, более гибкие системы водоснабжения позволят с меньшими трудностями бороться с обычными неблагоприятными погодными условиями.

Третья, наиболее «активная» категория мероприятий - это контрмеры, направленные на сокращение эмиссии парниковых газов. Меры по экономии энергии, использование альтернативных источников энергии, переход на газ и другие виды топлива с низким содержанием углерода - эти шаги, равно как и прекращение вырубки лесов, должны привести к уменьшению эмиссии диоксида углерода. Прекращение производства хлорфторуглеродов, уже стоящее на повестке дня по той причине, что они, помимо прочего, разрушают озоно-

вый слой, привело бы к исключению еще одного вида парниковых газов. Предложения по уменьшению выбросов, рассчитанные на долговременные перспективы, были сформулированы в 1976г. Маргарет Мид и Уильямом у. Келлогом из NCAR. Они предложили принять «закон о воздухе», которые позволил бы удерживать эмиссию диоксида углерода ниже некоторого международного стандарта благодаря тому, что каждой стране было бы дано право на определенное «загрязнение» воздуха.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ по развертыванию немедленных действий внутренне противоречивы: они, как правило, требуют крупных вложений в такие мероприятия, которые направлены против плохо прогнозируемых будущих событий. Существует ли простой критерий, который помог бы определить, на какие меры (предупредительные или адаптивные) стоит затрачивать средства и усилия? По моему мнению, имеет смысл предпринимать такие шаги, которые дали бы непосредственные выгоды даже в том случае, если ожидаемые изменения климата не произойдут.

Хороший пример таких мероприятий - повышение эффективности использования энергии. Более эффективное использование ископаемого топлива позволит замедлить эмиссию диоксида углерода. Вместе с тем, даже если чувствительность климата к изменениям концентрации диоксида углерода и переоценивается, мы ничего не потеряем от таких мер. Они благотворно отразятся на экономике, а уменьшение количества сжигаемого топлива приведет к уменьшению количества кислотных дождей и меньшему загрязнению воздуха в городах, а также ослабит зависимость многих стран от зарубежных поставщиков. Переход к альтернативным источникам энергии, пересмотр законов об использовании воды, выведение новых сортов зерновых, устойчивых к засухе, заключение международных соглашений в области торговли продовольствием и другими товарами, производство которых чувствительно к флуктуациям климата, - от всего этого можно получить значительные выгоды, независимо от того, изменится климат или нет.

Не исключено, что некоторые из таких мероприятий тем не менее потребуют значительных затрат или столкнутся с трудностями политического характера. Введение новых законов, регламентирующих применение более эффективных технологий использования энергии, или какие-то инициативы в этой области могут

лечь дополнительным бременем на некоторые группы населения - например, на шахтеров или на малоимущих, - а затраты могут оказаться большими в бедных странах, чем в богатых. Меры, направленные на предотвращение парникового потепления, должны сопровождаться такими шагами в области внутренней и внешней политики, которые позволили бы одновременно не нарушать принципа справедливости и достигать эффективных результатов. По моему мнению, лучше бороться с бедностью и активно развивать экономику путем прямого инвестирования средств, чем путем искусственного снижения цен на энергию, не учитывающих «стоимости» ущерба, наносимого окружающей среде.

Некоторые люди полагают, что не правительственные постановления или налоговая политика, а свободный рынок должен диктовать, повышать ли эффективность использования энергии и отказываться ли от применения **ХФУ**. Однако вряд ли можно считать рынок «свободным», если на нем не учитывается цена того урона окружающей среде, который наносится производством определенных товаров или использованием определенных услуг. Более того, даже консервативные политические деятели соглашались в том, что, когда на карту поставлена национальная или международная безопасность, экономические соображения должны уступить место более широкому пониманию ситуации.

СТАБИЛЬНОСТЬ человеческого общества действительно находится под угрозой. Последствия, которые имело бы повышение температуры на несколько градусов в ближайшем столетии, делают этот вывод совершенно однозначным. В дополнение к перечисленным опасностям можно назвать и некоторые другие, тающиеся в грядущем потеплении: появление сильной положительной обратной связи в накоплении парниковых газов, обусловленной ускоряющимся разложением органического вещества в почве; резкие изменения регионального климата вследствие изменения океанической циркуляции; вспышка новых болезней среди животных и растений, в том числе и сельскохозяйственных культур, в результате нарушений экосистем. На мой взгляд - с политической, а не научной точки зрения, - эффективные взаимосогласованные меры сильно запоздали.

Меня часто спрашивают, настроен ли я пессимистично. На данном этапе, как мне представляется, никакие ме-

ры не смогут предотвратить потепления земном шаре на 1–2 ОС. Но я вижу в этой ситуации и положительную сторону: возможно, что перед лицом небольшого, но все же ощутимого потепления климата и связанных с ним неприятных последствий, предсказываемых компьютерными моделями, человечество предпримет более действенные шаги в области международного сотрудничества, направленного на то, чтобы развитие человеческого сообщества не угрожало окружающей среде; характерными чертами такого развития должны стать стабилизация численности населения и использование технологий, сберегающих энергию и безопасных для окружающей среды. Если мы пойдем по этому пути, нам, возможно, удастся предотвратить гораздо более значительное потепление в будущем и связанные с ним угрозы окружающей среде.

Для того чтобы создать такой

устойчивый мир, промышленно развитым странам, возможно, потребуется вкладывать сотни миллиардов долларов каждый год на протяжении десятков лет как в свою экономику, так и - в виде финансовой и технической помощи - в экономику развивающихся стран. Казалось бы, есть все основания пессимистически смотреть на возможность международных инициатив такого масштаба. Однако недавно столь же невозможным виделось сокращение вооружений НАТО и Варшавского договора в Европе, а сейчас это сокращение мне представляется вполне вероятным. Может быть, ресурсы, которые выделяются в результате международного соглашения и выработанная в его рамках модель международного сотрудничества откроют путь к миру, в котором «парниковый вею» останется существовать лишь в памяти суперкомпьютеров.

ции, был постоянным и составлял 19010; в 1988 г. он достиг 26%. Но даже такое увеличение не полностью отражает влияние наркомании на развитие эпидемии СПИДа в США. Проведенные в Нью-Йорке обследования показали, что наркоманы, зараженные HIV, часто умирают от других болезней (в частности, от пневмонии и туберкулеза) еще до того, как разовьется явный СПИД.

Одной из основных опасностей, связанных с эпидемией инфекции HIV среди наркоманов, является возможность занесения вируса в другие группы населения. И есть данные, свидетельствующие, что это действительно происходит. Так, доля случаев заболевания СПИДом в результате гетеросексуальных контактов за период с 1985 по 1987 г. неуклонно возрастала от 1 до 5%. Многие из заболевших были половыми партнерами наркоманов, использующих внутривенные препараты, но эпидемия ими не ограничивается.

По данным Центров по контролю за заболеваниями, в ряде крупных городов HIV начал распространяться от наркоманов в другие группы населения. М. Сант-Луис представил результаты «контрольного» обследования, начавшегося в январе 1989 г. в 27 американских больницах. Кровь пациентов (за исключением тех, у кого клиническая картина позволяла предполагать инфекцию HIV) была проверена на наличие возбудителя СПИДа. Число зараженных сильно колебалось: в некоторых районах оно составило лишь 0,1%, а в двух нью-йоркских больницах для бедных достигало 5-7%.

В городских районах, где заболеваемость HIV значительна, доля зараженных женщин выше, что, по мнению Сант-Луиса, говорит о большем значении гетеросексуальных контактов в распространении инфекции. Анализ зараженности населения по возрастным группам показал, что HIV начинает проявляться уже с 12 лет. «Инфекция HIV в бедных городских районах достигла уровня эпидемии», - сказал Сант-Луис. «При наблюдаемой разнице в зараженности населения различных социальных групп инфекция по-прежнему будет поражать преимущественно тех, кто менее всего способен справиться с ней».

Какие эпидемиологические механизмы действуют в социальных группах, более всего подверженных риску инфекции HIV? Прямой ответ на этот вопрос могут дать лишь немногие из проведенных исследований. К. Холмс из Вашингтонского университета и его коллеги представили

Наука и общество

Пятая конференция по проблемам СПИДа

ЦЕРЕМОНΙΑ открытия V международной конференции по СПИДу 4 июня в Монреале была задержана на целый час захватившими зал Дворца конгрессов активистами движения за улучшение лечения и более справедливое отношение к заболевшим СПИДом. Самодельные значки, яркая одежда, броские лозунги, неповиновение властям - все это напоминало демонстрации за права человека или против войны во Вьетнаме. Но теперь причина была другая. В выступлениях, носивших в основном сдержанный характер, звучала настоящая боль, ведь многие из демонстрантов заражены HIV (от англ. human immunodeficiency virus - вирусом иммунодефицита человека), являющимся возбудителем СПИДа.

К концу конференции, завершившей свою работу 9 июня, сложилось впечатление, что активисты-гомосексуалисты, подобно генералам, которые устраивают маневры по образцу последней войны, сосредотачивают усилия на том, что уже далеко не самое актуальное. Многие сейчас свидетельствуют о том, что центр эпидемии сместился от гомосексуалистов в среду наркоманов и их половых партнеров. Более того, судя по предварительным данным, в городах вирус, вызывающий СПИД, уже

вышел за пределы круга наркоманов, практикующих внутривенные инъекции, где он распространялся вместе с кокаином, проституцией и венерическими заболеваниями, увеличивающими риск передачи HIV.

Какое-то время не вызывало сомнений, что СПИД распространяется среди наркоманов, практикующих внутривенные инъекции, быстрее, чем в других известных группах риска. Благодаря информированности и отказу от потенциально опасных способов половых сношений темпы распространения заболевания среди гомосексуалистов сейчас, похоже, замедляются. Однако, поскольку с момента заражения до первых признаков болезни проходит длительный период времени, количество выявленных случаев заболевания СПИДом среди наркоманов оставалось до сих пор ниже, чем среди гомосексуалистов. Но теперь эта картина меняется, как сообщил на пленарном заседании Р. Кутино из Департамента здравоохранения и защиты окружающей среды Нидерландов. По его предсказаниям, в 1990 г. в Европе заболеваемость СПИДом среди наркоманов будет больше, чем среди гомосексуалистов.

Кутино также отметил, что положение в США сложнее чем в Европе. В 1985-1987 гг. прирост заболеваемости СПИДом среди наркоманов, практикующих внутривенные инъек-

вили печальный обзор эпидемиологической картины венерических болезней среди бедноты, национальных меньшинств и жителей городских окраин. В своем выступлении на утреннем пленарном заседании 8 июня Холмс отметил, что в начале 80-х годов скорость распространения венерических заболеваний среди как белого, так и чернокожего населения США уменьшалась. Сейчас, продолжая падать среди белых, она резко возросла среди черных. Например, заболеваемость гонореей чернокожего населения прекратила снижаться в 1985 г. и с тех пор растет; к 1988 г. среди черных женщин она была в 21 раз выше, чем среди белых.

В дополнение к этим данным, относящимся к населению страны в целом, Холмс и его коллеги детально изучили заболеваемость гонореей в округе Кинг шт. Вашингтон, включающем Сизл и его пригороды. В каждой из выделенных этнических и расовых групп наибольшая доля заболевших наблюдалась среди женщин 18-19 лет. Самый высокий уровень заболеваемости был зарегистрирован в нескольких административных районах с самыми низкими социально-экономическими показателями. В этих районах эпидемиологическая ситуация все время ухудшается: ежегодно 2-3070 населения заражается гонореей.

Пользуясь результатами лабораторных анализов, группа Холмса проследил за развитием микроэпидемии специфического штамма гонококка, появившегося в Сизле в 1986 г. Впервые этот штамм был выявлен у белых больных и лиц азиатского происхождения. Но уже в 1987-1988 гг. он обнаруживался почти исключительно у чернокожих, которые составляют всего 5% населения Сизла.

По мере распространения штамма эпидемиологическая картина менялась. Инфекция охватывала наркоманов и проституток. В начале 1987 г. 19% зараженных отмечали недавнее употребление наркотиков, а к концу этого года таких было уже 82%; доля тех, кто сообщил, что занимался проституцией, оставалась высокой все время. Количество зараженных, которые и употребляли наркотики, и занимались проституцией, возросло от 10% в начале эпидемии до 71% на ее поздних стадиях.

По сообщению Холмса, многие из фигурировавших в этом исследовании наркоманов курили так называемый крэк (форма кокаина), употребление которого в 1985 г. достигло в некоторых городах масштабов эпидемии. Некоторые женщины, употреблявшие крэк, занимались проституцией

для того, чтобы достать наркотик, что способствовало распространению гонореи и других венерических заболеваний. В результате венерические болезни сосредоточены среди молодых представителей национальных меньшинств, для которых обычны наркомания и проституция.

По мере того как в этой группе населения распространяются венерические заболевания, имеющиеся программы по борьбе с ними все менее способны справиться со своей задачей. В качестве примера Холмс привел результаты обследования, проведенного Центрами по контролю заболеваний в 15 американских общественных больницах. Они свидетельствуют, что сейчас в большинстве из этих учреждений пациентам отказывают в лечении чаще и ожидать приема у врача приходится дольше, чем всего несколько лет назад. Например, в одной большой городской клинике на восточном побережье в районе, где была эпидемия сифилиса, в 1985 г. прием первичных больных шел до 3-х часов дня, а теперь заканчивается уже в 11 часов утра. В 1985 г. пациенты ожидали приема у врача в среднем 2,5 ч.; в 1988 г. - 4 ч.

«Необходимо развивать диагностику, изыскивать новые пути борьбы с венерическими болезнями, особенно в медицинских учреждениях, обслуживающих городскую бедноту», - подчеркнул Холмс, но добавил: «По правде говоря, я не уверен, что муниципальные фонды могут выдержать расходы на это». Он заключил свое выступление предостережением: «Нельзя допустить дальнейшего распространения венерических заболеваний, являющихся фактором риска СПИДа, в слоях городского населения, в которых инфекция HIV достигла уровня эпидемии из-за внутреннего употребления наркотиков и других Факторов».

Карликам на заметку

ПОЧЕМУ пигмеи такого маленького роста? Можно предположить, что это обусловлено недостатком образующегося в гипофизе гормона роста, который стимулирует рост тела в детстве и юности. Это предположение, однако, неверно: установлено, что у пигмеев нормальный уровень гормона роста. Последняя работа Г. Боманна из Медицинской школы Северо-Западного университета и его коллег указывает на иную причину: эффекты гормона определяются взаимодействием с клеточными рецепторами. Боманн совместно с М. Шоу и Т. Мериме провел

анализ образцов крови 20 пигмеев различного возраста, проживающих в районе леса Итури в Заире. В качестве контроля служили 7 белых американцев и 5 африканских негров нормального роста. Рост взрослых индивидов из числа обследованных пигмеев варьировал в пределах 132-146 см.

В 32 образцах крови определяли активность белка, с высоким сродством связывающего гормон роста. Этот белок, открытый Боманном с коллегами в 1986 г., имеет такую же аминокислотную последовательность, как та часть молекулы клеточного рецептора гормона роста, которая располагается снаружи клетки. (Рецептор - это трансмембранный белок; часть его молекулы погружена в клеточную мембрану, часть выступает внутрь клетки и часть - наружу.) Действительно, белок, с высоким сродством связывающий гормон роста, можно получить, отщипив от рецептора его внеклеточную часть. В крови он образует комплекс с гормоном роста (функция этого комплекса неизвестна).

Боманн и его коллеги обнаружили, что в крови у пигмеев содержится вдвое меньше белка, связывающего гормон роста, чем у контрольных индивидов. Коль скоро связывающий белок представляет собой часть молекулы клеточного рецептора гормона роста, его низкий уровень может отражать соответственно низкий уровень рецептора, что в свою очередь обуславливает малый рост.

Исчерпывающий ответ, скорее всего, будет сложнее. Даже 50%-ное понижение общего содержания клеточного рецептора гормона роста может быть легко компенсировано введением в организм дополнительного количества гормона. Однако известно, что пигмеи не растут даже при больших дозах экзогенного гормона роста. Как полагает Боманн, у них, возможно, имеется какой-то функциональный дефект клеточного рецептора гормона роста помимо пониженного его содержания; не исключены также другие аномалии, не имеющие отношения к этому рецептору.

Кроме того, не доказано, что связывающий белок образуется в организме путем расщепления рецептора - он может синтезироваться и поступать в кровь другими путями. В настоящее время ведутся исследования с целью выяснить функцию связывающего белка и понять, имеет ли он отношение к гормону роста и его рецептору. Эта работа, по словам Боманна, может оказаться полезной в медицине для лечения карликовости, обусловленной дефектами клеточного рецептора гормона роста.

Угроза водным ресурсам

Рост численности населения, безграмотность и нищета, а также низкий уровень землепользования - все это факторы, угрожающие сохранности водных ресурсов на Земле.

Для предотвращения в будущем острой нехватки воды необходимо принять срочные меры

Ж. В. МОРИС ЛА РИВЬЕР

ВОДА является отличительной особенностью нашей планеты. Она стала средой для эволюции жизни и входит в состав всех живых организмов. Воду можно считать самым драгоценным ресурсом, который обеспечивает существование человечества. Поэтому людям следовало бы уважительно относиться к воде, поддерживать ее запасы и беречь ее чистоту. Однако во всех странах мира до сих пор проявляется поразительная недалковидность и халатность в этом отношении. Действительно, будущее рода человеческого и жизни вообще окажется под угрозой, если не произойдет существенного улучшения в использовании водных ресурсов Земли.

Вся пресная вода в озерах и ручьях, реках и речках Земли составляет менее 0,01% общего влаговзапаса планеты. К счастью, этот запас пресной воды непрерывно пополняется атмосферными осадками в виде дождя и снега. Однако большая часть этих осадков загрязняется газами и частицами, которые попадают в атмосферу в результате человеческой деятельности.

Пресная вода течет по суше и на своем пути к океану нагружается взвешенными и растворенными веществами - как природными компонентами, так и отходами человеческой деятельности. Если плотность населения на водосборе низкая, то отходы могут быть разрушены микроорганизмами в ходе процесса, который называют естественным самоочищением. Когда мощности самоочищения на водосборе не хватает, большое количество отходов аккумулируется в морях и океанах, где они могут оказывать вредоносное влияние на жизнь морских организмов. Вода испаряется и поступает в атмосферу в виде чистого водяного пара. Большая ее часть попадает обратно в океан, а то, что попадает на сушу, является драгоценным возобновляемым источником, от которого зависит жизнь на Земле.

НООЦЕНКЕ Института мировых ресурсов, 41 000 км³ воды в год возвращается с суши в море; этот процесс компенсирует перенос водяного пара с моря на сушу. Примерно 27 000 км³ воды стекает в море в виде паводкового стока и ее невозможно использовать, а 5 000 км³ воды стекает в виде потоков в ненаселенных районах мира. Из 41 000 км³ воды, которые текут в море, некоторое количество остается на суше, где оно поглощается растениями (сколько точно неизвестно).

Из этого объема около 9 000 км³ воды доступны для человеческой деятельности в мировом масштабе. Это богатый запас воды, в принципе достаточный, чтобы обеспечить до 20 млрд. человек. Но из-за неравномерной плотности расселения людей и разного водопотребления, локальное наличие воды сильно меняется. Если известен баланс осадков и испарения для каждой страны, можно определить бедные и богатые водой страны. Например, Исландия имеет значительное превышение осадков, что и дает 68 500 м³ воды в год на человека. А жители Бахрейна фактически не имеют природной пресной воды; их существование зависит от опреснения морской воды. Кроме того, потребление воды в расчете на одного человека значительно меняется от страны к стране: в среднем житель США потребляет в год в 70 раз больше воды, чем житель Ганы.

Хотя потребители воды в разных странах различны, главным пользователем водного запаса во всех странах является сельское хозяйство. В мировом масштабе 730/10 воды уходит на эти цели. Почти 3 млн. км² суши орошается - эта площадь, приблизительно равная по размеру Индии, постоянно увеличивается со скоростью 8% в год.

Проблему дефицита воды в отдельных районах можно решать двумя способами - либо возводя плотины

на реках, либо расходуя «основной капитал», т. е. грунтовые воды. Можно также прибегнуть к консервации имеющихся источников водоснабжения - как с помощью повышения эффективности ирригационных систем, так и с помощью увеличения импорта продовольствия.

Несмотря на такие усилия, водные ресурсы, очевидно, будут становиться все более дефицитными по мере роста населения, промышленного производства и сельского хозяйства. Острая нехватка воды возникает, когда потребление превышает имеющиеся возможности. Например, истощение грунтовых вод стало обычным явлением в Индии, Китае и США. В СССР уровень воды в Аральском море и Байкале катастрофически падает как следствие роста промышленного и сельскохозяйственного производства в этих районах. Постоянная борьба между странами за использование воды таких «интернациональных» рек, как Нил, Иордан, Ганг и Брахмапутра, - признак увеличивающегося дефицита воды.

Другая проблема связана с засолением почв из-за избыточного полива. Поскольку вода испаряется или потребляется растениями, соль остается в почве. Скорость отложения солей превышает скорость их вымывания потоками воды, поэтому соли накапливаются. Более миллиона гектаров

НЕФТЬ из скважины в Оклахоме разлилась в ближайшем ручье, образовав плотный слой на поверхности воды и прибрежных песчаных отмелях. Токсичные вещества в нефти сделали воду «мертвой» для большинства живых организмов, и теперь она не может быть использована животными для питья. Хотя такой характер загрязнения нефтью едва ли сравним с растеканием танкерной нефти в море, оно показывает, каким широким может быть воздействие деятельности человека на мировой водозапас.



земли каждый год подвергается засолению; в результате этого только в США ухудшилось качество более 2011,10 орошаемых земель.

Человеческая деятельность в бассейнах рек часто усиливает опасность наводнений. Сведение лесов и их чрезмерная вырубка ведут не только к увеличению эрозии почвы, но и к возрастанию стока; кроме того, искусственно созданные судоходные каналы, которые увеличивают радиус действия равнинного половодья, могут усилить паводок.

Наконец, любая человеческая деятельность, которая способствует усилению парникового эффекта и происходящих изменений климата, должна влиять на глобальный кругооборот воды. Предполагаемое повышение уровня моря в следующем веке составит от 0,5 до 1,5 м, что не только ставит проблему защиты прибрежных районов от затопления, но может привести к загрязнению водных ресурсов, созданию новых пойменных низменностей, в то время как прежние перестанут быть таковыми, и увеличению доли соленой воды по отношению к пресной в глобальном масштабе. В целом, вероятно, осадки могут возрасти на 7-15%; географические вариации этих изменений не предсказуемы.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ достаточным запасом воды - это не единствен-

ная проблема, стоящая перед многими странами мира: необходимо позаботиться и о качестве воды. При прохождении через гидрологический цикл вода загрязняется отходами двух видов. К обычным относятся органические остатки (экскременты человека и животных, а также растительные волокна, оставшиеся после сбора урожая - часто более половины от самого урожая). Существуют также промышленные отходы различных производств и вышедшая из употребления промышленная продукция.

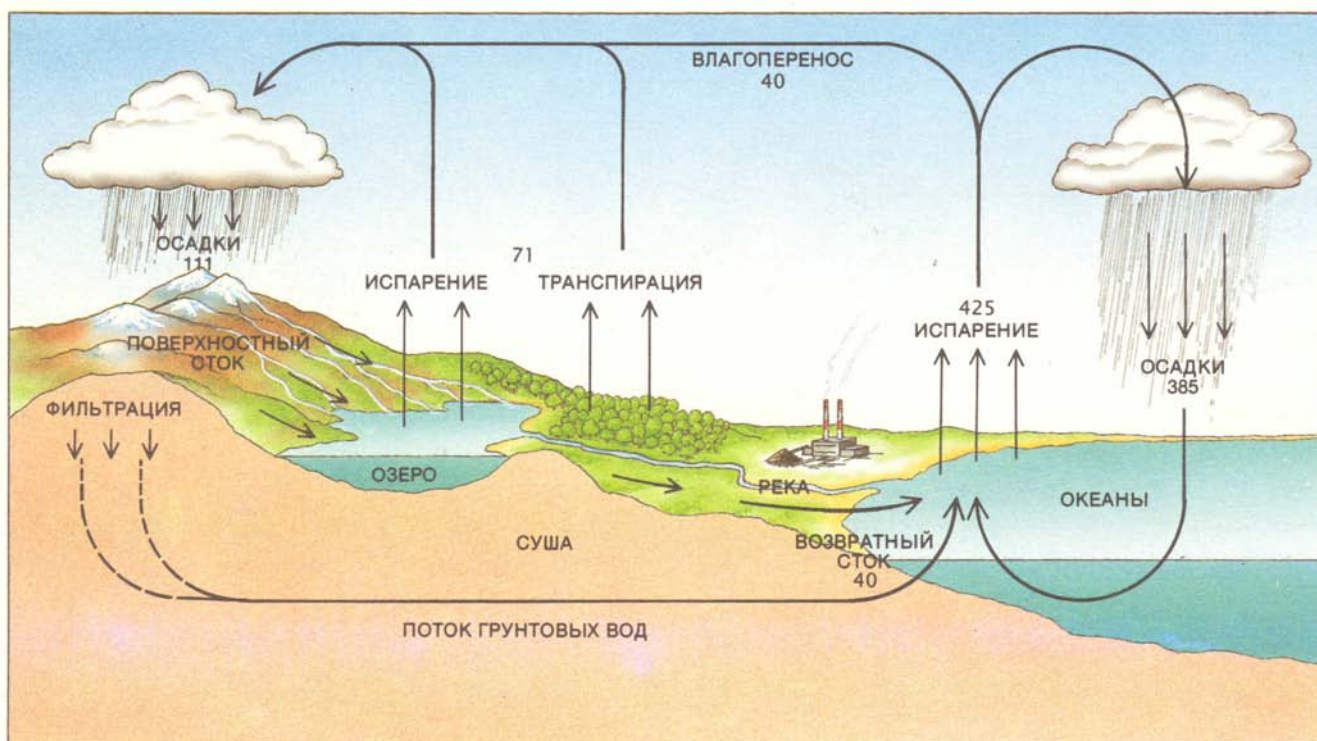
Хотя органические отходы подвергаются полной биологической деградации, они представляют значительную проблему и в некоторых местах скапливаются в больших количествах. Гниение и разложение органических остатков могут вызвать уменьшение содержания кислорода в озерах и реках. Экскременты человека содержат некоторые из самых опасных загрязнителей, включая такие патогенные микроорганизмы, переносимые с водой, как возбудители холеры, брюшного тифа и дизентерии.

Промышленные отходы могут содержать тяжелые металлы и значительные количества синтетических химических веществ таких, как пестициды. Эти материалы токсичны и устойчивы: они долго не разрушаются в естественных условиях или при переработке на очистных заводах.

Однако такие промышленные материалы, как бетон, бумага, стекло, железо и некоторые пластмассы, относительно безвредны, поскольку они или инертны, или подвергаются биологической деградации, или по крайней мере нетоксичны.

Отходы могут попадать в озера и реки в выбросах из таких источников, как канализационные или дренажные трубы, или из диффузных источников, как в случае пестицидов и удобрений в поверхностных стоках. Отходы могут попадать в озера и реки косвенным путем, например, когда вода течет через загрязненную почву и переносит эти загрязнения к озеру или реке. Действительно, свалки токсичных химических отходов на суше стали опасным источником заражения грунтовых и поверхностных вод. Металлические контейнеры, содержащие химикаты, подобны бомбам замедленного действия, которые взорвутся, когда металл проржавеет. Несчастные случаи, происшедшие в Леккеркерке (Нидерланды) и на Лав-канале (США), типичны для загрязнения такого рода, они происходят во всем мире на тысячах свалок химических отходов.

Некоторые загрязнители попадают в воду из атмосферы. Возможно, самое известное такое вещество - это кислота, образующаяся при выделении оксидов азота и диоксида серы



ГЛОБАЛЬНЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ имеет три основных потока: осадки, испарение и влагоперенос. Осадки, например дождь или снег, в основном (385 000 км³) выпадают в океаны; вода возвращается в атмосферу при ис-

парении. С суши в океан направлены поверхностный сток и поток грунтовых вод; водяной пар переносится атмосферными потоками с океана на сушу. Цифры даны в тысячах кубических километров в год.

промышленными предприятиями и двигателями машин. Выпадение кислоты в «сухом» виде (поскольку газы могут контактировать непосредственно с почвой или растительностью) или во «влажном» виде (когда кислота растворяется в каплях дождя), вызывает окисление низкощелочных озер во всех промышленно развитых районах мира. Кислотные осадки вымывают из почвы положительно заряженные ионы, и в некоторых реках и озерах они могут достичь концентрации, при которой рыба гибнет.

В районах интенсивного скотоводства содержащийся в навозе аммиак частично попадает в атмосферу, а частично превращается почвенными микроорганизмами в растворенные нитраты. Поскольку ионы нитратов очень подвижны (они растворяются в воде и не связываются с частицами почвы), они стали одним из основных загрязнителей грунтовых вод, и их концентрации часто превышают нормы, установленные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

Другой недавно обнаруженный вид загрязнения воды связан с накоплением тяжелых металлов, пищевых отходов и токсичных веществ в придонном иле в дельтах и эстуариях сильно загрязненных рек, таких как Рейн. Осадочный грунт со дна таких рек нельзя использовать для земляных насыпей в городских и сельскохозяйственных районах. Кроме того, всегда существует опасность, что природные процессы или деятельность человека могут спровоцировать химические реакции с участием загрязнителей, которые при этом переходят в растворенное состояние, что позволит им распространиться на огромные расстояния.

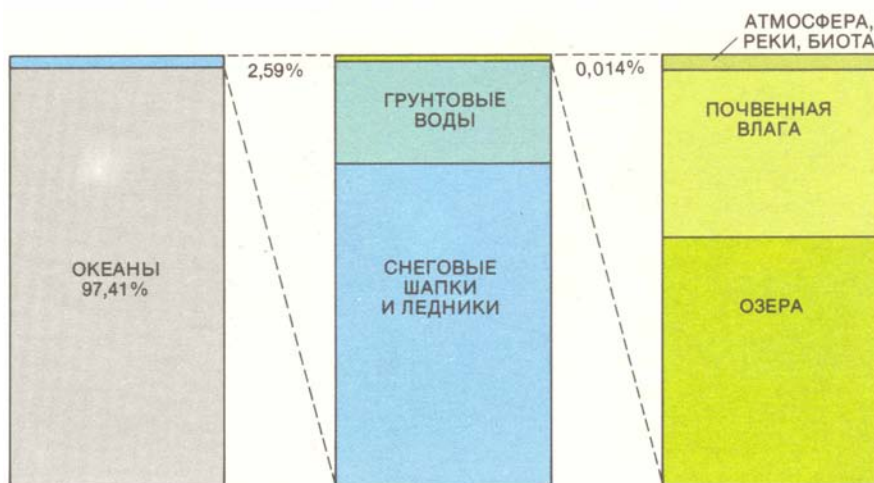
КАЧЕСТВО внутренних вод страны зависит не только от количества производимых отходов, но и от принятых мер по их обеззараживанию. Степень успеха в борьбе за качество воды в разных странах различно, но ее можно представить в виде одной формулы, предложенной В. Штуммом и его сотрудниками из Швейцарского федерального института по водным ресурсам и контролю за загрязнением воды (в Цюрихе). Согласно этой формуле, нагрузка загрязнений в данном речном бассейне зависит от численности населения в бассейне, валового национального продукта на душу населения, эффективности очистных мероприятий и величины речного стока.

Большинство рек в развитых странах, где численность населения и валовой национальный продукт (ВНП) устойчивы, а способы очистки отхо-

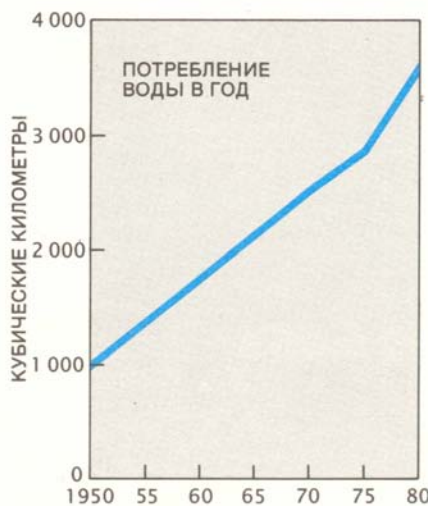
дов становятся гораздо эффективнее, тем не менее загрязняются и обычными, и промышленными отходами. Однако в начале 80-х годов сообщалось о некоторой стабилизации, если не снижении, уровня загрязнений. Методы обработки обычных отходов включают главным образом осаждение и микробиологическую деградацию, аэробную и анаэробную, которые усиливают процессы естественного самоочищения. Методы разрушения неорганических загрязнителей, таких как металлы и токсичные химикаты, хотя и совершенствуются, но

их нельзя считать многообещающими.

В тех районах, где рост промышленного производства в речном бассейне сопровождается эффективной обработкой отходов, хорошее качество воды может сохраниться. Однако равновесие между загрязнением и очищением отходов вещь весьма хрупкая. Случайного выброса, такого, который произошел в 1986 г. после пожара на фабрике фирмы Sandoz на Рейне в Швейцарии, было достаточно, чтобы уничтожить большое количество обитающих в воде живых



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ на нашей планете очень неравномерно. Основную ее часть (97,41%) содержат океаны (серый) и только малая часть (2,59%) находится на суше (голубой). Большая часть воды на суше малодоступна, поскольку она присутствует в виде льда, снега или грунтовых вод; только малая часть (0,014%) от общего влагосапаса легко доступна людям и другим живым организмам (зеленый).



ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ в глобальном масштабе увеличивается (слева) в основном в результате роста населения и увеличения использования на душу населения сельскохозяйственной и промышленной продукции. Хотя в настоящее время пресной ВОАбы достаточно (9000 км³), необходим контроль за использованием водных ресурсов, чтобы обеспечить ее запас в будущем. В среднем скорость потребления воды в разных странах в расчете на одного человека меняется очень сильно (справа), например, американец расходует воды примерно в 20 раз больше, чем житель Ганы.

организмов и привести к закрытию водозаборных станций, расположенных ниже по течению.

В странах, вставших недавно на путь промышленного развития, загрязнение рек органическими и промышленными отходами увеличивается, поскольку ВВП в расчете на душу населения растет быстро (тогда как население растет в меньшей степени) и меры по очистке часто незначительны. В этих странах индустриализации придается большее значение, чем переработке отходов. Как следствие

этого, в некоторых районах (например, в Восточной Азии) уничтожение водных ресурсов сейчас рассматривается как самая серьезная угроза окружающей среде.

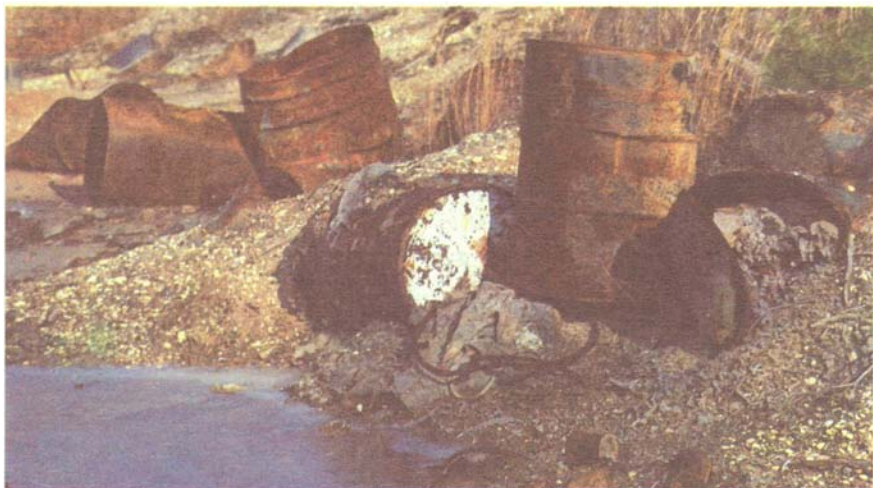
В менее развитых странах, где численность населения растет, а переработка отходов практически не производится, загрязнение воды органическими отходами широко распространяется. В результате миллионы людей, особенно дети, умирают каждый год от болезней, которыми заражаются через воду; такие инфекции мо-

гут быть предотвращены при соответствующем санитарном обеспечении. Эти страны все еще страдают от болезней, давно ликвидированных в западных странах. Хотя ООН объявила 80-е годы международным Десятилетием запаса питьевой воды и санитарии (International Drinking Water Supply and Sanitation Decade) и разработала программу обеспечения всех стран к 1990 г. чистой питьевой водой и соответствующими санитарными условиями, но, кроме этого, предстоит решить и другие не менее важные задачи, поставленные в этой программе. Следует отметить, однако, что в ряде стран, таких как Мексика, Индонезия и Гана, на пути к этому наметился некоторый прогресс.

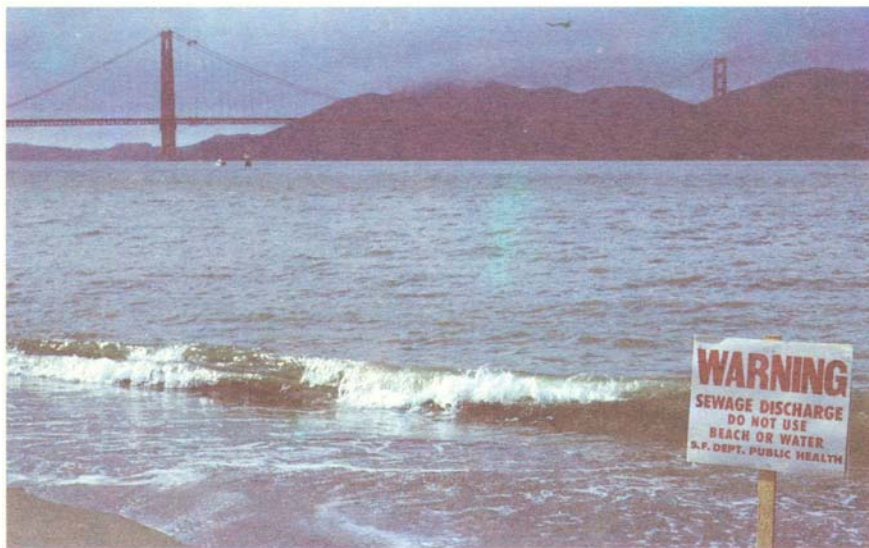
Качество воды в озерах почти такое же, как и в реках. Тысячи озер, включая некоторые крупные, непрерывно подвергаются воздействию кислот или эвтрофикации (т. е. притоку больших количеств питательных веществ, главным образом фосфатов, что приводит к чрезмерному росту водорослей). Когда разросшиеся водоросли гибнут, они при разложении поглощают почти весь растворенный в воде кислород, так что быстро ухудшаются условия для существования живых организмов. Опыт стран Европы и Северной Америки показал, что восстановление озер возможно, но для этого потребуются определенные затраты и процесс этот займет несколько лет. Хорошо помогают известкование против действия кислот и вымывание избыточных питательных веществ для предотвращения процесса эвтрофикации.

Загрязнение рек и озер в принципе обратимо, однако для грунтовых вод это не так. О качестве огромных запасов грунтовых вод на Земле мало известно, за исключением отдельных районов, где особенно активно разрабатываются водоносные горизонты. В Европе и США, где грунтовые воды представляют значительный источник пресной воды, при проверке было обнаружено, что от 5 до 100% из них имеют уровень нитратов выше, чем допустимая величина (45 мг/л). Многие органические загрязнители проникают в грунтовые воды с мусорных свалок, из канализации, хранилищ топлива или в виде стоков с сельскохозяйственных полей, а также с городских и пригородных территорий.

Поскольку грунтовые воды «отрезаны» от атмосферного кислорода, возможность их самоочищения очень низкая: микроорганизмам для разрушения органических веществ необходим кислород. Предотвращение загрязнения - единственно разумный подход, особенно для развивающихся



СВАЛКИ токсичных химикатов - серьезный источник загрязнения грунтовых и поверхностных вод. За «нелегальными» свалками, как эта в США, особенно трудно следить. Загрязнение произойдет, когда бочки проржавеют и их содержимое выльется наружу, попадет в поверхностные воды и в конечном счете - в грунтовые воды.



ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКЕАНОВ - растущая проблема, особенно для прибрежных районов. Канализационные стоки, которые содержат в большом количестве питательные и поглощающие кислород органические вещества, представляют один из типовых загрязнителей, который несет угрозу морским организмам, как здесь, в бухте Сан-Франциско. (Надпись на щите: «Опасно. Сброс сточных вод. Не купайтесь и не употребляйте воду.» - Ред.)

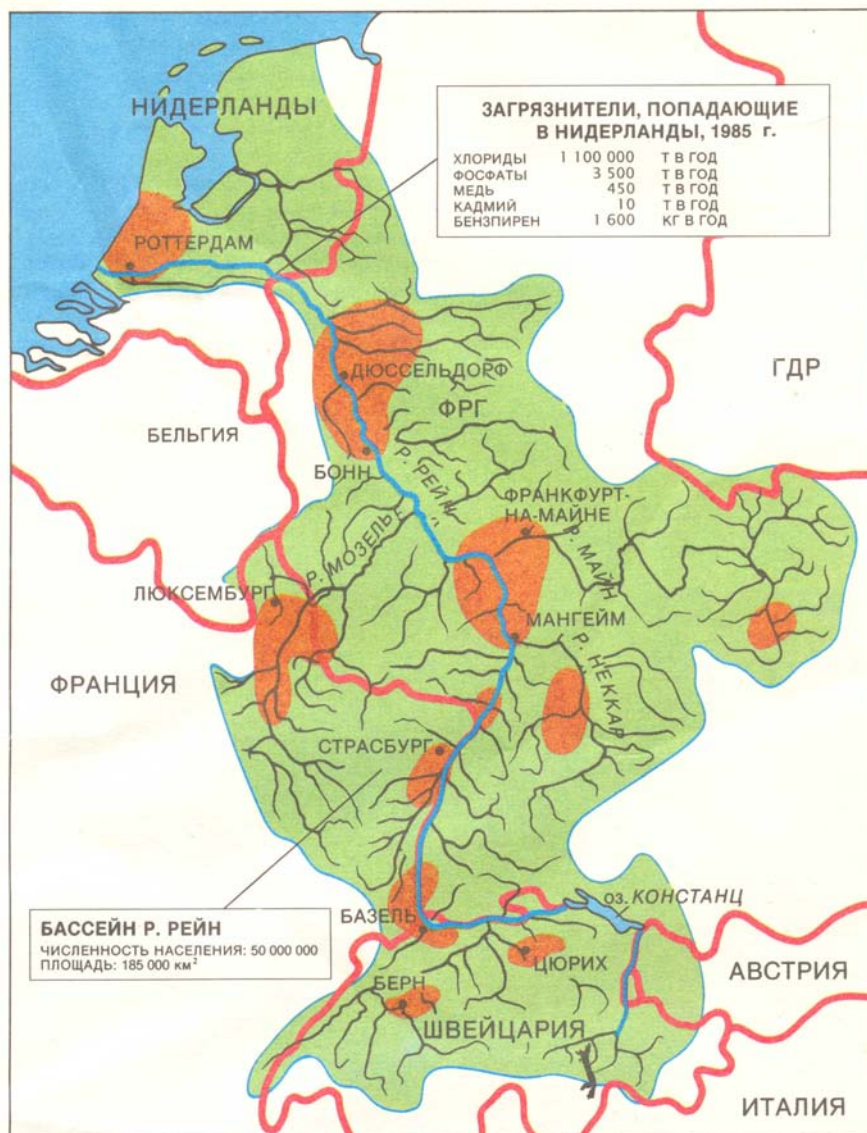
стран, где, по-видимому, громадные запасы грунтовых вод найдут применение в будущем.

ОКЕАНЫ являются частью всеобщего достояния, которое используют многие страны, не неся какой-либо ответственности, поэтому все труднее принимать меры по охране этих водных ресурсов. Более половины людей в мире живут на морских побережьях, в дельтах рек и эстуариях; примерно 90% морской рыбы вылавливается в пределах 320-километровой зоны от берегов. Каждый год около 13 млрд. т ила оседает в прибрежной зоне около устьев рек. Хотя в основном эти отложения тем или иным путем попадают в Мировой океан, их увеличение может быть обусловлено эрозией и сведением леса, вызванными вмешательством человека. В зависимости от повседневной сельскохозяйственной и промышленной деятельности в районах водосборов прибрежные зоны могут и удобряться и загрязняться илом, а также растворенными веществами, которые туда попадают.

Прибрежная зона имеет особое значение для физико-химического взаимодействия между потоками пресной и соленой воды - это зона наивысшей биологической продуктивности, которая обеспечивает существование морских организмов, от планктона до рыб, черепах и китов. Аквакультура в прибрежной зоне сейчас дает около 10070 мирового улова рыбы. 240 000 км² прибрежных мангровых лесов - основное место обитания многих экономически важных видов рыб в течение части их жизненного цикла; эти леса дают также строительный материал и топливо. Болота, заросшие камышом и кипарисом, представляют другой пример биологического богатства «влажных» стран в прибрежной зоне. Наконец, прибрежные зоны поддерживают высокодоходную туристическую индустрию и включают все возрастающее число охраняемых территорий, таких как Морской парк на Большом барьерном рифе в Австралии.

Кроме речного стока, диффузного стока, атмосферного переноса, выбрасывания и сжигания мусора в море другими источниками загрязнения являются аварии на морских промыслах и кораблекрушения, в результате которых около 20 млрд. т растворенных и взвешенных веществ попадает в Мировой океан и оказывает прямое воздействие на прибрежную зону.

Полихлорбифенилы (ПХБ) и другие устойчивые токсичные вещества, включая ДДТ и соединения тяжелых металлов, уже распространились по всем морским экосистемам, частично



РЕКА РЕЙН собирает воду с обширной территории (зеленая) четырех стран - Швейцарии, ФРГ, Франции и Нидерландов; она течет на протяжении 1320 км с Альп к Северному морю. Бассейн Рейна представляет развитую промышленную зону (основные урбанизированные районы показаны здесь светло-коричневым цветом), река собирает и переносит в Нидерланды «мертвый груз» загрязнителей; с 1980 г. количество некоторых загрязнителей уменьшилось. Сейчас эти четыре страны, создав совместный проект Rhine Action Plan, намерены улучшить качество воды в Рейне. Прежде всего необходимо будет направить усилия на создание замкнутого цикла в сфере промышленного производства вместо действующей ныне системы контроля по принципу «на конце трубы».

накапливаясь в пищевой цепи. В промышленно развитых странах запрет на применение ДДТ и ПХБ был введен около 10 лет назад и концентрация этих веществ в прибрежных водах Европы и Северной Америки уменьшилась. Однако эти химикаты продолжают использовать во многих тропических регионах, где они отравляют морскую экосистему.

Океанские течения переносят также мусор и отходы. Примерами этого могут служить незлагающиеся пластиковые бутылки и другой мусор, которыми обычно засорены пля-

жи и поверхность моря. Они вызывают гибель птиц, рыб и морских млекопитающих, которые по ошибке поедают их или запутываются в них. Менее впечатляющими, но, возможно, более опасными являются химические и биологические процессы (все еще плохо изученные), приводящие к распространению и накоплению токсичных веществ, например радиоактивных отходов.

Чрезмерные выбросы сточных вод в прибрежных городских районах приводят к эвтрофикации прибрежных вод, которая может изменить со-

став популяции планктона. Планктон при наличии обильных пищевых остатков в сточных водах, как известно, может быстро развиваться, что уменьшает запас кислорода и таким образом приводит к гибели рыбы. Кроме того, присутствие патогенных микроорганизмов в сточных водах заставляет закрывать пляжи на многие километры и запрещать ловлю ракообразных, в тканях которых концентрируются бактерии.

Около 0,1070 мировой добычи неф-

ти, т. е. около 5 млн. т в год (более 1 г на 100 м² морской поверхности) попадает в Мировой океан. Большие районы океана покрылись бы накопившейся ранее нефтью, если бы она не испарялась и не разлагалась бактериями. Хотя нефть почти полностью разлагается микроорганизмами, им нужно длительное время, чтобы выполнить свою задачу, так как их активность сдерживается низким содержанием питательных веществ в морской воде. Между тем действие разли-

той нефти смертельно для некоторых видов планктона, личинок рыб и ракообразных, так же как и для птиц и морских млекопитающих.

Ясно, что качество вод в прибрежной зоне подвергается серьезной опасности и что ущерб рыболовству и морской жизни все увеличивается. Внутренние моря, такие как Балтийское и Средиземное, которые имеют более длинную береговую линию на 1 км² площади, больше страдают от загрязнения. Их печальное состояние показывает, что может случиться в будущем с океанами.

Очевидно, что человеческая деятельность угрожает морским экосистемам. Еще не установлено точно, как быстро токсичные вещества накапливаются в морских организмах и являются ли такие накопления обратимыми. Точно так же не определено, как синтетические вещества распространяются в океанах и какова вероятность того, что ядовитые вещества ~донных осадках могут попасть в пищу человека. Накопленный опыт заставляет высказать предостережение, что восстановление океанов - несравненно более трудная задача, чем восстановление озер и внутренних морей, если вообще возможная.

Управление водными ресурсами, их количеством и качеством сейчас широко практикуется во всем мире, но в целом такие меры, особенно контроль качества, до сих пор не были эффективными. Есть все признаки того, что качество пресных и морских вод будет и дальше ухудшаться, если не будет принята действенная программа управления.

Многие основополагающие принципы в управлении водными ресурсами развились из прошлого опыта и хорошо известны, однако их применение задерживается. В конце концов стало ясно, что к этой проблеме необходим комплексный подход. В бассейне каждой реки или озера социально-экономические и экологические условия должны быть направлены на то, чтобы поселения людей, промышленность, сельское хозяйство, леса, рыболовство и дикая природа могли сосуществовать. Во многих случаях разные интересы необязательно вступают в конфликт; они могут быть синергическими. Например, контроль эрозии должен быть связан с восстановлением лесонасаждений, мерами по предотвращению наводнений и охране водных ресурсов.

Конечно, комплексный подход подразумевает тесное сотрудничество на правительственном и межправительственном уровне; он противоречит исторически сложившемуся рас-



НОВЫЕ МЕТОДЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ дают возможность направлять воду непосредственно к корням растений. Они представляют основное достижение в области сохранения запасов воды, поскольку растения получают именно столько воды, сколько им необходимо. Показанная на фотографии система полива хлопка в центральной части Техаса - засушливом районе - позволила фермерам существенно уменьшить использование грунтовых вод для орошения.

пределению различных задач по разным ведомствам. Во многих странах водоснабжением и водоочисткой занимаются разные ведомства. Ведомственные бюджеты разделены плотными перегородками, так что капиталовложения одного ведомства трудно сбалансировать с выгодами другого.

Подобные препятствия еще сильнее проявляются в рамках международного сотрудничества. Маловероятно, чтобы какая-то страна сделала большие капиталовложения в очистку речной воды, если выгоду от этого будут в основном получать другие страны, расположенные ниже по течению. Развивающиеся страны могут действительно иметь лучшие возможности достичь прогресса в этой сфере, чем более развитые страны, в которых жизненные интересы скованы несокрушимыми административными структурами. Например, Программа ООН по охране окружающей среды (ЮНЕП) включает план действий для реки Замбези, основанный главным образом на принципах комплексного управления.

ПРОЕКТЫ в области регулирования водопотребления должны быть нацелены на увеличение эффективности потребления воды, а не на увеличение водных ресурсов. Увеличение ресурсов часто оказывается более дорогим подходом, и во всяком случае просто оттягивает неизбежный кризис. В самом деле, так как многие страны уже переиспользуют свои водные ресурсы, в некоторых случаях увеличение эффективности - единственно возможное решение. Орошение в том виде, как оно осуществляется в большинстве стран, очень непроизводительно. В среднем в мире только 37% воды, идущей на орошение, достается растениям; остальная вода уже не поглощается растениями и должна рассматриваться как потеря. Новые методы капельного орошения, когда по трубам с отверстиями вода поступает прямо к растениям, обеспечивают большие возможности для сохранения воды и позволяют расширить орошаемые земли без строительства новых плотин.

Добычи грунтовых вод для увеличения водных ресурсов, конечно, следует избегать всеми мерами, если не гарантировано, что скважина, из которой забирается вода, будет заполняться снова. Сохранение качества грунтовых вод также заслуживает особого внимания. Правительственные чиновники более склонны принимать меры по защите окружающей среды от загрязнений, когда они сами



ДЕСЯТИЛЕТИЕ Запаса питьевой воды и санитарии, объявленное ООН, направлено на то, чтобы к началу 90-х годов обеспечить население всего мира чистой питьевой водой и необходимым санитарным оборудованием. Фотография (сделанная в 1983 г. в Мали) показывает женщину, наливающую питьевую воду из нового колодца. Несмотря на эти усилия, качество воды по-прежнему остается очень серьезной проблемой во многих регионах мира.

являются свидетелями неопровержимых признаков загрязнений, таких как засоренность пляжей мусором, выбрасываемым морем. Скрытые же от прямого наблюдения грунтовые воды могут постепенно загрязняться, не вызывая никакой тревоги у общественности - и, в конце концов, уровень содержащихся в них вредных веществ может незаметно стать настолько высоким, что последствия окажутся неустраиваемыми.

Уже стало очевидным, что предотвращение загрязнений и восстановление загрязненных водоемов должны иметь приоритет по отношению к развитию очистных технологий. Водоочистная технология становится все более сложной и дорогостоящей, так как увеличивается число загрязняющих веществ; деньги, затраченные на удаление вредных веществ из питьевой воды, было бы лучше потратить в первую очередь на то, чтобы грязь не попадала в воду. Высокая стоимость восстановления загрязненных водоемов также довод в пользу программ предотвращения загрязнений.

Чтобы спасти воду от промышленного загрязнения, контроль по принципу «на конце трубы» должен быть заменен методами с замкнутым циклом и многократным использованием воды. Фабрики, проектируемые так, чтобы сделать минимальным загрязнение воды и уменьшить объем сточных вод, часто более экономичны, чем те, которые строят собственные

очистные сооружения, отвечающие требованиям охраны природы. Фабрики, которые вводят технологии контроля за загрязнением, вероятно, также более приемлемы для общества, настроенного на решение экологических проблем. Так, П. Донат из корпорации Ciba-Geigy - одной из самых крупных химических компаний мира, в прошлом году на Международной конференции по Рейну заявил: «Только при экологически чистых продуктах и производственных процессах химическая промышленность сможет сохранить в будущем социальную привлекательность». В качестве примера этого направления в химической технологии он сослался на новый процесс производства нафталинсульфокислот, при котором загрязнение окружающей среды снижается более, чем на 90%.

Загрязнение рек или внутренних морей, конечно, ощущается быстрее, чем загрязнение океанов, которые намного больше; неудивительно, что в рамках ЮНЕП уже созданы программы контроля за загрязнением внутренних морей. Хотя такие программы являются хорошим началом, за ними должны последовать программы защиты Мирового океана в целом. Недавно в этом направлении сделан первый шаг - заключено международное соглашение, запрещающее сброс пластмассового мусора с кораблей, которое вступило в силу в начале этого года. Другие существующие

международные соглашения по регулированию морских ресурсов необходимо усовершенствовать, используя современные системы мониторинга и введя более строгую ответственность за их соблюдение.

Параллельно с улучшением управления водными ресурсами необходимо шире проводить исследования гидросферы. Например, экологические и токсикологические исследования морской среды совершенно необходимы, если мы хотим улучшить использование ресурсов Мирового океана.

Многие звенья гидрологического цикла, включая его потоки и размеры резервуаров грунтовых вод, известны еще неточно. Эти и другие проблемы должны быть решены в рамках Международной гидрологической программы ЮНЕСКО. Кроме того, недавно координационным комитетом ЮНЕП, ВОЗом и неправительствен-

ным Международным советом научных обществ были введены основные исследовательские программы по изучению взаимосвязей между климатом и гидрологическим циклом.

Легко предсказать, что может случиться, если провозглашенные принципы управления водными ресурсами не будут энергично претворяться в жизнь. Мы уже видели реки, превращенные в сточные канавы, а озера - в выгребные ямы. Люди умирают от зараженной воды, пляжи забиты намытыми отходами, рыба отравлена тяжелыми металлами, нарушена среда обитания диких животных. Такой небрежный подход к управлению водными ресурсами может повлечь за собой глобальные катастрофы. Остается только надеяться на то, что признание этого факта заставит правительства и людей начать действовать более решительно.

экономическую активность в разных временных точках. Мур отмечает, что лицензирование жилищного строительства и уровень производительности в массовом производстве могут опережать остальную экономику более чем на год, тогда как индексы цен на сырьевые материалы и спроса на рабочую силу могут быть признаком предстоящих изменений не более чем за шесть месяцев.

«Я не придаю особого значения отдельным индикаторам», - говорит Пол А. Волкер, бывший управляющий Совета Федеральной резервной системы, в интервью журналу «Scientific American». Совет «закрепляет» процентные ставки для противодействия тем тенденциям в экономике, которые кажутсястораживающимися управляющим Советом. Будучи председателем, Волкер имел возможность следить за экономикой во всех проявлениях от состояния товарных запасов до обзоров потребительских ожиданий. По его утверждению, прогнозирование на несколько месяцев вперед «чрезвычайно неопределенно». Парадоксально, - отмечает Волкер, - что часто бывает легче сделать прогнозы на более длительный срок, например, на год вперед, так как некоторые данные проявляют большую стабильность на большем отрезке времени.

Ряд экономистов утверждают, что настало время отказаться от текущего индекса лидирующих экономических индикаторов, структура которого мало изменилась с 1937 г., когда Артур Ф. Бернс и Уэсли К. Митчелл впервые составили его. Эти экономисты предлагают альтернативные статистические методы. Например, Мур составил далеко опережающий индекс (для прогнозирования деловой активности часто более чем на год вперед) и недалеко опережающий индекс (для предсказания изменений, ожидаемых в основном не позже, чем через шесть месяцев). Джеймс Х. Сток из Гарвардской школы управления им. Кеннеди и Марк У. Уотсон из Северо-Западного университета составили индикаторы, которые опережают экономику на разные отрезки времени и образуют комплексный индекс, определяющий вероятность экономического спада за шесть месяцев вперед. В начале лета этого года индексы Мура и Стока шли в основном вровень друг с другом, предсказывая небольшой рост, а также низкую вероятность экономического спада к осени.

Такие новые индикаторы будут, вероятно, заключать в себе неопределенность другого рода: с изменениями, проистекающими в экономике, прогностическая ценность отдельных

Наука и общество

Велика ли неопределенность?

ПРОГНОЗ ближайших изменений в экономике становится игрой в рулетку. Прогнозы могут разрушить самые совершенные программы капиталовложений и производства. Более того, в экономике текущего года проявился особенно неблагоприятный поворот: в январе прогнозисты были напуганы признаками инфляции, а в июне вместо этого появился призрак спада. Лидирующие экономические индикаторы, по которым строятся такие прогнозы, хорошо работали в прошлом, однако Пол А. Волкер, один из ветеранов среди тех, кто определяет проведение экономической политики, заметил в одном из последних интервью, что к лидирующим индикаторам следует относиться скептически. Какова же прогностическая ценность этих показателей?

Официальный индекс лидирующих индикаторов публикуется ежемесячно министерством торговли США в Business Conditions Digest. Он представляет собой тщательно взвешенное среднее значение меняющейся стоимости 11 экономических факторов, включая лицензию на строительство, денежную массу и невыполненные заказы на производство товаров. Лидирующие индикаторы опережают циклы в экономике, так как та деловая активность, которую они измеряют, предшествует более существенным изменениям: строительные лицензии предшествуют строительству, заказы

предшествуют производству и так далее. Прогнозисты используют также множество других ранних индикаторов, таких как валовая прибыль производства, процентные ставки и неполная занятость в промышленности.

Джеффри Х. Мур из Центра по изучению циклов международной деловой активности полагает, что этот комплексный индекс хорошо оправдал себя. Он указывает, что каждое длительное снижение лидирующих индикаторов предвещало либо спад, либо значительное замедление роста в экономике США. Однако, когда индекс ошибочно предсказал спад после биржевых потрясений 1987 г., по крайней мере один из ученых мужей объявил его «устаревшим и ненадежным».

действительно, некоторые прогнозисты пренебрегают индексом министерства торговли. Эндрю Ф. Бриммер, бывший управляющий, а теперь консультант Совета Федеральной резервной системы, утверждает, что отдельные цифры, составляющие индекс лидирующих индикаторов, оказываются более информативными и доступными до публикации ежемесячного сводного индекса. Он добавляет, что не меньшее значение имеют другие цифры, не включаемые в индекс, например, прогнозы изменений процентных ставок.

Виктор Зарновиц из школы бизнесменов при Чикагском университете указывает также, что разные индикаторы могут прогнозировать

индикаторов может возрастать или уменьшаться. Зарновиц указывает, что в последние годы денежная масса служила более надежным предвестником экономических тенденций, чем это было в прошлом. Экономика США все больше становится экономикой услуг, однако почти все лидирующие индикаторы все еще основываются на цифрах, полученных в сфере производства. Экономический спад в промышленности может привести к снижению комплексного индекса, не отражая действительное состояние экономики в целом. Волкер отмечает также, что прогнозы экономического спада по лидирующим индикаторам в прошлом могли быть ошибочными по той причине, что индекс преувеличивал значение спадов в производственной деятельности, которая сама по себе является цикличной.

Однако, как указывает Бриммер, сфера услуг не располагает более точными индикаторами экономической активности. «У нас нет хорошего мерила для компоненты сферы услуг», - признает он и говорит далее, что трудно определять даже текущее состояние в сфере услуг. Данные по розничной торговле, которая в настоящее время представляет почти четверть учитываемой экономической активности в сфере услуг, могут быть обманчивыми; цифры розничного товарооборота часто раздуваются вследствие циклического сбыва дорогостоящих товаров, например, автомобилей.

В самой новейшей работе по пересмотру индекса министерства торговли сделана попытка решить проблему путем введения обзора потребительских ожиданий. Но, как говорит Зарновиц, это предложение его «не впечатлило». Он утверждает, что для включения такого обзора в индекс нет особых теоретических оснований.

Теоретическое обоснование индекса лидирующих индикаторов всегда было большим местом для экономистов. Такие ветераны, как Зарновиц и Мур, настаивают на том, что существует теоретический базис для каждого компонента индекса лидирующих индикаторов; с другой стороны, новички вроде Стока сделала предметом своей гордости эмпирические, статистические корни индекса. Индекс существует уже более 50 лет, однако, как замечает Сток, «еще ни одна макроэкономическая теория не протянула так долго».

Новые идеи

ТРИ СЛУЧАЯ утечки нефти, загрязнившие прибрежные воды США и

произошедшие в течение одного июньского уикенда, а также авария танкера «Еххоп Valdez» в марте, помогли ясно увидеть, насколько снизилась поддержка исследований в области методов очистки нефтяных загрязнений. «Нефтяным загрязнением придавалось менее важное значение по сравнению с другими опасностями» - такое наблюдение сделал Р. Голоб из организации «Информационные системы мира», опубликовавший отчет «Oil Spill Intelligence Report». «Эта проблема рассматривалась как уже решенная». Голоб отмечает, например, решение Агентства по охране окружающей среды, принятое в начале года, о закрытии своей испытательной лаборатории по очистке воды от нефтяного загрязнения в Нью-Джерси. Исследовательский бюджет Морской охраны, разработавшей в начале 80-х годов устройство для снятия нефтяной пленки, упал с 6 млн. долл. в 1980 г. до 300 тыс. долл. в этом году. Американский нефтяной институт (АНИ) тратил 600 тыс. долл. в год на исследования по очистке в начале 80-х годов и всего 100 тыс. долл. в год в период с 1985 по 1988 гг.

Однако наблюдаемая тенденция может резко измениться в противоположную сторону. По следам катастрофы у берегов Аляски Американский нефтяной институт выступил с предложением, чтобы силами нефтяной промышленности была создана новая организация - Petroleum Industry Response Organization с бюджетом 250 млн. долл., распределенным на первые пять лет ее существования, - которая должна создать пять региональных центров в США по реагированию на случаи нефтяного загрязнения.

«Превентивные меры по-прежнему должны быть первой линией обороны», - заявил С. Хорн из Mobil Oil Corporation, который принимал участие в подготовке предложений АНИ. Одним из способов снизить частоту аварий могло бы быть использование танкеров с двойным корпусом - дорогостоящий вариант, изучаемый в настоящее время Национальным советом по научным исследованиям.

Акцент по-прежнему должен делаться на превентивные меры, объясняет Хорн, потому что методы удержания нефтяных разливов часто оказываются неэффективными в условиях открытого океана. Пловучие заграждения не могут удерживать нефтяную пленку, когда волны достигают высоты, превышающей несколько футов, или когда скорость течения становится больше 0,7 узла. Устройств снятия пленки неэффективны

также при сильном волнении и в тех случаях, когда нефть слишком вязкая или когда она уже успела образовать «мусс» (водно-нефтяную эмульсию). Наоборот, для использования веществ, разбивающих сгустки нефти на мелкие частицы - глобулы, которые легче поглощаются микроорганизмами, необходимо достаточно сильное волнение. Национальный совет по научным исследованиям уже одобрил применение современных дисперсантов, хотя официальные власти пока не дают разрешения на их использование. По оценкам АНИ, эти химикаты еще нуждаются в усовершенствовании.

Среди новых людей, заслуживающих изучения, АНИ отмечает использование абсорбирующих порошков, химических пленок, при покрытии которыми береговые линии отталкивают нефть, а также химикатов, которые сгущают нефть и делают ее малоподвижной. Было предложено, чтобы танкеры имели на борту запас геля, который в случае аварии перемешивался бы с нефтью, чтобы предотвратить ее распространение. Однако время и затраты энергии, необходимые для этого, по всей видимости, ограничат применение этого метода. В Национальном институте стандартов и технологии изучается даже идея сжигания крупных нефтяных разливов.

Биологи предлагают другое решение. А. Линдси из Агентства по охране окружающей среды доложил конгрессу США об экспериментах, проведенных на Аляске, в которых с помощью питающихся нефтью бактерий, разбрызганных по загрязненному берегу, удалось достичь некоторого первоначального успеха. По мнению специалистов из АНИ, подобные биологические методы должны стать предметом наиболее крупной программы исследований. Пока не ясно, удастся ли с помощью этих методов выиграть соревнование в скорости у естественных процессов биологического разложения нефти.

Голуб считает в итоге, что главным уроком весенних аварий явилось понимание той важной роли, которую играет быстрота реагирования на них. Замедленная реакция на Аляске, отмечает он, почти наверняка способствовала увеличению ущерба от аварии танкера «Еххоп Valdez», так как море в то время было спокойным. Региональные центры реагирования, предложенные представителями нефтяной промышленности, при ликвидации будущих нефтяных загрязнений, могут дать больший эффект, чем какие бы то ни было улучшения в технологии.

Разнообразиие живой природы под угрозой

Из-за уничтожения местообитаний, в первую очередь в тропиках, ежегодно вымирают тысячи видов организмов. Если это будет продолжаться, нас ждут катастрофические последствия

ЭДВАРД О. УИЛСОН

КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД человека появился в эпоху намного большего за всю историю Земли биотического разнообразия. А в настоящее время растущие популяции человека, распространяясь и изменяя среду своего обитания, сводят разнообразие организмов к такому низкому уровню, какого не бывало с конца мезозойской эры, т. е. последние 65 млн. лет. К чему в конце концов это приведет, сейчас сказать невозможно, но ущерб не вызывает сомнений. По сути дела, имеет место кризис биотического разнообразия.

В каком-то смысле сокращение разнообразия живой природы является самым главным в происходящих ныне изменениях окружающей среды, потому что это, пожалуй, единственный совершенно необратимый процесс. Притом последствия его предвидеть сейчас крайне трудно, поскольку до сих пор практически не известна истинная ценность земной биоты (т. е. всей совокупности живых организмов). У каждого государства есть, можно сказать, три достоинства: материальное, культурное и биологическое. Что такое первые два - всем вполне понятно, ведь люди сталкиваются с ними в повседневной жизни. А вот к достоинству биологическому относятся как-то не серьезно. Тут заключена принципиальная, стратегическая ошибка - из тех, о которых с течением времени человечеству придется все больше и больше сожалеть. Биота представляет собой, с одной стороны, часть наследия страны, продукт эволюции, миллионы лет совершавшейся на данной территории - и, следовательно, нация обязана в той же степени заботиться о ней, как и о своем неповторимом языке и культуре. С другой стороны, биота - потенциальный источник еще неведомых человеку колоссальных материальных благ - продовольствия, лечебных средств и других важных предметов потребления.

ПРИТЕСНОЙ взаимосвязи населяющих планету видов, включая

человека, поражает тот факт, что изучение биологического разнообразия находится все еще в зачаточной стадии. Хотя систематика (вместе с анатомией) относится к старейшим биологическим дисциплинам, пока даже приблизительно, даже с точностью до порядка не установлено общее число видов организмов на Земле. С помощью других специалистов я подсчитал, сколько видов формально описаны (имеют латинизированные научные названия); получилось примерно 1,4 млн. Но даже на основе традиционных представлений число современных видов оценивается в 4 млн. и больше, что как минимум вдвое превышает число ныне описанных.

Т. Эрвин из Смитсоновского национального музея естествознания считает, что количество видов еще больше. Желая оценить общее число видов насекомых и других членистоногих в пологе тропического леса Бразилии и Перу - богатых, но пока относительно слабо изученных местообитаниях, - он и его сотрудники в ряде мест обрабатывали кроны деревьев инсектицидным аэрозолем. Экстраполировав свои результаты на влажные тропические леса всего земного шара и прибавив примерное число обитателей почвы и ее покрова, Эрвин получил глобальную цифру 30 млн. видов. Даже если данная оценка существенно завышена, показатели биотического разнообразия в мире наверняка так или иначе окажутся гораздо выше ранее принятых значений.

Ряд богатейших групп, например клещи и грибы, изучены очень слабо; немало экосистем, в частности донные местообитания морских глубин, скрывают, по-видимому, сотни тысяч видов, в большинстве своем не описанных. Число видов бактерий, как полагают, многократно превосходит 3 000, которые описаны на сегодняшний день. Возьмем один лишь пример: недавно на глубине 350 и более метров под землей, поблизости от Хилтон-Хед в Южной Калифорнии, была открыта целая бактериальная

флора, состоящая исключительно из новых видов. Даже число известных птиц прибавляется: каждый год описывают в среднем 2 новых вида.

Почти все систематики сходятся во мнении, что какими бы ни были абсолютные цифры, больше половины всех видов организмов живет во влажных тропических лесах, называемых часто дождевыми, которые занимают лишь 60% поверхности суши. Такие экосистемы встречаются только в теплых областях, где дождей выпадает в среднем 200 см/год и более; в этих условиях процветают широколиственные вечнозеленые деревья. Как правило, деревья в дождевых лесах образуют три яруса или больше, причем у самых высоких кроны начинаются только в 30 м от поверхности почвы, а то и выше. Вся эта многоярусная толща листвы пропускает через себя так мало солнечных лучей, что подрост и подлесок почти не развиваются и между стволами остаются широкие пространства, где относительно свободно может пройти человек.

Убеждение, что большинство видов земной биоты живет в экосистемах тропического дождевого леса, основано не на данных какой-нибудь точной и всеобщей «переписи организмов», а на том факте, что две наиболее богатые видами группы - членистоногие (особенно насекомые) и цветковые растения - сосредоточены в основном именно в этих экоси-

ТРОПИЧЕСКИЙ ДОЖДЕВОЙ ЛЕС характеризуется высочайшим видовым разнообразием. Оно связано с тем, что именно в этой экосистеме сосредоточены самые богатые видами группы живых организмов - беспозвоночные животные и цветковые растения. Пышная растительность представлена преимущественно широколиственными вечнозелеными формами; кроны наиболее высоких деревьев раскинулись на высоте 30 м над поверхностью почвы. Этот снимок сделан на вереве Коста-Рики.





ИСТРЕБЛЕНИЕ ЛЕСОВ во всем мире стремительно расширяется. В Коста-Рике (вверху) и в ряде районов Южной Америки дождевой лес часто вырубают и освободившиеся площади превращают в пастбища. В отличие от лесов умеренного пояса, где питательные вещества накапливаются в почве, для тропического леса характерны бедные почвы. Поэтому через 2-3 года после сведения леса почва, на которой некогда была буйная растительность, не может даже обеспечить травой пасущийся скот. Последствия широкомасштабных лесоразработок в США иллюстрируются фотографией гористой местности в шт. Вашингтон (внизу). На переднем плане видны срубленные и очищенные от веток стволы деревьев, предназначенные для вывоза.

стемах. Есть и другие экосистемы, характеризующиеся чрезвычайным богатством видов - в том числе коралловые рифы, абиссальные равнины океанов, верещатники юга Африки и юго-запада Австралии, - но они, судя по всему, никак не могут соперничать с дождевыми лесами.

Любой работавший в тропиках биолог может рассказать массу историй о сказочном разнообразии жизни там. Я как-то раз в Перу насчитал на одном только дереве (из семейства бобовых) 43 вида муравьев, относящихся к 26 родам, - это примерно соответствует по разнообразию фауне муравьев на всех Британских островах. На острове Калимантан (Индонезия) П. Эштон из Гарвардского университета на десяти произвольно выбранных участках площадью по 1 га каждый обнаружил свыше 700 древесных пород - примерно столько же дикорастущих пород встречается во всей Северной Америке. Последний мировой рекорд (он, разумеется, будет побит) установил в 1988 г. Э. Джентри из Ботанического сада шт. Миссури: в Перу вблизи Икитоса на двух участках площадью по 1 га он насчитал примерно 300 видов деревьев.

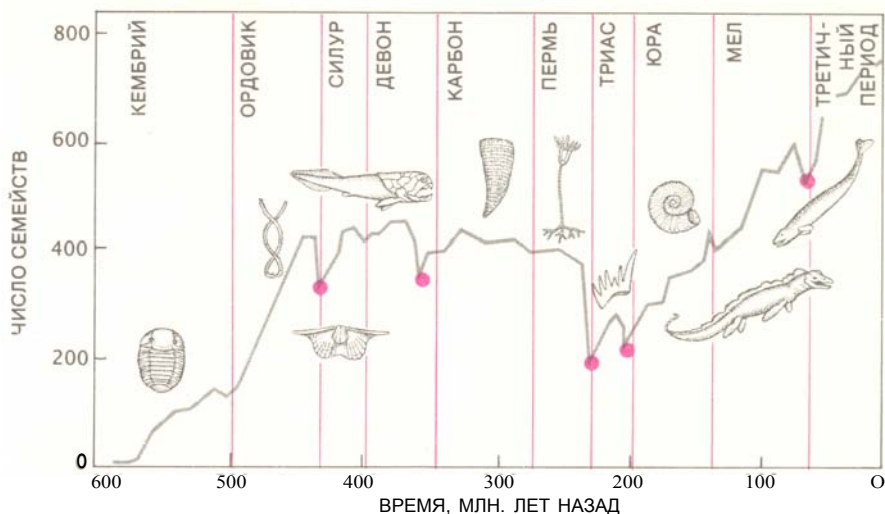
Чем обусловлено богатейшее разнообразие форм жизни на немногочисленных ограниченных территориях - таких как тропические леса и коралловые рифы? Некогда считалось, что если сосуществует большое число видов, то их жизненные циклы и пищевые отношения увязываются друг с другом таким образом, что экосистема становится более прочной. Эта гипотеза «разнообразия - устойчивости» за последние два десятилетия уступила место противоположному взгляду на причинно-следственные отношения, который можно назвать гипотезой «устойчивости - разнообразия»: хрупкие сообщества видов складываются в тех случаях, когда среда сохраняет постоянство, достаточное для протекания их эволюции на протяжении длительного времени. Теперь известно, что целые биоты могут рассыпаться, словно карточные домики, при относительно небольших сдвигах физических параметров среды. Экосистемы вовсе не так уж прочны.

ДИНАМИКА разнообразия живого в истории Земли превосходно отражается в существующем разнообразии морских животных, которые лучше других организмов представлены в палеонтологической летописи. Ход изменений в общих чертах можно описать так: после первоначального «экспериментального» расцвета много-

клеточных животных количество видов резко увеличилось в начале палеозоя (примерно 600 млн. лет назад), затем стабилизировалось на 200 млн. лет, т. е. до конца палеозоя, после чего начался медленный, но неуклонный рост, который длился на протяжении мезозоя и кайнозоя, и в результате был достигнут нынешний уровень разнообразия - самый высокий за все времена (см. рисунок справа).

При знакомстве с подобными данными о морских и других организмах возникает впечатление, что биотическое разнообразие досталось природе нелегко и создавал ось очень долго. Плюс ко всему формирование биоты не раз бывало отброшено назад: известно пять массовых вымираний живых организмов - ордовикское, девонское, пермское, триасовое и меловое. Последнее из них наиболее знаменито, поскольку им окончилась эпоха динозавров, сменившаяся расцветом млекопитающих, который в конце концов (к счастью или несчастью?) привел к появлению рода человеческого. Но меловой кризис кажется незначительным по сравнению с великой пермской катастрофой около 240 млн. лет назад, когда исчезло от 77 до 96% видов морских животных. Как заметил Д. Рауп из Чикагского университета, «если эти оценки хоть сколько-нибудь соответствуют истине, то это значит, что жизнь на Земле (по крайней мере, для высших организмов) тогда просто повисла на волоске». Понадобилось 5 млн. лет, чтобы видовое разнообразие начало заметно восстанавливаться.

Какие уроки можно извлечь из прошлых широкомасштабных вымираний? Ясно, что во-первых, по прошествии достаточного времени разнообразие в принципе может восстанавливаться, и, во-вторых, в некоторых случаях могут быстро появляться новые виды. Например, множество видов цветковых растений возникло за одно поколение в результате полиплоидии - умножения хромосомных наборов, происходящего либо у отдельной особи, либо при скрещивании особей двух самостоятельных видов. Даже географическое видообразование (при котором популяция генетически обособляется после того, как ее отделяет от исходной популяции какая-либо физическая преграда - скажем, пролив или пустыня) в экстремальных условиях приводит к появлению нового вида за 10-100 поколений. Таким образом, после массового вымирания ущерб может быть компенсирован относительно быстро. Но в этих обстоятельствах число видов само по себе мало что значит. Коль скоро речь



РАЗНООБРАЗИЕ форм живого с течением времени постепенно возрастало, порой претерпевая резкие спады из-за массовых вымираний. До нашего времени известно 5 крупных вымираний: в конце ордовикского, девонского, пермского, триасового и мелового периодов; при этом число семейств морских организмов сокращалось на 12,14,52,12 и 11% соответственно. Пермское вымирание было наиболее драматичным. После него биотическое разнообразие медленно возросло до нынешнего уровня - самого высокого за всю историю Земли. Но сейчас оно падает как никогда быстро вследствие деятельности человека.

идет об общем генофонде, о спектре геномов и богатстве запрограммированных в них форм жизни неизмеримо важнее многообразия таксонов более высоких рангов - число родов, семейств и т. д.

Для будущей эволюции вид ценнее, чем своеобразнее, неповторимее его черты; отражением своеобразия будет выделение такого вида в отдельный род или даже таксон более высокого рода - семейство. Иллюстрацией этого может служить конкретный пример. На западе Китая недавно обнаружили новый вид оленя мунтжака; от обычного азиатского мунтжака его отличает только число хромосом и ряд довольно тонких анатомических признаков. Люди, конечно, осознают ценность и этого, очень похожего на известный, вида - однако отношение к нему далеко не такое, как к большой панде - животному настолько необычному, что его относят к особому роду (*Ailuropoda*) и семейству (*Ailuropodidae*).

Последние 10 тыс. лет для биотического разнообразия являются совершенно новой эпохой бурной истории жизни на Земле. Деятельность человека резко отрицательно сказалась на видовом разнообразии и скорость вымирания видов в результате этой деятельности постоянно растет. Больше всего досталось островам, озерам и прочим изолированным экосистемам. В Полинезии из-за охоты и нарушения первичных лесов исчезла добрая половина видов птиц. На острове Св. Елены, расположенном в юж-

ной части Атлантического океана, в прошлом столетии полностью свели леса и в результате навеки утрачена большая часть уникальной флоры деревьев и кустарников. В озере Виктория, имевшем прежде огромное хозяйственное значение как источник аквариумных и промысловых рыб, сотни эндемичных видов в настоящее время находятся под угрозой вымирания вследствие необдуманной интродукции экономически бесполезной рыбы - нильского окуня. И перечень подобных биогеографических катастроф можно продолжать и продолжать.

Но все перечисленные случаи кажутся просто мелочью на фоне бесследного исчезновения многих тысяч видов, павших жертвой вырубки и выжигания тропических лесов. Уже сейчас площадь этих лесов составляет всего лишь 55% первоначальной, которую определили на основе изучения климата и почв, и сокращается каждый год на 100 тыс. км², т. е. на 1%. (Это больше чем территория Швейцарии и Голландии, вместе взятых.)

Как влияет такое сокращение местообитаний на видовое разнообразие? Известно, что на архипелагах, например в Вест-Индии или Полинезии, число видов, живущих на данном острове, примерно соответствует его площади: чем обширнее остров, тем больше там видов; обычно их число пропорционально корню третьей, четвертой (чаще всего) или пятой степени из площади острова. Те же закономерности действуют в изолиро-

ванных местообитаниях, таких как окруженные морем или степью участки леса. Для грубых прикидок можно считать, что при возрастании площади изолированной территории в 10 раз число видов удваивается; и наоборот, при десятикратном ее уменьшении видов станет вполтину меньше.

Согласно теории островной биогеографии, подтвержденной (по крайней мере, в главном) результатами экспериментов, в которых изменялись островные сообщества, и других полевых исследований, число видов колеблется вблизи некоторого равновесного значения. Число видов остается все время более или менее неизменным благодаря тому, что скорость вселения на остров новых видов и скорость вымирания видов, уже существовавших, одинаковы, так что разнообразие примерно постоянно. Эта теория имеет следствие, весьма важное для понимания биотического разнообразия вообще: если площадь какого-либо определенного местообитания (например, участка дождевого леса) сократится на ту или иную величину, равновесное состояние разнообразия будет соответствовать

меньшему количеству видов. Богатейший лес вдоль Атлантического побережья Бразилии сведен почти целиком - осталось менее 10,10 первоначального покрова. Теперь, даже если предположить невероятное, а именно что там не уничтожат больше ни одного дерева, лесная биота потеряет 75% своего богатства, т. е. останется лишь четвертая часть прежнего числа видов.

Используя общепринятые методы, я высчитал, что в мировом масштабе суммарные потери только из-за расчистки дождевых лесов (при нынешней скорости сокращения их площади - 1% в год) составляют 0,2-0,3 % общего числа видов ежегодно. Принимая сравнительно низкую и традиционную оценку числа видов, обитающих в лесах - 2 млн., получим, что суммарные потери от уничтожения лесов достигают 4-6 тыс. видов в год, что примерно в 10 тыс. раз больше естественной фоновой скорости вымирания до появления на Земле человека.

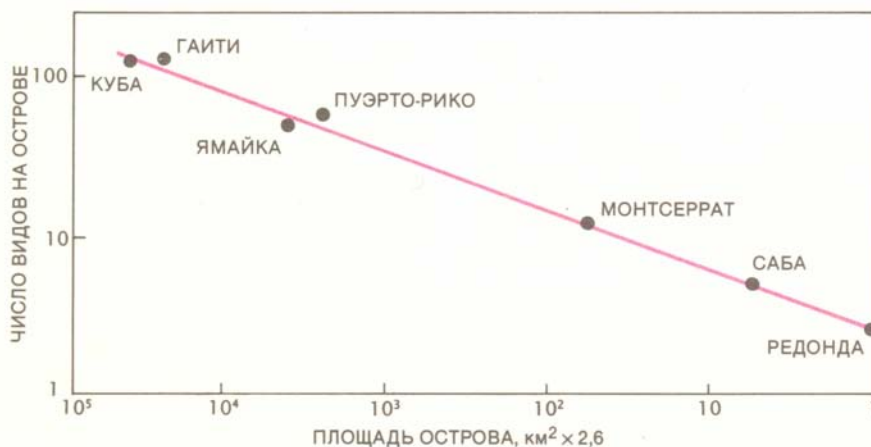
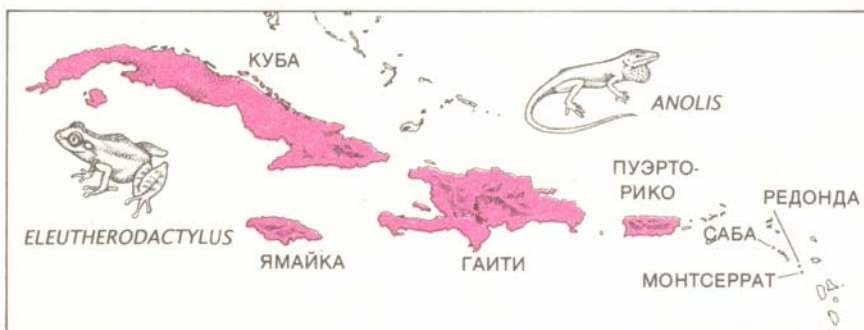
Хотя последствия разрушения местообитаний наиболее ощутимы в тропических дождевых лесах, где ви-

довое разнообразие особенно велико, они заметны и в других районах, особенно там, где продолжает усиливаться сведение лесов. Только в США ежегодно вырубается около 24 тыс. га старых лесов (главным образом ради деловой древесины, экспортируемой в Японию и другие страны Тихоокеанского бассейна). Сильнее всего пострадали леса северо-западной части США, откуда в 1987 г. было вывезено 935 млн. кубометров древесины, а также Национальный лесной массив Тонгасс на Аляске, где за период с 1950 г. вырублено свыше половины наиболее продуктивных лесов. Хотя искусственное восстановление леса в этих районах и возможно, оно может занять 100 и более лет.

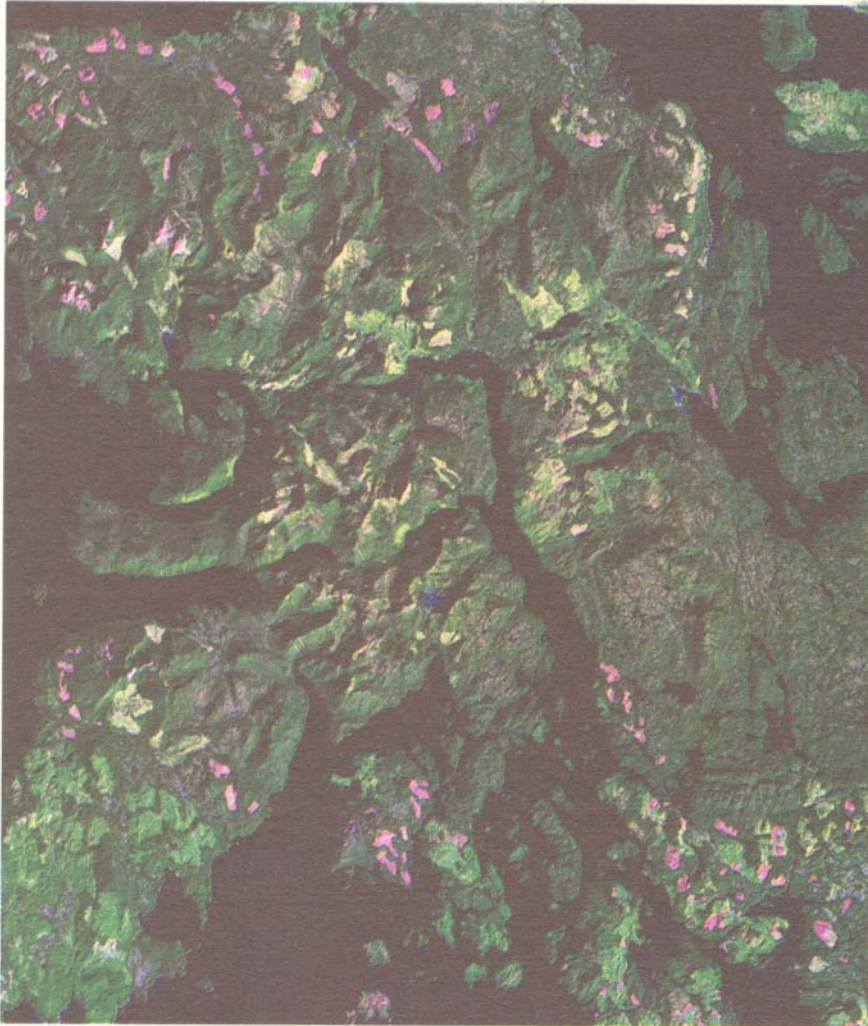
СКОЛЬКО ВРЕМЕНИ требуется, чтобы вид, населявший некоторое местообитание, после сокращения или уничтожения этого местообитания полностью вымер? Скорость вымирания зависит от размеров оставшегося ненарушенного участка и особенностей конкретного таксона. В одной из своих блестящих работ Дж. Даймонд из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и Дж. Терборх из Университета Дьюка сравнили число видов птиц на ряде островов континентального шельфа, которые 10 тыс. лет назад были частью материка, а потом, когда уровень моря поднялся, оказались изолированными. Сопоставляя число видов на острове с числом видов на ближайшей к нему материковой территории, эти исследователи примерно определили, сколько видов исчезло на каждом острове и связали скорость убывания видов с величиной острова.

Согласно их модели, вполне подтвержденной результатами эмпирических исследований местной авиофауны, картина неутешительная: на участках площадью от 1 до 20 км² (это обычный размер резерватов, заповедников и национальных парков в тропиках и в других областях) 20% и более видов пропадает уже в первые 50 лет. Одни птицы исчезают быстро, другие влачат жалкое существование, неуклонно вымирая. А там, где природное местообитание сильно расчленено на небольшие участки, скорость исчезновения видов еще выше.

Эти оценки быстроты вымирания скорее всего занижены; ведь они базируются на предположении, что в лесах виды распределены более или менее равномерно. Однако наблюдения свидетельствуют, что на самом деле локализация многих видов очень узкая и если ту небольшую часть лесных местообитаний, которую занимает данный вид, разрушить, этот вид сразу элиминируется. Когда вырубил лес



число видов, живущих на острове, зависит от его размеров. Как правило, возрастанию площади в 10 раз отвечает увеличение количества видов вдвое. Например, на пяти из Антильских островов (вверху) было подсчитано общее число видов земноводных и пресмыкающихся (в том числе ящериц *Anolis* и лягушек *Eleutherodactylus*) и сопоставлено с площадью каждого острова. Как показывает график (внизу), на крупном острове Куба число видов в два с лишним раза больше, чем на маленьком острове Саба. Эти закономерности можно использовать для прогнозирования исчезновения видов при нарушении местообитаний и для определения оптимальных размеров заповедных территорий.



СНИМОК СО СПУТНИКА участка Национального лесного массива Тонгасс на северной оконечности острова Принца Уэльского (Аляска) показывает масштабы вырубания лесов в этом районе. Участки, расчищенные недавно и лишенные древесной растительности, изображены розовым цветом; вырубки, на которых уже началось восстановление леса - светло-зеленым, ненарушенные территории - темно-зеленым.

на вершине небольшого хребта в Перу, сразу и навсегда исчезло более 90 видов растений, произраставших только в этой местности.

Экологи уже начали выявлять по всему миру «горячие точки» - богатые видами местообитания, находящиеся под угрозой уничтожения. Н. Майерс - консультант по вопросам окружающей среды, имеющий огромный опыт работы в тропиках, - составил список находящихся под угрозой дождевых лесов в 10 районах: департамент Чоко на западе Колумбии, возвышенности западной Амазонии, Атлантическое побережье Бразилии, Мадагаскар, восточные Гималаи, Филиппины, Малайзия, северо-западная часть острова Борнео, австралийский штат Квинсленд и Новая Каледония. Другие специалисты отнесли к той же категории некоторые лесные массивы умеренного пояса, верещатники, коралловые ри-

фы, речные системы и древние озера. Один из самых тревожных примеров - озеро Байкал в Сибири, где из-за прогрессирующего загрязнения находятся в опасности многочисленные эндемичные виды ракообразных и других беспозвоночных.

Мировая биота попала как бы в тиски: с одной стороны, она быстро тает из-за уничтожения лесов, с другой стороны ей грозит потепление климата, вызванное парниковым эффектом. Исчезновение местообитаний наиболее разрушительно для биоты тропиков, а потепление климата сильнее скажется на холодных областях умеренных поясов и приполярных районах. Если климатический сдвиг будет распространяться по направлению к полюсам со скоростью 100 км в столетие или более (что вполне вероятно), то за его фронтом окажутся заповедники и целые ареалы многих видов, при том что далеко не

все растения и животные смогут переселяться достаточно быстро, чтобы выжить.

Особенно острой эта проблема будет для растений, поскольку они относительно мало подвижны и расселяются не столь легко, как животные. Так, естественные возможности расселения для ели Энгельманна составляют, согласно оценкам, от 1 до 20 км в столетие; поэтому для поддержания размеров существующего ныне ареала понадобятся массовые новые посадки. По прогнозам М. Дейвис из Миннесотского университета, четырем североамериканским древесным породам - березе желтой, клену сахарному, буку и тсуге - в ответ на глобальное потепление придется продвинуть границы своих ареалов на 500-1000 км к северу. Скорее всего, аналогично переместятся еще сотни тысяч видов; сколько из них вымрет, скольким удастся приспособиться к меняющимся условиям - это, конечно, не известно.

Подавляющее большинство экологов - в их числе и я - расценивают вымирание любого вида как позор для человечества. Всякий микроорганизм, животное или растение содержит в своем генетическом материале порядка 10^6 - 10^{10} бит информации; всякий геном представляет результат астрономического числа мутаций и действия естественного отбора на протяжении миллионов лет эволюции. В конце концов, наверное, будут полностью определены нуклеотидные последовательности геномов ряда конкретных линий нескольких погибающих видов, но я сомневаюсь, что есть хоть какая-то надежда установить - не говоря уж о том, чтобы заменить - генофонд природных видов и все великое множество слагающих их линий. Возможности эволюции, осуществляющейся путем естественного отбора, слишком велики - нереально даже мысленно их представить, не то что продублировать. Для организмов, приспособленных к определенному местообитанию, которое затем подвергается изменению, в отсутствие разнообразия невозможен никакой отбор, будь то естественный или искусственный. Разнообразие видов - совокупный генофонд всех живых существ, являющийся объектом эволюции, - один из важнейших незаменимых ресурсов планеты. Насколько мне известно, ни одна из искусственно выведенных линий не могла конкурировать с дикими разновидностями того же вида в природной среде.

Было бы наивно полагать, что людям нужно лишь подождать, пока в результате естественного видообразования заполнятся пустоты в спек-



МНОГИЕ РАСТЕНИЯ тропического дождевого леса могут стать источником продовольствия, медикаментов и других ценных продуктов. Барвинок *Catharanthus roseus* (слева) содержит соединения, эффективные в качестве противораковых препаратов, а из плодов пальмы бабассу *Ocotea phalerata* (справа) (каждая гроздь весит около 80 кг) можно получать масло для кулинарных и иных нужд.

ре живой природы, возникшие из-за массового вымирания. Последнее великое вымирание, случившееся в меловой период, компенсировалось нескоро: прошло 5-10 млн. лет, прежде чем видовое разнообразие восстановилось до своего первоначального уровня. По мере исчезновения видов, происходящего главным образом вследствие разрушения местообитаний, способность к естественной генетической регенерации в значительной степени снижается. Как сказал Н. Майер, мы убиваем неродившееся.

СРЕДИ РЕСУРСОВ, которыми располагает человечество, одним из важнейших являются дикие виды в тропических лесах и прочих природных сообществах. Однако этот ресурс до сих пор меньше всего используется. В настоящее время люди используют

менее 0,107% всех встречающихся в природе видов; извлекать пользу из остальных даже не пробовали. За всю историю человечества употреблялось в пищу около 7000 видов растений, а сегодня основу питания составляет десятка два культур - такие как пшеница, рожь, просо, рис; по большей части это те растения, которые использовал еще неолитический человек на заре земледелия. Но по меньшей мере 75 тыс. видов растений имеют съедобные части, и для некоторых из них доказано, что по ценности они превосходят наиболее широко выращиваемые культуры. Например, гуар (*Psophocarpus tetragonolobus*), растущий на Новой Гвинее, называют иногда «живым универсамом»: съедобны все части растения - корни, семена, листья, стебель и цветки, а из сока можно приготовить напиток на-



РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕКОМЫХ в тропических лесах очень велико: зарегистрированы уже миллионы видов. Один из них - этот муравей из рода *Opisthopsis* с острова Сулавеси в Индонезии; он замечателен своими огромными глазами, а движениями напоминает робота.

подобие кофе. Гуар быстро растет, достигая высоты 6 м всего за несколько недель, и по питательности не уступает сое.

Кроме того, дикие растения и животные являются потенциальным источником таких ценных продуктов, как волокна и заменители нефтепродуктов. Хорошим примером может служить пальма бабассу (*Orbignya phalerata*), распространенная в бассейне Амазонки: плантация из 500 деревьев дает примерно 125 баррелей масла в год. Еще один яркий пример - барвинок розовый (*Catharanthus roseus*) родом с Мадагаскара. Из этого невзрачного маленького растения получают два алкалоида - винбластин и винкристин, которые являются весьма эффективным лекарством при болезни Ходжкина и остром лимфобластозе. Доход только от этих двух веществ превышает 100 млн. долл. в год. На Мадагаскаре встречаются еще 5 видов рода *Catharanthus*, но существование не изученных, и один из них уже находится на грани исчезновения из-за нарушения местообитаний.

РАЗНООБРАЗИЕ живой Природы подорвано и стремительно убывает. Если нынешние темпы сохраняются, не избежать огромных потерь. Возможно ли что-то предпринять, чтобы затормозить, а затем остановить процесс вымирания? Можно ответить «Да», но лишь с оговорками. Как развитым, так и развивающимся странам (главным образом в тропиках) следует довести до конца «инвентаризацию» флоры и фауны, расширить банки справочных данных и на этой основе составить карты ареалов, выявить «горячие ТОЧКИ», разработать порядок срочности природоохранных мероприятий. В то же время нельзя забывать, что охрана природы должна быть всесторонне увязана с развитием хозяйства, особенно в тех странах, где бедность и высокая плотность населения угрожают существованию последних островков дикой природы. Биологи и специалисты по планированию экономики сейчас понимают, что просто организация заповедников без учета нужд местного населения может лишь немного отсрочить кризис биотического разнообразия.

Современные исследования показывают, что даже при небольших знаниях о диких видах и весьма скромных усилиях экономически более выгодна постоянная научно обоснованная эксплуатация естественных даров леса, а не сведение леса на древесину или под сельскохозяйственные угодья. При вырубании тропических лесов под пашню или пастбище складывается пара-

доксальное положение: через 2–3 года исходно небогатый питательными веществами верхний слой почвы совершенно истощается и становится непригоден для возделывания, ради которого он в первую очередь и расчищался.

Т. Эйсер из Корнеллского университета предложил помимо составления региональных кадастров разработать глобальную программу поиска новых полезных природных соединений. Этим начал заниматься Национальный институт рака США: за год здесь испытывается около 10 тыс. различных веществ с целью выявить активность против раковых клеток и вируса иммунодефицита человека.

Теперь также ясно, что нужны биологические исследования для выработки схем зонального и регионального землепользования, позволяющих не только сохранить и рационально использовать дикие виды, но и повысить эффективность использования земель, уже превращенных в земледельческие и лесохозяйственные

угодья (древесные монокультуры). Повышение эффективности землепользования включает: подбор культурных видов, наиболее подходящих для местных условий и почв; совместное культивирование видов, дающее более высокие урожаи, чем монокультуры; регулярные правильно рассчитанные севообороты. Эти методы ослабляют нагрузку на природные земли, не снижая их общей продуктивности. Не менее важны социальные исследования и просветительская деятельность, сосредоточенные непосредственно на нуждах населения конкретных территорий.

Я достаточно верю в человека, чтобы утверждать: когда люди ощутят прочность своего экономического положения и одновременно поймут ценность живого достояния земли, они примут все меры для защиты окружающей среды. А это породит новые знания и такое обогащение человеческого духа, о каком сейчас невозможно и помыслить.

Наука и общество

Ученые - за, политики - против

ГЛАВНЫЙ АРГУМЕНТ, высказываемый на Капитолийском холме в поддержку научно-исследовательских программ, обычно заключается в том, что результаты исследований должны повысить конкурентоспособность американской промышленности. Тогда зачем же, задаются вопросом некоторые конгрессмены, университеты продают американские технические секреты иностранным компаниям?

Этот вопрос стал предметом официального и острого обсуждения. На слушаниях, состоявшихся в начале лета и проходивших в довольно накаленной атмосфере, члены подкомитета по людским ресурсам и межправительственным отношениям, возглавляемого нью-йоркским конгрессменом Тедом Вейсом, подвергли острой критике президента Массачусетского технологического института (МТИ) Пола Грэя в связи с принятой в МТИ программой сотрудничества с промышленными компаниями. Участие в программе каждой из 287 корпораций обходится приблизительно в 35 тыс. долл. в год. Этот взнос дает право их представителям встречаться со специалистами института, посещать семинары и получать научные отчеты за несколько месяцев до их публикации. Вейс выразил недовольство тем, что

МТИ, получающий значительную финансовую поддержку со стороны правительства, провел большинство своих конференций по программе сотрудничества с иностранными компаниями, главным образом японскими. Особое возмущение вызвал у него тот факт, что в рамках программы сотрудничества МТИ открыл свою контору в центре Токио.

Представитель МТИ уверяет, что опасения Вейса не обоснованы. По его словам, деятельность института по внедрению технологий в целом приносит гораздо больше пользы американским компаниям, чем иностранным; местные компании получают значительно больше от неформальных контактов со специалистами МТИ, чем от участия в официальных программах сотрудничества. Во время слушаний Грэй сказал Вейсу, что программа не дает участникам права «исключительного, привилегированного или частного доступа к результатам», поскольку эти результаты через некоторое время все равно публикуются. Однако он признал, что она облегчает и ускоряет доступ.

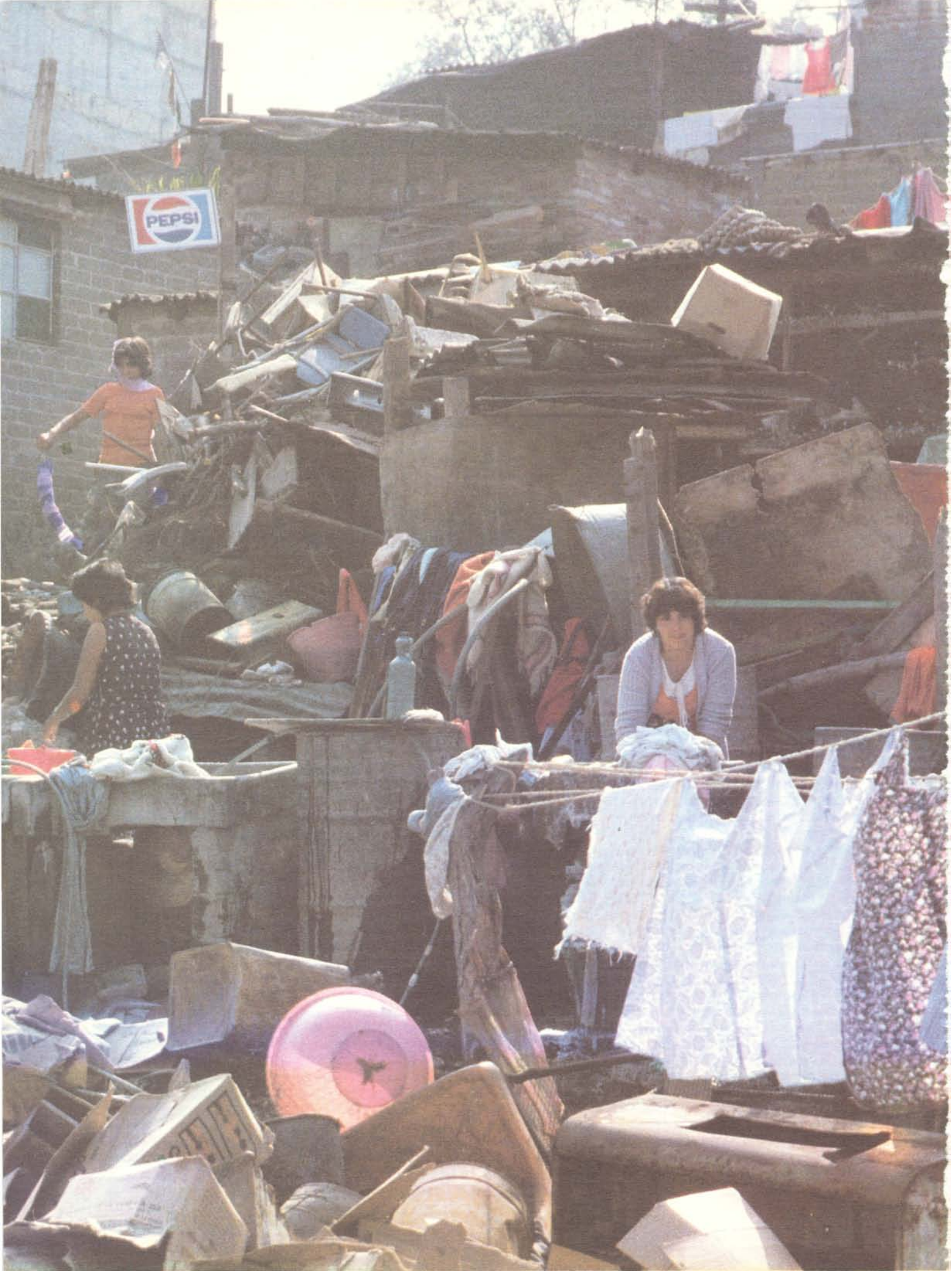
Профессор МТИ Р. Сэмюэлс, возглавивший кампанию за ознакомление американских студентов с японскими исследованиями, утверждает, что лучший способ ликвидировать отставание США в области внедрения передовых технологий заключается в том, чтобы научить американских

студентов «участвовать в исследованиях на международном уровне». Институты США, говорит он, должны прилагать больше усилий к тому, чтобы их специалисты контактировали с «профессиональными ассоциациями, включающими японских коллег». В рамках руководимой Сэмюэлсом программы 43 студента МТИ, овладевшие японским языком, в этом году будут направлены в японские научные центры. Отгораживание университетов от иностранцев, по мнению Сэмюэlsa, приведет к «ответным мерам и спиральному процессу взаимного уничтожения».

С точки зрения университетов такая ксенофобия вредна также и для бизнеса. Р. Саерт, президент Университета Карнеги - Меллона, говорит, что в «прошлом мы отворачивались от японских фирм, рассчитывая, что это позволит США наверстать упущенное в ряде областей». Однако, добавляет Саерт, «в высшей степени удручающее» отсутствие интереса со стороны американских компаний, заставило его изменить свою точку зрения. Теперь он приветствует желание японских компаний участвовать в исследованиях. В Калифорнийском технологическом институте и Станфордском университете также приветствуют иностранцев, проявляющих интерес к их работе.

Однако, как бы ни затрагивались местные интересы, университеты, по-видимому, будут настойчиво бороться с любыми попытками протекционистски настроенного конгресса урезать права учебных заведений в том, что, по мнению их администрации и научных работников, является жизненно важными академическими свободами. К. Шемен из Ассоциации американских университетов говорит, что ограничить доступ иностранцев к фундаментальным исследованиям, по существу, равносильно тому, чтобы сделать университеты орудием международной политики.

С другой стороны, как сказал представитель конгресса, несколько программ сотрудничества, подобных принятой в МТИ, сейчас изучаются в конгрессе. Не исключено, что в недалеком будущем появится проект закона, «обеспечивающего такой порядок, при котором от финансируемых федеральным правительством научных исследований прежде всего выигрывали бы американские компании». Политическая кампания, развернувшаяся вокруг конкурентоспособности, будет способствовать поддержке этого проекта. Будут ли американские компании черпать результаты исследований, пользуясь исключительным правом на это, - вопрос пока открытый.



Рост народонаселения

Прогресс ведет к стабилизации численности населения. Но произойдет ли это прежде чем рост населения и "грубые" методы производства вызовут необратимые нарушения среды обитания человека?

НАТАН КЕЙФИЦ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО обитает в не-большом пространстве, а его история занимает короткий отрезок времени. Если Землю представить в виде окрашенного шара диаметром полметра, большая часть всего живого разместится в слое не толще слоя краски, а среда обитания 5 млрд. живущих на Земле людей ограничится еще более тонким слоем в этом слое краски. Всего 10 тыс. лет назад человечество было сконцентрировано в небольших неолитических поселениях. Тогда его общая численность не превышала 5-10 млн. - не настолько много, чтобы люди могли оказывать какое-либо существенное влияние на экологическую систему, в которой они жили и занимались трудовой деятельностью. И эта ситуация сохранялась на протяжении почти всей истории. Лишь за последние несколько десятилетий люди так изменили среду, что масштабы этих изменений стали сравнимы с теми, которые произвела сама природа в течение продолжительных геологических эпох. Леса, которые росли на протяжении многих столетий, и почвенный покров, на формирование которого ушли миллионы лет, теперь истребляются за одну человеческую жизнь.

В средние века численность населения на земном шаре составляла 2,5 млрд. человек; в 1987 г. она превысила 5 млрд. Прирост населения за последние 40 лет равен общему увеличению численности за миллионы лет со времени появления первых людей. Согласно прогнозам Отдела Народонаселения ООН, в течение следующих 35 лет (к 2025 г.) численность населения на земном шаре увеличится до 8,5 млрд. Из этого прироста (в 3,2 млрд. человек) менее 200 млн. придется на

ПЕРЕНАСЕЛЕННОСТЬ в Мехико, крупнейшем городе мира, вынуждает миллионы немущих жить в трущобах, где нет элементарных удобств - канализации, водопровода и т. д. Численность населения этого города уже достигла 19,4 млн. человек и к концу нынешнего века должна вырасти до 24,4 млн.

развитые страны, остальные 3 млрд. человек (около 95%) появятся в развивающихся странах.

Следует ли нам бить тревогу по поводу абсолютного прироста в 3,2 млрд. человек или мы должны испытывать чувство удовлетворения от того, что темпы прироста замедляются? За период с 1980 по 1985 г. общая численность населения на земном шаре выросла на 90/0; между 2020 и 2025 гг. прирост, как ожидается, составит только 4%. Однако, поскольку величина этого прироста отсчитывается от значительно большей численности, абсолютное число живущих на нашей планете будет и впредь увеличиваться. Абсолютная рождаемость станет снижаться и достигнет современного, далеко не низкого уровня лишь во второй четверти XX! в. Да и после этого численность населения, безусловно, будет еще долго расти.

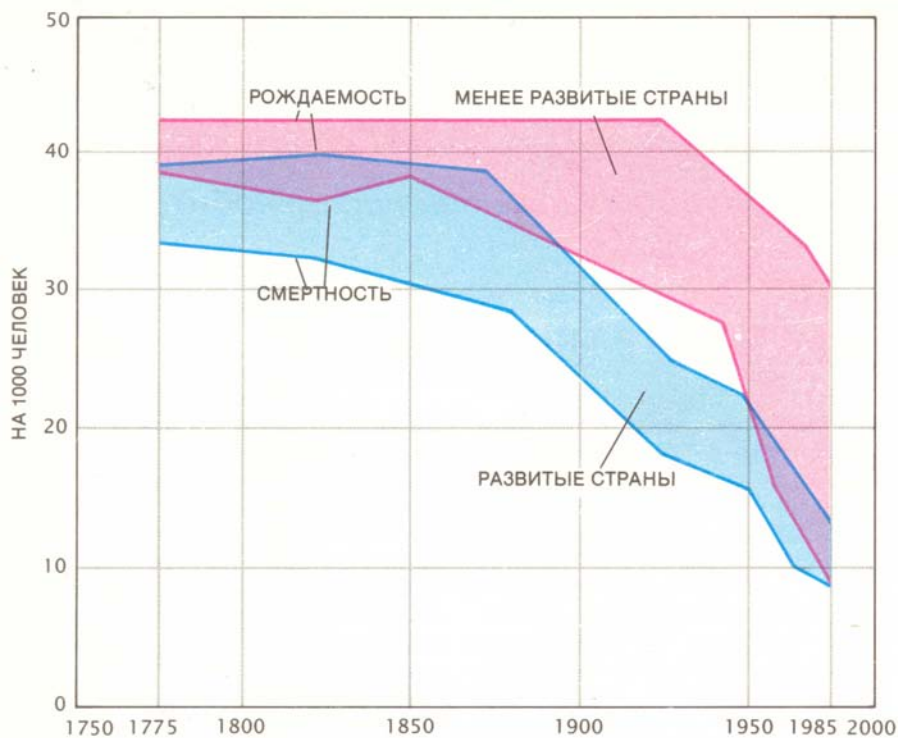
Хорошо это или плохо? Следует ли испытывать удовлетворение от того, что голодающие будут составлять все меньшую часть населения, даже если общая их численность постоянно увеличивается? Можно ли радоваться тому, что темпы роста замедляются, если речь идет не о темпах, которые уменьшают вероятность экологического кризиса, а об абсолютной численности населения?

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ рост числа людей на Земле и связанное с этим негативное воздействие на окружающую среду - явление столь недавнее, что нам трудно оценить степень вреда, причиняемого природе. На протяжении длительного времени люди стремились умножиться; таким путем они повышали жизнеспособность своих семейств и укрепляли общество, в котором жили и трудились. Смертность, однако, была настолько высокой, что численность населения увеличивалась медленно. Человеческая популяция была очень уязвима перед лицом постоянной опасности исчезновения - и в региональном, и даже в глобальном масштабе. Люди представляли большую ценность для

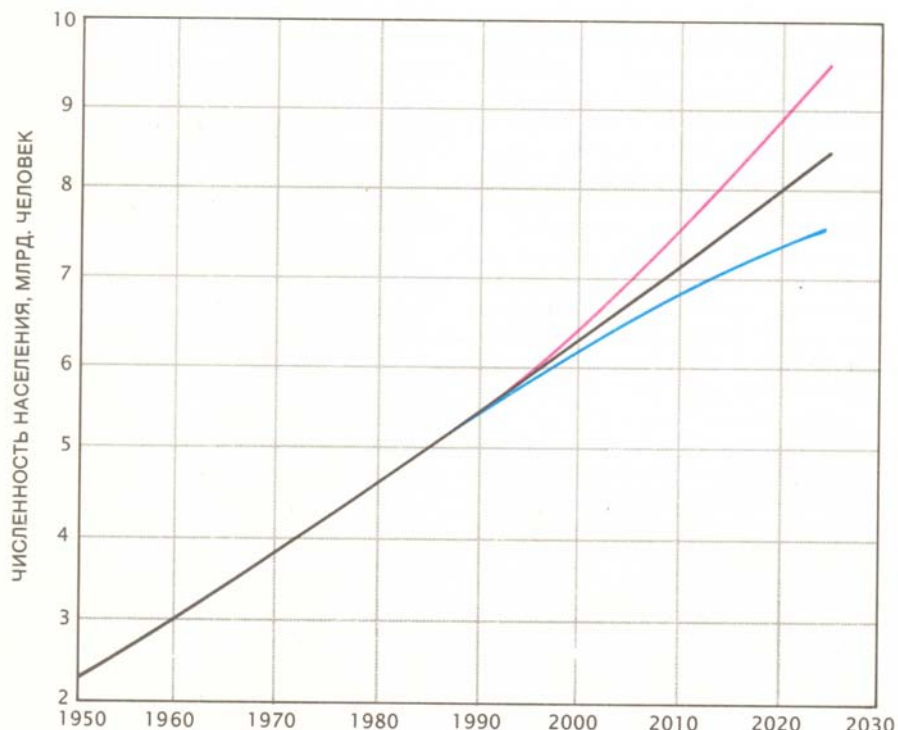
правителей, во многом подобно рабам для рабовладельцев.

В ХУП в. земля в Европе могла давать больше продовольствия, чем потребляли обрабатывавшие ее люди. Поэтому тот или иной правитель мог задействовать избыточную рабочую силу на трудоемких работах, скажем на изготовлению ткани, которую затем можно было продать за границу, получив взамен золото. Эта система, названная меркантилизмом, была взята на вооружение, в частности, Жаном Батистом Кольбером, министром финансов Франции при Людовике XIV. Аналогичные экономические идеи получили распространение по всей Европе. Даже с переходом на машинное производство большое количество трудоспособного населения могло быть обеспечено работой, поскольку, несмотря на рост производительности труда, потребность в производимой продукции росла быстрее. По этой причине трудоспособное население по-прежнему играло важную роль в обеспечении благосостояния общества.

В настоящее время быстрый рост численности населения сопровождается дальнейшим совершенствованием методов производства. Кроме того, эгалитарный (уравнительный) дух охватил не только индустриально развитые, но и развивающиеся страны. Таким образом, условия, которые преобладали до XIX в., а именно низкая плотность населения на плодородных землях, использование трудоемких технологий и забота о благополучии правителей, а не трудового населения, теперь встречаются значительно реже. Применение трудосберегающих технологий усложняет превращение ручного труда в золото. Напротив, менее развитые страны прибегают к займам для покупки технологического оборудования, чтобы обеспечить занятость населения. Однако это оборудование, разрабатываемое и производимое в высокоразвитых странах, требует для обслуживания небольшого числа людей, так что даже в 70-е годы, ког-



ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ в развитых странах привела к снижению сначала смертности, а затем (немного более века назад) и рождаемости. После этого "демографического перелома" ежегодный прирост населения в развитых странах установился на уровне 0,4% (синяя полоса). В противоположность этому снижение смертности в менее развитых странах пока еще не компенсируется снижением рождаемости (красная полоса).



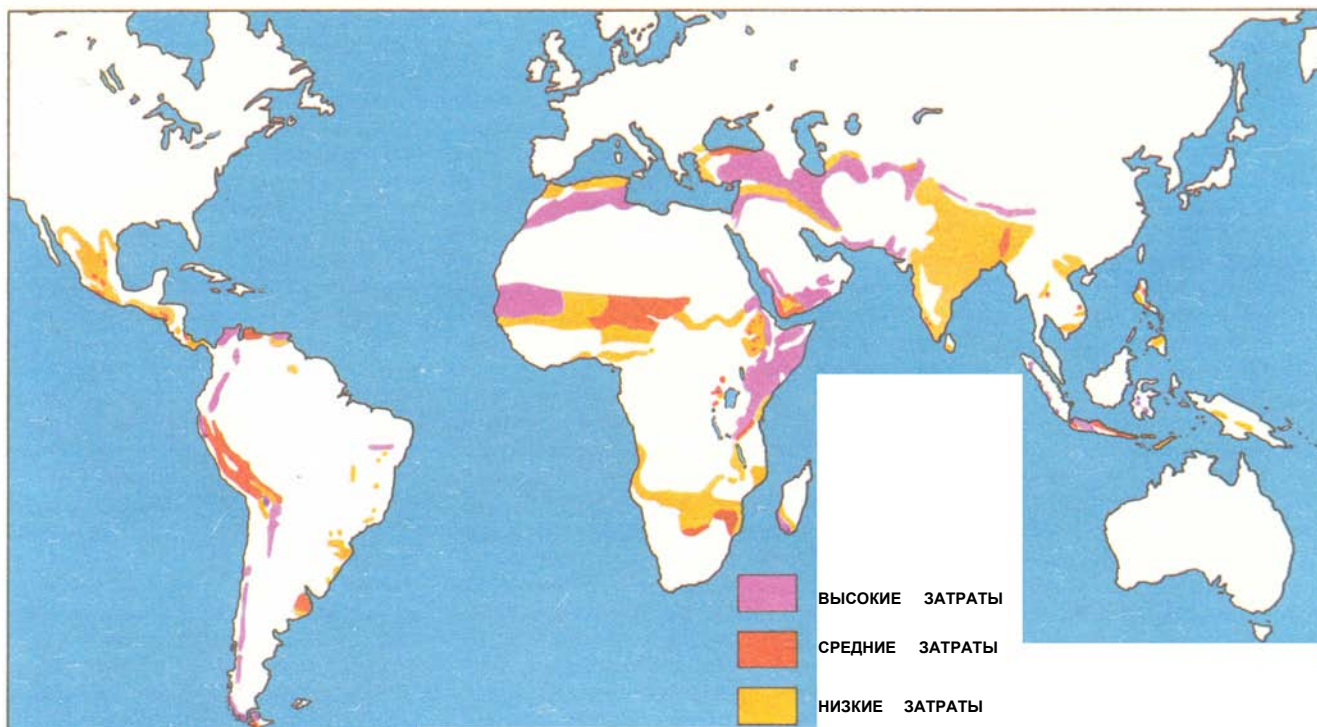
ТРИ ПРОГНОЗА роста численности населения на земном шаре. Если ежегодный прирост до 2000 г. будет оставаться близким к современному -1,74%, а затем к 2025 г. снизится до 0,98%, то численность населения на земном шаре в 2025 г. достигнет почти 8,5 млрд. человек (черная кривая). Если темпы роста еще более замедлятся и к 2025 г. достигнут 0,59%, численность населения составит 7,6 млрд. человек (синяя кривая). Если же темпы роста, прежде чем упасть, увеличатся к концу века до 1,9%, то в 2025 г. на земном шаре будет жить 9,4 млрд. человек (красная кривая). Данные Управления международных экономических и социальных вопросов ООН.

да займы развивающихся стран были самыми большими, безработица в них продолжала расти.

Является ли наличие безработицы свидетельством перенаселенности? Или она скорее свидетельствует о плохом положении в экономике, когда заработки тех, кто имеет работу, искусственно поддерживаются на высоком уровне? Любой товар, в том числе и рабочая сила, будет оставаться неиспользованным, если цена на него превышает ту, которую покупатель в состоянии заплатить. Государственные лидеры, которые осознают невозможность политическими средствами сделать рынок рабочей силы свободным, по меньшей мере стремятся хоть сколько-нибудь сдержать рост численности населения. Они понимают, что "непоявление" одного новорожденного сейчас означает сокращение на одного человека числа безработных в 2010 г. Поскольку те же самые политические деятели содействуют быстрому росту образования, то стать безработным с большой вероятностью грозит человеку со средним или высшим образованием, а это особенно чревато нарушением политической стабильности.

ТАКИМ образом, рост численности населения в развивающихся странах, усиливаемый различными факторами технического развития и политической структуры, угрожает социальной и политической стабильности этих стран. Кроме того, в них не редкими стали явления, связанные с изменением среды обитания, характерные ранее для стран с развитой экономикой. Один из примеров - это захламление, вызываемые вырубкой лесов. Увеличение заготовок древесины определяется потребностью постоянно увеличивающегося населения в строительном материале, топливе, дополнительных сельскохозяйственных угодьях и в иностранной валюте. Тем не менее в результате сильных наводнений, вызванных сведением лесов, Таиланд недавно был вынужден запретить заготовку древесины; такие же меры собирается предпринять и Малайзия. Это особенно показательно, поскольку экономика обеих стран зависит от производства древесины, решающего проблему занятости и создающего продукцию для экспорта.

Другой пример. Высокая рождаемость в сельских районах вынуждает многих Фермеров селиться на необжитых территориях. В Индии в шт. Раджастан аридные земли быстро истощаются в результате их интенсивного возделывания. Дети японских крестьян, будучи не в состоянии добыть пропитание на доставшихся им в резуль-



ПРОИЗВОДСТВО ПРОДОВОЛЬСТВИЯ в отмеченных на карте регионах не удовлетворяет потребностям проживающего там населения. Подсчет произведен на основе учета местных методов производства сельскохозяйственной

продукции. Вуказанные районы попали страны с традиционным малозатратным производством (желтый), со средним уровнем капитальных вложений (красный) и даже с высокими капитальными затратами (фиолетовый).

тате разделения наследства участках земли, ценой невероятного труда и нарушения экологии расчистили горные склоны под поля и огороды. В Бразилии крестьяне из перенаселенных районов уничтожили миллионы акров дождевых лесов, стремясь восполнить недостаток средств к существованию за счет выращивания урожая на землях которые фактически непригодны для этого.

В то же время все больше людей во всем мире устремляются в города, создавая чрезмерную концентрацию городского населения. До того как появился современный транспорт и стала практиковаться международная торговля зерном, размер того или иного города определялся его способностью включить в свою территорию сельскохозяйственные угодья, расположенные, как правило, по соседству. Теперь все изменилось. Мехико и Каракас выросли за счет обмена нефти на продукты питания, Нью-Дели - благодаря тому, что является крупным политическим и железнодорожным центром, а рост Калькутты был обусловлен развитием водного транспорта. В городах, которые ничего не имеют для обмена, населению оказывается иностранная помощь, чтобы ослабить голод, и это, естественно, ведет к их дальнейшему росту.

Не будучи более зависимыми от

производства товаров для торговли и приобретения продуктов питания и других необходимых вещей, города во всем мире быстро растут. Согласно прогнозам, общая численность городского населения в период с 1950 по 2020 г. увеличится в 6 раз. Еще более знаменательным является то, что рост городов перестает зависеть сколько-нибудь значительно от уровня экономического развития. Если в 1950 г. доля городских жителей в менее развитых странах составляла только 17% то в 2020 г. она, как ожидается, превысит 50%.

Многое говорит за то, что концентрация населения в городах - процесс положительный. Воздух над Мехико, конечно, таков, что им с трудом можно дышать, - но это явление носит локальный характер. Несмотря на отвратительный воздух, горожане живут дольше своих сверстников в сельской местности. Безусловно, медицинская помощь, образование и другие блага гораздо легче предоставить городским жителям, чем сельским. Когда люди концентрируются в городах, они в меньшей степени воздействуют на леса, живую природу, моря и океаны - на биосферу в целом.

Можно было бы сделать упор на обеспечении экологической чистоты городов, если бы не одна характерная черта современных городских жите-

лей, а именно - невероятно частые их переезды. Люди со средним и высоким достатком, независимо от того, живут ли они в развитых или развивающихся странах, это в основном городские жители, и они постоянно перемещаются в автомобилях или самолетах - на работу и с работы, в отпуск, в командировки или на экскурсии. А разрушение окружающей среды в значительной степени связано с перемещением людей. Американец со средним достатком съедает несколько больше, чем азиатский крестьянин, у него также больше одежды и развлечения его более разнообразны, но ни одно из этих преимуществ не требует какого-то невероятного количества природных ресурсов. Если говорить о влиянии на экологию, то принципиальное отличие американского городского жителя от азиатского крестьянина состоит именно в частоте и характере передвижений.

По данным статистики, сейчас в мире зарегистрировано около 500 млн. автомобилей, и каждый из них в среднем ежедневно расходует примерно 7,5 л горючего. Для наполнения баков всех этих автомобилей, требуется треть всей добываемой в мире нефти. Большинство этих интенсивных передвижений приходится на 1,2 млрд. жителей развитых стран, однако в будущем основной прирост

транспортных средств будет приходиться на развивающиеся страны. Действительно, число автомобилей увеличивается быстрее, чем численность населения. Если темпы прироста сохранятся такими же, как сегодня, то к 2025 г. автомобилей будет в 4 раза больше, чем сейчас.

АБСОЛЮТНОЕ увеличение численности населения и сопутствующие ему явления, такие как урбанизация и повышение мобильности людей, безусловно, являются факторами, представляющими серьезную угрозу, особенно для развивающихся стран. Однако ясно, что абсолютный рост численности населения не может быть бесконечным. Должен существовать некий естественный предел. Ежегодный прирост населения Нигерии в 3,1070 означает, что оно удваивается каждые 23 года. Если бы в течение следующих 140 лет население Нигерии увеличивалось такими же темпами, то к концу этого срока нигерийцев было бы столько же, сколько всех

людей на Земле в настоящее время. Не стоит говорить о том, что этого не случится. Либо в этой стране снизится рождаемость, либо увеличится смертность. Поскольку о миграции в таких масштабах, которые могли бы уменьшить остроту данной проблемы, не может быть и речи, то другие возможности просто исключаются.

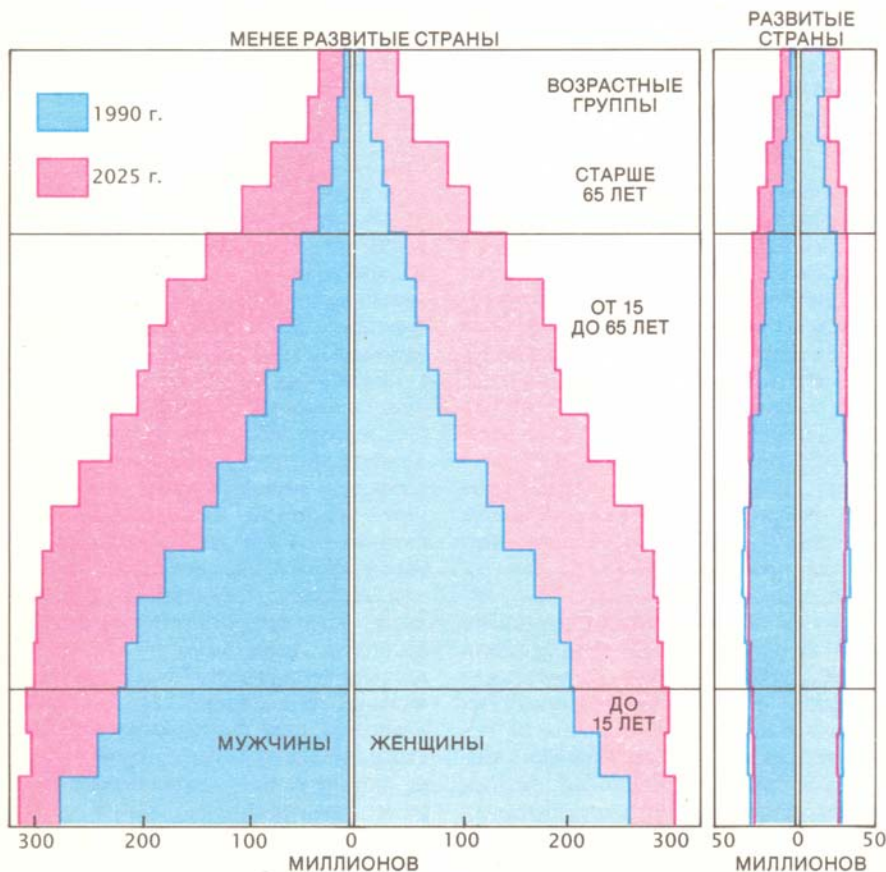
Ясно поэтому, что рано или поздно, но рост численности населения должен прекратиться. Каков же этот естественный предел и что он означает для нас? Мальтус считал, что этот предел определяется нехваткой продуктов питания, однако развитие сельского хозяйства в течение последних двух столетий делает это допущение сомнительным. Излишки продовольствия имеются во многих странах, и если где-то все же случается голод, то причиной его является не столько нехватка продовольствия, сколько нарушение в системе его распределения, которое часто вызывается политическими осложнениями и/или гражданскими войнами, как, скажем,

в Судане. И все же прогресс в сельском хозяйстве не способен устранить другие ограничивающие факторы, устанавливаемые, например, предельным размером пригодного для жизни пространства, возможностями промышленного производства и способностью окружающей среды "переносить" причиняемый ей вред. Если мы будем ждать, пока начнут действовать эти естественные ограничения численности населения, то придем к голоду, снижению уровня жизни, безработице, политической нестабильности и разрушению экологии. Такие перспективы неприемлемы. Человечество должно изыскать возможности обуздать рост населения и изменить характер деятельности людей, чтобы она была не столь опасна для окружающей среды.

Итак, первый вопрос разделяется на две части: от чего зависит снижение темпов роста населения и как быстрее добиться этого снижения? Одним из наиболее очевидных и наименее изученных социальных явлений нашего времени является демографический перелом, выражающийся в том, что с развитием промышленного производства смертность и рождаемость падают до весьма низкого уровня. Уменьшение смертности частично можно объяснить успехами медицины; немалую роль играет улучшение качества питания и других составляющих образа жизни. Поскольку вначале падает смертность, численность населения в период демографического перелома существенно возрастает. Так, в XIX в. население Великобритании выросло в 4 раза.

Рано или поздно, однако, вслед за снижением смертности начинает сокращаться рождаемость. При этом рождаемость не просто падает до уровня, при котором она компенсирует смертность (что было характерно для большей части истории человечества); рождаемость падает ниже этого показателя - до уровня, при котором она не может уравновесить смертность. В европейских странах, США и Японии непропорционально много людей детородного возраста, поскольку в недалеком прошлом в этих странах рождаемость была высокой. Следовательно, население там в течение какого-то времени еще будет расти. Однако, как только нынешнее поколение людей уйдет из жизни, численность населения в этих странах начнет падать, возможно, на 1/10-1/3 в каждом поколении.

Что требуется выяснить, анализируя демографический перелом, - причину низкой рождаемости в настоящее время или причину



ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ населения в развивающихся и развитых странах по состоянию на 1985 г. и прогноз на 2025 г. В менее развитых странах 37% населения составляют дети до 15 лет. Если даже темпы роста населения в этих странах снизятся, то все равно оно будет увеличиваться довольно быстро, когда эти дети вырастут и смогут иметь своих детей. Численность трудоспособного населения в этих странах будет расти быстрее, чем население в целом; во всем мире население трудоспособного возраста утроится к 2050 г. Данные Управления международных экономических и социальных вопросов ООН.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	СТЕПЕНЬ СТРОГОСТИ ПРОГРАММ В 1982 г.				СРЕДНЕЕ
	СТРОГИЕ	УМЕРЕННЫЕ	НЕ СТРОГИЕ	СОВСЕМ НЕСТРОГИЕ ИЛИ ПРОГРАММ НЕТ	
	%%	%%	%%	%%	
ВЫСОКИЕ	ГОНКОНГ 80 СИНГАПУР 71 ТАЙВАНЬ 70 ЮЖНАЯ КОРЕЯ 58 КОЛУМБИЯ 51 МЕКСИКА 40	КУБА 79 ПАНАМА 63 ЯМАЙКА 55 ТРИНИДАД И ТОБАГО 54 ФИДЖИ 38	КОСТА-РИКА 66 БРАЗИЛИЯ 50 ВЕНЕСУЭЛА 49 ПЕРУ 43 ЧИЛИ 43	ПАРАГВАЙ 36	
В СРЕДНЕМ	60	58	50	36	55
ВЫШЕ СРЕДНЕГО	КИТАЙ 69 ШРИ-ЛАНКА 57	ТАИЛАНД 58 ФИЛИППИНЫ 45 ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА 43 МАЛАЙЗИЯ 42 САЛЬВАДОР 34 ТУНИС 31 42	ЭКВАДОР 40 ТУРЦИЯ 40 ГОНДУРАС 27 ЕГИПЕТ 24 МАРОККО 19 ГВАТЕМАЛА 18 АЛЖИР 7 25	ИРАН 23 СИРИЯ 20 ГАНА 10 НИКАРАГУА 9 ЗАИР 3 ЗАМБИЯ 1	
В СРЕДНЕМ	63	42	25	11	30
НИЖЕ СРЕДНЕГО	ИНДОНЕЗИЯ 48	ИНДИЯ 32 ВЬЕТНАМ 21	ГАИТИ 19 ЗИМБАБВЕ 14 КЕНИЯ 7 ПАКИСТАН 6 ПАПУА-НОВАЯ ГВИНЕЯ 5 СЕНЕГАЛ 4 ЛИБЕРИЯ 1 8	БОЛИВИЯ 24 НИГЕРИЯ 6 ЛЕСОТО 6 БИРМА 7 КАМЕРУН 2 УГАНДА 1 КАМПУЧИЯ 0	
В СРЕДНЕМ	48	27	8	6	12
НИЗКИЕ		БАНГЛАДЕШ 19	НЕПАЛ 7 ТАНЗАНИЯ 1	БЕНИН 18 СУДАН 5 СЬЕРРА-ЛЕОНЕ 4 ЭФИОПИЯ 2 СОМАЛИ 2 ЙАР 1 БУРУНДИ 1 ЧАД 1 ГВИНЕЯ 1 МАЛАВИ 1 МАЛИ 1 НИГЕР 1 БУРКИНА-ФАСО 1 МАВРИТАНИЯ 1 3	
В СРЕДНЕМ		19	4	3	4
В СРЕДНЕМ	59	44	23	7	26

ЭФФЕКТИВНОСТЬ программ регулирования численности семьи в развивающихся странах отражена в таблице, где приведены данные об относительном числе супружеских пар (в %), использовавших противозачаточные средства. При данном уровне относительных социально-экономических условий доля супружеских пар, применяющих про-

тивозачаточные средства, выше в тех странах, где действуют более строгие программы регулирования рождаемости. Исследование было проведено Робертом Дж. Лафамом из Westinghouse Public Applied Systems и У. Паркером Молдином из Рокфеллеровского фонда.

высокой рождаемости в прошлом? Одна из точек зрения сводится к тому, что люди всегда хотели освободиться от бремени воспитания детей, но не имели подходящих (или эффективных) методов контроля рождаемости. В соответствии с другой точкой зрения дети всегда были желанны: они служили опорой родителям в старости, создавали дополнительные рабочие руки в семье, через них устанавливались родственные связи с другими семьями. Жены были в подчинении у мужей, и чем бы жена ни занималась, муж мог настоять на рождении ребенка. Эта форма поведения прививалась будущим мужчинам и женщинам с раннего детства, и такой характер семейных отношений поддерживался церковью.

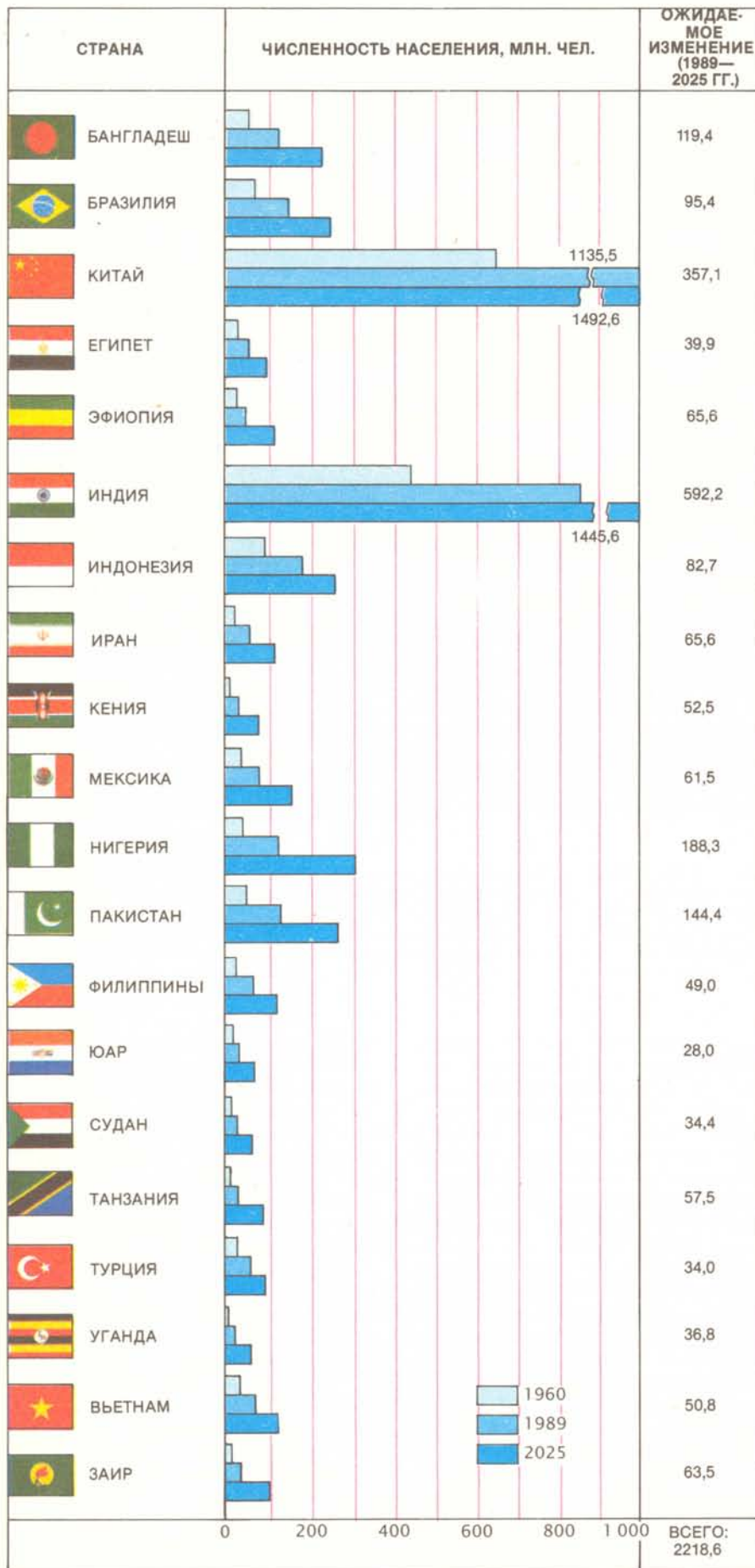
И все же сама по себе эта религиозная доктрина не может служить объяснением высокой рождаемости: свидетельством тому является наблюда-

емый в последние годы спад рождаемости в ряде развитых стран и регионов, где сильно влияние католицизма, таких как Италия и Австрия или провинция Квебек в Канаде. Очевидно по мере экономического развития в действие вступают некоторые другие составляющие культуры, которые "нейтрализуют" влияние религиозных норм. Одним из серьезных социальных факторов является повышение общественного статуса женщины. На о. Ява, например, где женщины имеют больше прав и получают лучшее образование по сравнению с другими мусульманскими регионами, рождаемость падает, а в таких мусульманских странах, как Пакистан и Бангладеш, где положение женщины остается довольно низким, рождаемость остается высокой.

Современный уровень развития промышленности и коммерческой деятельности позволяет женщине обес-

печивать себя и быть материально независимой от мужа. Аналогично, когда дети становятся трудоспособными, они обретают материальную независимость от родителей, а родители, в свою очередь, становятся независимыми от детей, поскольку могут жить на средства, получаемые из фондов социального обеспечения, и на личные сбережения. Если дети не являются опорой для родителей в старости, то у родителей возникает вопрос: а стоит ли вообще их заводить? Если бы мы знали, какие механизмы управляют снижением рождаемости, то промышленно развитые страны могли бы предпринять меры против нежелательного снижения воспроизводства населения, а страны с невысоким уровнем экономического развития знали бы, как сократить рождаемость.

Каким бы ни был этот механизм, можно, без сомнения, констатиро-



вать, что рождаемость в менее развитых странах начинает падать, как только эти страны достигают более высокого уровня благосостояния. Однако экономическое развитие этих стран сдерживается большой и постоянно увеличивающейся численностью населения, и поэтому нужно обеспечить очень высокий уровень развития, чтобы выгоды от этого смог ощутить на себе каждый. По этой причине "нагрузка" на окружающую среду будет чрезвычайно высокой. Бразильцы заявляют, что их страна не может развиваться, если не вырубать леса в бассейне Амазонки, и негодуют, когда другие страны призывают их ограничить сведение лесов. Численность населения в некоторых районах настолько возросла, что расход материальных ресурсов и состояние окружающей среды достигли предельного уровня; эта напряженность замедлила темпы, экономического развития, которое могло бы приостановить рождаемость. Перед лицом этой опасности нельзя затягивать решение вопроса о срочном принятии программ по контролю рождаемости.

НЕЗАВИСИМО от того, каковы глубинные механизмы снижения рождаемости, важными причинами снижения фертильности во всех странах были информированность населения о контроле за рождаемостью и доступность противозачаточных средств. В странах Азии, где в 60-е годы были введены программы регулирования численности семьи, - Китае, Индонезии, Таиланде и Южной Корее - рождаемость за два десятилетия снизилась на 25-60/1000. В Тунисе после принятия соответствующей программы рождаемость за 10 лет упала примерно вдвое по сравнению с предыдущими 7 годами. В Маврикии до 1965 г., когда была введена аналогичная программа, рождаемость составляла примерно 40 человек на 1000 жителей, а в течение первых 8 лет действия программы она упала до 25 на 1000. В Мексике программа была принята в 1973 г., и рождаемость в течение 4 лет снизилась с 45 до 38 на 1000 жителей; в настоящее время она составляет около 31 на 1000.

Политическим деятелям важно знать, какую часть этого снижения можно отнести за счет введенных ими программ и каким оно было бы в слу-

Из ПРОГНОЗИРУЕМОГО на 2025 г. увеличения населения земного шара 70% придется на перечисленные здесь 20 менее развитых стран. Данные Управления международных экономических и социальных вопросов ООН.

чае улучшения социально-экономического положения как такового. Располагая данными по 19 развивающимся странам, Т. Кинг из Международного банка реконструкции и развития подсчитал, что программы регулирования численности семьи обеспечили 39070 общего снижения рождаемости, а улучшение социально-экономического положения - 54%. Результаты других исследователей, которые пользовались иными данными, но применяли фактически тот же метод расчета, показывают, что программы регулирования численности семьи обеспечивают от 10 до 40% наблюдаемого снижения рождаемости. Следует отметить, что меры, принимаемые на первых стадиях модернизации, часто приводят к временному увеличению рождаемости, потому что традиционных методов контроля рождаемости - длительного кормления грудью и полового воздержания после родов - люди обычно избегают. Следовательно, реальный эффект от введения программ регулирования численности семьи значительно больше того, который дают расчеты.

В Индонезии программа регулирования количества детей в семье официально была введена в действие в 1969 г. К концу 1980 г. Национальный координационный совет по вопросам планирования численности семьи основал более 40 тыс. сельских центров по обеспечению населения противозачаточными средствами и консультационному обслуживанию, преимущественно на островах Ява и Бали. Во многих случаях эти центры связаны с сельскохозяйственными кооперативами и лечебными пунктами и, таким образом, являются важным звеном в цепи тех мер, которые предпринимает государство для развития экономики. Образовательные программы формируют у людей уверенность в том, что семья должна быть "небольшой, счастливой и обеспеченной". Всевозможные сообщения и напоминания о проблеме регулирования количества детей в семье идут непрерывным потоком: пассажиры в поезде, приближаясь к станции, слышат знакомую мелодию - своего рода "позывные", религиозные деятели читают в мечетях лекции о противозачаточных средствах (ислам допускает регулирование рождаемости, за исключением стерилизации), а звук сирены каждый день в пять часов полудни напоминает женщинам о том, что пора принимать пилюли.

Проводимая в Индонезии кампания дала заметный результат. С 1972 г. рождаемость снизилась в среднем с 5,6 до 3,4 детей на каждую женщину;



ЖИТЕЛЬНИЦЕ КЕНИИ делают инъекцию противозачаточного средства Деро-Провера в местной поликлинике. У нее с мужем уже четверо детей. "Если у нас еще будут дети, то как мы сможем дать им образование и прокормить?" - задает она вопрос. Недавно правительство Кении приступило к рассмотрению программ регулирования численности семьи; это новый шаг в политике страны. Если темпы ежегодного прироста населения в стране не уменьшатся, оставшись на уровне 4%, то через 17 лет население Кении, которое сейчас составляет 25,1 млн. человек, удвоится.

если в 1972 г. рекомендациями по регулированию рождаемости руководствовались 400 тыс. супружеских пар, то в 1989 г. их было уже 18,6 млн. Одновременно за тот же период детская смертность упала на 40%. Интересно отметить, что аборт в Индонезии запрещены; снижение рождаемости было достигнуто усилиями правительства и общественных организаций, соответствующими мерами в системе образования, а также бесплатным предоставлением противозачаточных средств всем, кто считал нужным прибегнуть к ним. Предполагается, что рано или поздно супружеские пары (те, которым это по карману) будут платить за противозачаточные средства: ответственность за регулирование рождаемости должна лежать на самих людях и они должны относиться к противозачаточным средствам как к товару, который стоит того, чтобы за него платить.

Особенно важно, чтобы супружеские пары имели широкий выбор противозачаточных средств. Для того чтобы люди могли свободно пользоваться противозачаточными таблетками и презервативами, нужна хорошо налаженная система их сбыта.

Внутриматочные средства и инъекции синтетического гормона Деро-Провера относятся к числу наиболее удобных способов предотвращения беременности, поскольку требуют лишь периодических визитов в поликлинику. Однако применение этих средств может приводить к побочным эффектам, выражающимся в различных функциональных нарушениях - от нарушения месячных до инфекции органов малого таза; эти нежелательные явления могут отбить охоту у женщин прибегать к тому или иному методу и постоянно практиковать его. Недавно появились новые средства предотвращения беременности, которые обещают быть весьма эффективными. К ним относится так называемый Norplant, который, будучи имплантирован под кожу, оказывает желаемый эффект в течение 5 лет. Несмотря на это, огромная потребность в безопасных, более удобных и недорогих методах регулирования рождаемости все же остается.

В некоторых странах Азии и особенно Африки, где строго соблюдается традиционная ориентация на многодетную семью, на большой эффект от программ контроля за рождаемос-

тью рассчитывать не приходится. Так, программы, опробованные в Пакистане, Непале и Кении, не были успешными. Программы контроля за рождаемостью хорошо работают только в тех странах, которые экономически и социально готовы принять их. Результаты ряда исследований, проведенных при содействии Всемир-

ной организации по проблемам рождаемости, показывают, что большинство развивающихся стран в настоящее время находится в таком состоянии, при котором значительная часть их населения желает иметь семьи меньшей численности по сравнению с традиционно принятой нормой. Один этот факт уже вселяет оптимизм.

Влияние людей на окружающую среду зависит не только от их численности, но также от "глубины" их вторжения в биосферу и от характера их хозяйственной деятельности. Можно ли уменьшить вредное воздействие на окружающую среду путем изменения экономической практики, а не путем регулирования численности населения? Традиционная культура европейских, североамериканских и большинства азиатских государств всегда основывалась на долгосрочной перспективе в отношении влияния этой культуры на среду обитания: традиционные методы возделывания земли и ведения лесного хозяйства всегда были щадящими по отношению к земле, так что ее плодородие не уменьшалось.

Однако такой "защитительный" характер традиции носят не везде: лесорубы Непала и скотоводы Сахели, например, орудерживаются таких традиций, которые в условиях постоянного роста численности населения следует назвать расточительными. Об этих, как, впрочем, и о многих других странах, можно сказать, что если бы они не были перенаселенными, их народы не причиняли бы окружающей среде такого вреда, а будь их деятельность более рациональной, она бы не была столь разрушительной. Если бы меньшее число людей ездил на автомобилях, потреблялось бы меньше горючего, и в атмосферу не выделялось столько загрязняющих веществ; если бы люди чаще пользовались общественным, а не личным транспортом, от этого тоже была бы польза.

В фундаменте экономики заложена культура. Эту мысль можно пояснить на следующем примере: в Австрии во многих небольших городках имеются водоемы для купания, у которых в выходные дни собираются сотни людей, тогда как американцы в тех же целях отправляются на своих автомобилях за сто миль к океанскому побережью. Состоятельные люди, в какой бы стране они ни жили, всегда испытывают сильное желание сесть в собственный автомобиль и проехать сотню миль или пересечь на самолете страну ради того, чтобы покататься и позагорать. Изменится ли культура в сторону более щадящего отношения к биосфере? Этот вопрос одиозно проблематичен и для американских любителей морских побережий, и для африканских пастухов.

Проблема равновесия между численностью людей и их небезвредной для окружающей среды деятельностью существует повсюду. Следовательно, бесконечными будут споры о том, какую следует проводить поли-



ВЗВЕШИВАНИЕ Маленьких детей в Индонезии производится ежемесячно. Эта процедура предусмотрена действующей в стране программой охраны здоровья малолетних; помимо прочего, она позволяет родителям следить за развитием своих детей. Программа реализует идею о том, что при меньшем количестве детей родители могут дать им лучшее воспитание.

тику. Одни утверждают, что сама по себе большая численность людей не так уж вредна, поскольку она лишь усиливает нежелательное влияние порочной практики хозяйствования. Другие уверены в том, что хотя порочная практика хозяйствования подлежит пересмотру, численность населения следует регулировать.

КАКИЕ же вопросы демографической политики следует решать, чтобы исключить ухудшение условий жизни на нашей планете? Это вопрос соотношения между численностью населения и практикуемыми методами производства (и в сельском хозяйстве, и в промышленности), вопрос столкновения интересов развивающихся и развитых стран, а также вопрос гражданских и межнациональных войн в этих развивающихся странах. Продвижение на пути прогресса будет нелегким, и во многих местах степень трудности будет пропорциональна численности населения.

В конце концов люди осознают, как их отношение к проблеме рождения детей влияет на экологическую стабильность в будущем - в собственной стране и в целом на планете. Если экологическая основа экономики подрывается перенаселенностью, то это невольно приводит к спаду в экономическом развитии. Со временем люди поймут, что лучше иметь немного детей, но полноценно воспитанных, чем много, но полуграмотных и безработных. Разумная политика страны обойдется недешево ее гражданам, как, впрочем, она обходится и самому государству. Различные расходы, которые несет общество в связи с появлением новых детей, в том числе расходы на решение экологических проблем, должны быть переложены на конкретных родителей. Вместе с тем за появление "лишних" детей нельзя взимать какие-бы то ни было налоги, поскольку от этого пострадают уже живущие дети. Этот аспект создает условия, при которых принятие эффективных мер в отношении регулирования рождаемости становится проблемой более сложной, чем, скажем, регулирование потребления товаров широкого спроса.

Все это в наибольшей степени относится к развивающимся странам, на долю которых придется в будущем почти весь прирост населения на земном шаре. Некоторые специалисты озабочены тем, что рост численности населения в развитых странах вскоре совсем прекратится, и призывают принять против этого срочные меры. Однако стимулирование роста населения в наиболее развитых странах может послужить плохим примером

и даже породить расистские настроения, когда каждая нация может думать о другой: вас слишком много, а нас недостаточно.

В то же время государства с развитой экономикой могут сделать для экономического процветания человечества нечто большее, чем подать хороший пример в деле регулирования численности населения. Для этого им нужно глубже осознать, как проводимая ими политика сказывается на положении менее развитых стран. Не следует ожидать, что развивающиеся страны смогут выплатить долги, не экспортируя свою продукцию. Налагая высокие пошлины на товары, экспортируемые в регионы с менее развитой экономикой, и настаивая на выплате долгов, промышленно развитые страны подрывают способность развивающихся стран обеспечивать материальное благополучие своих народов.

Некоторые сельскохозяйственные продукты и лесоматериалы, такие как сенегальский арахис и тайландская фанера - важные товары, за счет продажи которых Сенегал и Таиланд получают иностранную валюту, но дальнейшее производство этой продукции может обернуться большим ущербом для экологии. Дотации, выплачиваемые Фермерам в европейских и американских странах в целях стимулирования производства дополнительного продовольствия, влекут за собой повышенное вредное воздействие на окружающую среду. Поставки излишков пшеницы и кукурузы в развивающиеся страны являются хорошей формой благотворительности, позволяющей ослабить острую нужду в продуктах питания, но не тогда, когда иностранное зерно отбивает охоту развивать собственное сельское хозяйство.

Даже при соблюдении всех мер предосторожности промышленное развитие все равно сопряжено с загрязнением воздуха и воды и другим разрушающим воздействием на природу. Улучшение образования должно помочь более глубоко осознанию этих деструктивных явлений и содействовать снижению рождаемости; тем самым оно в конце концов послужит причиной уменьшения "нагрузки" на окружающую среду. С достижением повсеместного высокого уровня экономического развития человечеству будет под силу решать любые проблемы, в том числе и экологические. Однако если мы будем проявлять небрежность по отношению к окружающей среде, то она сама станет фактором, который будет сдерживать или сделает вообще невозможным дальнейшее развитие.

Итак, проблема, которую необходимо решить каждому государству, заключается в том, чтобы обеспечить достаточные темпы экономического развития, не причиняя вреда окружающей среде - в противном случае всякое дальнейшее продвижение вперед в конечном счете станет невозможным. Правительства большинства развивающихся стран понимают, что развитие их экономики пойдет быстрее, а разрушающее воздействие на окружающую среду уменьшится, если население будет расти медленнее. Однако не все эти страны в одинаковой степени способны сформулировать и проводить в жизнь такую политику, которая претворила бы осознание этого факта в практические действия.

*Книги
издательства
„Мир“*

Б. Клауснитцер
ЭКОЛОГИЯ
ГОРОДСКОЙ ФАУНЫ

Перевод с немецкого

В книге известного зоолога ГДР, профессора Лейпцигского университета впервые обобщены сведения о всех группах животных, обитающих в крупных городах. Основой обзора послужили данные изучения наземной фауны восьми городов Европы: Варшавы, Вены, Гамбурга, Лейпцига и др. Наряду с теоретическими обобщениями книга содержит ценный справочный материал, а также рекомендации по охране многих представителей городской фауны.

Для зоологов, экологов, педагогов и лиц, занимающихся планированием городских территорий.

1990 г. 16 л. Цена 2 р. 40 к.

Эту книгу вы можете приобрести
в магазинах
научно-технической литературы.



Стратегии развития сельского хозяйства

Агрономические исследования ведут к созданию новых технологий, позволяющих расширить производство продовольствия без ущерба для земельных и водных ресурсов, а также генетического разнообразия живой природы.
Проблема в том, чтобы эти технологии вошли в практику

ПЬЕР Р. КРОССОН, НОРМАН ДЖ. РОЗЕНБЕРГ

ЛЕТ через сто на Земле будет жить, по всей вероятности, 10 млрд. человек - примерно вдвое больше, чем ~теперь. Если прогнозы демографов из Международного банка реконструкции и развития верны, численность человечества ~приблизится тогда к постоянному уровню, как это уже произошло с населением многих промышленно развитых стран. Сможет ли вид *Homo sapiens* прокормить себя, достигнув этого стабильного состояния? Если ответить кратко~ вероятно, да. Пусть даже мировое производство продовольствия будет расти существенно медленнее, чем на современном этапе, - через сто лет пищи все равно хватит и на 10 млрд. человек.

Подробный ответ на этот вопрос далеко не так прост. Мапо только расширить производство продовольствия - это придется делать таким образом, чтобы не нарушить природной среды. А для этого нужно постоянное появление новых технологий, сводящих к минимуму эрозию, опустынивание, засоление почв и другие виды ущерба. Мы уверены, что если уже существующую мощную систему сельскохозяйственных исследовательских организаций обеспечить достаточными средствами, необходимыми руководящими кадрами и стратегией, то такие технологии будут разработаны. Но, по нашему мнению, разработка новой технологии - это не самая сложная из проблем, стоящих перед мировым сельским хозяйством; основные трудности связаны с тем, как общество воспринимает нововведения.

Чтобы получить эффект от новых экологически менее вредных технологий, их надо применять на практике. А чтобы это осуществил ось на уровне индивидуальных хозяйств, новые технологии должны быть для них выгод-

ны. При рыночной экономике выгода, как правило, выступает в форме прибыли. Однако современная система рынка не слишком приспособлена к защите таких природных ресурсов, как вода и генетическое разнообразие, в отношении которых трудно установить права собственности. На наш взгляд, наиболее острой проблемой в сельскохозяйственной политике является создание правовых механизмов, которые побудили бы владельцев индивидуальных хозяйств ценить эти ресурсы в полную меру их значимости для всего общества.

НАСУЩНОСТЬ разработки новых сельскохозяйственных технологий будет примерно пропорциональна скорости истощения природных ресурсов, используемых сельским хозяйством. Из этих ресурсов ключевыми являются земля, вода и генетическое разнообразие живой природы ; их мы здесь и рассмотрим.

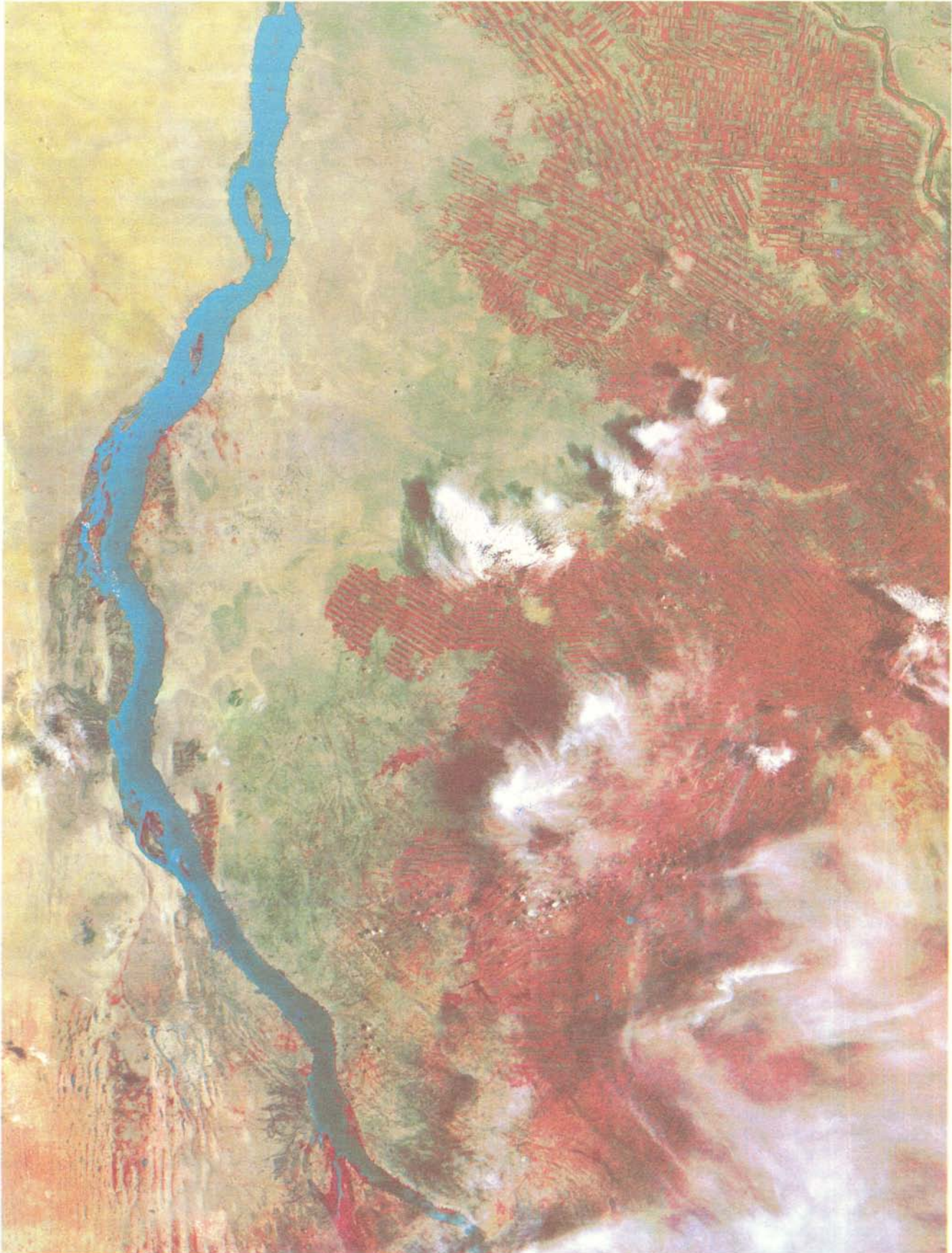
Во многих районах мира запасы пригодных для пользования земель находятся под угрозой. Ухудшение качества земли может быть обусловлено различными факторами. Наибольшее значение имеют ветровая и водная эрозия почв с последующим падением~ плодородия, деградация пастбищ в аридных, семиаридных и субгумидных районах, а также заболачивание и засоление орошаемых земель. Все эти процессы в совокупности можно назвать одним словом - «опустынивание» (хотя термин этот в его обычном употреблении предполагает только наступление пустыни на соседние пастбища или возделываемые угодья); под этим общим названием мы и будем обсуждать их.

По данным, собранным Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП), на сегодняшний день из 3,3 млрд. га сельскохозяйственных зе-

мель, расположенных вне гумидных областей, примерно 60070 в той или иной мере затронуты опустыниванием (в широком смысле, определенном выше). Эта цифра свидетельствует о том, что в современном мире опустынивание является серьезной проблемой.

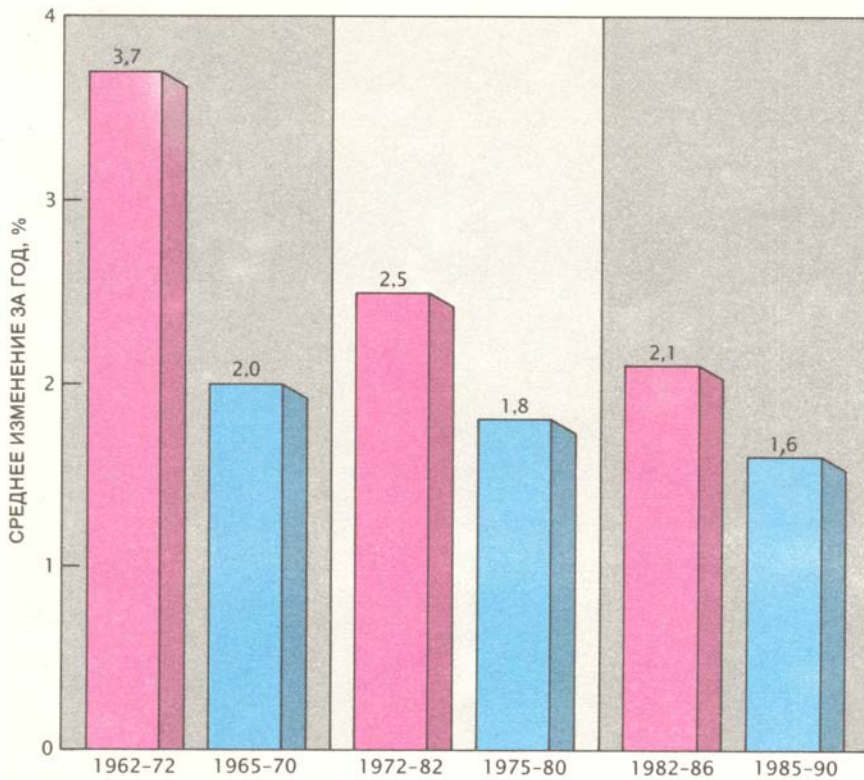
Правда, все глобальные оценки такого рода следует воспринимать критически. Во-первых, показатели зависят от того, что именно понимается под опустыниванием (а определения возможны разные). Во-вторых, для большинства районов мира надежных, точных оценок процессов деградации земель нет. Возьмем эрозию. США - единственная страна в мире, где для всей территории достаточно тщательно определена степень эрозии почв и ее влияния на продуктивность. Из этих данных следует, что, если эрозия культурных земель продолжится с той же скоростью еще сто лет, урожаи станут на 3-10% ниже, чем они были бы в отсутствие эрозии. Такие потери слихой компенсации ~рвались бы ростом урожаяв благодаря совершенствованию технологии.

Оценки эрозии имеются и для ряда других районов земного шара; во многих местах потери оказались очень крупными. Однако эксперты, специально изучившие эти данные (в том числе обзор, сделанный для Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН в 1984 г.), пришли к выводу, что научная ценность таких оценок невелика. Разумеется, не вызывает сомнения, что эрозия и вызванный ею спад урожайности в некоторых регионах значителен (в том числе, в Непале, ряде областей Индии, высокогорьях Восточной Африки и кое-где в Андах), однако влияние таких потерь на общемировое производство продовольствия весьма не-



ОРОШАЕМЫЕ ПОЛЯ в долине Нила на территории Судана на снимке, сделанном из космоса, показаны красным цветом. Урожайность в этом засушливом районе существенно повысилась благодаря разнообразным системам ороше-

ния. Свыше половины прироста продукции мирового сельского хозяйства за последние десятилетия получено в результате орошения.



МИРОВОЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО растет быстрее населения. На этой диаграмме показан годовой прирост общего производства зерновых (красный цвет) и населения планеты (голубой цвет). Если нынешние темпы роста производства продовольствия сохранятся (или даже немного снизятся), то для стабильного уровня численности - 10 млрд., - которого человеческого достигнет через 100 лет, пищи будет достаточно.

пределенно, и к апокалиптическим прогнозам следует относиться скептически.

Даже подвергшиеся опустыниванию районы не обязательно навеки утрачены для сельского хозяйства. Основная масса земель, числящихся в докладе для ЮНЕП в разряде опустыненных, приходится на пастбища. Качество пастбищ страдает сейчас во всем мире; яркий пример тому - ситуация в зоне Сахель в Африке. Быстрый рост населения Сахели и Африканского Рога после второй мировой войны привел к усилению выпаса, а уже одно это влечет за собой спад продуктивности пастбищ. Процесс деградации усиливается жестокими засухами, начавшимися в 60-х годах и регулярно повторяющимися по настоящее время.

Однако снимки со спутников показывают, что истощенные пастбища и обрабатываемые угодья могут восстанавливаться. В дождливые годы граница «зеленой волны» растительности продвигалась в Сахели дальше к северу, чем в сухие годы. Наиболее ценная растительность вряд ли возвращается сразу на участки чрезмерного выпаса, но, похоже, что при должном контроле выпаса здесь мог-

ло бы восстановиться немало опустыненной земли. Но проблема как раз в том, чтобы организовать такой контроль в районах, где население стремительно растет и доступ к земле традиционно свободный. Ниже мы покажем, что главнейшие трудности, стоящие сейчас перед мировым сельским хозяйством, обусловлены отсутствием правовой основы, регулирующей подобные ситуации, а не необратимостью природных процессов.

Еще один путь к опустыниванию в широком смысле - засоление. В районах, где в воде, используемой для орошения, содержится много растворенных солей, при неадекватном поливе и отсутствии дренажа в почве часто откладываются соли, что прямо вредит растениям. Как считает Дж. Родс из Лаборатории солености в Риверсайде (шт. Калифорния), вода для орошения может содержать до 3,5 т солей на 1000 м³. На 1 га посевов обычно требуется от 6000 до 9500 м³ воды в год; значит, на каждый гектар может поступить до 33 т солей. Какое-то количество солей захватывается растениями, а большая часть просто остается в почве по мере испарения воды.

Что делать при засолении почвы, известно: соли надо отмыть из корневой зоны избытком воды. Но нередко само промывание лишь углубляет проблему. Если вода из дренажа снова попадает в питающее русло, то содержание солей в поливной воде во всех хозяйствах ниже по течению возрастает. Ключевая проблема снижения засоленности - отсутствие правовых механизмов, которые бы заставляли владельцев индивидуальных хозяйств учитывать последствия своей деятельности для соседних земель.

Отторжение сельских угодий, связанное с ростом городов, - неизбежное явление, сопутствующее экономическому развитию; иногда в этом процессе усматривается угроза сельскохозяйственным земельным ресурсам. В 70-х годах министерство сельского хозяйства и Совет по качеству окружающей среды США на основании результатов своих исследований пришли к выводу, что через 20 лет отторжение сельскохозяйственных земель может стать в стране не меньшей проблемой, чем разразившийся в те годы энергетический кризис. Последующий анализ во многом смягчил беспокойство по этому поводу, и в дальнейшем вопрос особенно не дискутировался.

В странах, где пригодной для возделывания земли не так много, как в США, - скажем, в Азии - урбанизация действительно может представлять опасность. Однако ряд данных позволяет считать, что даже в Азии это пока не такая уж острая проблема. В северной Индии (где проживает почти половина населения страны) и в Бангладеш с 1950 по 1980 г. увеличилась площадь как сельскохозяйственных угодий, так и городов; расширение и тех, и других территорий возможно потому, что и для городских и для сельских нужд могут быть использованы иные территории (например, земли, покрытые лесом). В 1980 г. в Индии площадь городов составляла примерно 1/10 от площади возделываемых земель, в Бангладеш - около 1/8. Таким образом, даже в таких плотнонаселенных странах быстрый рост территорий, занятых городами, лишь ненамного сократит количество возделываемых угодий.

ПОМИМО земли, для сельского хозяйства первостепенное значение имеют также водные ресурсы и генетическое разнообразие живой природы. Особенно важна вода; данные, собранные Международным банком реконструкции и развития, показывают, что расширение орошения обеспечило 50-60070 прироста об-

шего объема сельскохозяйственной продукции развитых стран с 1960 по 1980 г. Хотя еще есть перспективы для дальнейшего расширения ирригации, оно будет обходиться дороже, чем прежде, потому что в первую очередь были задействованы дешевые источники воды.

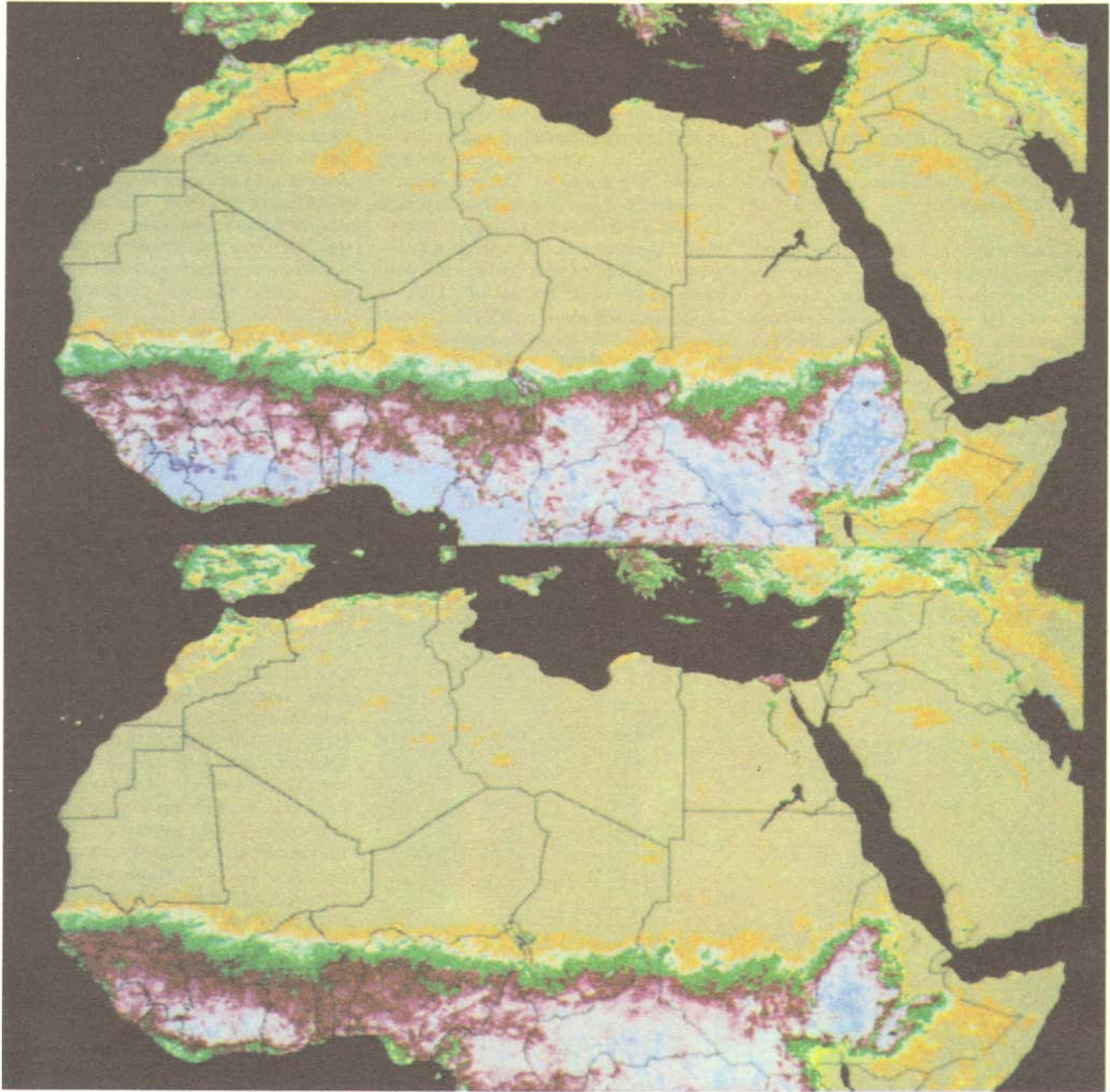
Кроме того, в условиях экономического развития и роста численности населения постоянно обостряется

конкуренция за источники водоснабжения, в которой позиции сельского хозяйства более слабые, поскольку прибыль на капитальные затраты в развитие системы водоснабжения для нужд города и промышленного производства значительно выше, чем для нужд сельского хозяйства.

В ряде развивающихся стран запасы воды для полива находятся вдобавок под угрозой из-за отложений ила

в водохранилищах: они проектируются с расчетом на определенное количество ила, но в некоторых районах' засоряются гораздо быстрее, чем предусмотрено, вследствие сведения лесов, чрезмерного выпаса и провоцирующего эрозию землепользования. Хотя сведения об этом отрывочны, они явно указывают на то, что ситуация таит в себе нешуточную угрозу.

Угрозу генетическому разнообразию



«ЗЕЛЕНАЯ ВОЛНА» в зоне Сахель к югу от Сахары появляется каждый год, когда растительность оживает после сезона дождей, продвигающихся на север. Карты составлены путем компьютерной обработки данных, полученных с помощью космического спутника. Состояние растительности показано градацией цветов от оранжевого (растительность незначительна или ОТСУТСТВУЕТ) до

бордового (обильная растительность). В 1980 г. (вверху), когда выпало обычное для этих мест количество осадков, «зеленая волна» продвинулась дальше, чем в 1984 г. (внизу), когда дождей было крайне мало. Затянувшаяся засуха и чрезмерный выпас превратили Сахель в сильно опустыненную область, но даже здесь, как показывают карты, процесс опустынивания обратим.

следовательских институтов как развитых, так и развивающихся стран.

Какие же технологии нужны? Можно перечислить массу нововведений, но особенно важны работы по трем направлениям: снижение поступления пестицидов и удобрений в окружающую среду; сокращение потребности в орошении; дальнейшее повышение урожайности культур.

Одним из основных компонентов удобрений является азот. Если бы удалось путем биотехнологии придать растениям способность фиксировать почвенный азот (в природе этой способностью обладают только бобовые), потребность в удобрениях значительно сократилась бы. В первую очередь необходимо получить такие зерновые культуры. Работа, разумеется, потребует биотехнологической базы, позволяющей непосредственно манипулировать генетическим материалом организма. Биотехнология уже доказала свою перспективность в ряде направлений, связанных с продукцией животноводства, так что создание азотфиксирующих зерновых отнюдь не за горами. Ф. Осьюбел из Медицинской школы Гарвардского университета недавно заметил, например, что «это всего лишь инженерная работа, только очень сложная», и в ближайшие 50 лет она будет завершена.

Чтобы уменьшить полив, сейчас применяются различные методы, как старые, так и новые. На Ближнем Востоке в дохристианские времена участкам земли придавали такой профиль, что дождей вода могла собираться с обширных территорий на возвышенностях в специальные резервуары или растекаться по небольшим площадям в количестве, достаточном для полного увлажнения корневой зоны. Эффективность безнапорных оросительных систем, состоящих из бассейнов и канав или арыков (по-видимому, это наиболее широко используемый тип оросительной системы), можно повысить с помощью лазерных уровнемеров. Лазеры удобны для управления машинами, выравнивающими поля под посевы, что позволяет быстро и равномерно орошать их.

Система тонкоструйной, или капельной, ирригации предполагает более высокий общий уровень технологии, чем безнапорные системы. Тонкоструйное орошение получило широкое распространение в Израиле, США и других странах в 70-е годы и теперь внедряется по всему миру. В такой системе вода подается прямо к каждому растению по трубкам, чаще всего пластиковым, которые либо зарывают в грунт, либо



ВЫСОКОРОСЛЫЙ МНОГОЛЕТНИЙ ЗЛАК ПЫРЕЙ защищает озимую пшеницу на опытном поле близ Сидни (шт. Монтана) Службы сельскохозяйственных исследований при министерстве сельского хозяйства США. Зимой преграды из пырея задерживают снег, формируя равномерный снежный покров, который предохраняет покоящиеся растения пшеницы от переохладения (*вверху*). Весной снег тает, давая влагу, необходимую для того, чтобы пшеница начала расти. Теперь пырей служит защитой от ветра (*внизу*).

прокладывают по поверхности; вода вытекает в нужных местах через наконечники или форсунки.

Тонкоструйные системы, наряду с некоторыми другими, не только позволяют с большей пользой тратить воду при орошении, но открывают также новые пути борьбы с засолением почвы. Один из них состоит в том, что соли (и другие загрязняющие почву вещества, в частности пестициды) задерживают в почве, не позволяя им проникать в источники воды. Это достигается тем, что сточные воды данного хозяйства направляются в его же оросительную систему и используются для полива, причем сроки и способы подачи их на поля подбирают с таким расчетом, чтобы влияние содержащихся в воде солей было минимальным.

В этом отношении тонкоструйное орошение особенно удобно. Основной вред культурам наносит та часть солей, которая остается после подачи воды (полива) и ее последующего постепенного испарения. Когда концентрация солей вокруг корней возрастает, снижается осмотическое дав-

ление и растению становится трудно извлекать воду из почвы. А при тонкоструйной системе полива создается непрерывный приток воды к корням растений и соли не скапливаются в количестве, затрудняющем поступление воды в растения.

Немаловажную группу сельскохозяйственных нововведений составляют не какие-то специфические технические передовые решения, а применение подчас давно известных принципов сочетания культур. Смешанное земледелие включает севообороты, посев в междурядьях (причем иногда на одном поле выращивают древесные и однолетние культуры), высев бобовых среди зерновых, а также смешанное культивирование - выращивание одновременно на одном поле двух и более культур. Смешанное земледелие практикуется издревле. Например, в Центральной Америке с доколумбовых времен совместно выращивают кукурузу, бобы и тыква. Кукуруза служит опорой бобам, бобы обогащают почву азотом, а тыква дает покров, предотвращающий эрозию, уплотнение почвы и рост сорняков.

Организация	Год основания	Место пребывания	Сфера деятельности
Международный центр тропического земледелия	1966	Кали (Колумбия)	Повышение продуктивности бобов, маниока, риса и крупного рогатого скота в тропических районах Западного полушария
Международный центр Ла Папа	1971	Лима (Перу)	Улучшение сортов картофеля, выращиваемых в Андах, создание новых сортов для менее высокогорных тропических районов
Международный центр селекции кукурузы и пшеницы	1943	Мехико (Мексика)	Улучшение сортов пшеницы, кукурузы, ячменя, гибридов ржи и пшеницы
Международный совет по генетическим ресурсам растений	1966	Рим (Италия)	Координация работы международной сети центров генетических ресурсов (генофондов)
Международный центр по сельскохозяйственным исследованиям аридной зоны	1974	Алеппо (Сирия)	Изучение проблем неорошаемого земледелия в аридных и семиаридных районах Северной Африки и западной Азии
Международный исследовательский институт по изучению культур семиаридных тропических зон	1972	Андрапрадеш (Индия)	Улучшение качества и стабильности производства продовольственной продукции в семиаридных районах тропиков
Международный институт по проблемам продовольственной политики	1974	Вашингтон (округ Колумбия, США)	Изучение вопросов, связанных с участием государственных и международных учреждений в решении национальных, региональных и глобальных продовольственных проблем
Международный институт тропического сельского хозяйства	1967	Ибадан (Нигерия)	Улучшение сортов коровьего гороха, ямса, таро, батата, маниока, риса, кукурузы, бобов и др.
Международная научно-исследовательская ветеринарная лаборатория	1974	Найроби (Кения)	Разработка методов борьбы с трипаносомозом, переносимым мухой цеце-и клещевым тейлериозом
Международный центр животноводства африканских стран	1974	Аддис-Абеба (Эфиопия)	Научные исследования и разработки в области животноводства (повышение продуктивности, совершенствование пород, торговля, профессиональная подготовка специалистов, сбор документации)
Международный научно-исследовательский институт риса	1960	Лос-Баньос (Филиппины)	Селекция и разведение улучшенных сортов риса, содержание элитных коллекций
Международная служба национальных сельскохозяйственных исследований	1980	Гаага (Нидерланды)	Укрепление национальных систем сельскохозяйственных исследований
Ассоциация по развитию Западной Африки	1971	Монровия (Либерия)	Обеспечение самоснабжения рисом в странах Западной Африки, улучшение сортов, отвечающих местным климатическим и социально-экономическим условиям

КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА по международным исследованиям в области сельского хозяйства (CGIAR) объединяет 13 учреждений. Новые сорта риса и пшеницы, соз-

данные силами этой системы, стали главным фактором «зеленой революции», существенно повысившей продуктивность земледелия в развивающихся странах в 60-е годы.



НОВЫЕ СОРТА РИСА растут на склонах холмов близ Международного научно-исследовательского института риса в Лос-Баньосе (Филиппины). Высокоурожайные устойчи-

вые к вредителям культивары риса, выведенные в этом институте, значительно повысили объем производства риса в странах Азии.

В системах смешанного земледелия могут использоваться и деревья. В Европе, Северной Африке, СССР и в районе Великих равнин Канады и США делаются лесополосы для защиты посевов от механического повреждения и высушивания ветром. В других местах тенистые деревья сажают в сочетании с тенелюбивыми растениями, например с кофейным деревом, однолетними - такими как кукуруза или бобы, а также пастбищными культурами. Деревья дают корм для скота, топливо, защищают почву от эрозии. В Западной Африке опавшие листья белой акации обогащают почву, благоприятствуя развитию зерновых и овощей, растущих между деревьями.

Помимо того что смешанное земледелие имеет экологические преимущества, оно может повышать урожай. На Среднем Западе США фермеры в порядке эксперимента выращивают кукурузу вместе с низкорослыми культурами. В одном из опытов на орошаемом поле в западной части шт. Небраска через каждые 15 рядков сахарной свеклы высеивали двурядные полосы кукурузы. В результате, благодаря защите от ветра, которую создала кукуруза, из свеклы было получено на 11070 больше сахара. В то же время лучшая освещенность и более активное снабжение углекислым газом листьев кукурузы повысили ее урожай на 150%.

У смешанного земледелия есть еще одно важное достоинство. На полях с правильным севооборотом вредные организмы (сорняки, насекомые-вредители, возбудители болезней растений) не могут приспособиться к уникальному сочетанию меняющихся условий среды и потому размножаются не столь быстро. Когда на одном поле растут две культуры, бывает, что вредителей одной из них уничтожают хищники, обитающие на другой. Такие благоприятные взаимодействия можно использовать для создания основы так называемой интегрированной защиты растений.

Интегрированная защита состоит в применении разнообразных приемов, в том числе химической борьбы с вредителями, механической обработки почвы, различных биологических методов, которыми достигается контроль численности вредителей и одновременно сводится к минимуму ущерб окружающей среде от химикатов и движения по полям сельскохозяйственных машин. Например, интегрированная защита хлопковых полей Техаса включает следующие приемы: предпочтение от дается рано созревающим разновидностям хлопчатника, чтобы

стадии развития растений не соответствовали циклу основных вредителей; создаются условия для максимального размножения хищников, поедающих таких вредителей, как хлопковый долгоносик и хлопковая совка; после уборки урожая все остатки растений сжигаются, благодаря чему уничтожается множество личинок. Этот подход хорошо рекомендовал себя на плантациях хлопчатника в Техасе, однако применительно к той же культуре в дельте Миссисипи он не дает таких успешных результатов; следовательно, в конкретной схеме интегрированной защиты растений нужно тщательно учитывать местные условия.

НА ЭТИХ примерах видно, что сейчас много новых, да и старых приемов земледелия прокладывает себе дорогу к широкому использованию. Обеднение почвенных, водных и прочих ресурсов окружающей среды неуклонно усугубляется, и, чтобы компенсировать его, требуется непрерывный приток соответствующих технологических усовершенствований. Если сельскохозяйственные научно-исследовательские учреждения будут получать все необходимое для своей работы (а пока сведения более или менее обнадеживающие), то желаемые усовершенствования, по всей вероятности, не заставят себя ждать.

Гораздо сложнее, по нашему мнению, другая задача - разработать такую политику или правовой механизм, которые побудили бы владельцев индивидуальных хозяйств внедрять новые технологии и приемы организации производства. Но в чем же тут сложности? Ведь в конце концов сохранение скудеющих ресурсов обернется благом для каждого. Почему тогда люди не стремятся взять на вооружение такие методы хозяйствования, которые приведут к этой желанной цели? Дело в том, что ограниченность ресурсов в масштабах общества далеко не всегда доходит до понимания каждого отдельно взятого земледельца. Причина этого - отсутствие адекватных механизмов передачи сигналов о дефицитности ресурсов.

Свободный рынок, к примеру, представляет собой механизм для передачи информации о дефиците: цены на те или иные предметы потребления растут, когда этих предметов начинает не хватать. В условиях рыночной системы к ресурсу, цена которого высока из-за его дефицитности, фермер, если он хороший хозяин, всегда будет относиться бережно и экономно. Однако рыночный механизм не эффективен, если не

установлены четкие права собственности на подлежащие обмену ресурсы. Это проще сделать в отношении земли, нежели воды или генетических ресурсов, отчасти потому, что земельные участки могут быть легко разграничены и остаются всегда на своем месте. Так, во многих районах мира действуют земельные рынки. В этих районах землевладелец при продаже земли либо вознаграждается за хорошее обращение с угодьями более высокой ценой, либо бывает наказан за небрежное землепользование, получая низкую цену. Таким образом рынки сигнализируют о земельном дефиците и стимулируют земледельцев применять технологии, щадящие почвы.

Труднее организовать рынки вод и генетического разнообразия живой природы. Вода - ресурс как бы ускользающий, который перемещается на большие расстояния. По мере своего продвижения вода может быть использована многократно различными индивидуальными хозяйствами или предприятиями, причем ни один из пользователей не обладает исключительными правами на нее. Поскольку сущностью права собственности является право на исключительное пользование, водные рынки развиты слабо. Большая часть воды для орошения во всем мире - как в развитых, так и в развивающихся странах - распределяется через системы, находящиеся в подчинении государственных органов. Поскольку эти системы существуют в основном за счет субсидий, цена, которую фермеры платят за воду (если они вообще за нее платят), обычно бывает гораздо ниже стоимости воды, определяемой ее дефицитом для общества.

Это вопиющее упущение. Одним из его следствий является то, что индивидуальным хозяйствам, по сути дела, нет смысла применять берегающие воду технологии: затраты на их внедрение часто превышают экономленные средства, а сэкономить больше мешает искусственно заниженная цена на воду. В некоторых районах эта ситуация меняется. На Западе США организованы водные рынки, на которых все заинтересованные стороны - будь то фермеры или муниципалитеты - торгуются за право владения водами. Там, где действуют подобные рынки, цена на воду, как правило, поднимается; это свидетельствует, что данная система более точно отражает уровень дефицита водных ресурсов.

Проблема, однако, имеет и другую сторону. Субсидии на водоснабжение - это давно сложившаяся, социально и политически обусловлен-

ная традиция. Их отмена, несомненно, встретит сильное сопротивление. Не будет большого проку, если политика, нацеленная на спасение водных богатств, вызовет волнения в обществе. Властям следует выработать такую политику, чтобы она отвечала состоянию ресурсов, не вызывая при этом недопустимо острых конфликтов.

Если даже в отношении водных ресурсов идея рынка проблематична, то тем более трудно представить себе рынок генетического разнообразия живой природы. Кому принадлежит разнообразие? Как его можно купить или продать? Но и тут есть возможности в некоторой степени воспроизвести сигнальные функции рынка. Во всем мире миллионы людей осознают огромную ценность дождевого тропического леса, являющегося средоточием наибольшего генетического разнообразия. Такие люди могут организовать общества, которые бы платили землевладельцам за охрану тропических лесов. Путь к воплощению этой идеи полон препятствий, однако кое-какие шаги уже предпринимаются, например, предлагается аннулировать долги развивающихся стран в обмен на обязательство охранять дождевой лес.

Из сказанного о ресурсах воды и генетического разнообразия следует, что механизмы рыночного типа можно привести в действие даже в тех областях, где такой подход кажется на первый взгляд совершенно неприменимым. Но и у рынков возможности ограничены. Трудность установления прав собственности на ресурсы окружающей среды стимулировала развитие регуляторного подхода, при котором правительственные органы устанавливают пределы для конкретной экологически опасной деятельности. Наглядный пример из области сельского хозяйства -- государственная регуляция производства и использования пестицидов, вынуждающая производителей и земледельцев больше учитывать общественный дефицит не содержащей пестицидов среды.

В тех случаях, когда нет возможности создать механизмы рыночного типа, основанные на экономических рычагах, необходимым орудием социальной политики становится законодательное регулирование. Однако оно может быть бременем для общества, поскольку требует, чтобы люди действовали вопреки своим экономическим интересам (в самом деле, чтобы люди действовали согласно собственным экономическим интересам, никакие регуляторные акты не нужны). Следовательно, коль

скоро соответствующее законодательство будет принято, это неизбежно вызовет политический конфликт и потому нужен специальный чиновничий аппарат. Если затронуты глубокие интересы вступивших в противоборство сторон, как это было в ситуации с использованием пестицидов (стремление общества к защите окружающей среды и личная выгода каждого землепользователя), то проведение в жизнь регуляторных установлений может дорого обойтись обществу.

МЫ УБЕЖДЕНЫ, что в конечном счете наиболее удачными являются решения, в которых личные и

общественные интересы сливаются, а не удовлетворяются одни за счет других. Проблема эта главным образом правовая, а не техническая. Чего недостает, так это форм коммуникации, которые связали бы заинтересованность общества в создании сбалансированного сельского хозяйства с благодеянием земледельца. Особенно важно выработать правовые механизмы, адекватно отражающие органиченность ресурсов и чутко реагирующие на возникновение в обществе дефицита земли, воды и генетического разнообразия живой природы. Найти такие механизмы -- главная задача мировой сельскохозяйственной политики.

Наука и общество

Большая политика в зеркале экологии

ЗАДОЛГО до своего начала встреча в Париже «большой семерки» -- лидеров семи крупнейших капиталистических стран -- получила в прессе название «зеленая встреча». И это название оправдалось. Впервые за всю историю таких встреч в итоговом коммюнике в числе трех основных мировых экономических задач были названы «неотложные меры по охране окружающей среды». Две другие задачи -- обеспечение устойчивого роста производства и интегрирование развивающихся стран в мировую экономическую систему. По вопросам охраны окружающей среды принято целых 19 резолюций -- от выражения озабоченности в связи с грядущим изменением климата до осуждения беспорядочного сбрасывания отходов в океан. Похоже, что в этом году в моде для государственных деятелей будет зеленый цвет.

«Началось здоровое международное соревнование за первенство в охране мировой окружающей среды», -- отмечает с видимым удовлетворением Дж. Густав Спет из Института мировых ресурсов в Вашингтоне. Тон задает ФРГ. Единственной же страной, которая стесняется занять место в общей упряжке, является Япония, где отсутствует сильное движение за сохранение окружающей среды.

Отметив важность дальнейших исследований в этой области, конференция все же призвала к «решительным действиям». Имеющиеся спорные вопросы -- не смогут служить оправданием для бездействия. В коммюнике,

однако, признается необходимость уточнить стоимость этих действий, ожидаемые выгоды и необходимые ресурсы, на чем настаивает Коалиция по глобальному климату -- организация американских промышленников. На конференции было принято одно специальное обязательство: к концу века прекратить производство хлорфторуглеродов. Это решение идет дальше требований Монреальского протокола. В коммюнике также содержится призыв установить контроль над выбросами некоторых веществ, также разрушающих озон, но не охваченных этим протоколом.

Лидеры «большой семерки» твердо стоят на том, чтобы вести дело к ограничению выбросов диоксида углерода и других газов, которые, как опасаются климатологи, могут способствовать потеплению климата на планете. Контроль над этими процессами должен осуществляться «в рамках определенной конвенции», которую, как говорится в коммюнике, «необходимо срочно принять». Такая конвенция, мыслимая как общий свод принципов и целей, станет первой ступенью на пути к специальным протоколам, которые будут подписаны позже, «исходя из требований и возможностей, диктуемых наукой».

Специалисты по проблемам окружающей среды надеялись услышать из Парижа более определенные заявления, которые сразу бы привели за стол переговоров. Однако в связи с неоднозначностью взглядов на изменения климата, а также ввиду заведомо высокой стоимости мероприятий по предотвращению этих изменений политические Формулировки оказались несколько расплывчатыми. В США Административно-бюджетное управ-

ление подверглось в этом году критике за переработку текста выступления в конгрессе ученого из НАСА Джеймса Е. Хансена, считающего, что парниковое потепление уже происходит. Переработка была сделана в целях придать выводам этого ученого, в обоснованности которых сомневаются многие специалисты, менее категоричную форму.

Упомянутая конвенция желательна потому, что «односторонние действия одной или нескольких стран могут создать ложное впечатление, будто проблема решается», как заявил недавно Уильям К. Рейли, управляющий Агентства по охране окружающей среды. Межправительственный совет по климатическим изменениям уже планирует разработку соглашения, аналогичного решению Венской конвенции по веществам, разрушающим слой озона (идеи этой конвенции в окончательном виде воплотились в Монреальском протоколе). Совет собирается подготовить предварительный отчет к осени следующего года; за этим должно последовать принятие конвенции. Один из первых выводов, сделанных Советом, состоит в необходимости приложить особые усилия для обязательного привлечения к участию в проводимых мероприятиях развивающиеся страны, в которых в скором времени могут значительно возрасти выбросы диоксида углерода.

Все сказанное не препятствует отдельным странам «большой семерки» по своему усмотрению ограничивать выбросы диоксида углерода. Те специалисты по охране среды, которые выступают за принятие срочных мер, подчеркивают, что 41%-выбросов диоксида углерода, связанных со сжиганием ископаемого топлива, приходится на «большую семерку»; не видя примера главных виновников, говорят эти специалисты, остальные страны вряд ли примутся за дело. Следует учитывать также, что некоторые меры по уменьшению выбросов, например повышение эффективности использования энергии, экономически выгодны.

Пафос парижского коммюнике достаточно силен для того, чтобы правительства почувствовали свою ответственность в вопросах выбора тех или иных способов действия. Но парижская декларация - это только начало пути, а не его конец.

Интерес охладевает ...

НОМЕРЕ ТОГО как гаснут надежды, связанные с холодным термоядерным синтезом, некоторые фи-

зики старшего поколения все чаще вспоминают лекцию прочитанную в 1953 г. лауреатом Нобелевской премии по химии, американским физиком Ирвингом Ленгмюром, который руководил исследовательскими лабораториями компании General Electric в Скенектади (шт. Нью-Йорк).

Ленгмюр, говоря об «исследовании открытий, которые таковыми не являются», перечислил несколько характерных черт такого рода научной работы:

1. Максимальный эффект создается неким «возбудителем», имеющим слабо детектируемую интенсивность.

2. Этот эффект имеет величину, близкую к границе возможностей измерительной аппаратуры.

3. Исследователи обычно утверждают, что точность измерений чрезвычайно высока.

4. Создаются невероятные теории, которые противоречат данным эксперимента.

5. На критику отвечают мгновенными заранее сформулированными аргументами.

6. Отношение числа сторонников к числу критиков достигает 50%, а затем медленно падает, пока событие не предается забвению.

Кажется, дух самого Ленгмюра витает над предварительным докладом о холодном термоядерном синтезе, представленном в июле комиссией в составе 22 человек, которая была учреждена Консультативным советом по исследованиям в области энергетики.

Тот необычный тепловой эффект, который, по сообщениям ряда исследователей, возникает, когда тяжелая вода подвергается электролизу с использованием палладиевого катода, является, согласно выводам комиссии, очень небольшим, а измерения - трудновыполнимыми. Ни один из результатов, рассмотренных комиссией, «не был в достаточной мере свободным от неоднозначности в интерпретации и проблем, связанных с калибровкой, чтобы убедительно свидетельствовать о зарегистрированном выделении добавочного количества тепла». Комиссия пришла к выводу, что эксперименты, о которых сообщалось до настоящего времени, не дают возможности считать, что на основе явлений, приписываемых холодному термоядерному синтезу, можно построить полезные источники энергии».

Хотя члены комиссии посетили несколько лабораторий, где, согласно сообщениям, были зарегистрированы аномальные тепловые эффекты, они так и не смогли наблюдать такой эксперимент, в котором действительно

выделялось бы избыточное тепло. Вместо этого, как говорит один из сопредседателей комиссии Дж. Хайценга из Рочестерского университета, им приносили разного рода извинения за невозможность продемонстрировать результат.

В докладе комиссии отмечаются и некоторые неясности. В частности, «пока не поняты всплески» тепла, о которых сообщили некоторые лаборатории. В ряде экспериментов, как сообщалось, зарегистрированы необычно высокое содержание трития - возможного побочного продукта ядерной реакции. Комиссия рекомендовала министерству энергетики выделить средства на проведение «на скромном уровне» совместных экспериментов, направленных на разрешение противоречий в этих результатах. Вместе с тем было отмечено, что «в настоящее время ... нет необходимости в каких-либо специальных программах».

Это неприятная новость для Университета шт. Юта, откуда впервые поступило сообщение о получении энергии при холодном ядерном синтезе (первыми заявили об открытии Б. Понс из этого университета и его коллега М. Флейшман из Университета г. Саутгемптона в Великобритании). После этого Университет шт. Юта направил в конгресс США просьбу о финансировании исследовательского центра в области холодного термоядерного синтеза.

Может ли холодный ядерный синтез, как утверждают некоторые исследователи, протекать на очень низком энергетическом уровне - слишком низком для того, чтобы выделяющееся тепло было зарегистрировано? По мнению комиссии, экспериментальное свидетельство - выделение нейтронов при низких скоростях реакции - «не является убедительным». Но и в отношении данного случая комиссия признала необходимым провести совместные эксперименты.

«То обстоятельство, что мы имеем большой объем противоречивых данных, затрудняет окончательный вывод», - заметил Хайценга. Однако не исключено, что итоговый доклад комиссии, который должен появиться осенью, станет «эпитафией на могиле холодного термоядра».

Что касается Ленгмюра, то ему должно быть весьма неуютно на том свете: компания General Electric, где он работал, стала одной из основных компаний, подписавших соглашение о сотрудничестве с Университетом шт. Юта. Как заявил представитель компании, до сих пор нет признаков того, что холодный термоядерный синтез обеспечит нас энергией.

Стратегии использования энергии

Повышение эффективности использования энергии может содействовать снижению остроты экологических проблем, неминуемо возникающих в процессе экономического развития. Это также означало бы замедление изменения климата на планете, увеличение времени использования имеющихся энергоресурсов и тем самым продление срока разработки альтернативных источников энергии

ДЖАН Х. ГИББОНЕ, ПИТЕР Д. БЛЕЙР, ХОЛЛИ Л. ГУИН

ЭНЕРГИЯ преумножает возможности человека. С ее помощью он готовит себе пищу, передвигается на средствах транспорта, обогревает и охлаждает жилище и ставляет работать промышленное оборудование. Энергия поддерживает нашу жизнь, сберегает здоровье, облегчает труд и экономит время. Высокий уровень жизни в США, Японии, ФРГ и других промышленно развитых странах в значительной мере обусловлен доступностью энергии: одна пятая часть населения земного шара, проживающая в этих странах, потребляет более 70% всей производимой в мире энергии. Вместе с тем удельное энергопотребление (количество энергии, расходуемой на производство единицы валового национального продукта) в промышленно развитых странах в период с 1973 по 1985 г. снизилось на 20%. Так, в США валовой национальный продукт за указанный период вырос на 40%, а энергопотребление осталось на прежнем уровне.

В настоящее время наиболее быстрый рост энергопотребления происходит в развивающихся странах. Став на путь индустриализации и повышения жизненного уровня населения, а также регулирования его численности, такие страны, как Китай, Мексика и Индия, вынуждены увеличивать потребление энергии. В период с 1980 по 1985 г. численность населения в развивающихся странах увеличилась на 11%, а энергопотребление - на 22%; в странах с развитой экономикой увеличение этих показателей составило соответственно 3 и 5%. И все же энергопотребление в развивающихся странах пока в 4-7 раз ниже по сравнению с промышленно развитыми странами.

Спрос на энергию во всем мире непрерывно увеличивается, несмотря на все более глубокое понимание того, что неконтролируемое ее потребление несет в себе глобальную угрозу окружающей среде. В странах Европы и Северной Америки сжигание угля и нефти вызывает кислотные дожди, которые уничтожают озера, леса и урожаи сельскохозяйственных культур, а также разрушают промышленные и гражданские сооружения. Ядерная энергетика производит долгоживущие радиоактивные отходы. Автомобили заражают воздух смогом, угрожающим здоровью людей и сохранности их имущества. Вследствие потребления энергии в атмосферу ежегодно выбрасывается более 5 млрд. тонн углерода. Накопление в атмосфере диоксида углерода (углекислого газа, CO₂) и некоторых других газообразных продуктов сгорания чревато возникновением парникового эффекта, в результате чего к середине будущего столетия температура на поверхности Земли может увеличиться на несколько градусов. Это значит, что климат на планете будет изменяться со скоростью, в 10-100 раз превышающей скорость климатических изменений, имевших место в конце последнего ледникового периода.

Мы как будто бы переживаем судьбу Прометея, который, согласно древней легенде, похитив у богов огонь, был прикован к скале и обречен на вечные муки, захлестываемый волнами и обжигаемый солнцем. Мы обуздали энергию ископаемых топлив и платим за это потерей личного здоровья и утратой чистоты среды обитания.

Но положение можно исправить. Техническая мысль способна резко со-

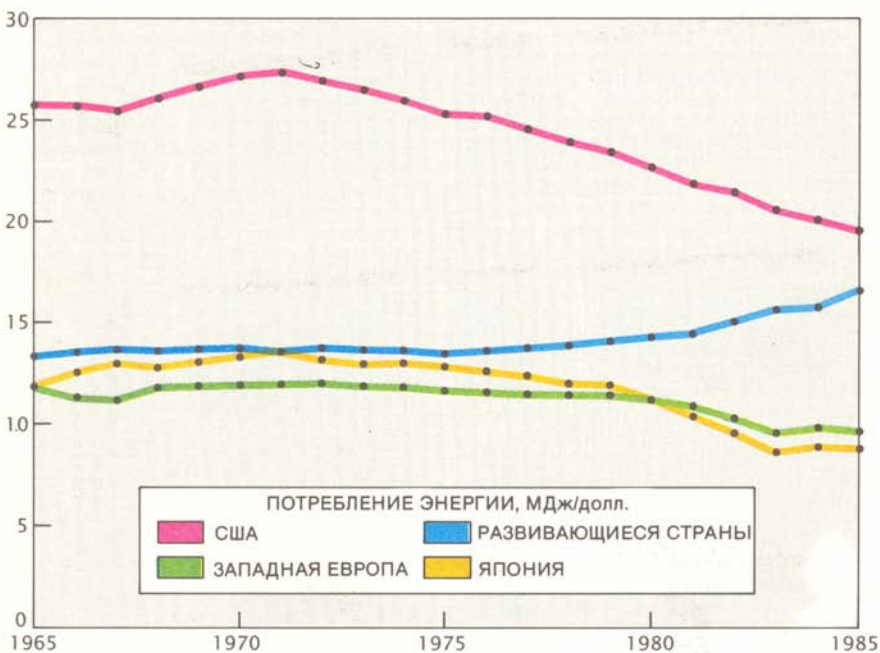
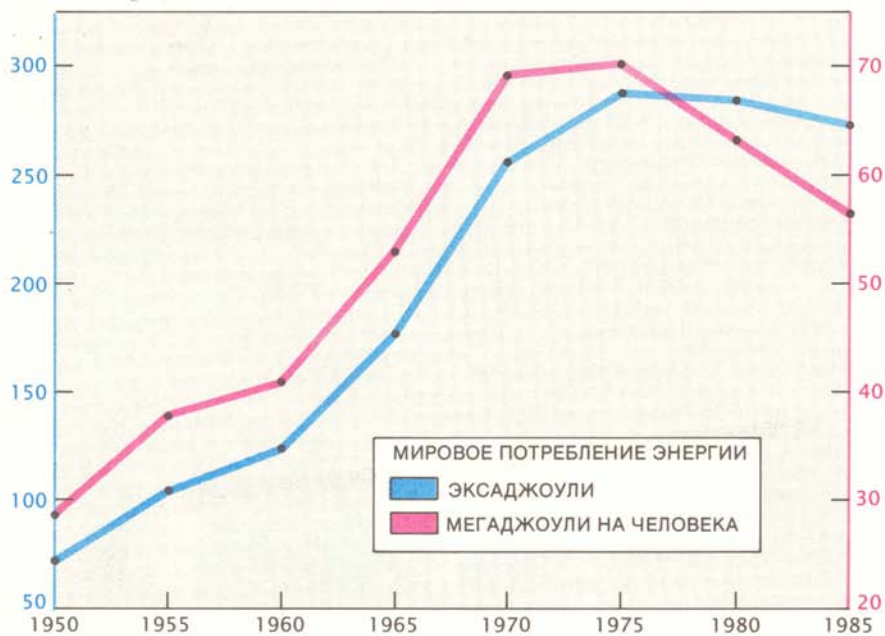
кратить количество энергии, необходимое для производства нужного количества товаров и услуг, и одновременно снизить остроту проблем, порождаемых использованием энергии. Капиталовложения в энергосберегающие технологии могут способствовать снижению потребления природного топлива без ущерба для экономического развития. Применение уже имеющихся эффективных с точки зрения энергозатрат технологий может снизить капиталовложения, высвободить время для разработки новых методов энергообеспечения и в конечном счете при том же уровне энергопотребления создать производство товаров и услуг более высокого качества. Далее в статье мы рассмотрим возможности использования нетрадиционных источников энергии и способы, обеспечивающие более экономное ее потребление. Мы считаем, что именно снижение энергоемкости производства поможет нам избежать судьбы Прометея.

ЗА ОДИН год человечество сжигает огромное количество ископаемого топлива, на производство которого природа затратила миллион лет. Общее потребление энергии в мире возросло с 21 ЭДж в 1900 г. до 318 ЭДж в 1988 г. (Один эксаджоуль равен 10¹⁸ джоулей или количеству тепла, получаемого при сжигании 27 млн. м³ сырой нефти.) Уголь, нефть и природный газ обеспечивают 88% мировой потребности в энергии, а остальное приходится, главным образом, на ядерную энергию. Многие развивающиеся страны продолжают использовать в больших количествах непромышленные виды топлива, такие как древесина, навоз и отходы сельскохозяйственных культур, но по мере раз-



ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЕ ЗДАНИЯ, как этот банк в Сент-Клауде, шт. Миннесота, и энергосберегающие технологии, рассчитанные на применение в транспорте и промышленности, позволяют использовать энергию для обогрева и освещения жилищ, передвижения и производства товаров

при меньших негативных воздействиях на окружающую среду. Окна здания имеют хорошую теплоизоляцию, что позволило банку сэкономить 59 000 долл. на отопительном оборудовании. Оконное покрытие с низкой излучательной способностью задерживает поток тепла через окна.



МИРОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ (вверху) с 1950 по 1985 г. (синяя линия). Красная кривая отражает мировое потребление энергии на душу населения. На нижнем графике приведено изменение интенсивности энергопотребления (объем потребленной энергии, деленный на величину валового национального продукта) в различных регионах в ценах (долларах) 1985 г. В развивающихся странах рост интенсивности может быть связан с ростом численности населения и увеличением темпов экономического развития. Хотя в США интенсивность снижалась за счет обеспечения экономического роста без повышения энергопотребления, они все же отстают по этому показателю от Европы и Японии.

вития своей экономики они все в большей степени будут прибегать к использованию ископаемых видов топлив.

В настоящее время на энергетическом рынке доминирует нефть; на ее долю приходится 38070 промышленного потребления топлив. При этом Организация стран-экспортеров нефти (ОПЕК) контролирует три четверти разведанных запасов сырой нефти,

включая недавно открытые бассейны. В последнее время были пересмотрены и снижены оценки нефтяных запасов в странах, не входящих в ОПЕК, включая Советский Союз, который потребляет 15% мирового производства нефти и продолжает наращивать темпы нефтедобычи.

Зависимость от ближневосточной нефти создает напряженность в эко-

номике как развивающихся, так и промышленно развитых стран. Расходы на импорт нефти мешают развивающимся странам обеспечить доход твердой валюты и выплачивать долги. В 1987 г. импорт нефти в США составил 40 млрд. долл., или одну треть торгового дефицита страны. За тот же год Пентагон истратил 15 млрд. долл. на конвоирование нефтетанкеров в Персидском заливе. По мере того как Советский Союз, США и другие страны - не члены ОПЕК будут исчерпывать собственные нефтяные запасы, центр энергетической политики вновь сместится на Ближний Восток.

На долю природного газа приходится пятая часть всего производства промышленных видов топлива. Это чистое и высококалорийное топливо, удобное для применения в промышленности, на транспорте и в энергетике. При сгорании природный газ выделяет в атмосферу меньше загрязняющих веществ, включая диоксид углерода, чем любое другое ископаемое топливо: при сгорании газа в объеме, эквивалентном получению одного миллиарда джоулей выделяется 14 кг CO₂ тогда как нефть и уголь выделяют соответственно 20 и 24 кг. Многие эксперты полагают, что запасов природного газа хватит на четыре или более десятилетия, и многие энергетические компании считают, что в ближайшее время газ по-прежнему будет оставаться лучшим заменителем нефти и использоваться как основное горючее на тепловых электростанциях. Однако разведанные источники природного газа также контролируются лишь несколькими странами. Ближний Восток и Советский Союз владеют примерно 70% всех запасов. По мере истощения имеющихся источников природного газа и роста цен на него экономически целесообразной станет разработка богатых и повсюду рассредоточенных нетрадиционных залежей, таких как содержащие газ угольные пласты (даже если добыча его будет обходиться в два-три раза дороже).

Мировые запасы каменного угля составляют около 950 млрд. тонн, из них примерно половина - высококачественные угли. При современных темпах добычи этих запасов хватило бы более чем на 275 лет. США и СССР владеют по четверти этих запасов; остальные залежи находятся в Африке, Австралии, Европе и Азии (главным образом в Китае). Промышленно развитые страны свои энергетические потребности на 20-30070 удовлетворяют за счет угля, а Китай - почти на три четверти.

Уголь является «грязным» топливом: открытые разработки опусто-

шают землю, а при сжигании угля образуются большие количества диоксида углерода и других веществ, которые выбрасываются в атмосферу. Загрязнение окружающей среды может заставить ограничить потребление угля во все мире, если не будут внедрены процессы более эффективного его сжигания или превращения в более чистые виды топлива. Существующие газоочистные устройства, такие как электрофильтры и скрубберы, способны улавливать из дымовых газов лишь некоторые вещества и потому не могут считаться эффективными. В последнее десятилетие разработано несколько способов «чистого» сжигания каменного угля, например в электрическом генераторе, в котором уголь сначала превращается в природный газ, а затем газ сжигается в турбине. Эти новые процессы и устройства дают большую надежду на снижение вредных отходов, однако они не могут уменьшить выбросы в окружающую среду диоксида углерода. Если потребление угля в ближайшие годы будет оставаться столь же интенсивным, потребуются новые процессы, способные исключить выбросы диоксида углерода, разумеется, в ущерб эффективности.

ДАВЛЕНИЕ экологических, политических и экономических проблем на использование ископаемых топлив стимулирует поиск альтернативных источников энергии. Многие специалисты в области энергетического планирования высказываются за развитие ядерной энергетики, на долю которой в настоящее время приходится 17070 мирового производства электроэнергии. Главным доводом в пользу этой альтернативы является отсутствие выбросов диоксида углерода и других веществ, вызывающих кислотные дожди. Однако строительство и эксплуатация ядерных реакторов на легкой воде (преобладающий тип в настоящее время) становятся все более дорогими. Во Франции около 70070 электроэнергии вырабатывается на ядерных станциях. Аварии на ядерных станциях в Тримайл-Айленде в США и в Чернобыле в СССР существенно подорвали общественное доверие к ядерной энергетике, которая ранее считалась относительно безопасной. Многие люди сомневаются в существовании или возможности разработки надежных способов управления радиоактивным распадом, а также в том, что имеется какая-либо возможность предотвратить распространение ядерных материалов, пригодных для изготовления ядерного оружия. Вследствие указанных причин и ввиду привлекательности других источников энергии, энер-

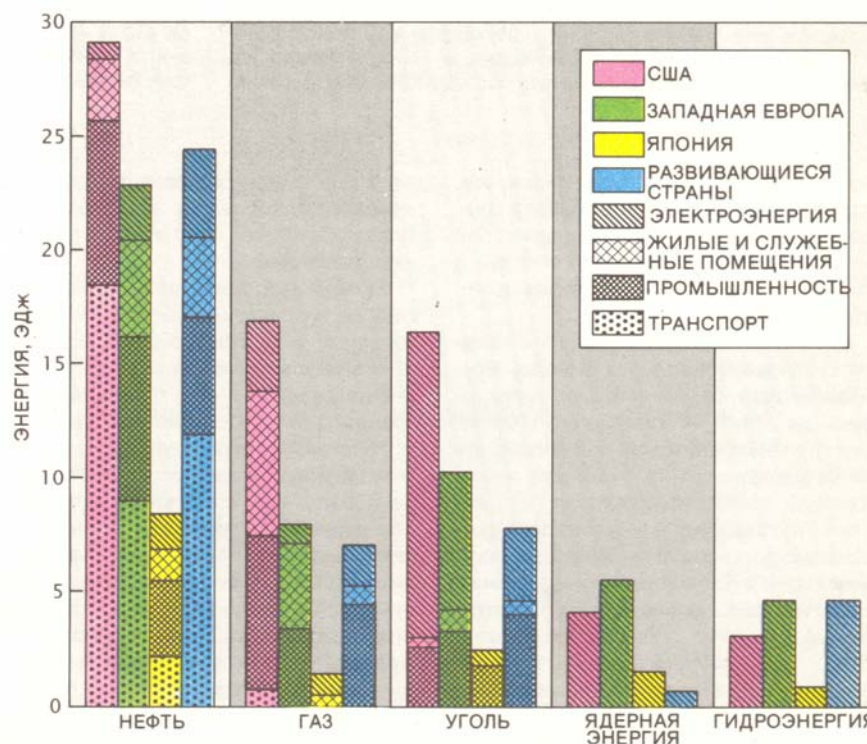
гетические компании США с 1978 г. прекратили давать заказы на разработку и строительство новых ядерных электростанций.

Репутация ядерной энергетики может быть восстановлена, если появятся конструкции новых более совершенных реакторов. Так, можно построить «пассивно устойчивые» реакторы, т. е. такие, в которых развитие цепной реакции деления предотвращается без вмешательства внешней регулирующей системы. Стандартизация конструкций реакторов поможет снизить стоимость строительства, устранить лицензионные сложности и сократить время простоев. Склонить общественное мнение в пользу ядерной энергетики, возможно, удастся путем демонстрации способов, обеспечивающих надежное избавление от радиоактивных отходов.

Возможность обуздания термоядерной энергии (синтеза легких ядер) пока еще остается светлой мечтой будущих поколений. Термоядерный синтез, достоинствами которого являются возможность использования неисчерпаемых запасов топлива (дейтерия) и образование менее вредных радиоактивных отходов, обещает устранить многие недостатки и ограничения, присущие реакторам с ядерным делением. Однако опытное и промышленное производство термо-

ядерной энергии потребует миллиардных капиталовложений и, вероятно, будет реализовано лишь через несколько десятилетий. Масштаб предстоящих работ в этом направлении таков, что потребует не только огромных правительственных капиталовложений, но и тесного международного сотрудничества. Тем не менее едва ли какие-либо другие технологии могут сулить более привлекательные прибыли с капиталовложений.

Масштабы использования солнечной энергии продолжают расти и в отличие от ядерной стоимости энергии, производимой на солнечных установках, постоянно снижается. Фото гальванические элементы, превращающие солнечный свет непосредственно в электричество, в настоящее время вырабатывают электроэнергию, себестоимость которой обходится в 30 центов за киловатт-час. Современные солнечные батареи могут служить до 30 лет, и они стали предпочтительными источниками питания калькуляторов, часов и искусственных спутников. Эти «мелкомасштабные» применения фотогальванических элементов помогают поддерживать их производство, пока идет совершенствование технологии, однако в большинстве других случаев фото гальванические элементы все еще дороже традиционных генераторов



ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ в разных странах различны, но в большинстве стран производство энергии не обходится без использования ископаемых топлив. Одна только транспортная система США поглощает столько нефти, сколько требуется для удовлетворения всех энергетических потребностей Японии. В развивающихся странах подавляющая доля производимой энергии потребляется промышленностью.



ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ на тепловых электростанциях, работающих на угле, нефти или газе, подобных той, что находится в Сан-Хуане, шт. Нью-Мексико, является причиной выброса в атмосферу 23% CO₂ а также

других веществ, вызывающих кислотные дожди. Несмотря на то что уходящие газы освобождаются от многих веществ в очистных устройствах станций, до сих пор нет эффективных способов улавливания диоксида углерода.

ров электричества. Можно надеяться, что дальнейшие успехи в области микроэлектроники и полупроводниковой техники повысят эффективность и снижат стоимость фотогальванических элементов.

Более интенсивно солнечная энергия используется на установках, преобразующих солнечный свет в тепловую энергию. В таких термических центральных системах солнечные лучи фокусируются линзами или зеркалами на приемнике с жидкостью, которая нагревается и затем отдает тепло электрогенератору. В начале текущего года в Калифорнии была сдана в эксплуатацию солнечная термоустановка, которая, как предполагают, будет производить электроэнергию себестоимостью менее 8 центов за один киловатт-час. (При современных ценах на ископаемое топливо производство электроэнергии на тепловых электростанциях обходится примерно в 3 цента на один киловатт-час.) Создание технически более совершенных легких зеркал и применение жидкостей с повышенной тепло-

проводностью (например, расплавленных солей) могут улучшить эксплуатационные показатели солнечных установок.

Технология, применяемая в солнечной энергетике, еще далека от совершенства, и потому солнечные установки не способны питать энергоемкие нагрузки, но могут быть использованы для снятия дневных пиков потребления электроэнергии в некоторых регионах, например на Юго-Западе США, где солнечное излучение обильно и устойчиво. Солнечные установки могут также использоваться в комплексе оборудования гидроаккумулирующих станций в качестве приводов насосов, закачивающих воду в резервуары, из которых затем вода направляется к гидроэлектрогенераторам. Солнечная энергия может также использоваться в качестве вспомогательной в других энергоаккумулирующих системах, в таких, в частности, как воздушные компрессоры, электробатареи и токоаккумулирующие сверхпроводящие обмотки.

Гидроэнергетика, давно и хорошо

освоенная технология, требует высоких капитальных затрат и экологических издержек. Строительство новых плотин часто приводит к изъятию из обращения пахотных земель и пастбищ и связано с переселением людей. Возможности строительства гидроэлектростанций в промышленно развитых странах ограничены из-за отсутствия свободных территорий, однако в развивающихся странах гидроэлектростанции небольшой мощности могут стать ценным источником энергии.

Биомасса в виде отходов древесины и других органических веществ во многих странах мира используется как источник энергии. Преобразование биомассы в более полезные продукты, например в метановое и спиртовое транспортное топливо, повысит ценность этого источника энергии. С обострением проблемы ликвидации бытовых отходов в городах электростанции, использующие эти отходы в качестве топлива, могут стать хотя и незначительными, но экономически эффективными источниками энергии при условии, если бу-

дут разработаны способы отделения сгораемых отходов от несгораемых и усовершенствованы устройства контроля выбросов в атмосферу. Загрязнение атмосферы диоксидом углерода, вызванное сжиганием биомассы, можно нейтрализовать восстановлением естественных «поглотителей углерода» путем посадки новых деревьев и кустарников.

Некоторые специалисты в области энергетики большие надежды возлагают на использование в перспективе энергии ветра. В Швеции близка к практической реализации идея замены ядерных реакторов ветровыми турбинами, закрепленными с помощью якорей на морском дне. Однако, для того чтобы ветер стал надежным источником энергии, необходимо разработать систему, способную работать устойчиво при переменных скоростях ротора.

В некоторых регионах значительные количества электроэнергии можно вырабатывать путем преобразования геотермальной энергии земных недр, а также океанической тепловой энергии за счет использования разности температур между относительно теплыми поверхностными и более холодными глубокими слоями воды. Так, в северной Калифорнии работает геотермальная установка мощностью более 2000 МВт. В последующие несколько десятилетий на такие установки в некоторых районах может возникнуть значительный спрос для питания низкотемпературных обогревателей (используемых, например, в теплицах).

В 1973 г., когда введение эмбарго на арабскую нефть совпало по времени с забастовкой американских шахтеров, проблема скорого исчерпания энергетических запасов и их полного истощения стала ощущаться с наибольшей остротой. Аналитики в то время довольно согласованно предсказывали две ситуации: во-пер-

вых, как они утверждали, высокие темпы роста энергопотребления сохранятся, поскольку без этого немислимо дальнейшее экономическое развитие страны, и, во-вторых, продолжающийся рост энергопотребления будет иметь губительные последствия.

Ни один из этих прогнозов до сих пор не сбывся, отчасти потому, что рост цен на энергию привел к расширению масштабов энергообеспечения, но в большей мере вследствие массового непредвиденного внедрения энергосберегающих технологий. Наиболее перспективные возможности поддержания темпов экономического развития без больших расходов на увеличение использования ископаемых видов топлива как для развитых, так и для развивающихся стран заключены в той части энергетического уравнения, которая отражает спрос. Переход на энергосберегающие технологии экономически может оказаться более рентабельным, чем ввод в эксплуатацию новых объектов энергоснабжения.

В масштабах мировой экономики немалую роль в повышении эффективности использования энергии может сыграть строительная индустрия. (см.: А. Розенфельд, Д. Хафмейстер. Энергоэкономичные здания. «В мире науки», 1988, №- 6). В 1985 г. на отопление и освещение зданий в промышленно развитых странах было затрачено 37 ЭДж энергии, что почти эквивалентно объему нефти, добытой странами ОПЕК. Эта статья расхода может быть существенно уменьшена за счет внедрения конденсирующих печей, которые утилизируют значительную часть тепла, содержащегося в уходящих газах, и потому потребляют на 28% меньше топлива по сравнению с традиционными газовыми печами и выбрасывают меньше вредных веществ в атмосферу. Кроме того, разработаны системы регулирования окружающей среды в помещениях; они измеряют наружную и внут-

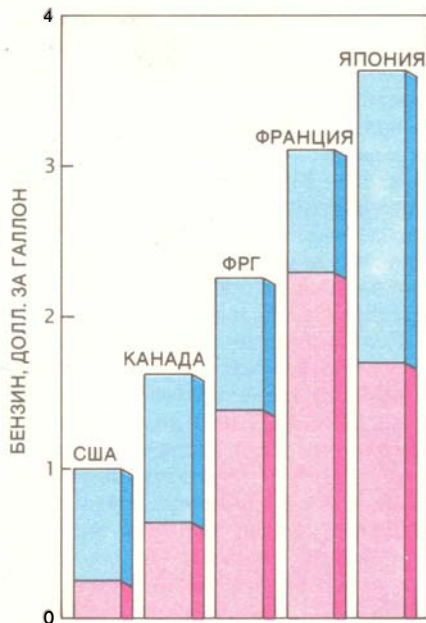
реннюю температуру и солнечную освещенность, определяют местоположение людей в помещениях и в зависимости от этого направляют свет и кондиционированный воздух в нужные места. Эти системы могут экономить 10-20% энергии. За счет удачного сочетания ламп с улучшенными характеристиками, отражателей и естественного освещения потребление энергии на освещение можно сократить на 75% и даже более.

Использование прогрессивных строительных материалов позволит резко сократить теплопотери через окна, двери и стены. В домах с «супер-усиленной» теплоизоляцией, имеющих двойной теплоизолирующий слой и воздухо непроницаемые прослойки в стенах, тепловой энергии, излучаемой людьми, источниками света, кухонными плитами и другими приборами, оказывается вполне достаточно для обогрева помещений. На обогрев некоторых домов с супер-усиленной теплоизоляцией в Миннесоте требуется на 68% меньше тепла по сравнению с обычным домом американской постройки. В некоторых домах в Швеции экономия тепла достигает 89%.

В промышленности снижения энергопотребления можно добиться применением различных датчиков, регулирующих устройств, усовершенствованных систем утилизации тепла и различных способов уменьшения трения. Наиболее широкие возможности энергосбережения обеспечивает комбинированное производство тепла и электричества на тепловых электростанциях. На обычной тепловой электростанции только треть энергии пара, созданного в котле, превращается в электричество; на теплоэлектроцентрали большая часть тепловой энергии, оставшаяся в отработанном 'паре, используется как источник тепла для различных промышленных процессов.

Для каждой отрасли промышлен-

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ	Иллюстрация				
	АВТОМОБИЛИ МИЛЬ/ГАЛЛОН	ЖИЛЫЕ ДОМА ТЫС. ДЖ/М ²	ХОЛОДИЛЬНИКИ КВТ·Ч/ДЕНЬ	ГАЗОВЫЕ ПЛИТЫ МЛН. ДЖ/ДЕНЬ	КОНДИЦИОНЕРЫ КВТ·Ч/ДЕНЬ
В СРЕДНЕМ	18	190	4	210	10
НОВАЯ МОДЕЛЬ	27	110	3	180	7
ЛУЧШАЯ МОДЕЛЬ	50	68	2	140	5
ЛУЧШАЯ РАЗРАБОТКА	77	11	1	110	3



ЦЕНЫ НА БЕНЗИН в США не отражают всех затрат, связанных, скажем, с расходами на конвоирование нефтяных танкеров или с защитой окружающей среды. В других странах бензин облагается высокими налогами (красные части столбиков), что заставляет потребителей относиться ответственно к расходованию горючего.

ности характерны свои способы энергосбережения. Так, в бумажной промышленности эффективность можно значительно повысить путем автоматического управления производственными процессами, увеличения скоростей бумагоделательных машин и применения валков высокого давления. Внедрение прогрессивных процессов на сталелитейных заводах

США может дать экономию энергии не менее 40%. Еще большими возможностями располагают развивающиеся страны: в Китае и Индии, например, на производство 1 т стали расходуется в четыре раза больше энергии, чем в Японии.

Новые процессы генерирования электричества сулят большое повышение эффективности использования энергоресурсов во всем мире. Сжигание угля в псевдосжиженном слое, т. е. в слое, поддерживаемом потоком воздуха, может увеличить эффективность его сгорания и снизить выбросы загрязняющих веществ. Некоторые специалисты считают, что наиболее перспективной альтернативой для производства электроэнергии в будущем окажется турбина, основанная на принципе авиационного реактивного двигателя и работающая на природном газе. При некоторых усовершенствованиях КПД преобразования энергии в такой установке можно повысить до 71-50,0% выше (КПД современных турбин не превышает 33%).

В промышленно развитых и развивающихся странах самым крупным потребителем мировых запасов нефти является транспорт, который быстро растет и представляет наибольшую угрозу для окружающей среды. В США легковые и грузовые автомобили поглощают каждый третий баррель (1 баррель = 119,2 л) нефти и на их долю приходится 150,10 всех выбросов CO₂ в атмосферу. В последние 15 лет новые грузовые и легковые автомобили в стране стали заметно более экономичными благодаря некоторым принятым мерам, в частности таким, как более широкое применение легких материалов, вне-

дрение радиальных шин, уменьшающих сопротивление качению, и рациональной конструкции кузовов, обеспечивающей снижение аэродинамического сопротивления. дальнейшее повышение экономичности транспортных средств возможно за счет внедрения различных процессов и устройств, например бесступенчатых коробок передач и дизельных двигателей с непосредственным впрыском топлива.

Существуют технические возможности для повышения топливной экономичности автомобилей до 1 галлона/65 миль (3,6 л/100 км) и выше. Если бы цены на бензин в США были повышены до величины, которая полностью отражала бы все издержки - экономические, экологические и политические, - как это обстоит в других странах, то в стране возрос бы спрос на более экономичные автомобили, и правила, принятые в отношении контроля топливной экономичности, имели бы больший смысл. Даже теперь экономичность новых автомобилей, выпускаемых в США, могла бы быть увеличена до 1 галлона/33 мили (7 л/100 км) при существующей технологии и при незначительном повышении цен на автомобили. Однако автомобильные компании воздерживаются от этих мер, опасаясь ответной реакции потребителей, так как во многих случаях ходовые характеристики автомобиля оказываются более предпочтительными для потребителя, чем топливная экономичность. Другим вариантом повышения топливной экономичности автомобилей с современного уровня 1 галлон/22 мили (10,7 л/100 км) до 1 галлона/38 миль (6,06 л/100 км) является усовершенст-

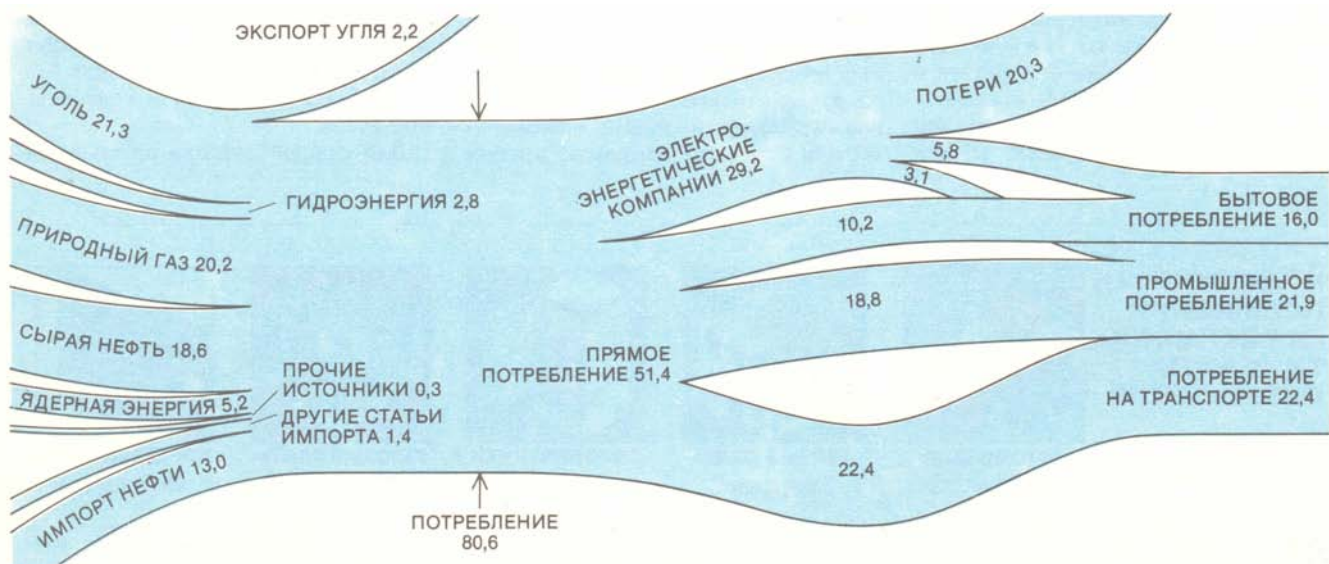


ДИАГРАММА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА, из которого видно, что в 1987 г. в США потребление энергии превысило ее производство на 12,2 ЭДж. Баланс поддерживался в

основном за счет импорта нефти. На долю альтернативных источников пришлось лишь 12% суммарного производства энергии.

вание их конструкции, которое обошлось бы не дороже, чем стоимость бензина, который будет сэкономлен за предполагаемый срок службы автомобиля (расчет произведен с учетом текущей средней цены на бензин в размере 1,10 долл. за галлон.)

ТРАНСПОРТ, связь, промышленное производство - все эти составляющие, которые мы связываем с экономическим развитием и повышением уровня жизни, - не могут существовать без энергии. Имеется, однако, немало технологий, с помощью которых удастся обеспечивать нужды и удобства со значительно меньшими затратами топлива, по сравнению с тем, что мы тратим сегодня. Для планирования будущих потребностей в энергии и принятия решений об объемах инвестиций в разработку новых топливных запасов или в энергосберегающие технологии требуется понимание наших возможностей и наших желаний. Например, снижение потребления нефти в США могло бы гарантировать устойчивость нашего экономического развития и увеличить политическую стабильность в мире.

Однако даже самые решительные улучшения в эффективности энергопотребления могут оказаться недостаточными для защиты окружающей среды, если они будут ограничены лишь странами с развитой экономикой. Расчеты показывают, что если ничего не будет сделано для ускоренного развития энергосберегающих технологий и передачи их в развивающиеся страны, то глобальные изменения климата и другие важнейшие экологические нарушения обретут необратимый характер. Даже если промышленно развитым странам удастся сократить наполовину выбросы диоксида углерода в атмосферу (в настоящее время они составляют 1800 кг на человека в год), то рост численности населения и экономическое продвижение развивающихся стран, вероятно, будут сопряжены с увеличением выбросов CO₂ в этих странах с 450 кг на человека в год в настоящее время до 900 кг к 2030 г. В этом случае ежегодные выбросы CO₂ во всем мире увеличатся в 2,5 раза по сравнению с современным уровнем.

Страны с развитой экономикой поглощают львиную долю промышленно производимой энергии, но они вооружены методами повышения эффективности энергопотребления и снижения расхода ископаемых топлив. Можно было бы начать хотя бы с применения в транспортной системе США рыночного правила, которое гласит: «энергия стоит денег».

Цена галлона бензина в США достигла сейчас самого низкого за все



ДОРОЖНЫЙ ЗНАК на горной автостраде, снабженный световыми сигналами, которые питаются от фотогальванических элементов. Стоимость таких элементов снижается и их рынок расширяется. За счет повышения экономичности использования имеющихся энергоресурсов можно высвободить время на исследование и разработку таких новых технологий, которые увеличат запасы энергии.

время уровня. Она не отражает расходов, связанных с военным присутствием США на Ближнем Востоке, и причиняемого ущерба в связи с загрязнением воздуха смогом, нагревом земной атмосферы и нарушением торгового баланса, вызванным импортом нефти. В Европе и Японии цены на бензин в два-три раза выше, чем в США, так как правительства этих стран ввели налоги, которые заставляют потребителей учитывать все издержки, вызванные применением этого горючего. Если американцы хотят сдержать потребление нефти, уменьшить загрязнение воздуха углекислым газом и сохранить в этом роль мирового лидера, не мешало бы начать с пересмотра политики в области эксплуатации транспорта, с тем чтобы она отражала все расходы и ущерб, причиняемый в связи с получением энергии.

Не менее важным является принятие мер, направленных на ускоренное проникновение новых технологий на рынок. Например, исследования, проведенные в Лоуренсовском Центре по строительным наукам в Беркли, показали, что капиталовложения в размере 8 млн. долл. в производство и установку окон с малой излучательной

способностью могли бы сэкономить 36 млн. баррелей (5,7 млн. м³) нефти, добыча и переработка которой обошлись бы в 300 млн. долларов. Правительства могут предпринять шаги для создания таких условий, при которых вкладывать капитал в использование энергосберегающих технологий было бы предпочтительнее по сравнению с затратой средств на производство топлива. Конгресс США недавно принял закон, определяющий минимальные нормы эффективности для всех новых устройств и приспособлений. Эта мера была необходимой, так как строительные организации, стремясь свести к минимуму начальные затраты, избегали использования эффективных и дорогих технологий в ущерб тем, кто арендует здания и больше заинтересован в минимизации издержек за срок службы.

Экономичное освещение - еще одна статья сокращения расхода энергии - также может потребовать правительственного вмешательства ввиду слабого освоения достижений в этой области. Одним из перспективных подходов к решению данной проблемы является предоставление коммунальными предприятиями субсидий потребителям электроэнергетики

на замену существующих осветительных приборов более совершенными; затем обе стороны делают полученную экономию. Примечательно, что те компании, которые в 50-х годах раздавали потребителям колбовые лампы, чтобы создать спрос на электроэнергию, теперь могут быть заинтересованы в том, чтобы раздавать экономичные лампы, чтобы снизить потребность в электроэнергии в 90-е годы.

ПОТРЕБЛЕНИЕ энергии в развивающихся странах низко, но неэффективное и спрос на энергию быстро растет. Однако с помощью промышленно развитых государств эти страны могут внедрить технические решения, которые будут способствовать экономическому росту и в то же время сохранять увеличение спроса на энергию на относительно низком уровне. Результаты одного из проведенных анализов показывают, что применение наиболее удачных энергетических технологий, доступных в настоящее время, может обеспечить той или иной развивающейся стране такой уровень энергоснабжения, какой был в европейских государствах в середине 70-х годов; при этом энергопотребление в этой стране возрастет всего лишь на 20070 относительно среднего уровня энергопотребления в развивающихся странах в ~1980г. Эта модель подтверждает также то положение, что индустриально развитые государства могут продолжать наращивать темпы экономического роста даже при меньшем потреблении энергии, чем в настоящее время ..

Почему развивающиеся страны должны вообще заботиться об экономии энергии, когда их первой заботой является экономическое развитие, которое включает и увеличение доступности энергоснабжения? Ответ заключается в том, что эффективное использование энергии способствует достижению одновременно двух целей: обеспечению экономического развития и охране окружающей среды. Эффективность экономит капитал и снижает производство диоксида углерода, сульфатов (вызывающих кислотные дожди), углеводородов и ядерных отходов.

Страны с развивающейся экономикой стоят перед жестким выбором. В Китае, например, по сравнению с любой другой страной, промышленное развитие может оказать большее влияние на накопление диоксида углерода в атмосфере. Определяющая роль, которую играет Китай в этом вопросе, коренится в его огромной и постоянно увеличивающейся численности, в склонности к использованию энергоемких процессов, низкой эффективности использования энергии, и боль-

шой доле каменного угля в энергетическом балансе. В период с 1980 по 1986 г. темпы прироста промышленного производства в Китае составляли 12% в год, т. е. они были больше, чем в любой другой стране в мире. Средняя интенсивность энергопотребления в промышленном секторе Китая упала, но все же она остается выше, чем в любой другой развивающейся стране. Если смотреть на вещи реально, то основным источником энергоресурсов в будущем являются для Китая возможности, которые таит повышение эффективности использования энергии.

Для реализации этих возможностей потребуются значительные перемены технологий и капитала из промышленно развитых стран, но при этом потребуется и реформа политики цен в китайской энергетике. Уголь в Китае стоит в четыре раза меньше, чем на мировом рынке. В Китае народная поговорка гласит: «за тонну угля не купишь и тонны песка; за баррель нефти не купишь даже бутылку вина».

Промышленно развитые страны со стареющей инфраструктурой также окажут значительное влияние на будущее энергопотребление и выбросы углерода в атмосферу. В Советском Союзе энергопотребление в два раза выше, чем в среднем для стран Организации экономического сотрудничества и развития, и нет никаких признаков улучшения этого показателя. Поэтому новая политика перестройки и гласности, которая содействует повышению эффективности использования энергоресурсов, созданию рыночных отношений в экономике и развитию кооперации в мировом масштабе, является весьма обнадеживающей для мировой экономики и окружающей среды. По мере того как СССР, Китай и другие страны, имеющие экономику с централизованным планированием, будут переходить на более рациональные системы цен, они вскоре осознают, что рыночные цены пока еще не отражают главные издержки, связанные с охраной окружающей среды. Поскольку теперь мы знаем, что эти издержки могут отражать экстраординарные глобальные экологические проблемы, то промышленно развитым странам следовало бы взять на себя заботу о том, чтобы путем передачи передовых технологий, предоставлением субсидий или займов всячески содействовать тому, чтобы развивающиеся страны вышли за пределы того уровня эффективности, который оправдан ценами свободного рынка. Решение этой задачи потребует таких масштабов международного сотрудничества, которые прежде казались недостижимыми.

КАПИТАЛ и изобретательность могут заменить энергию во всем мире, но для этого нужны техническая изощренность, политическая воля, зрелое экономическое мышление и время. Многие технические изобретения, необходимые для гарантированного повышения эффективности преобразования и использования энергии, уже существуют, и обеспечение этой эффективности часто обходится дешевле по сравнению с реальной стоимостью ископаемых видов топлива и теми капитальными затратами, которые необходимо произвести при создании новых систем энергоснабжения. Но для преодоления существующих ограничений необходимы исследования и разработки, финансируемые как частными предпринимателями, так и правительством. Необходимо также продолжить исследования новых источников, особенно ядерной энергии, и возобновляемых источников энергии, чтобы они могли пока дополнять, а в конечном счете и заменить ископаемые топлива. А тем временем постоянная забота о повышении эффективности энергопотребления позволит сдерживать увеличение спроса на ископаемое топливо, ослабить остроту экологических проблем, сократить капиталовложения и таким образом обеспечить требуемый уровень благосостояния при меньших затратах энергии.

Другим фактором является политическая воля, а также компетентное экономическое мышление. Кто хочет поднимать стоимость топлива и тем самым обременить бедных в США или в Индии? Мы осознаем, и вполне обоснованно, что дотации на покупку топлива могут наложить на государство гораздо более тяжелое бремя, чем стимулирование или даже выплата субсидий на покупку экономических автомобилей или бытовых приборов, но политические меры, стимулирующие эффективное энергопотребление, неминуемо столкнутся с преодолением эмоционального консерватизма. Политическая воля имеет также решающее значение и в вопросе внедрения некоторых технологий, позволяющих отказаться от традиционных источников энергии. Большинство ученых считают, что мы уже располагаем безопасными и достаточно надежными методами ликвидации радиоактивных отходов, но широкие слои населения придерживаются принципа «только не на моем дворе». Какое сочетание действий в области науки, образования и политики позволит нам достичь согласия в этом вопросе, который будет решающим при любом расширении масштабов ядерной энергетики в дальнейшем?

Тот факт, что ни одна страна в оди-

ночку не сможет разрешить глобальные проблемы, составляет суть политического бремени. Однако сама величина энергопотребления в США служит показателем того, что Соединенные Штаты могли бы оказать существенное влияние на глобальные выбросы углерода путем учреждения норм на экономию в рамках, определяемых рентабельностью существующих технологий. Поскольку США были и есть одна из самых энергопотребляющих стран, а также поскольку им присуща высокая техническая изобретательность, на них лежит большая ответственность за осуществление перехода в эру, когда человечество будет обходиться без ископаемых топлив. Для этого американцы должны увеличить эффективность использования собственной энергии, разработать новые виды источников энергии и оказать содействие другим странам в расширении энергетических возможностей. США должны стремиться к достижению двух целей: во-первых, увеличить на 20070 к концу нынешнего века долю полезной энергии, производимой из неископаемых ресурсов (путем замены топлив и их более эффективного сжигания), и, во-вторых, увеличивать производство товаров и услуг на единицу потребленной энергии по крайней мере на 2,5% в год в течение не менее двух ближайших десятилетий. Эти цели внушительны, но достижимы и на них следует сосредоточить все усилия, чтобы стать лидером в решении этой поистине глобальной проблемы.

Однако на развивающихся странах лежит коллективная ответственность за использование имеющихся возможностей в деле эффективного использования энергетических ресурсов при решении своих национальных экономических проблем; в конечном итоге этим будет определяться, насколько человечество преуспеет в деле замедления разрушения глобальной среды обитания. Новые технологии могут помочь развивающимся странам «перескочить» через неудачный опыт прошлого и выработать новую энергетическую политику, отвечающую требованиям экономического развития. Промышленно развитые, равно как и развивающиеся страны должны сотрудничать, изыскивая новые возможности и, если эти возможности разумны, принимать их. Вложение капитала в энергосберегающие технологии, что часто компенсируется стоимостью сэкономленного топлива, представляется в настоящее время наиболее целесообразным путем развития энергетики.

Жаркое место

КОНТИНЕНТЫ то сходятся, то расходятся. Примерно 300 млн. лет назад суша на Земле соединилась в один обширный «остров», называемый Пангеей. Этот суперконтинент просуществовал примерно 100 млн. лет, а затем распался.

Каковы были климатические условия в Пангее? Этот вопрос весьма важен, потому что образование Пангеи в палеозойскую эру знаменует собой переломный этап в эволюции жизни: именно тогда главенствующей группой живых организмов стали рептилии. Многие палеонтологи считали, что климат Пангеи был ровным и довольно теплым на протяжении года. Такое представление не соответствует модели, созданной при помощи компьютера. Согласно результатам, полученным двумя группами климатологов, значительная часть этого суперконтинента представляла собой пустыню, где сезонные колебания температуры были значительны.

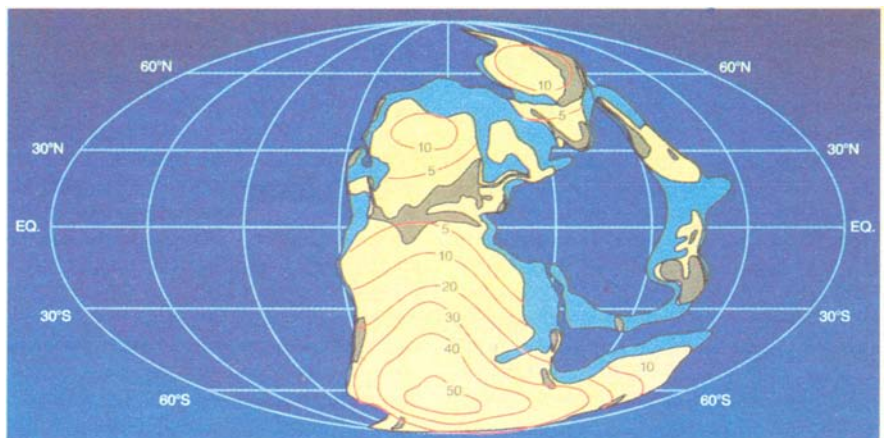
Т. Кроули из Applied Research Corporation, У. Хайд из Техасского университета сельского хозяйства и техники и Шорт из Годдардовского центра космических полетов НАСА произвели расчеты по модели с целью «реконструировать» температурные условия в Пангее. В журнале «Geology» они приводят данные, согласно которым во внутренних областях суперконтинента, и в особенности в обширном южном регионе, называемом Гондваной, максимальный перепад температуры за год был примерно на 20% больше, чем на любом из нынешних континентов: летом было на 10 °С теплее, чем где бы то ни

было в настоящее время, зимой в этих же местах температура часто опускалась значительно ниже 0 °С.

Объясняя эти результаты, Кроули сравнивает континент с металлическим листом, который быстро нагревается вблизи источника тепла и также быстро остывает, когда нагрев прекращается. По мере того как площадь суши увеличивалась и внутренние районы становились все более удаленными от океана и все менее подверженными его смягчающему влиянию, колебания температуры становились все больше. Площадь одной только Гондваны, как отмечает Кроули, была на 40% больше площади современной Евразии.

Расчеты температуры, произведенные Кроули и его сотрудниками, соответствуют более раннему сообщению Д. Куцбаха и Р. Галлимора из Висконсинского университета в Мадисоне, опубликованному в «Journal of Geophysical Research». Группа ученых из Висконсинского университета также установила, что во внутренней области Пангеи климат, вероятно, был весьма засушливым и там, возможно, совсем не было воды.

В результате срастания континентов происходило преобразование обширных участков суши в пустыни, где лето было обжигающе жарким, а зима холодной. Это могло послужить одной из причин массового вымирания наземных животных в позднем палеозое, отмечает Кроули. Изучение климата также отвечает на вопрос, почему рептилии, легко приспосабливающиеся к сухому жаркому климату, сменили земноводных, которые господствовали среди позвоночных в тот период.



ГОДОВЫЕ ПЕРЕПАДЫ температуры (в градусах Цельсия) в Пангее примерно 255 млн. лет назад были вычислены на основании компьютерной модели климата, созданной Томасом Дж. Кроули, Уильямом Т. Хайдом и Дейвидом А. Шортом. Указанные перепады температуры рассчитаны по среднемесячным значениям.

Стратегии ПРОМЫШЛЕННОГО производства

Отходы одного производства могут служить в качестве сырья для другого; в результате уменьшается нежелательное воздействие промышленности на окружающую среду

РОБЕРТ А. ФРОШ, НИКОЛАЕ Э. ГАЛЛОУЛОЕ

ЛЮДИ создают новые технологии и новые отрасли промышленности для того, чтобы более эффективно и с меньшими затратами удовлетворить свои потребности. Новаторство является главным двигателем прогресса, однако неполнота знаний сторонников новшеств часто приводит к нежелательным побочным эффектам. В период лихорадочной индустриализации в XIX и XX вв. люди нередко сталкивались с непредвиденными последствиями внедрения нововведений. В мифах Древней Греции повествуется о Пандоре, которая выпустила из ящика на Землю все несчастья, о Прометее, наказанном богами за то, что он украл для людей огонь, и об Икаре, который разбился, когда Солнце растопило воск его крыльев. В исторические времена переход от сырых кож к выделанным дубленным позволил людям сделать одежды более долговечными и более удобными в носке, однако дубильные мастерские распространяли зловоние и служили источником болезней, и их пришлось удалять от жилищ.

В наше время непредвиденные последствия новшеств могут привести к глобальным бедствиям. Обратимся, например, к факту открытия фторхлорпроизводных насыщенных углеводородов (фреонов) в 30-е годы. До этого компрессоры холодильников заправлялись аммиаком или сернистым ангидридом; оба эти вещества токсичны, их утечка стала причиной гибели или болезни многих людей. Переход на фреоны в холодильных установках спас многие человеческие жизни, дал большой экономический эффект и обеспечил дополнительные удобства современного быта, такие как кондиционирование воздуха в помещениях и возможность всегда иметь свежую пищу. Лишь много позже исследователи обнаружили, что фреоны, испаряясь в атмосферу, спо-

собствуют общему потеплению на планете и влияют на химический состав верхних слоев атмосферы, разрушая озоновый слой.

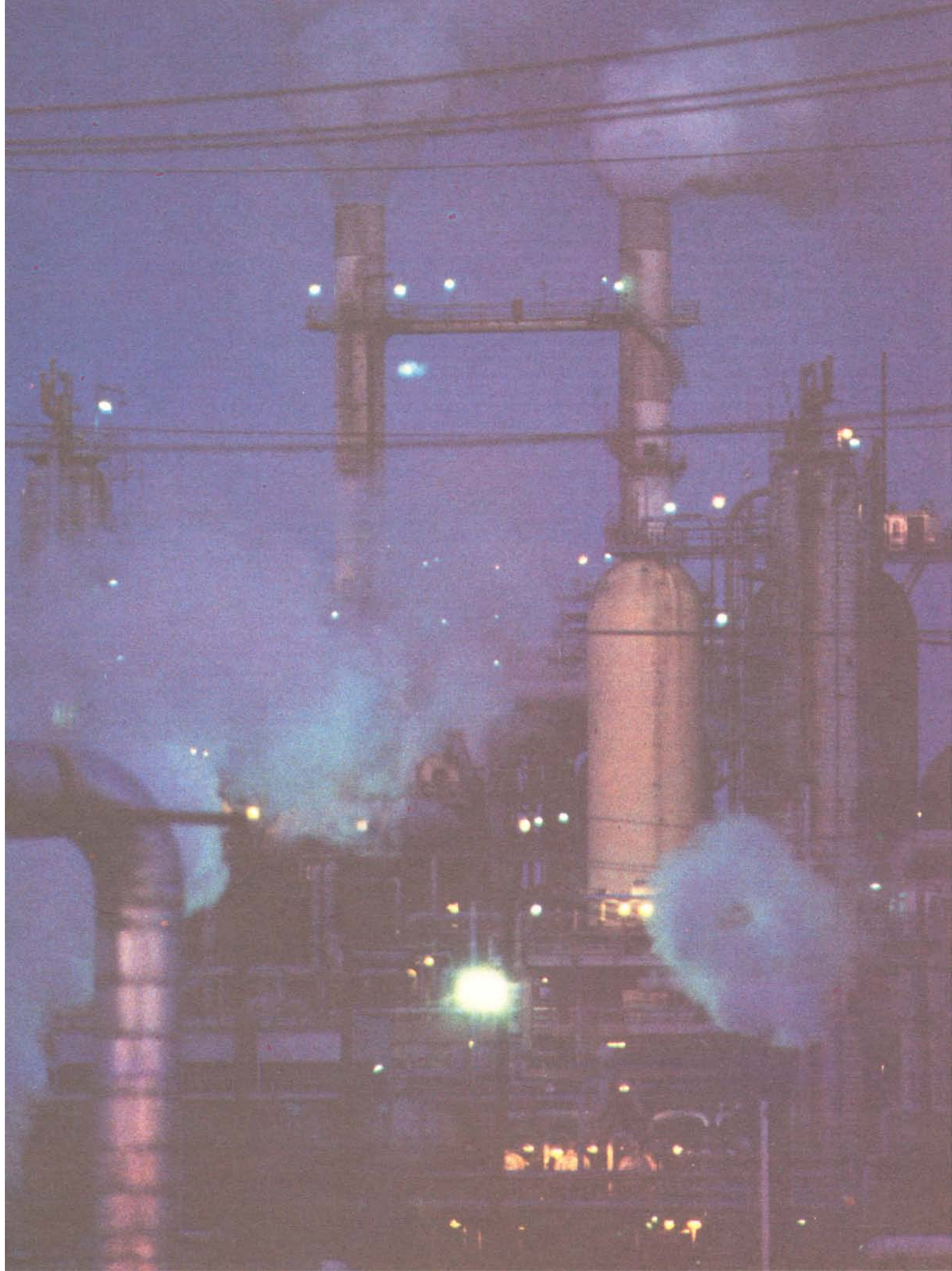
Подобные отрицательные факты не должны умалять главного: промышленное развитие улучшало и улучшает жизнь всех людей на Земле. Уровень жизни во многих частях мира теперь выше, чем 20 или 30 лет назад. Многие вредные последствия индустриализации удается контролировать благодаря внедрению новых технологических процессов. Тем не менее с ростом населения и повышением уровня жизни во всех странах старые решения проблем промышленного загрязнения окружающей среды и повседневной ликвидации отходов перестают быть эффективными. Теперь часто уже не находится той «другой части города», где можно было бы разместить современные эквиваленты дубильных мастерских, или открытого пространства за околицей деревни, куда можно было бы выносить отбросы без всяких вредных последствий.

ОЖИДАЕТСЯ, что к 2030 г. население планеты достигнет 10 млрд. человек; в идеальном случае все они будут пользоваться благами, подобными тем, которые доступны жителям промышленно развитых стран, таких как США или Япония. Если же потребление некоторых дефицитных природных ресурсов, например меди, кобальта, молибдена, никеля и нефти, будет на уровне современного их потребления в США и если не будут открыты новые резервы или не найдены заменители, то такая идеальная жизнь продлится не более десяти лет. Другая статья этого баланса характеризуется объемом производимых отходов: если темпы производства отходов в мире достигнут современного уровня в США, то 10-миллиардное население Земли будет ежегодно вы-

брасывать 400 млрд. т твердых отходов - количество, достаточное для того, чтобы завалить отбросами «большой» Лос-Анджелес слоем в 100 м.

Эти расчеты не следует рассматривать как предсказание мрачного будущего. Они должны лишь подчеркнуть необходимость стимулирования использования вторичных ресурсов, ресурсосбережения и перехода на использование альтернативных материалов. Они заставляют признать, что существующая традиционная модель промышленной деятельности, согласно которой в промышленных процессах потребляются сырьевые материалы и производятся промышленные изделия плюс отходы, которые необходимо удалять, должна быть преобразована в более интегрированную модель - промышленную экосистему. В такой системе потребление энергии и материалов оптимизировано, а производство отходов сведено до минимума, так что выбросы или отходы одного производства, - будь то катализаторы, использованные в процессах нефтепереработки, летучая зола и шлак тепловых

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, как этот нефтеперерабатывающий завод в Нью-Джерси, производят продукты и материалы, необходимые в современной жизни. Они также выбрасывают в окружающую среду различные вещества, которые трудно поддаются удалению или в течение долгого времени могут оказывать вредное воздействие на среду обитания. Для защиты окружающей среды промышленные предприятия должны не только производить продукты более эффективно, но и входить составной частью в гармоничную промышленную экосистему. В то же время потребители должны научиться более рационально использовать продукты производства, с тем чтобы снизить количество отходов.



электростанций или выброшенные пластмассовые контейнеры и упаковки потребительских товаров, -- используются как сырьевые материалы в других процессах.

Промышленная экосистема должна функционировать аналогично биологической экосистеме. (Растения синтезируют питательные вещества и они идут в пищу травоядным животным, которые в свою очередь служат пищей плотоядным, а останки последних превращаются в питательную среду для последующих поколений растений.) Идеальная промышленная экосистема может оказаться практически недостижимой, но и производители, и потребители должны изменить свои привычки, чтобы максимально приблизиться к такой системе, если промышленно развитые страны намерены сохранить достигнутый уровень жизни, а развивающиеся страны поднять свое благосостояние до этого уровня, не оказывая вредного воздействия на окружающую среду.

Если и промышленно развитые, и развивающиеся страны объединят свои усилия, то можно будет разработать более замкнутую промышленную экосистему, которая окажется жизнеспособнее современной перед лицом надвигающегося истощения запасов сырьевых материалов и обостряющихся проблем ликвидации от-

ходов и загрязнения окружающей среды. Промышленно развитые государства должны произвести должные изменения, большие и малые, в практике ликвидации отходов, а развивающимся странам следует отказаться от внедрения устаревших экологически вредных технологий и принять на вооружение новые процессы, более совместимые с экосистемным подходом.

Истощение материалов в идеальной промышленной экосистеме будет происходить не быстрее чем в биологических экосистемах; кусок стали один год будет существовать в виде консервной банки, на другой год он перейдет в кузов автомобиля, а еще через 10 лет окажется в каркасе здания. Производственные процессы в промышленной экосистеме попросту трансформируют циркулирующие запасы материалов из одних форм в другие; вследствие неизбежных потерь циркулирующий запас материалов количественно уменьшается и тех или иных материалов становится меньше. С другой стороны он должен увеличиваться для удовлетворения потребностей численно растущего населения. Такая рециркуляция материалов, т. е. использование вторичных ресурсов, все же требует затрат энергии и неизбежно связана с производством отходов и вредных побочных продуктов, но на значительно более



ЦИКЛ ПРОМЫШЛЕННОЙ экосистемы начинается с разработки ресурсов и заканчивается выпуском конечного продукта, который может быть снова

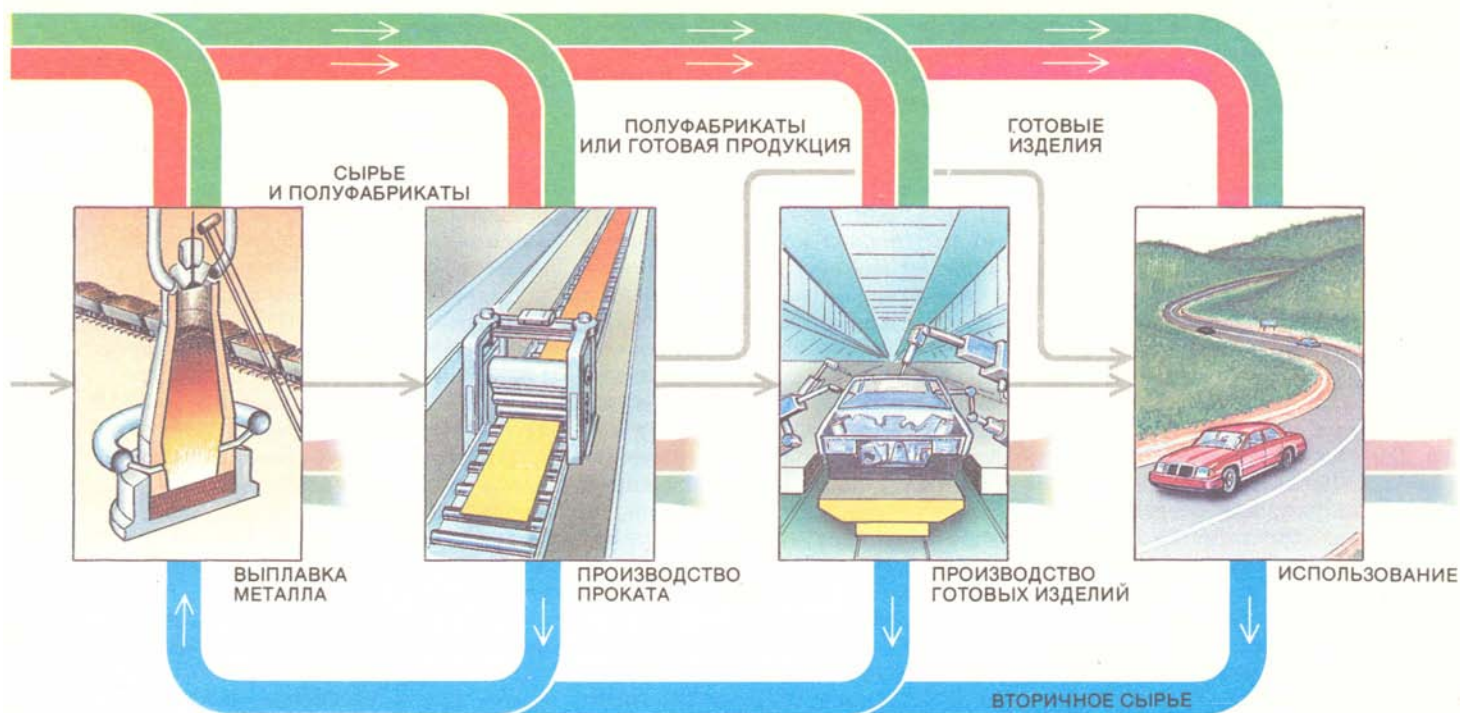
низком количественном уровне, чем это имеет место теперь.

Современные промышленные производства не образуют идеальную промышленную экосистему, а многие подсистемы и процессы далеки от совершенства. Однако есть разработки, которые внушают оптимизм. На некоторых предприятиях по производству металлов и отдельных видов пластмасс уже внедрена практика «проектирования» отходов: производственный процесс планируется таким образом, что его отходы могут полностью возвращаться в цикл этого процесса или утилизироваться в другом процессе. В других случаях производители максимально используют отходы производства для изготовления упаковочных материалов и изделий или же находят новые применения для материалов, которые ранее считались бесполезными отбросами.

ПРОБЛЕМЫ, возникающие в связи с созданием «самоподдерживающихся» промышленных систем, можно проиллюстрировать на трех видах производств: изготовление пластмасс из продуктов нефтепереработки, выплавка сталей из железных руд и очистка металлов платиновой группы и их использование в качестве катализаторов. Каждый из этих примеров демонстрирует отдельную стадию в ис-

	ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ СРОК ДО ПОЛНОГО ИСТОЩЕНИЯ НА ЗЕМЛЕ ЗАПАСОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ИСКОПАЕМЫХ РЕСУРСОВ			
	ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ОБЪЕМАХ ПОТРЕБЛЕНИЯ		ПРИ ОБЪЕМАХ ПОТРЕБЛЕНИЯ В 2030 г.	
	РЕЗЕРВЫ	ЗАПАСЫ	РЕЗЕРВЫ	ЗАПАСЫ
АЛЮМИНИЙ	256	805	124	407
МЕДЬ	41	277	4	26
КОБАЛЬТ	109	429	10	40
МОЛИБДЕН	67	256	8	33
НИКЕЛЬ	66	163	7	16
МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ	225	413	21	39
КАМЕННЫЙ УГОЛЬ	206	3226	29	457
НЕФТЬ	35	83	3	7

МИРОВЫЕ ЗАПАСЫ некоторых важных сырьевых материалов могут полностью истощиться, если развивающиеся страны увеличат их потребление до уровня развитых стран. В таблице приведены резервы (объемы, которые могут быть эффективно извлечены средствами современной технологии) и запасы (общий предполагаемый объем залежей в недрах Земли). Оценки количества лет, оставшихся до полного истощения запасов, произведены с учетом современного мирового потребления (левые колонки) и предположения, что в 2030 г. потребление 10-миллиардным населением сохранится на уровне современного потребления в США (правые колонки).



утилизирован (синий) после использования и возвращен в цикл в виде сырья. (На рисунке показан цикл производства чугуна и стали.) На каждой стадии производственного процесса используются энергия (красный) и дополнительные

сырьевые материалы (зеленый) и вырабатываются бросовое тепло и побочные продукты. В оптимальном цикле отходы полностью улавливаются и повторно используются в том же или в другом производственном процессе.

торическом развитии производства по замкнутому циклу. Исследование преимуществ и недостатков указанных процессов позволит понять, каким образом можно улучшить подсистемы, чтобы в конце концов прийти к промышленной экосистеме.

Цикл производства железа и стали, в котором использование вторичных ресурсов является хорошо устоявшимся, представляет собой процесс, имеющий тысячелетнюю историю, хотя широкое производство стали началось только в XIX в. Цикл производства пластмасс, где использование вторичных ресурсов пока практикуется очень слабо, имеет возраст менее ста лет; первый полностью синтезированный пластик - бакелит - появился в начале этого века. Еще моложе цикл платиновых металлов, в котором, однако, использование вторичного сырья является обычным ввиду высокой стоимости материалов. Благородные металлы нашли широкое промышленное применение как катализаторы в начале 50-х годов, а их широкое использование для уменьшения вредных веществ в выхлопных газах автомобилей началось примерно 15 лет назад.

Система производства пластмасс является потенциально высокоэффективной, но реализация этого потенциала связана с рядом еще не решенных

проблем. Пластмассы составляют группу разнообразных химически сложных веществ, применение которых развивалось так стремительно, что проблема удаления пластмассовых отходов в настоящее время приобрела особую остроту. Из пластмасс можно формировать самые разнообразные изделия, а различные смолы, составляющие их основу, трудно отличимы друг от друга. Это обстоятельство создает определенные трудности в сборе, сортировке и вторичном использовании пластмассовых отходов. Более того, расщепление пластмасс на исходные химические составляющие часто оказывается технически неосуществимым или экономически нерентабельным.

Необходимо, однако, учитывать не только недостатки пластмасс, но и их преимущества. Например, пластмассовые емкости безусловно безопаснее стеклянных, которым они пришли на смену. Замена стекла пластмассами в производстве бутылок для молочных продуктов и пузырьков для косметических жидкостей, скажем шампуней, исключило бесчисленные травмы, от простых порезов до тяжелых ран. Пластмассовые емкости легче стеклянных или металлических, и, следовательно, меньше энергии тратится на их транспортировку; значительно меньше энергии расходуется также

при изготовлении пластмассовых емкостей, особенно если в процессе используется вторичное сырье. По данным Среднезападного исследовательского института в Канзас-Сити, шт. Миссури, при производстве двухлитровых емкостей из поливинилхлорида (ПВХ) расходуется в два раза меньше энергии (включая перевозку газовых изделий) по сравнению с производством стеклянных бутылок, в 12 раз меньше (по массе) сырьевых материалов и в три раза меньше воды. Кроме того, количество отходов при производстве пластмассовых емкостей в два раза меньше, чем при производстве стеклянных бутылок.

Каждый вид пластмасс создает свои проблемы в зависимости от состава и назначения. Особенно сильный и многообразный вред окружающей среде причиняет тот же поливинилхлорид. Ежегодное производство которого в США составляет около 4 млн. т., или примерно 1/6 общего объема производимых в стране пластмасс. Из ПВХ изготавливают самые различные изделия - от труб и деталей автомобилей до пузырьков для шампуней. Для производства ПВХ требуются углеводороды и хлор. (Именно из-за наличия хлора поливинилхлорид наносит больший вред окружающей среде, чем пластмассы, не содержащие хлора, напри-

мер полиэтилен.) В США в качестве исходного материала для получения ПВХ чаще всего используют природный газ; в других случаях для этих целей применяется нефть, одна из фракций нефти. В любом случае исходный материал превращается в этилен, который затем полимеризуется, образуя ПВХ.

Эффективность производства поливинилхлорида в настоящее время стала намного выше. Например, разработаны более производительные мембранные электролитические ванны для электролиза хлористого натрия с целью получения хлора. (Хлористый натрий, или обычная поваренная соль, растворяется в ваннах, через которые пропускают электрический ток; ионы натрия мигрируют к одному электроду, а ионы хлора - к другому. Оба электрода разделены мембраной.) Внедрение мембранных электролизеров вместо прежних электролитических ванн, в которых использовались асбест и ртуть, позволило снизить вредность отходов в производстве ПВХ.

Несмотря на это, процесс произ-



ПЛАСТМАССОВАЯ ПОСУДА Из-под напитков пакуется в брикеты (как это делается на пункте сбора вторсырья в Нью-Джерси, показанном на фотографии) и затем перерабатывается в новые пластмассовые изделия, например, полиэфирное волокно или формованные детали. В прошлом году в девяти штатах США было собрано и переработано около 75 млн. кг банок и бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) всего в стране было произведено около 400 млн. т изделий из ПЭТФ.

водства поливинилхлорида относится к числу тех, в которых выбросы вредных веществ контролируются что называется «на конце трубы». Выбросы мономера винилхлорида в этом процессе контролируются особенно тщательно, эта практика была введена после того, как стало известно, что данный мономер токсичен и обладает канцерогенным действием. Непрореагировавший винилхлорид обычно отделяется от конечного ПВХ с помощью пара низкого давления. Большая часть мономера извлекается и возвращается в цикл, однако некоторая его часть все же может остаться, но в столь низких концентрациях, что эффективное извлечение и рециркуляции уже невозможны; в этом случае продукт разлагают путем сжигания в печи. Соляная кислота улавливается из уходящих газов скрубберной промывкой.

Рециркуляция отходов поливинилхлорида в процессе его производства не представляет сложностей. Предприятия по выпуску изделий из ПВХ обычно почти полностью возвращают в производственный цикл получающиеся отходы. На предприятиях фирмы General Motors, например, отходы, образующиеся при изготовлении поливинилхлоридных деталей для автомобилей, таких как декоративные накладки, сиденья и щитки для приборов, сортируются по цвету, измельчаются, переплавляются и используются вместе со свежим поливинилхлоридом.

Однако с расширением ассортимента потребительских изделий из пластмасс проблема их утилизации после использования становится значительно более сложной. В производство возвращается всего лишь около 1% выброшенных потребителями изделий из ПВХ. Очень широкий ассортимент изготавливаемых из ПВХ изделий осложняет проблему его сбора и утилизации, но в то же время открывает некоторые интересные возможности. Например, из соображений потенциальной опасности для здоровья запрещено использовать вторичные пластмассы для изготовления емкостей для пищевых продуктов; использованные поливинилхлоридные бутылки находят применение для изготовления дренажных труб.

Другие виниловые продукты, если их вторичное обращение в производство затруднительно, могут использоваться как топливо на тепловых электростанциях. По теплотворной способности ПВХ равноценен древесине или бумаге, но содержащийся в нем хлор создает определенные проблемы: печи для сжигания поливинилхлорида должны быть оборудованы

скрубберами для улавливания соляной кислоты, являющейся причиной кислотных дождей. При сжигании хлор может также образовывать небольшие количества диоксинов, которые являются потенциальными канцерогенами. В результате сжигания поливинилхлоридных отходов неощущается. Испытания, проведенные недавно Управлением энергетических исследований и развития в шт. Нью-Йорк, показали, что при правильной конструкции и правильной эксплуатации мусоросжигающих печи выбрасывают в атмосферу лишь незначительные количества соляной кислоты и диоксинов, однако экологи и контролирующие инстанции сомневаются в том, что на практике мусоросжигающие печи будут работать при таких низких уровнях вредных выбросов.

Из-за присутствия хлора поливинилхлорид из всех пластмасс причиняет наибольший вред окружающей среде. Другие полимеры, например полипропилен и полиэтилен, экологически менее вредны. Они имеют такие же физические свойства, что и ПВХ, но не содержат хлора. Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) - материал, из которого делают бутылки для газированных напитков, утилизируется в девяти штатах (Калифорния, Коннектикут, Делавэр, Мэн, Массачусетс, Мичиган, Нью-Йорк, Орегон и Вермонт), где приняты соответствующие законы. Утилизация собираемых в этих штатах бутылок дает 68 тыс. т ПЭТФ-смолы из общего количества (340 тыс. т) производимого в стране ежегодно этого материала. Утилизирующие предприятия платят от 100 до 140 долл. за тонну собранного ПЭТФ, что делает этот материал вторым по ценности вторичным сырьем (после алюминия) в составе твердых городских отходов. Вторичный ПЭТФ превращается в смолы, используемые для литьевого формования различных изделий, например деталей автомобилей и электронных приборов, а также для изготовления полиэфирных волокон, идущих на изготовление подушек, мягкой мебели, утепленной одежды и ковровых покрытий.

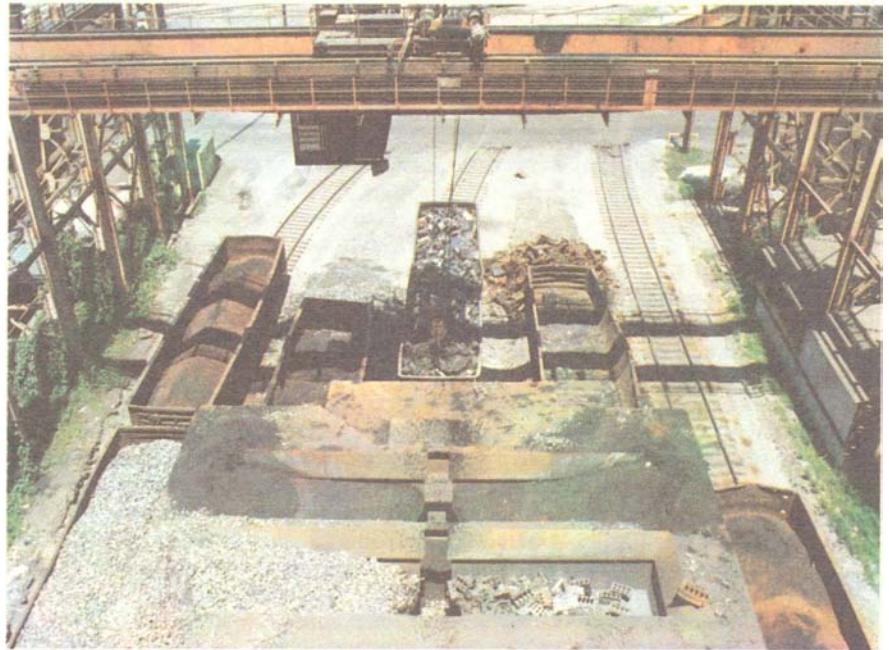
По мере развития инфраструктуры для сбора и сортировки ПЭТФ и других потребительских пластмасс масштабы использования вторичных пластмассовых материалов могут значительно расширяться. По данным предприятий, утилизирующих пластмассовые отходы, таких как фирмы Wellman Inc. в Шрусбери, шт. Нью-Джерси, которая перерабатывает около 45 тыс. т ПЭТФ в год, рынок вторичных пластмасс в настоя-

щее время ограничивается не спросом, а эффективностью сбора отходов.

НЕСКОЛЬКО иная картина сложилась в сфере производства чугуна и стали, где существуют устоявшиеся методы утилизации вторичного сырья и развитая инфраструктура для сбора лома. Тем не менее отслуживший металл продолжает скапливаться на свалках и в других местах по всей стране, так как не находит должного спроса. Железо, главный компонент стали и чугуна, является стержнем современной жизни: оно применяется при строительстве дорог и мостов, в движущихся по ним автомобилях, а также в зданиях. В США производство железа начинается с добычи железной руды в огромных карьерах глубиной до 100 м и более. Руда обогащается и перерабатывается в окатыши на рудообогатительных предприятиях, а затем превращается в чугуны в доменных печах, где руда нагревается вместе с коксом, известняком и воздухом. Из кокса в расплав переходит углерод, а известняк и содержащийся в воздухе кислород реагируют с примесями руды и образуют шлак, который удаляется из печи. Вводя в металл небольшие добавки некоторых элементов, получают сталь, которую затем разливают на слитки или подвергают прокатке или ковке с получением стальных заготовок, плит, слэбов, балочных профилей, листов и т. п.

Благодаря особым свойствам железа (главным образом ферромагнетизму) стальные и чугунные отходы легко поддаются сортировке и отделению от других видов отходов. Вследствие огромной массы находящегося в обращении железа утилизация вторичного железного сырья оказывается сравнительно простой и экономически выгодной. Неудивительно поэтому, что помимо железной руды в сталь ежегодно перерабатываются миллионы тонн лома. Так, отходы стального листа после штамповки автомобильных деталей вторично используются для отливки блоков двигателей и других литых деталей. Четыре литейных цеха компании General Motors работают полностью на стальном ломе, получаемом с других предприятий фирмы, и на отходах чугуна собственного производства.

Хотя использование вторичного железного сырья и не представляет больших технических трудностей, эта система все же не является замкнутой. Значительная доля стального лома, образующегося в производстве потребительских товаров, остается несобранной и, валяясь повсюду, под-



МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ЛОМ (отходы литья и механической обработки деталей двигателей), поступивший на литейный завод фирмы General Motors в Дефайансе, шт. Огайо. У фирмы четыре литейных завода, которые работают полностью на ломе, поступающем с других литейных, кузнечно-штамповых и металлообрабатывающих предприятий компании. Несмотря на простоту утилизации стального лома, миллионы тонн его скапливаются ежегодно на свалках в США ввиду недостатка спроса.

вергается коррозии, и какая-то его часть ежегодно выбывает из обращения, что является скорее бедствием, нежели благом. В 1982 г. количество пригодного к утилизации железного лома в стране составляло 610 млн. т; в 1987 г. - свыше 750 млн. т. Главная причина этого роста заключается в том, что производство чугуна и стали в США за указанный период было на самом низком уровне за все время с момента окончания второй мировой войны. Спрос на лом для производства стали снизился, а накопление стального и чугунного лома продолжалось теми же темпами.

Увеличение запасов лома произошло также вследствие перехода на новую технологию производства стали как в США, так и в других странах: мартеновские сталеплавильные печи заменили кислородными конвертерами. При производстве стали в кислородных конвертерах на ЮОТ жидкого чугуна из доменной печи добавляется всего лишь 25 т стального лома, тогда как в шихте мартеновской печи эти материалы смешиваются примерно в равной пропорции.

Переход на кислородные конвертеры начался в США примерно в 1958 г., и в настоящее время на долю мартеновских печей приходится менее 30% общего производства стали. Замена мартеновских печей кислородными конвертерами производилась в целях

повышения производительности сталелитейного производства и снижения загрязнения атмосферы, однако исчезновение мартеновских печей привело к сокращению использования стального лома. Когда происходила замена мартеновских печей конвертерами, сталеплавильщики не имели экономического механизма учета вредных экологических последствий скопления стального лома или оценки возможных долговременных последствий потребления большего количества руды на тонну выплавляемой стали.

Позднее в стране появились сталеплавильные мини-заводы, оборудованные электрическими печами и работающие исключительно на стальном ломе. Эти небольшие заводы взяли на себя некоторую долю производства стали в стране, однако не настолько большую, чтобы компенсировать снижение спроса на стальной лом, который раньше шел в мартеновские печи. Кроме того, мини-заводы производят лишь ограниченный ассортимент стальных изделий, а многие из этих изделий должны изготавливаться из лома с очень узкими допусками по примесям. Например, стальной лом с большой примесью меди непригоден для производства листового стали, так как металл получается слишком хрупким и непригодным для штамповки. Если мини-

заводы, оборудованные электропечами, возьмут на себя задачу утилизировать скопившийся в стране стальной лом, они должны перейти на выпуск более широкого сортамента сталей и внедрить более совершенную технологию, допускающую переплавку лома с большим количеством примесей.

ПО СЕРЕДИНЫ 70-х годов производство металлов платиновой группы (платины, палладия, родия, рутения и осмия) составляло исключительно эффективную часть промышленной системы. В то время возврат вторичных металлов этой группы достигал 85% и более, однако появление автомобильных каталитических преобразователей нанесло удар этой промышленной экосистеме, так что прежние нормы возврата вторичных платиновых металлов только сейчас начинают восстанавливаться до прежнего уровня.

Вторичное использование металлов платиновой группы диктуется не столько влиянием отходов этих металлов на окружающую среду, сколько их ограниченными запасами и

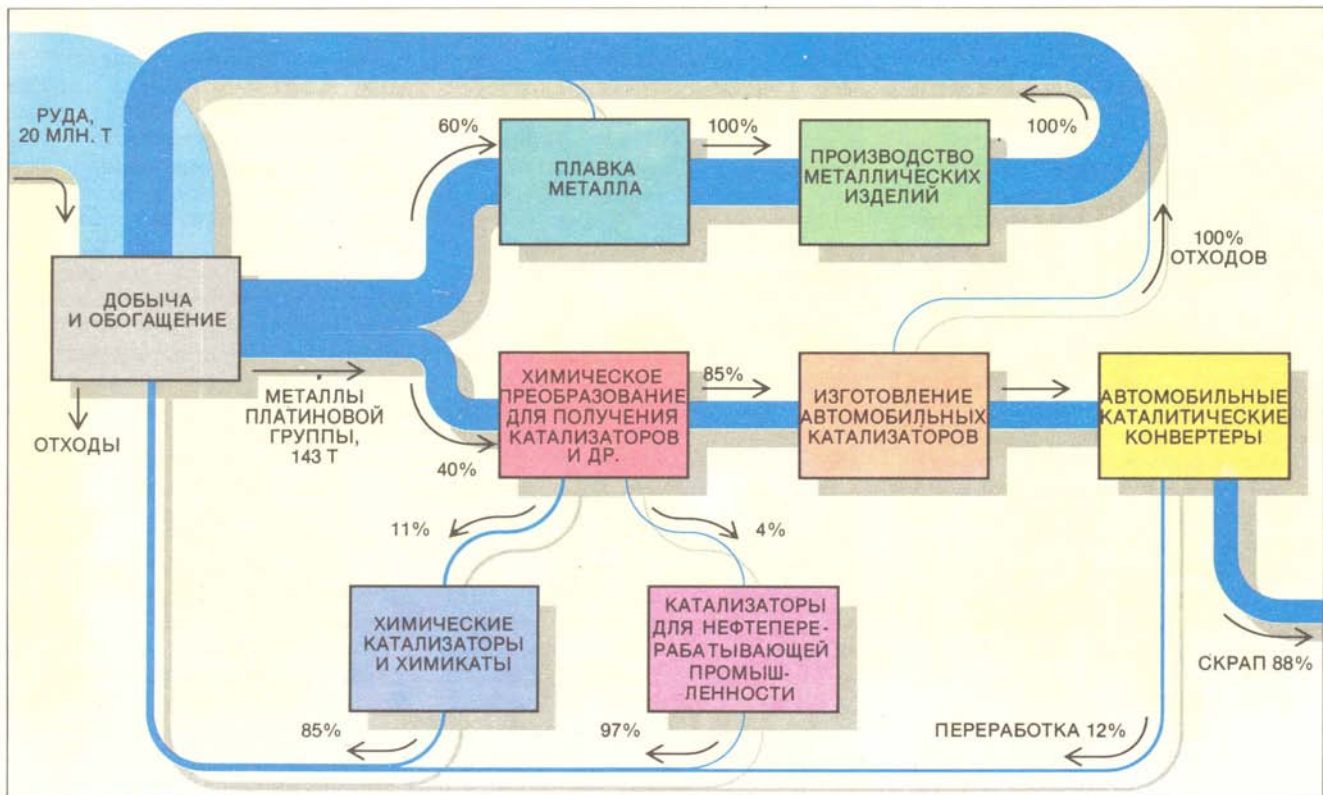
трудностями добычи и очистки. Содержание комплекса металлов платиновой группы в рудах обычно составляет всего лишь семь частей на миллион, и, следовательно, переработка 20 млн т руды в год дает лишь 143 т чистых металлов, что по объему не более куба со стороной 2 м.

Около 60% добываемых металлов платиновой группы идет на изготовление ювелирных изделий, драгоценных слитков и резервуаров химических реакторов; возврат отходов этих продуктов в производство обеспечивается почти полностью. Остальные 40% используются для производства химического сырья и катализаторов, используемых в химической, нефтеперерабатывающей и автомобильной отраслях промышленности. Катализаторы адсорбируют на своей поверхности молекулы и увеличивают скорость химических реакций, в которых происходит объединение молекул или, наоборот, их расщепление. Каталитические преобразователи для автомобилей, уменьшающие содержание углеводородов, оксида углерода и оксидов азота в выхлопных газах, год от года требуют все больше-

го количества металлов платиновой группы; их расход на эти цели вырос с 11,5 т в 1975 г до примерно 40 т в 1988 г. На нужды автомобилестроения в настоящее время приходится большая часть годового устойчивого спроса на металлы платиновой группы.

Вторичное использование платиновых металлов, применяемых в промышленности, осуществляется вполне эффективно. На каждом заводе катализаторы применяются в больших количествах, так что выгоды от их вторичного использования очевидны. Использованные катализаторы обычно возвращаются на переработку каждые несколько месяцев, что обеспечивает непрерывный поток нужного сырья на перерабатывающие предприятия. Например, на химических и фармацевтических предприятиях оборот катализаторов происходит менее чем за год, причем на переработку возвращается около 85% металлов платиновой группы. На некоторых нефтеперерабатывающих заводах возврат благородных металлов достигает даже 97%.

В автомобильной промышленности ситуация с благородными метал-



МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ почти полностью восстанавливаются из лома ювелирных и других фабричных изделий, на которые расходуется примерно 60% сырья. Промышленные катализаторы и химикаты, также легко «отдающие» эти ценные металлы при переработке, «забирают» еще 6% добычи. Наиболее быстрыми темпами потребление этих металлов растет в производстве автомо-

билейных каталитических преобразователей; объемы вторичного использования металлов из этих изделий значительно ниже. Только теперь начинает создаваться инфраструктура для сбора миллионов преобразователей, которые ежегодно попадают на автомобильные свалки; из каждого преобразователя можно извлечь около 2 г платины (стоимость 32 долл. по ценам на середину 1989 г.).

лами гораздо хуже, чем в перерабатывающей промышленности. Число каталитических преобразователей, установленных на автомобилях, составляет десятки миллионов, и каждый из них содержит лишь несколько грамм металла платиновой группы (например, менее 2 г платины). При среднем сроке службы автомобиля около 10 лет темпы возврата благородных металлов оказываются очень медленными. В результате сейчас в автомобильной промышленности утилизируется всего лишь 12010 металлов платиновой группы из каталитических преобразователей.

Низкие темпы утилизации используемых в автомобилях катализаторов почти полностью можно объяснить отсутствием эффективных средств сбора использованных преобразователей, хотя технология извлечения металлов платиновой группы из отслуживших свой срок преобразователей уже хорошо разработана. Так, завод, открытый в 1984 г. компанией Texas Gulf and Minerals, извлекает из преобразователей 90% платины, 90% палладия и 80% родия. В то же время миллионы использованных преобразователей все же пропадают на тысячах свалок и примерно на 2000 предприятий по утилизации автомобильного лома. Поиск и сбор старых преобразователей, извлечение из них катализатора и его доставка на перерабатывающие предприятия обходится довольно дорого, так что переработка использованного катализатора в большинстве процессов невыгодна, если цена платины не превышает 17 долл. за грамм.

Перспективы утилизации каталитических преобразователей все же улучшаются. Теперь, когда большинство автомобилей первого поколения с каталитическими преобразователями оказалось на свалках, возник достаточно мощный и непрерывный приток вторичного сырья на перерабатывающие предприятия. Еще более важно то, что создается инфраструктура для сбора отслуживших преобразователей. Некоторые японские компании, например Nippon Engelhard, уже создали в США пункты сбора каталитических преобразователей с целью их последующей переработки в Японии. Кроме того, введение более строгих требований к составу автомобильных выхлопных газов в Европе, где каталитические преобразователи еще не являются обязательными, повысит спрос на металлы платиновой группы и сделает утилизацию катализаторов более выгодной.

РАССМОТРЕННЫЕ циклы обращения пластмасс, железа и металлов



БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ быстро заполняют городские свалки, (типа этой, расположенной в Дентфорде, шт. Нью-Джерси). Остроту экологических проблем можно уменьшить, если изменится отношение населения к бытовым отходам. Сортировка отходов на бумагу, стекло и пластмассу для удобства их утилизации может замедлить темпы заполнения городских свалок и сократить потребление дефицитных ресурсов.

платиновой группы иллюстрируют некоторые проблемы, связанные с созданием промышленных систем, не причиняющих вреда окружающей среде. Не менее важно и то, каким образом потребление сырья и выход продукции в каждом процессе связаны с общей промышленной экосистемой. Эта связь чрезвычайно важна для построения замкнутых или почти замкнутых систем.

Как и их биологические аналоги, отдельные производственные процессы в эффективно действующей промышленной экосистеме вносят свой вклад в оптимальное функционирование всей системы. Необходимы такие процессы, в которых выработка не утилизируемых отходов (включая бросовое тепло) и потребление дефицитных материалов и энергетических ресурсов были бы сведены до минимума. Отдельные производственные процессы нельзя рассматривать обособленно, как существующие сами по себе. Процесс, дающий большое количество отходов, которые используются в другом процессе, может оказаться предпочтительнее того, который дает меньшее количество отходов, но таких, что они не могут быть утилизированы.

Необходимость «тонкого» расчета при решении вопроса о внедрении той или иной технологии можно продемонстрировать на примере «дематериализации» промышленных изделий, т. е. использовании пластмасс, композиционных материалов и высокопрочных сплавов для снижения мас-

сы конечного продукта. В последние годы тенденция к «дематериализации» привлекает все большее внимание. Например, масса среднего легкового автомобиля с 1975 г. уменьшилась более чем на 400 кг, причем на 100 кг благодаря замене стали алюминией и пластмассами. Естественно, что более легкие автомобили потребляют меньше бензина. В то же время сталь легко утилизировать, тогда как пришедшие ей на смену композиционные материалы трудно поддаются вторичному использованию. Чистый результат выражается в снижении потребления топлива, но одновременно оно сопровождается ростом количества не утилизируемых отходов и увеличением потребления ресурсов.

МИНИМИЗАЦИИ отходов в нефтяной и химической промышленности США способствовало принятие в конце 70-х годов правительственных постановлений по контролю за удалением вредных отходов. Эти постановления, учитывающие долгосрочные затраты на сохранение окружающей среды, подняли стоимость удаления отходов на свалки с 20 до 200 долл. и более за тонну и сделали более выгодным использование альтернативных способов ликвидации отходов. Многие компании находят выгодным продавать свои отходы как сырье. Например, сталеплавильная компания Meridian National на Среднем Западе подвергает переработке серную кислоту, с помощью ко-

торой удаляется окалина со стальных листов и слябов, и затем использует ее вторично, а получающиеся в процессе переработки отходы - сульфат железа - продает изготовителям магнитофонной ленты.

Чтобы исключить производство не утилизируемых отходов, подобный подход необходимо предпринять в отношении всех веществ, содержащихся в огромных потоках промышленных выбросов, даже тех, концентрации которых незначительны. Выбросы на каждой отдельной стадии производственных процессов могут быть невелики, но, складываясь, они могут оказаться серьезным фактором загрязнения окружающей среды. Минимизация мириадов таких малых выбросов представляет собой одновременно и сложное и потенциально дорогостоящее мероприятие.

Частично проблему можно решить внедрением множества относительно мелких модификаций. Например, некоторые химические и нефтеперерабатывающие предприятия значительно снизили выбросы вредных веществ за счет простого изменения условий доставки и хранения очищающих растворов и других химических веществ, расходуемых в небольших количествах, и тем самым устранили необходимость удаления неиспользованных остатков этих веществ.

На нефтеперерабатывающем комплексе компании ARCA в Лос-Анджелесе ряд относительно малозатратных модификаций позволил снизить ежегодное количество отходов с 12 000 т в начале 80-х годов примерно до 3 400 т в настоящее время, что увеличило доходы предприятия и позволило сэкономить около 2 млн. долл. на удалении отходов. Компания продает использованные катализаторы на основе алюминия фирме Allied Chemical, а отслужившие кремниевые катализаторы - цементным предприятиям. Ранее эти материалы считались вредными отходами, и стоимость их вывоза на свалки обходилась в 300 долл. за тонну.

Щелочные карбонатные шлаки, используемые для смягчения воды на этом нефтеперерабатывающем предприятии, сбываются расположенному в нескольких милях предприятию по производству серной кислоты, где они используются для нейтрализации кислых сточных вод. (Ранее предприятие по производству серной кислоты покупало для этой цели чистый едкий натр). Для этого пришлось переделать систему выпускных труб для удобства отгрузки продукта потребителю, а персоналу завода теперь дополнительно приходится контролировать pH шлака, но общие капита-

ловложения в переделку оказались невысокими.

Компания ARCA приступила также к восстановлению нефти, скапливающейся в результате утечки, и других отходов, введя в строй регенерирующую установку стоимостью 1 млн. долл. В будущем году, когда установка начнет работать на полную мощность, ожидается, что количество отходов на предприятии снизится еще на 2 000 т. Некоторые отходы, например растворители, аэрозольные баллоны и несколько сот тонн асбестовой изоляции, ежегодно заменяемой на предприятии, пока еще будут перерабатываться за пределами данного предприятия или вывозиться на свалку.

Пример компании ARCA не единичен: подобные усилия предпринимаются и на других крупных нефтеперерабатывающих и химических предприятиях. Так, капиталовложения в размере 300 тыс. долл. на реконструкцию технологического оборудования и установку регенерирующей системы на заводе Toms River компании Ciba-Geigy в Нью-Джерси позволили снизить расходы на удаление отходов на 1,8 млн. долл. за период с 1985 по 1988 г. Компания Dow Chemical установила отдельную систему для утилизации избытка соляной кислоты, которая либо возвращается в технологический цикл, либо вывозится на продажу. Таким образом, ежегодно утилизируется 1 млн. т кислоты, что обеспечивает доход в 20 млн. долл.

ПОБОЧНЫЕ продукты и выбросы с промышленных предприятий составляют «доходную» статью промышленной экосистемы. «Расходной» статьей, или статьей «спроса», является готовая продукция, которую приобретает потребитель, а затем выбрасывает ее как отходы (в частности, лом), но эти отходы могут служить исходным сырьем в последующем производственном цикле. Если идея о создании ПРОМЫШЛЕННОЙ экосистемы станет общепризнанной, изменения в сфере производства должны быть согласованы с изменениями форм потребительского спроса и обращения с материалами после того, как они приобретены, использованы, а затем выброшены.

Поведение и привычки американских потребителей в настоящее время претерпели искажение и во времени, и в пространстве. Например, типичный житель Нью-Йорка ежедневно выбрасывает почти два килограмма твердых отходов, тогда как житель Гамбурга или Рима выбрасывает в полтора раза меньше или столько же,

сколько нью-йоркцы выбрасывали в начале века. Более того, сложившиеся в США потребительские привычки и практика обращения с отходами таковы, что затрудняют все усилия по снижению количества бытовых отходов и уменьшению напряженности на городских свалках. Большой процент бытовых отходов составляют органические материалы и пластмассы, которые можно было бы без труда компостировать и утилизировать или использовать в качестве топлива для производства энергии, но вместо этого они выбрасываются на свалки. Бремена, когда землю под свалки можно было легко приобрести и когда складирование отходов на свалках обходилось недорого, ушли в прошлое.

Теперь, когда свалки по всей стране достигли своей предельной емкости, во многих городах приняты и действуют программы сортировки бытовых отходов, для того чтобы сократить количество не утилизируемых отходов; можно надеяться, что появятся и другие инициативы. В некоторых других странах уже внедрена довольно сложная практика сбора и обработки отходов, включающая не только простую сортировку и утилизацию. В Японии, Швеции и Швейцарии, например, открыты центры по сбору использованных батареек для питания переносных радиоприемников и других бытовых приборов. Батарейки содержат тяжелые металлы, из-за чего компостированные бытовые отходы нельзя использовать как удобрения; эти металлы также засоряют летучую золу и шлаки мусоросжигательных печей, поэтому золу и шлак приходится удалять как вредные отходы.

Эффективная инфраструктура по сбору и разделению различных бытовых отходов может существенно повысить эффективность промышленной экосистемы. Американским потребителям придется отказаться от небрежного обращения с отходами, чтобы прекратить накопление огромных масс несортированных отходов по всей стране, но в целом это не скажется на уровне жизни в США. Кроме того, свалки городских отходов приближаются к насыщению с такой же скоростью, что и свалки промышленных отходов; потребители вскоре окажутся перед лицом тех же экономических проблем ликвидации отходов, которые стоят сейчас перед производителями.

СЗДАНИЕ безвредной промышленной экосистемы крайне желательно с точки зрения сохранения среды обитания для будущих поколений,

но в некоторых случаях это может быть также высокоприбыльным предприятием. С другой стороны, существует целый ряд препятствий для успешной реализации этой идеи. Корпорации и общественность должны изменить в благоприятную сторону свое отношение к экосистемному подходу, а методы правительственного регулирования должны быть более гибкими, чтобы не создавать необоснованных препятствий утилизации отходов и другим мерам по их минимизации.

Речь, в частности, идет о Федеральных законах по удалению вредных отходов. Иногда из-за этих законов минимизацию отходов осуществить труднее, чем просто ликвидировать их. Ввиду строгих требований в отношении обращения и документального оформления переработки отходов, относящихся к категории вредных, многие компании предпочитают приобретать материалы привычным для них способом, чтобы не быть связанными с официально действующими правилами. В некоторых штатах поощряется введение различных новшеств в деле обработки отходов. Например, в Калифорнии раз в два года издается каталог спроса и предложения отходов, помогающий владельцам отходов найти на них потребителей. Благодаря этому в 1987 г. было утилизировано полмиллиона тонн вредных отходов, которые в противном случае были бы отправлены на свалки. В десятке других штатов США и в Канаде действуют биржи отходов.

Помимо стимулирования новаторских методов в деле минимизации отходов правительства должны концентрировать внимание на экономическом стимулировании перехода к безвредному для окружающей среды производству. Растущая стоимость сброса отходов на свалки заставляет компании совершенствовать производственные процессы и сокращать количество не утилизируемых отходов, но многие менее концентрированные выбросы еще контролируются старым классическим способом «на конце трубы», т. е. устанавливаются нормы предельных концентраций вредных веществ в выбросах. Компании должны выполнять требования действующих инструкций, но это не дает прямым преимуществ тем производителям, которые применяют средства для улавливания низкоконцентрированных выбросов или внедряют технологические процессы, обеспечивающие выброс менее вредных продуктов.

Традиционные экономические методы учитывают только те последствия производственных решений, ко-

торых можно ожидать лишь в ближайшее время. Если, например, производитель выпускает неподдающиеся утилизации контейнеры, то налогоплательщики несут повышенные расходы на удаление этих контейнеров на свалки; если электростанция снизила выбросы, вызывающие кислотные дожди, то выгоду от этого получают повсеместно. В таких случаях прибыли производителя или энергетической компании обычно являются косвенными.

ЭКОНОМИСТЫ уже давно выступают за Финансовое стимулирование снижения загрязнения окружающей среды вместо применения абсолютных запретительных мер. Эти стимулы включают кредитование капиталовложений и исследований, льготы на налоги, а также штрафы и налоги на производителей в зависимости от количества и характера производимых ими вредных материалов. Такие меры могут оправдать расходы на обработку и ликвидацию отходов; еще более важно то, что они стимулируют производителей совершенствовать производственные процессы для уменьшения вредных отходов. Штрафы и налоги за загрязнение окружающей среды делают расходы на экологические цели внутренними расходами производителя, так что они могут быть учтены при принятии решений (см. Уильям Д. Рукельсхаус. Сбалансированность как глобальная стратегия, с. 110).

Система штрафов за загрязнение окружающей среды подвергается критике со стороны специалистов в области экологии и экономистов, которые считают эти штрафы платой за «разрешение на загрязнение» и причиной «деформации рынка». Обе эти характеристики потенциально справедливы. При невысоких штрафах компании расценивают их не более как дополнительную плату за предпринимательскую деятельность и ничто им не мешает перекладывать эти расходы на потребителей; слишком высокие штрафы могут заставить предпринимателей снизить выбросы каких-то определенных веществ, не обращая внимания на другие экологические эффекты или на финансовое бремя.

Однако правильно установленные штрафы или стимулы могут оказывать эффективное средство, заставляющим производителей включать в статью социальных затрат в системе расчета собственных издержек расходы на охрану окружающей среды и удаление отходов. Как и в случае с ростом платы за пользование свалками для вредных отходов, стоимостная обратная связь в отношении дру-

гих вредных отходов может привести к тому, что исключение источника вредных веществ окажется более выгодным, чем уничтожение или складирование уже произведенных вредных отходов. Такие штрафы позволят производителям участвовать в общих экономических сбережениях и получать выгоду от снижения уровня выброса вредных материалов. Введение экономических стимулов могло бы обуздать стремление производителей, движимых условиями конкурентной борьбы, снижать непроизводительные расходы. Действительно, производители, пренебрегающие этим императивом, теряют рынки сбыта; это положение не изменится, если причиняемый загрязнением окружающей среды социальный ущерб не будет затрагивать интересы предпринимателей.

Экономические стимулы сами по себе еще недостаточны для того, чтобы идея перехода к промышленной экосистеме стала общепризнанной. Традиционные производственные процессы рассчитаны на то, чтобы обеспечить немедленные выгоды производителю и потребителю определенного продукта, а не всей экономике в целом. Для того чтобы достичь нужного баланса между узкими экономическими выгодами и сохранением экологической чистоты, необходим комплексный подход. (Разумеется, в широком смысле экономические и экологические цели совпадают: места, малопригодные для жизни, не могут быть подходящими для экономической деятельности.)

В системе образования следует углубить изучение концепций промышленной экологии и системной оптимизации. В современных программах инженерно-технического образования изучение этих концепций либо отсутствует вовсе, либо они преподаются в столь малом объеме, что не дают нужных знаний для решения экологических проблем, связанных с производством. Однако изменений содержания технического образования недостаточно. Концепция промышленной экологии должна быть признана и оценена официальными органами, ведущими предпринимателями и средствами массовой информации. Она должна быть привита социальному поведению и принята на вооружение как правительством, так и лицами, ответственными за развитие промышленности.

Правительственные меры по контролю выбросов на местном, национальном и международном уровнях будут по-прежнему играть важную роль в переходе от традиционных способов производства к идее про-

мышленной экосистемы. Этот переход может быть ускорен, если экономические стимулы как часть системы управления будут приняты своевременно.

Для обеспечения максимальной эффективности системы административного регулирования официальные круги должны основывать свою политику на экологически здоровой технологии и поощрять технологические новшества. Правовые акты должны разрабатываться так, чтобы развитие альтернативных технологических процессов поощрял ось (или по крайней мере не создавал ось препятствий этому развитию) и передовые способы обращения с промышленными отходами получали всяческую поддержку. Законодательные органы должны учитывать лучший опыт, накопленный в промышленности, для того чтобы избежать таких мер контроля, которые препятствовали бы ходу производственного процесса. Создать эффективно действующую систему правового регулирования окажется почти невозможно, если правительство, представители промышленных кругов и специалисты по вопросам экологии не откажутся от взаимных упреков и не объединят своих усилий в решении общей проблемы.

Даже при реализации промышленной экосистемы поиск решений о наилучшем использовании ресурсов не всегда будет простым. Например, нефть является не просто источником энергии, но и сырьем для производства химических веществ, пластмасс и других материалов. Некоторые специалисты утверждают, что она должна использоваться только как сырье, но не как источник энергии. Такие же аргументы можно привести в отношении каменного угля, считая, что его использование допустимо только в качестве сырьевого материала, но не как топлива. Изделия же из пластмасс, после того как они станут отходами, можно сжигать для получения энергии, утилизировать для производства новых продуктов или даже разлагать на химические составляющие; окажется ли этот путь эффективным, сказать однозначно невозможно. Для ответа на данный вопрос нужен тщательный анализ возможных последствий.

Идеальная экосистема, в которой оптимизировано использование энергии и материалов, сведены до минимума отходы и выбросы, а производство каждого продукта экономически обосновано, не может быть достигнуто в скором будущем. Современные технологические процессы часто не отвечают этой цели, а сказать, какими они должны быть, у нас пока не

хватает знаний. Трудности на пути создания промышленной экосистемы огромны, особенно если учесть сложности, связанные с обеспечением гармоничного сочетания глобального промышленного развития и сохранения экологической чистоты.

Тем не менее мы смотрим в будущее с оптимизмом. Стимул для промышленности очевиден: промышленные компании будут в состоянии снизить свои издержки и сохранить конкурентоспособность, если будут придерживаться экономически рационального подхода, учитывающего

глобальные затраты и выгоды. Столь же ясными представляются и выгоды для всего общества: люди получают возможность поднять уровень своего благосостояния без заметного экологического ущерба, который мог бы ухудшить качество жизни в далекой перспективе. Учитывая, что люди и применяемая ими техника являются лишь частью естественной среды, можно имитировать лучшие примеры биологических экосистем и построить искусственные экосистемы, которые будут жизнеспособными в течение длительного времени.

Наука и общество

«Удар сделал свое дело...»

УЖЕ НА протяжении около 10 лет ученые обсуждают вопрос о том, можно ли столкновения внегалактических объектов с Землей считать причиной массовых вымираний живых организмов, которые происходили несколько раз в истории эволюции, отразившись в палеонтологической летописи. Самое драматическое событие, которое вызывает наибольшие споры, произошло 65 млн. лет назад в конце мелового - начале третичного периодов, когда исчезло около половины всех видов, включая динозавров. В сообщении М. Жао и Дж. Бады из Скриппсовского океанографического института Калифорнийского университета в Сан-Диего, опубликованного в журнале «Nature», приводится новое свидетельство того, что массовое вымирание было вызвано столкновением с внегалактическим объектом.

До настоящего времени наиболее убедительным доказательством в поддержку этой «ударной» гипотезы было существование особого тонкого слоя глины на границе между меловыми и третичными отложениями, содержащего сравнительно много иридия, который редко встречается в земной коре, но характерен для метеоритов. Этот слой содержит также кристаллы кварца, которые, по видимому, могли образоваться в результате мощного удара. Однако оппоненты этой гипотезы утверждают, что богатое иридием вещество из земной мантии могло появиться в результате вулканических извержений. Вулканизм, как они считают, может так-

же объяснить наличие «ударного» кварца.

В надежде разрешить спор между вулканической и ударной теориями Жао и Бада решили обследовать осадочные породы в граничном слое для обнаружения необычных органических смесей, которые, как и иридий, обычно находят в остатках метеоритов. Ни одно органическое соединение не может выдержать огромного тепла при действии вулканов, поэтому эту причину можно было бы при этом полностью отбросить. Тепло, образовавшееся в результате удара очень большого объекта о Землю, могло разрушить также органические смеси, содержащиеся в объекте, но Жао и Бада надеялись, что какие-то следы, поддающиеся обнаружению, могли остаться после этого катаклизма.

Они проанализировали образцы осадочных пород из богатого иридием слоя, взятых в местечке Стенс-Клинт в Дании. С достаточной степенью уверенности были обнаружены две аминокислоты - аминокислотная и изовалин - которые практически не известны в земной природе, но обнаруживались в метеоритах, называемых углестыми хондритами, о которых известно, что они содержат также иридий. Как ни странно, аминокислотная кислота и изовалин были обнаружены не внутри богатой иридием глины, а в карбонатных осадочных породах непосредственно над ней и под ней. Исследователи считают, что они в состоянии объяснить загадку. Эти аминокислоты могли путем диффузии перейти из глины, в которой были слабо связаны, и задер-

жаться в карбонатных осадочных породах, к которым у них имеется большое химическое средство.

Другое, более удивительное открытие состоит в том, что аминокислотная кислота и изовалин содержатся в неожиданно больших количествах. Отношение содержания аминокислот к иридию в Ственс-Клинте было примерно в пять раз больше, чем наблюдается в остатках углистых хондритов. Это наводит на мысль, что объект, претерпевший соударение с Землей на границе мелового и третичного периодов, содержал исключительно большое количество аминокислот, т. е. является ранее не известным типом метеоритов или, возможно, как считают Жао и Бада, кометой. Хотя нет никаких прямых свидетельств в пользу того, что кометы содержат аминокислоты, наблюдения кометы Галлея в 1986 г. обнаружили следы предшественников органических веществ.

Концентрации аминокислотной кислоты и изовалина также заставляют предположить, что сложные органические молекулы, и аминокислоты в частности, могут выдерживать сильные удары гораздо легче, чем думали ранее. Жао и Бада надеются проверить эту гипотезу в лабораторных экспериментах. Они планируют также исследовать образцы осадочных пород из богатого иридием слоя в других местах на предмет обнаружения признаков аминокислот. «Мы хотим показать, что это глобальное, а не просто локальное явление», - говорит Жао.

Если данные Жао и Бада подтвердятся, то они придадут еще больший вес старой идее о том, что космические столкновения приносили на Землю и смерть, и жизнь. Миллиарды лет тому назад, когда жизнь только начиналась, столкновения происходили значительно чаще: атмосфера Земли была тоньше и количество обломков в Солнечной системе было гораздо большим, чем в более поздние периоды. Тем не менее раньше большинство ученых полагали, что химические «семена» жизни возникли каким-то образом из «первичного бульона» и что столкновения могли только добавить в этот процесс немного сырья. Теперь представляется, что столкновения могли служить основным источником не только простых органических молекул, но и полностью сформированных аминокислот, от которых остается один шаг до белков. Говоря об этом, Карл Саган из Корнеллского университета заметил: «Удар сделал свое дело и исчез».

Наука и общество

Что там синтезатор!

МУЗЫКАНТАМ, которым намучили скрипки и тромбоны, не обязательно покупать синтезатор, чтобы создавать необычные звуки. Они могут обратиться к таким необычным инструментам, как стеклянная гармоника, в которой стеклянные сосуды вращаются на «вертеле» и издают странное завывание, если их потереть влажными пальцами. Или звенящий фонтан - двухметровый шнур с глиняными колокольчиками, заключенный в трубу из прозрачного акрила; горстка стальных шариков, выходящая в трубу, производит каскад колокольного звона. Или окарина из страусиных яиц. Это лишь несколько примеров из числа инструментов, описанных в бюллетене «Experimental Musical Instruments», выходящем раз в два месяца и целиком посвященном «изобретению, конструированию и применению новых источников звука». Б. Хопкин, преподаватель и музыкант, долгие годы занимавшийся изготовлением необычных музыкальных инструментов, начал издавать упомянутый журнал четыре года назад, и теперь у него более 500 подписчиков. В журнале при водится описание некоторых инструментов, - например, французского горна, выполненного в виде тромбона, гитары Пикассо, похожей на хитросплетение нескольких ги-

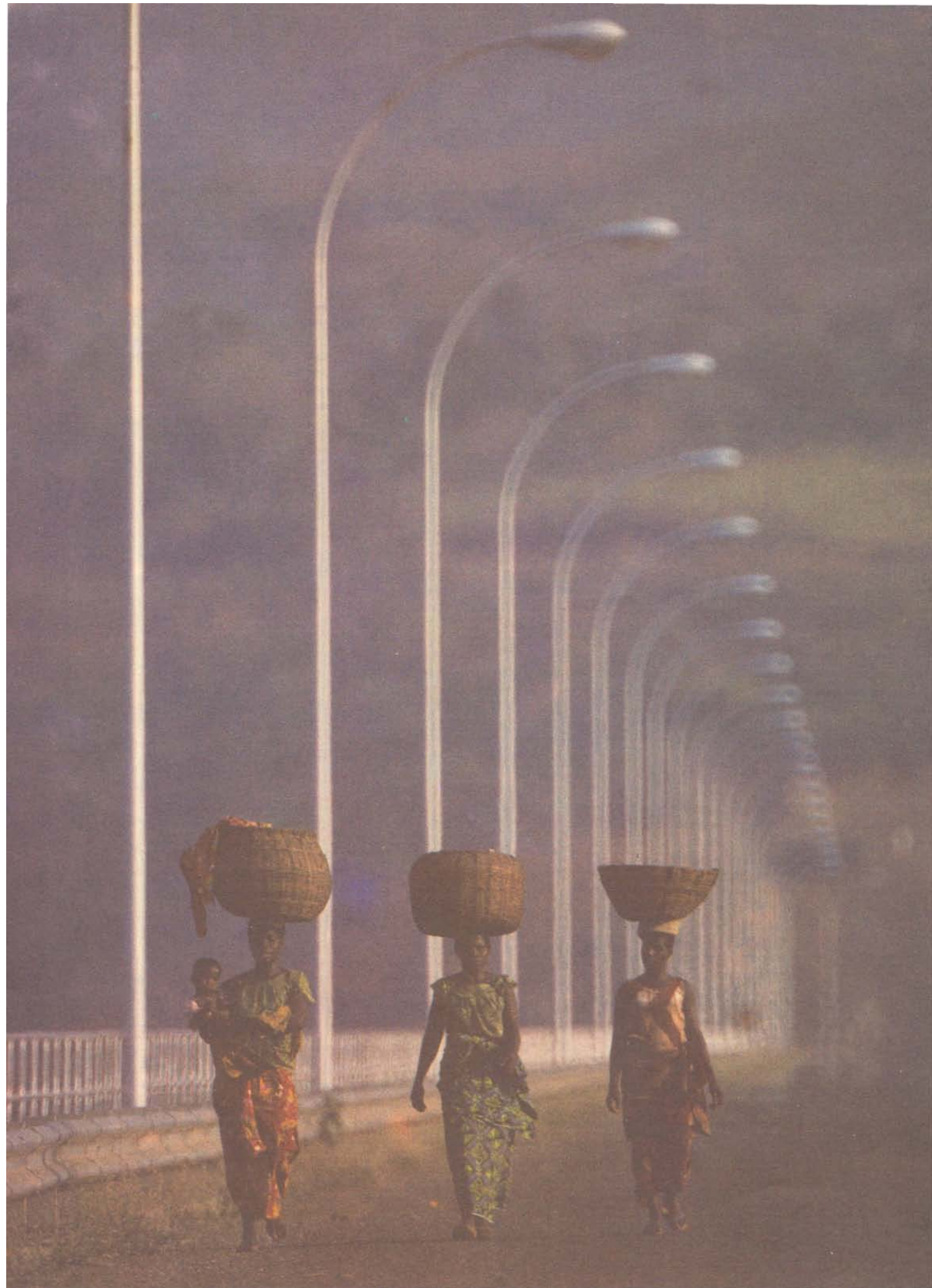
тар, - являющихся «вариациями на тему» традиционных инструментов. Другие, такие как дахсофон - деревянная планка, которая при ударе о стол и про ведении по ней смычком вздыхает и хрюкает, как молочный поросенок, - не поддаются классификации. На фотографии (сделанной Дж. Джайлис) Хопкин играет на горне из водорослей, который он изготовил из ламинарий, растущих у калифорнийского побережья.



НАПОМИНАЕМ АДРЕСА МАГАЗИНОВ — ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА «МИР»

141908 Дубна, ул. Векслера, 11, головной магазин	660036 Красноярск, Академгородок, магазин №101	142292 Пушкино-на-Оке, просп. Науки, магазин №7
375019 Ереван, ул. Барекумутян, 24-а, магазин №29	125315 Москва, Ленинградский просп.,78, магазин №19 «Мир»	634034 Томск, ул. Нахимова, 15/1, магазин №15
250001 Киев, ул. Крещатик, 44, магазин №12	440605 Пенза, просп. Победы, 4, магазин №1	454080 Челябинск, просп. Ленина, 68, «Дом книги»





Пути достижения сбалансированного экономического развития

Мировая экономика расходует природные ресурсы быстрее, чем они могут быть восполнены. Вместе с тем существуют пути, позволяющие поддерживать экономический рост без нарушения целостности природной среды

ДЖИМ МАКНЕЙЛ

С 1900 г. население Земли увеличилось более чем в 3 раза. За этот же период мировая экономика выросла в 20 раз, потребление природного топлива увеличилось в 30 раз, а промышленное производство - в 50 раз. Четыре пятых этого прироста приходится на период, начинающийся с 1950 г. В результате таких крупномасштабных изменений возник мир с новыми реальностями, которые еще не нашли отражения в поведении людей, экономике, политике и в государственном управлении.

Эти изменения привели к небывалому росту благосостояния людей, если же говорить о дальнейших перспективах, то они еще более впечатляющи. Вместе с тем процесс экономического развития сопровождается значительным и все более быстрым ухудшением экологической обстановки на Земле, что увеличивает число бедных на планете и делает людей более уязвимыми. Спустя 10 лет после Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей среды, состоявшейся в 1972 г., правительства многих стран мира начали понимать, что разрушение природной среды в невиданных прежде масштабах подрывает перспективы экономического развития и представляет собой угрозу самим обитателям Земли.

Существуют ли пути развития об-

щества, которые позволили бы удовлетворить потребности нынешнего 5-миллиардного населения Земли и в то же время не причинили потенциального ущерба 8-10 млрд. людей, которые будут населять Землю в недалеком будущем? Я думаю, что для решения именно этого вопроса Генеральная Ассамблея ООН призвала в 1983 г. учредить специальную, независимую комиссию. В эту комиссию, названную позже Международной комиссией по проблемам окружающей среды и развития, вошли 23 представителя из 22 стран мира. Комиссия была регионально сбалансирована и в нее вошли представители всех промышленно развитых стран, а также представители развивающихся стран, которые составили большинство. Председателем Комиссии стала Гро Харлем Брундтланд (бывшая в то время лидером оппозиции в правительстве Норвегии, а ныне занимающая пост премьер-министра этой страны), а вице-президентом - Мансур Халид, бывший министр иностранных дел Судана. Я был избран генеральным секретарем Комиссии и в мои задачи входило координировать и руководить исследованием состояния окружающей среды в глобальном масштабе.

Комиссией был проанализирован широкий спектр вопросов и проведены обширные дискуссии. Ею были учреждены специальные советы, на заседания которых приглашались представители разных стран мира. Кроме того, мы предприняли то, что прежде не делалось ни одной из международных комиссий: организовали открытые слушания в каждом регионе мира - от Джакарты до Москвы, от Сан-Паулу до Осло, от Хараре до Оттавы. Нам представили свидетельства примерно тысячи специалистов, политических лидеров и заинтересо-

ванных граждан на пяти континентах. В ходе этой работы мы становились непосредственными свидетелями противоречий между двумя реальностями - состоянием окружающей среды и процессом экономического развития. И хотя научные, экономические и политические организации рассматривают эти реалии в отдельности, указанные противоречия переплетены друг с другом и представляют собой единую проблему в жизни общества.

В октябре 1987 г., после трех лет напряженной работы, Комиссия представила на рассмотрение Генеральной Ассамблеи ООН свой доклад «Наше общее будущее». По существу доклад представлял собой положительный ответ на вышеупомянутый вопрос относительно путей развития общества. Потребности сегодняшнего дня могут быть соотнесены с потребностями дня завтрашнего при условии, что в развитии мировой экономики произойдут фундаментальные изменения. Хотя настоящая статья основана главным образом на указанном докладе Комиссии, она отражает мою собственную точку зрения, а также события, произошедшие с 1987 г., и информацию, ставшую доступной за этот период.

ВХОДЕ этой трехлетней работы Комиссия постоянно возвращалась к тому, что я называю «вопросом сбалансированности»: возможно ли управление процессом экономического развития в масштабе, предусмотренном на предстоящие 1-5 десятилетий, на экономически и экологически сбалансированной основе?

Ответ на этот вопрос далеко не очевиден, поскольку препятствия к достижению баланса между экономикой и экологией носят главным образом социальный и политический характер. До сих пор международные орга-

ПЕШЕХОДЫ НА АВТОСТРАДЕ (Кот-д'Ивуар). Эта фотография отражает смесь старого и нового, типичную для развивающихся стран. Не все вехи экономического роста очевидны в одинаковой мере; средства достижения сбалансированного развития должны включать новые системы регулирования, субсидирования и распределения ответственности.

Экономический рост, распределение доходов и бедность

Насколько быстро развивающиеся страны могут покончить с бедностью? Ответ на этот вопрос зависит от конкретной страны, однако многое может сказать и типичный случай. Возьмем, например, страну, в которой половина населения живет ниже уровня бедности и в которой доходы семей распределяются следующим образом: на 1/5 семей приходится 50% национального дохода, еще на 1/5 - 20%, на оставшиеся три пятые части - 14,9 и 7% соответственно. Такое распределение доходов типично для многих развивающихся стран с низким национальным доходом.

Рассмотрим два варианта распределения увеличивающихся доходов. В первом из них 25% прироста доходов самых богатых в стране, составляющих одну пятую населения, перераспределяется среди остального населения, а во втором такого перераспределения нет. Для этих двух случаев период, необходимый для того чтобы снизить бедность с 50 до 10% составит 18-24 года, если доход на душу населения будет расти на 3% в год, и 51-70 лет, если он будет возрастать только на 1% в год.

Таким образом, если доход на душу населения будет возрастать на 1% в год, то с бедностью удастся покончить лишь в следующем столетии, независимо от того, будут перераспределяться доходы или нет. Для того, чтобы в первой половине столетия мир встал на путь сбалансированного экономического развития, необходим рост доходов на душу населения по меньшей мере на 3% в год, а также **Большая справедливость** в распределении доходов в развивающихся странах.

низации и правительства всех стран решают экономические вопросы отдельно от экологических, и этими вопросами ведают не связанные друг с другом учреждения, такие как министерства финансов и управления по охране окружающей среды. Глобальное потепление климата стало формой обратной связи между экологической системой Земли и мировой экономикой. То же самое относится и к озоновой дыре, кислотным дождям в Европе и в восточной части Северной Америки, ухудшению почвы в степных районах, обезлесению, исчезновению различных видов животных и растений в бассейне Амазонки и многим другим экологически опасным явлениям.

В ряде регионов Земли люди уже преступили критическую черту. Что

касается истощения слоя озона и глобального изменения климата, то мир в целом тоже может оказаться у такой черты. Вместе с тем, самым настоятельным требованием следующих нескольких десятилетий является дальнейшее ускорение экономического развития. В следующие 50 лет необходимо будет в 5-1 раз повысить экономическую активность, чтобы удовлетворить потребности растущего населения Земли и чтобы число голодающих в мире начало уменьшаться. Если это уменьшение не будет значительным и быстрым, то невозможно будет остановить все убыстряющееся сокращение и ухудшение основных природных ресурсов нашей планеты: лесов, почв, вод, животного и растительного мира и атмосферы.

Переход к сбалансированному эко-

номическому развитию в первой половине следующего столетия потребует как минимум 3% годового увеличения доходов на душу населения в развивающихся странах и решительных мер, направленных на достижение справедливых отношений между этими странами, а также между ними и промышленно развитыми странами (см. текст в рамке). Хотя население последних составляет лишь 1/4 часть населения Земли, оно потребляет около 80070 товаров, производимых в мире. На долю развивающихся стран, население которых составляет 3% населения Земли, приходится менее 1/4 части мирового богатства, и этот дисбаланс неуклонно растет.

Пяти - десятикратное увеличение экономической активности приведет к колоссальной нагрузке на экосферу. Можно представить, сколь огромными будут глобальные капиталовложения в жилищное строительство, транспорт, сельское хозяйство и промышленность. Если сохраняются сегодняшние формы экономического развития, то для того, чтобы развивающиеся страны, с их нынешним населением, достигли таких же уровней потребления, как и в промышленно развитых странах, использование ими одной лишь энергии должно возрасти в 5 раз. Примерно то же самое можно сказать и в отношении затрат на обеспечение людей пищей, водой, жильем и всем необходимым для нормальной жизни.

Увеличение экономической активности в 5-10 раз кажется невероятно большим, однако в переводе на проценты годовые темпы экономического роста составят в этом случае лишь 3%, 2-4, 7070. Почему правительства как развитых, так и развивающихся стран относятся скептически к этим цифрам? Дело в том, что такие темпы роста будут едва успевать за предполагаемым ростом населения в развивающихся странах.

При сохранении нынешних тенденций роста населения 3% годового роста дохода на душу населения потребует увеличения национального дохода примерно на 5070 в развивающихся странах Азии, на 5,5070 - в странах Латинской Америки и на 6%070 Африки и Западной Азии. В 60-х и 70-х годах во многих странах этих регионов рост национальных доходов был именно таким.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ДОЛГ И ПРИТОК КАПИТАЛА В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ С 1983 ПО 1988 Г. (МЛРД. ДОЛЛ.)							
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Непогашенный долг	562,5	644,9	686,7	793,7	893,8	996,3	1020
Выплата долга	98,7	92,6	101,8	112,2	116,5	124,9	131
Основные платежи	49,7	45,4	48,6	56,4	61,5	70,9	72
Уплата процентов	48,9	47,3	53,2	55,8	54,9	54	59
Приток	67,2	51,8	43	32,9	26,2	15,8	16
Суммарный приток	18,2	4,6	-10,2	-22,9	-28,7	-38,1	-43

ДАННЫЕ О ДОЛГЕ И ПРИТОКЕ КАПИТАЛА отражающие ухудшающееся финансовое положение развивающихся стран. Долг этих стран в настоящее время достиг 1 трилл. долл. Начиная с 1984 г., суммарный приток капитала поменял направление на противоположное: сейчас 43 млрд. долл. в год поступает из развивающихся в развитые страны. Данные представлены Международным банком реконструкции и развития.

ОДНАКО в 80-х годах рост доходов в большинстве развивающихся стран почти приостановился. Эти страны столкнулись со сложными внутренними проблемами, не только экономическими, но и экологически-

ми и политическими. Во многих случаях эти проблемы взаимосвязаны. Рост населения продолжал сдерживать экономический рост в большинстве развивающихся стран, а в 2/3 из их числа наблюдалось снижение доходов на душу населения, причем в некоторых странах на 25070. Ухудшение условий торговли, например нарушение стабильности цен на товары широкого потребления, рост протекционизма на рынках развитых стран и уменьшение экономической помощи - все это привело к тому, что первостепенное внимание уделялось преодолению краткосрочных кризисов, а не долгосрочным программам развития.

Главной проблемой, особенно в странах Африки и Латинской Америки, по-прежнему остается иностранная задолженность (см. таблицу на с. 100). Долг развивающихся стран в настоящее время достиг примерно 1 трилл. долл.; уплата процентов составляет 59 млрд. долл. в год. До 1983г. сохранялся положительный суммарный приток капитала из развитых в развивающиеся страны. В 1984 г. ситуация изменилась на противоположную, и в настоящее время ежегодно около 43 млрд. долл. поступают из развивающихся в развитые страны. И это лишь только то, что учитывается Международным банком реконструкции и развития.

Кроме того, нынешняя система торговли такова, что по отношению к мировому валовому национальному продукту экологические затраты все в большей степени приходятся на долю наиболее бедных развивающихся стран с ресурсопоглощающей экономикой. Согласно исследованию, проведенному Комиссией, эти затраты составляют примерно 14 млрд. долл. в год. Эта оценка является заниженной, поскольку включает только затраты, связанные с загрязнением окружающей среды, и не учитывает истощение природных ресурсов.

Экономика большинства развивающихся и значительной части развитых стран является ресурсопоглощающей (см. рисунок на с. 102). Их экономический капитал составляют главным образом природные богатства: земля, леса, животный мир, моря, реки и заповедники. Долгосрочное экономическое развитие этих стран зависит от их способности сохранять эти богатства и поддерживать на необходимом уровне сельское хозяйство, лесоводство, рыбный промысел и добычу полезных ископаемых для своих нужд и на экспорт.

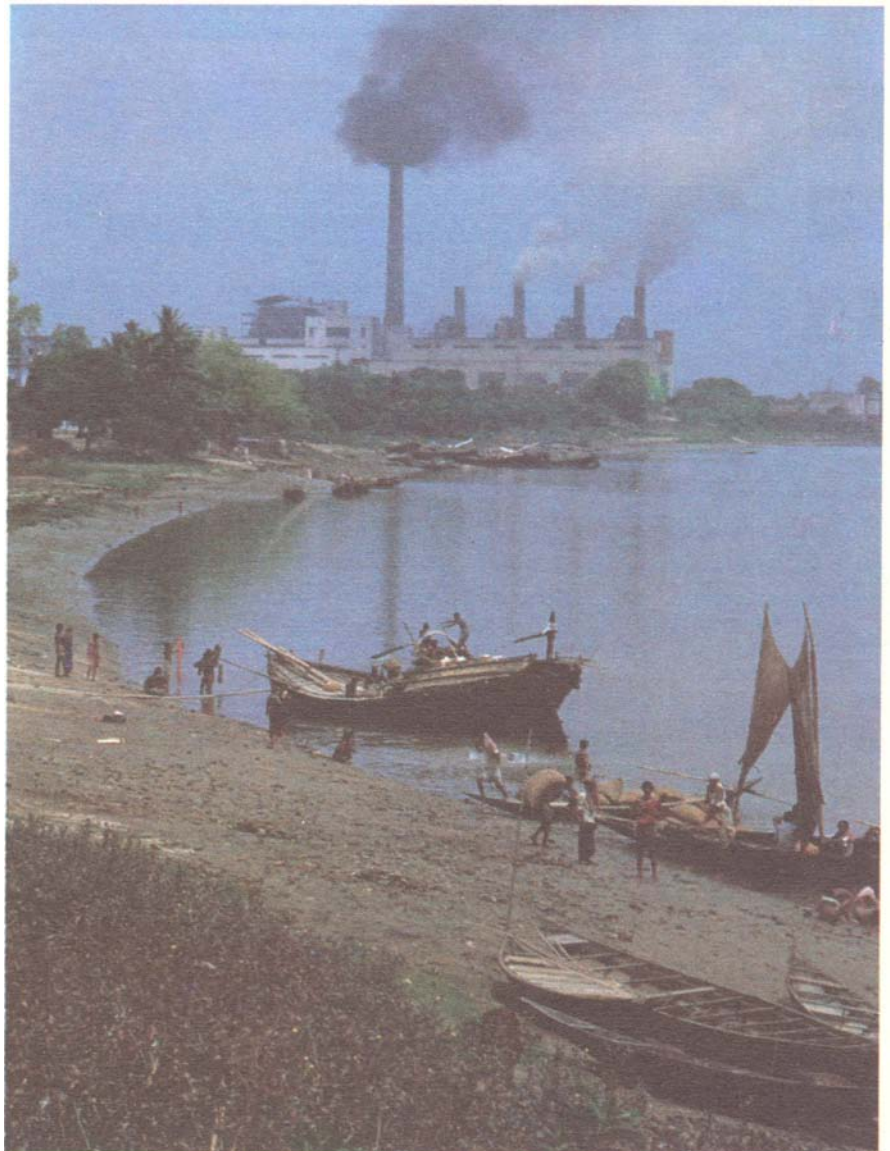
За два прошедших десятилетия в наиболее слаборазвитых странах произошло значительное сокращение

природных богатств. Если 40 лет назад в Эфиопии, например, лесные массивы занимали 30% территории страны, то 12 лет назад - 4%, а сейчас всего 1%. В конце прошлого столетия более половины территории Индии было покрыто лесами, а ныне - 14%, и эта цифра быстро уменьшается. В тропических районах на 10 поваленных деревьев приходится лишь одно посаженное. В Африке это соотношение составляет в среднем 29 : 1. На Земле каждый год исчезают леса на площади, равной территории Великобритании. Водной лишь Бразилии ежегодно леса сводятся на более чем 8 млн. га.

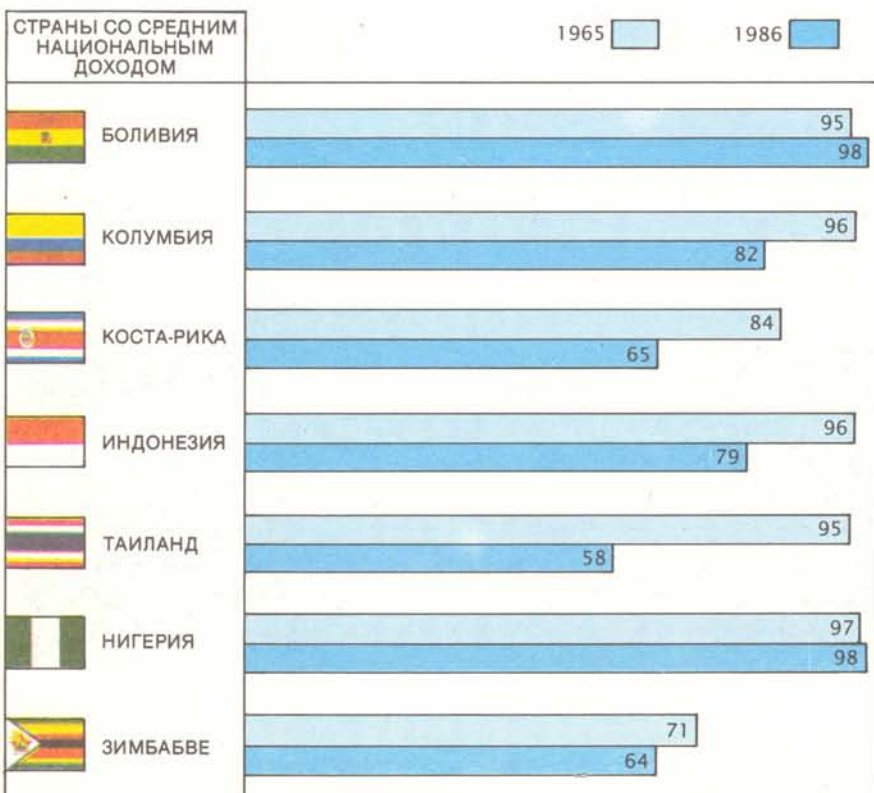
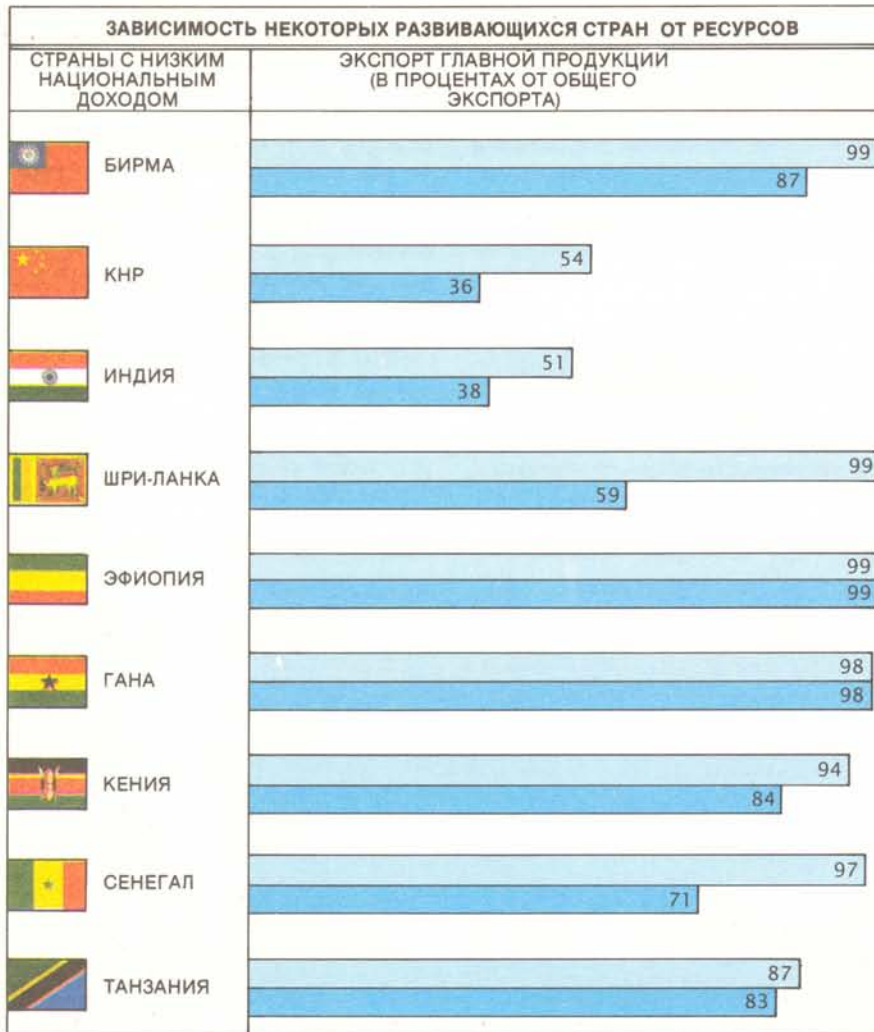
В настоящее время риску опустынивания подвержена часть суши с населением более 1 млрд. человек, но площади превышающая Африканский

континент. Ежегодно площадь пустынь увеличивается на 6 млн. га. По оценке Института всемирного экологического надзора, потеря пахотного слоя почвы ежегодно достигает 25 млрд. т. - примерно такое количество земли составляет пахотный слой всех австралийских пшеничных полей. С начала нынешнего столетия потребление воды увеличилось по меньшей мере вдвое и может возрасти во столько же раз всего за два следующих десятилетия. В 80 развивающихся странах, в которых проживает 40% населения Земли, уже сейчас испытывается нехватка воды, что в значительной мере сдерживает дальнейший экономический рост в этих странах.

В развивающихся и некоторых развитых странах главный экономический капитал - природные и возоб-



РЕКУ ГАНГ постигла та же участь, что и многие другие природные ресурсы. Она стала загрязненной в результате экономической политики, приносящей в жертву окружающую среду. Премьер-министр Индии Раджи в Ганди начал осуществлять программу по восстановлению Ганга.



новляемые ресурсы - расходуется быстрее, чем он может быть восстановлен или заменен. Некоторые развивающиеся страны уже израсходовали почти все свои природные ресурсы и находятся на грани экологического банкротства. Это грозит не только голодом и смертью, но и возникновением социальной нестабильности и конфликтов, поскольку истощение ресурсов и разрушение окружающей среды вынуждает миллионы «экологических беженцев» покидать свои страны.

Если исходить лишь из этих факторов, то легко предвидеть, что в будущем загрязнение и разрушение окружающей среды будет принимать все больший размах, число бедных будет возрастать, а природных ресурсов становиться все меньше. Таковым может быть результат многих нынешних программ экономического развития и тенденций, однако он не является неизбежным.

Альтернативу этому пути Комиссия видит в «новой эре экономического роста», не такого, который доминирует сегодня, а сбалансированного роста, основанного на формах развития, не представляющих угрозу окружающей среде. По определению Комиссии, сбалансированное развитие предусматривает новые пути экономического и социального прогресса, «которые отвечали бы нуждам нынешних поколений и не лишали бы будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности».

Концепция сбалансированного развития не нова. Как отмечает Уильям Д. Рукельсхаус в своей статье «Сбалансированность как глобальная стратегия» (см. с. 110), «поначалу экономика нашего биологического вида была сбалансированной». Для современной же цивилизации характерно несбалансированное развитие, принятие решений, которые систематически сбрасывают со счета будущее. Можно ли перестроить современную экономику в соответствии с критериями сбалансированности? Вопрос этот

ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РЕСУРСОВ в экономике некоторых развивающихся стран выражена соотношением (в процентах) между экспортом «главной продукции» - топлива, минералы, металлы и сельскохозяйственная продукция - и общим экспортом. Во многих случаях этот показатель снизился за два прошедших десятилетия в результате истощения ресурсов. Данные взяты из отчета «Мировое экономическое развитие» за 1988 г., подготовленного Международным банком реконструкции и развития.

далеко не чисто академический, скорее всего это вопрос выживания человечества.

Такие коренные изменения требуют от общества переоценки ценностей, пересмотра целей и стимулов, а также изменения подходов к принятию решений. Для достижения сбалансированного развития необходимо выполнение ряда условий. Я уже упоминал некоторые из них: оживление экономического роста, достижение справедливых отношений и удовлетворение основных нужд людей. Есть и другие, не менее важные условия.

Одно из таких условий - это уменьшение темпов прироста населения. Проблема носит здесь не просто «численный характер». Ребенок, родившийся в богатой, промышленно развитой стране с высоким потреблением энергии и материалов на душу населения представляет для планеты гораздо большую «нагрузку», чем ребенок, родившийся в бедной стране. В промышленно развитом мире принято считать, что экономическое развитие является лучшим способом контроля численности населения. Экономическое развитие, сопровождающееся урбанизацией, увеличением доходов, ростом уровня образования и расширением прав женщин, привело даже к снижению темпов прироста населения в таких странах, как ФРГ и Швеция.

Подобные тенденции отмечаются и в некоторых развивающихся странах. Кроме того, некоторые из этих стран начинают принимать решительные меры, направленные на то, чтобы молодым парам было выгодно (как с экономической, так и с социальной стороны) иметь небольшие семьи. В рамках программ планирования семьи они также обеспечивают всех желающих необходимой информацией, средствами и услугами, позволяющими контролировать размер семьи. Эти усилия требуют гораздо большей научно-технической, финансовой и особенно политической поддержки со стороны промышленно развитых стран.

ДРУГОЕ важное условие достижения сбалансированного развития заключается в том, чтобы со временем исключить уменьшение природных ресурсов, или «экологического капитала» стран и сообществ. Постоянный или увеличивающийся экологический капитал необходим не только для удовлетворения потребностей нынешних поколений, но и для обеспечения минимальной степени справедливости в отношении будущих поколений.

Может ли мировая экономика развиваться за счет использования возобновляемых ресурсов, не посягая на глобальный экологический капитал? В настоящее время экономические системы мира развиваются в противоположном направлении с нарастающим темпом, и вопрос этот остается актуальным. Для того чтобы ежегодный расход земных запасов возобновляемых ресурсов поддерживался на уровне, не превышающем способность природных систем восполнять эти запасы, промышленно развитому миру необходимо будет увеличить на несколько порядков величины поддержки стратегиям, нацеленным на снижение загрязнения окружающей среды, защиты и сохранение экологического капитала и на восполнение природных ресурсов, которые уже исчерпаны или близки к тому.

Более важной, однако, является задача пересмотра экономических решений, которые прямо или косвенно приводят к сведению лесов, опустыниванию, пагубным воздействиям на растительный и животный мир, загрязнению атмосферы и воды. Эти решения, на реализацию которых зачастую выделяются огромные бюджеты, гораздо более сильны по своим последствиям, чем любые возможные меры по охране окружающей среды или восстановлению среды обитания, которой уже причинен ущерб. До тех пор пока эти решения не будут пересмотрены, реализующие их государства не смогут предотвратить рост скорости сокращения их природного капитала.

Взять, например, сельское хозяйство. Субсидирование в этой области является одним из лучших примеров неразумной и разрушительной экономической политики. Практически весь цикл производства сельскохозяйственной продукции в Северной Америке, Западной Европе и Японии включает в себя огромные прямые или косвенные субсидии. Эти субсидии побуждают фермеров осваивать маргинальные земли, а также расчищать земли под пашню в лесных районах, применять в избытке пестициды и удобрения и расходовать для полива грунтовые и поверхностные воды. Одни лишь канадские фермеры ежегодно теряют свыше 1 млрд. долл. от сокращения производства в результате эрозии почв.

Согласно Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и другим источникам, в настоящее время система субсидирования сельского хозяйства обходится правительствам западных стран более чем в 300 млрд. долл. ежегодно.

Какие программы сохранения окружающей среды можно противопоставить этой системе? Для фермеров гораздо выгоднее получать субсидии, чем небольшие дотации, выплачиваемые им за принятие мер по сохранению почв и воды.

Система субсидирования отрицательно сказывается и за пределами национальных границ. Порождая большие излишки продукции ценой значительных экономических и экологических затрат, эта система побуждает требовать новые субсидии - на увеличение экспорта, на безвозмездную поставку пищевых продуктов в качестве помощи развивающимся странам и на увеличение торговых барьеров против импорта пищевых продуктов. Все эти меры приносят ущерб сельскохозяйственному производству.

В предстоящие несколько десятилетий центр тяжести в сельскохозяйственном производстве должен сместиться от развитых к развивающимся странам, испытывающим значительную потребность в сельскохозяйственной продукции. Земельные реформы и реформы цен способствуют развитию сельского хозяйства в некоторых странах Азии, Африки и Латинской Америки, однако эффективность этих мер может быть легко сведена на нет экспертом из западных стран излишков сельскохозяйственной продукции по заниженным ценам. Правительствам развивающихся стран редко удается противостоять соблазну получения помощи на основе субсидий в сельскохозяйственном производстве. Хотя эта помощь и облегчает положение с нехваткой продовольствия, постоянно ощущаемой развивающимися странами, она уменьшает политическое давление, оказываемое на правительства этих стран с целью заставить их пересмотреть свою, как правило, порочную сельскохозяйственную политику. Все это сказывается на Фермерах именно этих стран. Даже наиболее предприимчивые из них не способны конкурировать с экспортом сельскохозяйственной продукции по заниженным ценам.

Такой путь не приведет к сбалансированности. Вместо «помощи» в виде поставок излишков сельскохозяйственной продукции, развитым странам следует оказывать Финансовую помощь развивающимся странам, которая способствовала бы проведению в них важных внутренних реформ, нацеленных на увеличение производства и замедление разрушения их ресурсной базы. Развитые страны могли бы пересмотреть свою сельскохозяйственную политику и перераспределить сельскохозяйственные бюджеты (как

национальные, так и межнациональные) таким образом, чтобы не только обеспечить фермерам стабильные доходы - что само по себе жизненно важно для сбалансированного сельскохозяйственного производства и стимулировать их к переходу к такому способу ведения хозяйства, который не разрушал бы, а, наоборот, увеличивал земельные и водные ресурсы. В Северной Америке такие меры впервые стали приниматься в 30-х годах, когда Служба охраны почв США и канадская Администрация по улучшению состояния ферм в прериях взяли под свой контроль «Чашу пыли» - район сильных бурь. Закон о безопасности пищевых продуктов, принятый в США в 1985 г., может служить одним из последних примеров подобных мер.

Правительственные экономические политики развитых и развивающихся стран в одинаковой степени приводят к чрезмерному сокращению природных запасов леса. В США огромному лесному массиву Тонгасс, что на Аляске, возможно, угрожает то же самое, что и лесам вдоль реки Амазонки в Бразилии, подвергнувшихся опустошению. Мировой рынок лесом также стимулирует избыточную добычу леса в умеренных и тропических широтах. Если такая тенденция сохранится, большая часть оставшихся в мире лесов будет, вероятно, уничтожена, что прежде всего скажется на безопасности пищевых продуктов,

приведет к распространению пустынь и глобальному потеплению климата.

СЛЕДУЮЩЕЕ важное условие сбалансированного развития связано с характером производства. Для поддержания темпов экономического роста на уровне 3-4/10 в развитых и 5-6/10 в развивающихся странах необходимо быстрое и значительное уменьшение расхода энергии и сырья на единицу продукции.

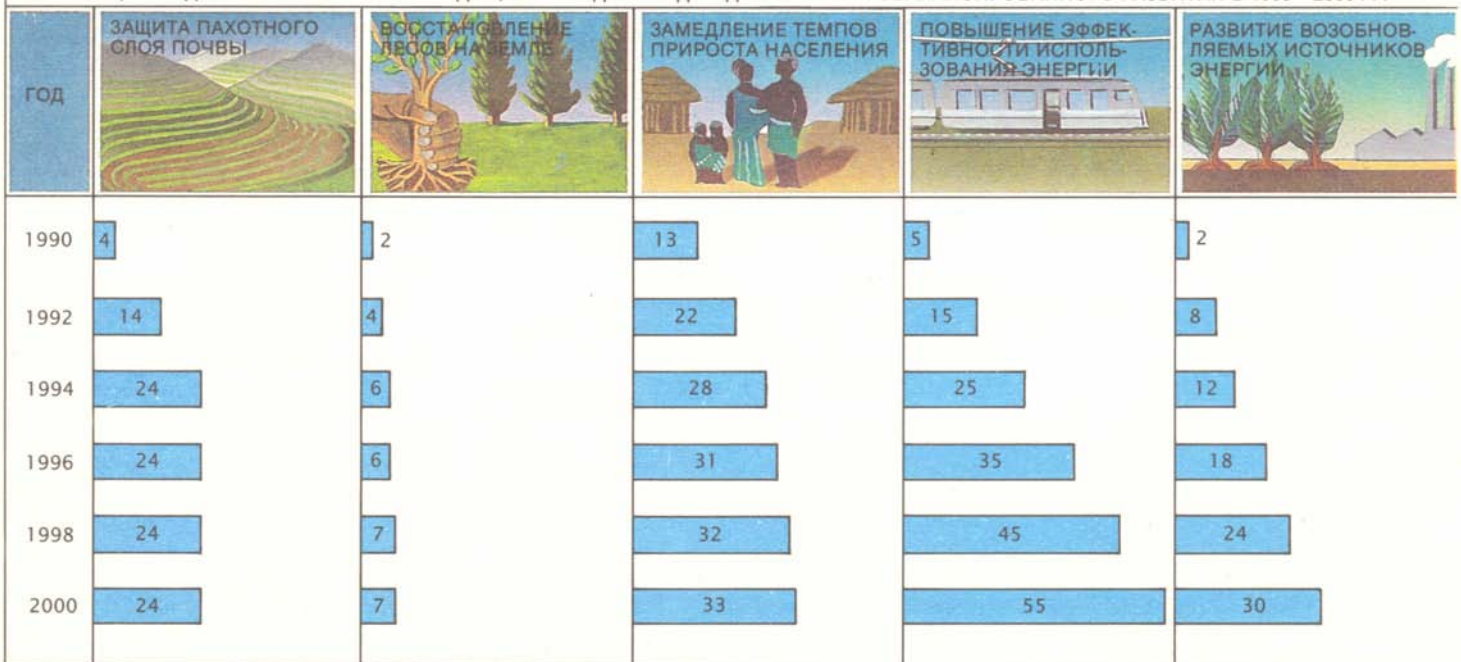
За прошедшие два десятилетия экономические и технологические изменения привели к стабилизации, а в некоторых случаях даже к уменьшению уровня потребления энергии и некоторых основных видов сырья на единицу продукции. Была также нарушена традиционная связь между экономическим ростом и воздействием на окружающую среду. Особенно это заметно в области энергетики. После первого нефтяного кризиса (1973-1983 г.) в 24 странах, входящих в ОЭСР, наблюдалось повышение эффективности использования энергии в среднем на 1,3/10 в год. Перед последним нефтяным кризисом, когда цены на нефть резко упали, в некоторых странах, включая Японию и Швецию, увеличение этого показателя составляло более 2/10 в год. Такие же тенденции наблюдаются во многих других областях, например в производстве и потреблении стали, алюминия, цемента и некоторых химических материалов.

Переход на вторичные материалы

является одним из наиболее эффективных способов ограничения потребления сырья, и этот переход уже осуществляется в некоторых странах. К 1985 г. Австрия, ФРГ, Япония, Швеция и некоторые другие страны добились значительных успехов в повторном использовании алюминия, стали, бумаги и стекла. В мировом масштабе возможности здесь остаются далеко не использованными, поскольку большинство стран и отраслей ПРОМЫшленности значительно отстают от лидеров в данной области. Например, если бы Канада достигла уровня Японии в переработке и повторном использовании газетной бумаги, то это позволило бы ей сохранять в год 80 млн. деревьев - примерно 40 тыс. га лесных угодий.

Снижение энерго- и материалоемкости единицы продукции позволяет промышленности сократить общие затраты на производство этой продукции, а также уменьшить количество отходов и выбросы в атмосферу вредных веществ. Зачастую это гораздо более эффективный способ уменьшения выбросов в атмосферу, чем использование дорогостоящих систем очистки на «выходе» технологических процессов. Сокращение потребления ресурсов и использование вторичных материалов экологически эффективно и в начале производственного цикла - снижается потребность в сырье, а следовательно, уменьшаются отходы, связанные с его добычей, сокра-

ОЦЕНКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ В 1990—2000 ГГ.



СТОИМОСТЬ ДОСТИЖЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ за 10 лет включает расходы на сокращение темпов

роста населения, восстановление и сохранение природных ресурсов. Следует учитывать, что одни лишь военные

щается потребление и загрязнение воды, уменьшается загрязнение воздуха, снижаются масштабы обезлесения и эрозии почв.

Повышение эффективности использования энергии на 1-2% в год могло бы замедлить процесс глобального потепления климата и значительно сократить выпадение кислотных осадков. Страны могли бы легко достигнуть таких темпов повышения эффективности использования энергии, если бы они осуществляли соответствующую политику цен и другие необходимые программы столь же интенсивно, как и эксплуатацию традиционных источников энергии. Это можно было бы сделать, не ставя под удар макроэкономику. Ведь страны, в которых уже достигнут значительный прогресс в этом направлении, занимают передовые позиции в мировой экономике. За период с 1973 по 1984 г. энерго- и материалоемкость единицы японской продукции снизилась на 400%. Такого или даже лучшего показателя добились также Швеция, ФРГ и некоторые другие страны. Увеличение эффективности использования энергии и ресурсов промышленными предприятиями способствует повышению эффективности и конкурентоспособности национальной экономики.

Развивающимся странам также не следует пренебрегать последствиями своего отставания в использовании энергии, ресурсов и природных бо-

гатств на эффективной основе. Для них, так же как и для развитых стран, увеличение производства является важным фактором для поддержания экономического роста, уменьшения загрязнения окружающей среды и поддержания конкурентоспособности на мировом рынке. Развитые страны должны продолжать прокладывать путь в деле снижения затрат энергии, ресурсов и использования вторичных материалов, однако развивающимся странам следует быстро перенимать их опыт. Кроме того, они должны отказаться от устаревших, неэкономичных и неэффективных технологий.

Некоторые страны, недавно достигшие промышленно развитого уровня, такие как Тайвань, Южная Корея и Бразилия, начинают вводить современные технологии в свои промышленные структуры. Развитые страны могли бы осуществлять множество программ, в частности торговых и оказания помощи, которые способствовали бы передаче в развивающиеся страны передовых промышленных процессов и технологий, более эффективных сточки зрения экономики энергии и ресурсов, менее вредных для окружающей среды и потому более конкурентоспособных.

Некоторые изменения, в которых нуждаются правительственные подходы к проблеме энергетики, должны послужить дополнением к мерам, нацеленным на более экономное использование ресурсов и материалов в процессе экономического роста. Например, для достижения устойчивого повышения эффективности использования энергии, правительствам необходимо будет добиться изменений по крайней мере в трех областях. Во-первых, странам необходимо будет рассмотреть возможность назначения цен по факторам сохранения природной среды, т. е. налогообложения потребителей энергии в периоды низких действительных цен с тем, чтобы стимулировать повышение производительности труда. Во-вторых, принять более жесткие законодательные акты, которые требовали бы постоянного повышения эффективности использования электрооборудования (от электромоторов до кондиционеров воздуха) и систем в конструкциях зданий, автомобилей и на транспорте. В-третьих, необходимы изменения в работе учреждений, которые устранили бы монополию предприятий общественного пользования и привели бы к реорганизации сектора энергетики с тем, чтобы энергетические услуги предоставлялись на конкурентной основе с наименьшими издержками.

Уменьшение спроса за счет более эффективного использования энергии

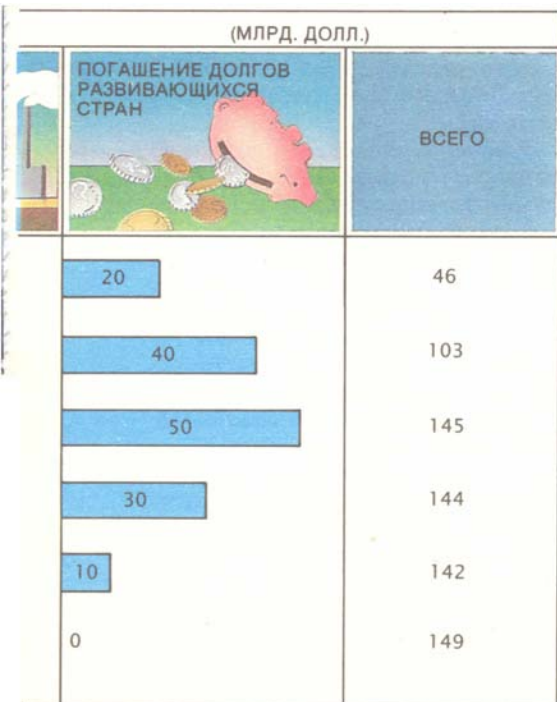
позволит выиграть время для разработки возобновляемых источников энергии, включая заменители древесного топлива в развивающихся странах. Солнечные энергетические установки, ветровые электростанции, мини-гидротурбины, повторное использование биомассы и широкое применение технологии получения из биомассы газообразного и жидкого топлива - вот лишь некоторые из многих возобновляемых источников энергии, заключающие в себе большие возможности. Для реализации этих возможностей потребуется переориентировать исследования и разработки с традиционных на новые источники энергии.

Еще раз отмечу, что нынешние системы субсидирования часто приводят к результату, противоположному тому, что необходимо для достижения сбалансированного экономического развития. Эти системы игнорируют проблему истощения ресурсов, загрязнения воздуха, воды, почв, приводят к расточительности и неэффективности производства и ориентированы не на возобновляемые, а на традиционные источники энергии. Тем самым они представляют собой огромную нагрузку для и без того ограниченных бюджетов и зачастую скудных запасов иностранной валюты.

Правительствам следует проанализировать все явные и скрытые системы субсидирования и реформировать те из них, которые служат препятствием в деле сохранения природных ресурсов и более эффективного использования средств. Им также следует облагать налогами те программы, которые препятствуют разработке новых и возобновляемых источников энергии, в особенности тех, которые могут служить заменой древесному топливу. Соответствующие стимулы могли бы заставить и саму промышленность играть более эффективную роль в этой области.

САМЫМ ВАЖНЫМ условием для достижения сбалансированного экономического развития является совместное рассмотрение экономических и экологических проблем в процессе принятия решений. Экологические и экономические системы стали полностью взаимосвязаны, однако различные организации продолжают рассматривать их в отдельности.

В 1960-х-70-х годах правительствами более чем 100 стран, как развитых, так и развивающихся, были созданы специальные управления по охране окружающей среды и контролю за использованием ресурсов. Однако деятельность этих управлений была скована ограниченными полномочиями и бюджетами, и они не мог-



расходы в мире составляют в общей сложности 1 трилл. долл. в год.



ЛАГЕРЬ в Верхней Вольте, где разместились бежавшие от засухи. Фотография свидетельствует об условиях жизни миллионов людей, вынужденных покинуть свои дома в результате экологического кризиса. Такие перемещения людей могут породить международную напряженность, поскольку беженцы пересекают национальные границы.

ли оказывать какого-либо заметного политического влияния. Между тем правительствам не удалось возложить на свои мощные экономические и отраслевые организации ответственность за вредные экологические последствия осуществления их собственных программ и капиталовложений. В результате образовался значительный дисбаланс сил. В этих условиях управления по охране окружающей среды имеют примерно столько же шансов выиграть, как и неподготовленный бегун из провинциального городка, пытающийся состязаться с самим Карлом Льюисом. Несмотря на благие намерения, значительные усилия и некоторый успех, они все более ощущают себя отстающими.

Управления по охране окружающей среды следует наделить большими полномочиями и средствами с тем, чтобы они могли противостоять последствиям осуществления несбалансированных политик. Более важным является то, что правительства должны сделать свои центральные экономические, торговые и отраслевые организации непосредственно ответственными и подотчетными за принятие решений и планирование бюджетов, стимулирующих сбалансированное развитие. Только при этом условии экологические аспекты могут рассматриваться совместно с экономическими, торговыми, энергетическими, сельскохозяйственными и другими аспектами, входящие в те же самые повестки дня и рассматриваться в одних и тех же национальных и международных организациях.

Одной из областей, где наиболее эффективно раскрылось бы совместное рассмотрение экономических и экологических проблем в принятии решений, является рыночное стимулирование. Рынок - это наиболее мощный инструмент, способный управлять экономическим развитием, и независимо от того, поддерживает ли он сбалансированные или несбалансированные формы развития, он в значительной степени зависит от политики правительства.

Как я уже отмечал, в большинстве стран правительства часто искажают функционирование рынка так, что несбалансированное развитие становится предопределенным. Налоговые стимулы, торговая политика, политика цен, валютный курс и протекционизм - все это влияет на экологический и ресурсные аспекты экономического роста. Вместе с тем люди, ответственные за осуществление этих политик, редко учитывают их влияние на окружающую среду или запасы ресурсов. Когда же они принимают эти вещи во внимание, они часто полагают, что ресурсы неисчерпаемы, или что до того, как они будут исчерпаны, им будет найдена замена, или что природа «должна» субсидировать рынок. То же самое относится и к некоторым отраслевым политикам, таким как субсидирование сельского хозяйства или выработка энергии, о чем я уже говорил выше. Удивительно, насколько мало лидеры правительств и бизнеса осознают порочность (как с экономической, так и с экологической точки зрения) систем стимулирова-

ния, порожденных этими политиками и зачастую огромными бюджетами, которые выделяются на их осуществление. Даже само движение по охране окружающей среды имеет лишь смутное представление об этом. Защитники окружающей среды обычно концентрируют свое внимание на том, как влияет экономическое развитие на здоровье людей, собственность и экосистемы. Лишь изредка они обращают свое внимание на политику, определяющую это развитие.

Годовой национальный бюджет устанавливает систему экономических и финансовых стимулов и ограничений, в пределах которой бизнесмены, фермеры и потребители принимают решения. Возможно, он является самым важным «заявлением» о политике в области охраны окружающей среды, которое каждое правительство делает из года в год, поскольку в целом эти решения ведут к улучшению или ухудшению экологической обстановки в стране и к увеличению или уменьшению ее природных ресурсов.

Бюджет, который предусматривал бы налоги на отходы, загрязняющие окружающую среду, на потребление энергии и ресурсов и эквивалентное сокращение налогов на рабочую силу, корпоративных налогов и налогов на добавленную стоимость, мог бы оказать значительное влияние на характер потребления и промышленную структуру себестоимости, не увеличивая при этом бремя общего налогового обложения, которое испытывает общество и промышленность. Реформа налоговых систем в таком направлении в немалой степени стимулировала бы переход к сбалансированному развитию.

Проблемы, связанные с изменением систем стимулирования, не следует считать непреодолимыми. Некоторые руководители ведущих отраслей промышленности приветствуют проведение исследований, связывающих между собой вопросы экономического стимулирования и целостности окружающей среды. Фермеры только выиграют от введения систем стимулирования, поощряющих способы ведения хозяйства, которые приводили бы к сохранению или увеличению земельных, водных, лесных и других главных для сельского хозяйства ресурсов. Многие перемены в стимулах не отразятся на потребителе, а их влияние на занятость, возможно, окажется даже положительным.

Одной лишь реформы налоговых систем и систем стимулирования, сколь бы важной она ни была, будет недостаточно. Рынок ограничен с нескольких сторон, самой важной из которых является то, что он не может

учитывать внешние экологические затраты, связанные с производством, потреблением товаров и услуг, а также с захоронением отходов. Рынок рассматривает атмосферу и океан как всеобщее достояние. Он «выводит вовне», или перераспределяет на более многочисленное сообщество затраты, связанные с загрязнением атмосферы, воды, почв и истощением ресурсов. Многочисленное сообщество взваливает на себя бремя этих затрат, что приводит к ухудшению здоровья людей, наносит ущерб собственности и экосистемам.

Обратный «перевод вовнутрь», или интернализация, этих затрат требует вмешательства правительств. В качестве примера можно привести закон о денежной компенсации за загрязнение окружающей среды, предложенный в 1972 г. странами, входящими в ОЭСР. Этот закон требует, чтобы отрасли промышленности оплатили полную стоимость затрат по защите окружающей среды от загрязнений, вызванных деятельностью этих отраслей. Главное значение такой меры состоит в том, что она дает возможность отразить экологические затраты в ценах на потребительские товары, благодаря чему потребитель будет делать свой выбор в пользу тех товаров, производство и потребление которых оказывает наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду. К сожалению, правительства были слишком нераспорочными в реализации этого закона, возможно, потому, что он затрагивает цены на потребительские товары. Другой причиной было давление со стороны промышленности. Хотя, как правило, промышленность выступает на стороне рынка, в данном случае она обратила свои силы против него.

Отражение экологических затрат в ценах является одним из способов учета реальных затрат в процессе принятия экономических решений. Другой способ представляет собой учет ресурсов в системах национальных счетов. В настоящее время эти системы имеют дело главным образом с потоком экономической активности. Уменьшение природных ресурсов по существу игнорируется. Учет этого аспекта позволит правительствам определять, соответствуют ли реальности содержащиеся в отчетах данные о 3,5 или 7%—НОМ увеличении валового внутреннего продукта, или же они отражают еще больший ущерб почвам, лесам, водам, заповедникам и историческим местам.

Исходя из этой информации, министерства финансов могли бы не только производить более точную оценку функционирования экономической си-

стемы, но и получать некоторое представление о том, как та или иная экономическая политика влияет на экологические системы. Во Франции, Норвегии, Канаде, США и некоторых других странах была проведена фундаментальная работа по созданию систем учета ресурсов и смешанного учета. ОЭСР и ряд независимых организаций в настоящее время продолжают эту работу, значительный интерес к ней проявляют также некоторые организации в развивающихся странах.

СВВЕДЕНИЕМ учета экологических проблем в процесс принятия экономических решений, бюджеты энергетического, сельскохозяйственного и других секторов экономики станут включать фонды для покрытия экологических затрат. В итоге этим бюджетам будет под силу финансировать сбалансированное развитие экономики. На промежуточном же этапе сбалансированное развитие потребует новых крупных источников финансирования.

Необходимо будет значительно увеличить финансовую помощь развивающимся странам. В 1988 г. Институт всемирного экологического надзора попытается приблизительно оценить дополнительные затраты на осуществление некоторых мер, которые этот институт считает существенными для достижения сбалансированного развития к 2000 г. Эти меры включали замедление роста населения, защиту пахотного слоя почвы, лесовозобновление в масштабах планеты, повышение эффективности использования энергии, развитие возобновляемых источников энергии и погашение долга развивающихся стран (см. рисунок на с. 104 и 105).

По оценке Института, для достижения этих целей потребуются затратить 46 млрд. долл. в 1990 г., к 1994 г. эти затраты возрастут до 145 млрд. долл. в год, а к 2000 г. — до 150 млрд. долл. в год. Для выделения столь крупных средств потребуются огромные политические усилия. О масштабах предстоящих усилий можно судить по следующему факту. Со времени учреждения в 1972 г. на Стокгольмской конференции Фонда охраны окружающей среды в рамках Программы ООН по охране окружающей среды правительства выделяли в этот Фонд в общей сложности всего 30 млн. долл. в год, а часто и менее того. В этом году на заседании Совета управляющих указанной Программы было достигнуто соглашение об увеличении Фонда лишь до 100 млн. долл. Как видим, прогресс незначительный.

Долг остается самой актуальной проблемой для развивающихся стран,

особенно в Африке и Латинской Америке. В ее решении не следует дожидаться того времени, когда эти страны сами обратят внимание на обостряющуюся проблему голода и то состояние, в котором находятся их экономика и окружающая среда. На заседании Международного банка реконструкции и развития (МБРР) и Международного валютного фонда (МВФ), состоявшегося в прошлом году в Берлине, большее чем когда-либо число стран подошло к признанию того, что проблема долга требует безотлагательного решения. Хотя было разработано несколько планов (самый последний из них — американский план Брэди), нацеленных на освобождение развивающихся стран от уплаты долгов, все они отличаются двумя сомнительными особенностями: видами мер, обычно «добавляемых» как условие для дополнительных займов, и отсутствием каких-либо программ сохранения, уже не говоря об увеличении природных ресурсов развивающихся стран.

Строгая условность, налагаемая МБРР и МВФ, почти не учитывает социальных и других последствий требуемых экономических и финансовых мер. В частности, «программы структурного приспособления» (такое название носят эти меры) не учитывают своего потенциального влияния на окружающую среду и экологические ресурсы данной страны. Меры по сокращению бюджетных дефицитов зачастую оказывают чрезмерное влияние на такие ресурсы. Не имея достаточной дополнительной помощи, страны с ресурсопоглощающей технологией вынуждены расходовать свой экологический капитал еще быстрее с тем, чтобы заработать иностранную валюту для погашения долгов. Программы, нацеленные на восстановление продуктивной способности окружающей среды, которой причинен значительный ущерб, и на предохранение животного и растительного мира, генофондов и туристических районов от разрушения, урезаются или просто не выполняются. Меры, требующие от промышленности и местных органов управления применения систем контроля загрязнения окружающей среды и осуществления программ, нацеленных на очистку воды, строительство канализационных систем и применение санитарного оборудования, также сводятся к нет.

Исследование, проведенное недавно МБРР, подтверждает, что программы структурного приспособления не являются нейтральными по отношению к природным ресурсам. Более того, авторы исследования утверждают, что можно построить

программы так, чтобы они оказывали не отрицательное, а положительное влияние на окружающую среду страны. До тех пор пока это не будет достигнуто, вопрос о воздействии на окружающую среду программ структурного приспособления будет оставаться нерешенным. Ряд стран попросили своих представителей, входящих в состав советов МБРР и МВФ, обратиться с требованием, чтобы проблема влияния их программ на окружающую среду стала предметом исследований всех проектов и переговоров по вопросам осуществления этих программ.

Для достижения необходимого уровня капиталовложений в сбалансированное экономическое развитие потребуются новые инициативы. Институт земных ресурсов в настоящее время проводит исследование по обоснованию специальной международной программы финансирования мер по охране окружающей среды и выделению средств по линии МБРР. Такие средства могли бы иметь форму займов и упростить системы совместного финансирования программ защиты и сбалансированного развития критически важных сред и экосистем, включая те, которые имеют международное значение. Существует также несколько возможных международных источников, которые могли бы использоваться для финансирования мер в поддержку сбалансированного развития. Например, можно было бы обложить налогом пользование общими ресурсами и торговлю некоторыми видами продукции. Сейчас это может показаться политически нерезальным, однако, как известно, глобальные тенденции изменяют политические реальности. Возможно, что в этом направлении уже что-то предпринимается.

В июне 1988 г. участники международной конференции по атмосфере, состоявшейся в Торонто и организованной канадским правительством, призвали правительство учредить Международный фонд по охране атмосферы, который частично финансировался бы на основе налогов «в защиту климата». Дополнительным источником могла бы стать система налогообложения потребления природного топлива промышленно развитыми странами, при этом вырученные средства поступали бы в развивающиеся страны с тем, чтобы помочь им уменьшить последствия глобального потепления и подъема уровня океана. Другие участники конференции предложили ввести налог на содержание углерода в топливе. Недавно норвежское правительство предложило, чтобы промышленно развитые страны в качестве начальной меры переводили

0,1070 своего валового национального продукта в указанный фонд. В настоящее время правительство Нидерландов изучает различные варианты финансирования и управления таким фондом, готовясь к международной конференции, которая должна состояться осенью этого года в Гааге.

ВОЕННАЯ ОБЛАСТЬ также потребляет огромные средства, людские и природные ресурсы. Ежегодно страны тратят на оборону в общей сложности примерно 1 трилл. долл. - более 2,7 млрд. долл. в день. Запрошедшие 20 лет развивающиеся страны увеличили свои военные бюджеты в 5 раз. В некоторых из них затраты на военные цели превышают затраты на образование, здравоохранение, социальное обеспечение и охрану окружающей среды вместе взятые.

Значительная часть этих средств могла бы использоваться в других целях. Для этого необходима большая озабоченность растущими масштабами угрозы окружающей среде, и эту озабоченность уже начинают высказывать некоторые политические лидеры. Необходима также новая и более широкая концепция безопасности, включающая вопросы безопасности не только политической и экономической, но и окружающей среды. Такая концепция дала бы странам возможность находить многие способы, на основе которых их безопасность могла бы повыситься более эффективно путем выделения средств на защиту, сохранение и восстановление основных природных ресурсов, а не путем военных затрат.

Угроза ядерной войны, несомненно, представляет самую большую опасность для природных ресурсов и систем жизнеобеспечения. Вместе с тем геополитические последствия экономик о-экологических изменений огромны. В некоторых регионах Ближнего Востока, Африки, Латинской Америки и Азии распространение пустынь, нехватка воды и появление экологических беженцев уже являются серьезными источниками политической нестабильности и международной напряженности. С каждым годом положение только осложняется. Одно лишь изменение климата увеличит напряженность (когда будут

происходить сдвиги в национальных границах, определяемых водными массивами) в центрах промышленного и сельскохозяйственного производства, а также приведет к увеличению числа экологических беженцев.

Экологическая угроза миру и безопасности стран и регионов потенциально даже больше, чем угроза миру, которую представляют обычные виды вооружений. В случае конфликтной ситуации, вызванной военными действиями враждующих держав, любая страна или группа стран приняла бы широкую мобилизацию дипломатических, военных и других ресурсов. Однако угрозе экологических разрушений страны и мировое сообщество, судя по всему, пока не способны противопоставить что-либо эффективное.

Страны должны начать рассматривать целостность экологически и экономически сбалансированного развития как элемент внешней политики первостепенной важности. Меры по сокращению долга и увеличению притока ресурсов в развивающиеся страны должны быть подкреплены согласованными программами помощи и торговли, программами импорта и экспорта вредных химических материалов, отходов и технологий. «Внешняя политика, учитывающая экологические и экономические аспекты развития», могла бы способствовать большей координации усилий в этих областях. Она могла бы также служить повышению экономической эффективности, координации и сотрудничеству в деле быстрого развития систем управления «общим достоянием», включая океаны, атмосферу и космос.

Быстро возрастает возможность конфликта, который может быть вызван глобальным потеплением, подъемом уровня воды, распространением пустынь, нехваткой воды и других ресурсов, а также другими экологическими проблемами. Тем не менее эти проблемы, если они будут решаться в контексте поддержания сбалансированного развития, могут породить новый дух международного сотрудничества, а также стимулировать выработку многосторонних подходов к решению других глобальных проблем.

Наука и Общество

Заживет, как на собаке

НАЙДЕНО убедительное доказательство того, что заживление ран у человека может быть ускорено лекарственными препаратами. Групп

па исследователей, возглавляемая сотрудником Университета Эмори и Луисвиллского университета Г. Брауном и Л. Нанни из Университета Вандербилта, продемонстрировала ускорение восстановления кожного покро-

ва у 12 пациентов в результате обработки ран фактором роста эпидермиса (EGF - от англ. epidermal-growth factor), полученным путем генетической инженерии. Их данные, опубликованные в журнале «New England Journal of Medicine», внушают надежду, что когда-нибудь это вещество войдет в практику лечения различных ран, в том числе ожогов, вяло заживающих пролежней и язв на ногах, связанных с диабетом, которые могут приводить к гангрене и требовать ампутации.

В исследовании, проведенном под руководством Брауна и Нанни, у каждого из пациентов, нуждавшихся в аутотрансплантации кожи, брали по два практически одинаковых лоскута здоровой кожи, создавая таким образом сравнимые неглубокие раны (снялся эпидермис и часть подлежащей дермы). Одну рану обрабатывали антибиотиком, а другую - антибиотиком в сочетании с EGF. Все раны за 1-3 недели заживали, но те, которые подвергались воздействию фактора роста эпидермиса, заживлялись в среднем на 1,5 суток раньше - пусть это не такое уж значительное ускорение, но все же прогресс. Чтобы твердо установить, увеличивается ли скорость заживления под влиянием EGF, нужны другие исследования.

Нанни отмечает, что многое еще неясно. Так, важно знать, способствует ли EGF пролиферации клеток кожи напрямую, стимулируя клеточное деление или же он действует опосредованно, скажем ускоряя миграцию новых клеток в рану. Исследователи надеются также определить, чем отличается ускоренная пролиферация клеток при заживлении ран от клеточного роста при раке. Нанни, Браун и другие уже начали изучать влияние EGF на различные раны, включая диабетические язвы.

Если EGF появится в конце концов в продаже, он, вероятно, найдет применение в качестве местного средства в очень многих случаях. Когда в ране совсем нет клеток кожи, например при ожогах третьей степени, EGF пригодится для обработки кожных трансплантатов, а также донорных участков. По словам Брауна, предварительные результаты наблюдений за 4 пациентами с ожогами 80070 поверхности тела свидетельствуют, что при обработке донорных участков EGF ткань для трансплантации можно брать 5 раз на протяжении 40 дней, тогда как в обычной практике - не более 3 раз. Это предположительно должно увеличить вероятность выживания таких больных.

Фактор роста эпидермиса в норме образуется в организме и выявляется, в частности, в поврежденных участ-

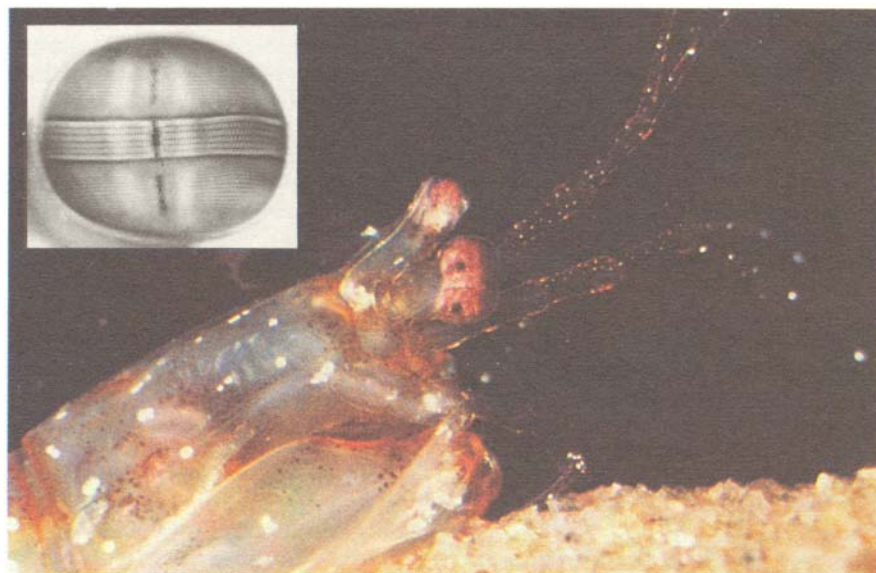
ках поверхности тела. Это не единственный фактор роста, присутствующий в ранах. Сейчас изучается роль таких белков в нормальном процессе заживления ран и в его ускорении. Возможно, когда-нибудь врачи будут применять смеси различных факторов роста, подбирая их состав для конкретных случаев.

Глаз-рекордсмен

ВОСПРИЯТИЕ цвета человеческим глазом основано на трех зрительных пигментах. Хотя такая система вполне эффективна, она не единственно возможная. Например, у некоторых рыб и мух зрительных пигментов пять, и до последнего времени это считалось рекордом. Но вот в журнале «Nature» Т. Кронин из Мэрилендского университета и Н. Маршалл из Сассекского университета сообщают, что у одного из видов раков-богомолов не менее десяти зрительных пигментов. У этих животных глаз состоит из множества элементов, называемых омматидиями. Как и у мух, у раков-богомолов большая часть омматидиев образует простую гексагональную решетку на полусферической поверхности. Особенности является разделяющая эту поверхность горизонтальная полоса из шести параллельных рядов омматидиев. Все омматидии над и под полосой содержат один и тот же зрительный пигмент и все они чувствительны к свету одного участка спек-

ра. Большинство пигментов, описанных в статье Кронина и Маршалла, сосредоточено в омматидиях четырех из шести рядов горизонтальной полосы. (В остальных двух рядах, которые, по-видимому, ответственны за восприятие поляризации света, содержится по одному пигменту.) Эти четыре ряда образованы Фоторецепторами двух типов: каждый омматидий разделен на две части - внутреннюю и внешнюю, Фоторецепторные клетки которых содержат разные пигменты, чувствительные к свету различных участков спектра. В двух рядах находятся светофильтры, так что пройти через них может только свет с длиной волны, соответствующей чувствительности пигмента. Благодаря этому предотвращается реакция Фоторецепторов даже на очень сильные световые стимулы с другими длинами волн. Внутренние и внешние рецепторы защищены разными фильтрами. Кроме того, внешние фоторецепторные клетки играют роль светофильтра для внутренних.

Для чего ракам-богомолам нужно столь хорошо различать цвета? Кронин и Маршалл полагают, что это важно для распознавания особой своего вида. У раков-богомолов есть особого рода конечности, которыми они дерутся между собой. Внутри локтевого сочленения эти конечности несут яркие цветные пятна. Когда две особи собираются драться, они демонстрируют друг другу эти места. Способность хорошо различать цвета избавляет от ошибок в выборе партнера.



ГЛАЗ РАКА-БОГОМОЛА состоит из образующих гексагональную решетку элементов, называемых омматидиями. У этих животных имеется не менее десяти различных зрительных пигментов. Большинство их располагается в четырех из шести рядов омматидиев, формирующих горизонтальную полосу поперек глаза. (Три черных пятнышка - это участки, в которых омматидии «смотрят» прямо в объектив фотоаппарата и потому поглощают больше света.)

Сбалансированность как глобальная стратегия

Как добиться таких перемен в деятельности людей, организаций и правительств, которые могли бы обеспечить дальнейшее экономическое развитие с учетом экологических требований?

УИЛЬЯМ Д. РУКЕЛЬСХАУС

ТРУДНОСТЬ перехода от научных открытий к политическим мерам зависит от степени неопределенности научных данных и от того, насколько сложно осуществление этих мер. Уже на примере имеющихся на сегодняшний день неясностей относительно лишь одного аспекта глобального кризиса окружающей среды - предсказываемого увеличения содержания в атмосфере газов, способствующих парниковому эффекту, - и колоссальных технических и социально-экономических усилий, требуемых для того, чтобы остановить это увеличение, становится ясно, что принятие адекватных мер по борьбе с многогранными проявлениями кризиса - это трудная политическая задача. Ее решение нацелено на то, чтобы добиться изменений в поведении значительной части населения планеты с тем, чтобы избежать бедствий, которые в противном случае могут обрушиться на мир, когда большинство из нас уже не будет в живых.

Модели, предсказывающие, например, климатические изменения, допускают различные интерпретации относительно времени, пространственного распределения и масштабов, в которых проявятся эти изменения. Если модели будущего могут выглядеть убедительно для ученых, понимающих содержащиеся в них допущения и ограничения, то в политике их убедительность уже не столь велика. Людям трудно менять свой образ жизни - трудно даже для тех, кто входит в состав правительств - чтобы избежать опасностей, которые, возможно, не проявятся еще в течение долгого времени, а может быть и вообще никогда.

Каким же образом мы можем добиться перемен? В предыдущих статьях этого номера были приведены факты, свидетельствующие о реальности экологического кризиса, и указаны конкретные меры по его устранению. В данной статье рассмотре-

ны пути формирования политических решений, разработки программ и мобилизации ресурсов, которые обеспечили бы принятие таких мер и убедили бы людей планеты в том, что они должны многое изменить в своей жизни.

ОБЫЧНО перед лицом потенциальных опасностей люди прибегают к страхованию. Такой подход вполне уместен и здесь. Люди считают разумным оплачивать страховку для того, чтобы в случае катастрофы они сами или те, кто останутся жить после их смерти, получили определенную компенсацию. Аналогия ясна. Те средства, которые мы сейчас затратим, чтобы предотвратить рост содержания в атмосфере способствующих парниковому эффекту газов, это своего рода страховка. Более того, мы могли бы получить от «выплачивания» такой страховки дивиденды в виде повышения производительности, улучшения здоровья людей или более широкого распространения экономического процветания. Даже если окажется, что мы преувеличивали опасность парникового эффекта или разрушения озонового слоя, эти дивиденды все равно принесут определенные выгоды. Во всяком случае еще никто не жаловался на страховые компании, если катастрофа не происходила.

Это уже аргумент в пользу принятия некоторых неотложных, хотя, может быть, и скромных мер. Есть основания надеяться, что в случае нехватки какой-нибудь продукции или возникновения тех или иных проблем будут найдены технологические пути их устранения, или же сочетания технологий и законов рыночной экономики позволят устранить нехватку путем замены одной продукции другой. Например, уже сейчас появляются новые хладагенты, не имеющие вредных для атмосферы свойств, которые были присущи хлорсодержа-

щим фторорганическим соединениям. Возможно, будет открыт новый дешевый и экологически чистый источник энергии.



СОСУЩЕСТВОВАНИЕ природы и человека отображено в картине «Прогресс», написанной Эшером Б. Дюреном в 1853 г. В его оптимистическом

Неплохо, конечно, представлять себе, что мы можем прийти к более безопасному будущему без больших усилий, предполагать, подобно Диккенсовскому персонажу мистеру Майкберу, что нас что-нибудь да выручит. Предполагать вообще-то не вредно, но рассчитывать на такое спасение нельзя. Мы должны отдавать себе отчет в том, что в нашем мире, быть может, уже сейчас происходят грандиозные перемены. Возможно, наш вид достиг пределов в потреблении ископаемых видов топлива и нанесении ущерба экосистемам. Мы должны по крайней мере учитывать такую возможность, что, помимо нынешних, пока скромных, мер предосторожности, нам придется подготовиться к значительно более серьезным переменам, переменам, благодаря которым начнется Формирование

сбалансированной мировой экономики и общества в целом.

Согласно концепции сбалансированности, экономический рост и развитие должны поддерживаться в пределах, диктуемых экологическими Факторами в самом широком смысле слова, такими как взаимосвязь условий жизни людей с тем, что и как они производят, состояние биосферы, а также Физические и химические законы, управляющие ею. Концепция сбалансированности предусматривает также, что распространение достаточно высокого уровня жизни и безопасности на менее развитые страны является необходимым условием для сохранения экологического баланса и, как следствие, для дальнейшего процветания богатых стран. Отсюда следует, что защита окружающей среды и экономическое развитие - это вза-

имно дополняющие друг друга, а не антагонистически противоположные процессы.

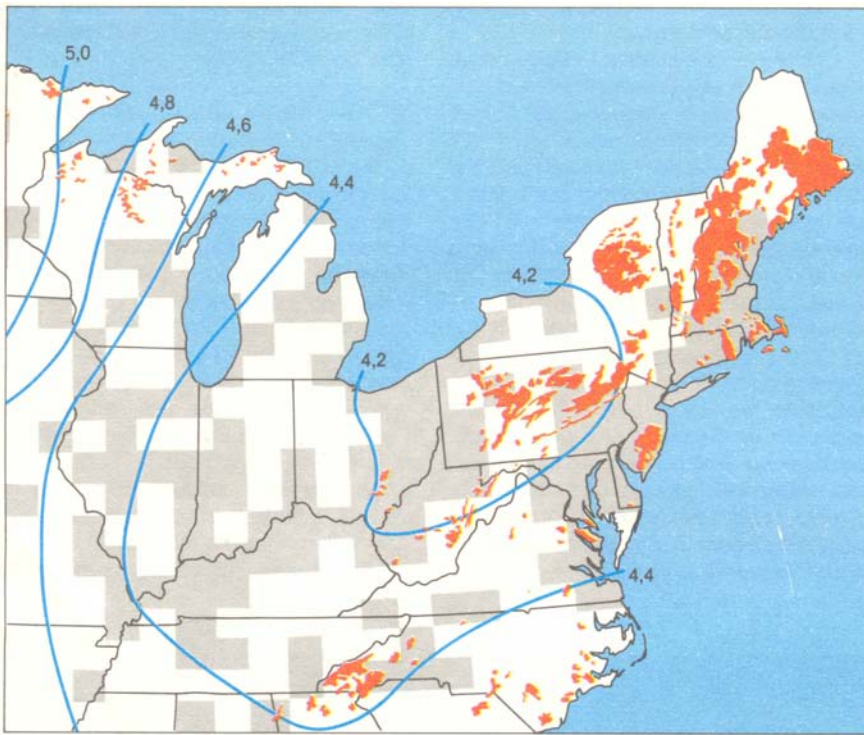
СПОСОБНЫ ли страны и народы Сйти по пути сбалансированного роста? Переход на такой путь был бы сравним лишь с двумя другими эпохальными переменами в истории человечества: с «неолитической революцией» (переход к земледелию и скотоводству в неолите) и промышленной революцией последних двух столетий. Эти революции были постепенными, самопроизвольными и в значительной мере неосознанными. Нынешняя революция должна быть полностью осознанным процессом, направляемым предельно точным предвидением, которого способна достичь современная наука.

С позиций сегодняшнего дня нельзя



видении, по словам искусствоведа Барбары Новак, «казалось бы, достигается сбалансированное примирение между природой и человеческой культурой». Взгляды жившего в 19 в. художника на индустриализацию могли бы послу-

жить метафорой и для сегодняшнего видения сбалансированного развития. Картина принадлежит коллекции Уорнера корпорации Gulf States Paper в Тускалузе (шт. Алабама).



КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ ставят трудные политические проблемы, поскольку промышленные выбросы, вызывающие эти дожди, часто пересекают государственные границы. Районы США, в которых плотность выбросов двуокиси серы превысила в 1980 г. 1,5 т на кв. километр, обозначены серым. Штаты, где эти выбросы наибольшие, расположены на Среднем Западе и вдоль реки Огайо. Синими линиями отмечены уровни кислотности осадков. Чем ниже pH, тем выше кислотность. В районах с низким pH наибольшему риску подкисления подвержены озера и реки, вода которых имеет низкую щелочность (*оранжевый*), - в основном в горах Адирондак и в Новой Англии. Данные по выбросам двуокиси серы получены в ходе исследований в рамках Национальной программы оценки кислотных осадков, данные по щелочности вод представлены Джеймсом М. Омерником из Агентства по охране окружающей среды США.

ясно видеть, каким будет этот переход. Здесь напрашивается сравнение с перепутьем, когда приходится выбирать одно из направлений, и этот выбор определит будущее на довольно длительную перспективу. Однако такое сравнение не отражает всей сложности нынешней ситуации. Возможно, более уместным был бы образ спортсмена, пытающегося пройти на байдарке речные стремнины: здесь выживание зависит от способности четко реагировать на постоянно меняющуюся информацию и правильно управлять лодкой. Мы тоже находимся в потоке информации - научной и экономической, и процесс управления здесь зависит как от политики правительства, так и от нашего собственного поведения.

Таким образом, для того чтобы сделать будущее «управляемым», необходимо установить более тесные связи между наукой и политикой. Мы должны знать, где нас подстерегают пороги и камни, чтобы вовремя обходить препятствия. Однако мы не сможем предоставить адекватные ресур-

сы науке или принять стратегии, диктуемые наукой, пока не произойдет еще одна перемена. Мы должны понять, что находимся все в одной лодке и что необходимо управлять ею на пути к сбалансированному обществу.

ПО НАЧАЛУ экономика нашего биологического вида была сбалансированной. Люди доиндустриальной эпохи были вынуждены жить в гармонии с природой. Если эта гармония нарушалась, например вследствие увеличения численности населения за пределы, диктуемые имеющимися ресурсами, то рано или поздно наступал голод и людям приходилось мигрировать в другие регионы. Сбалансированность поддерживалась также особым отношением к природе: люди были духовно связаны с животным и растительным миром, обеспечивавшим их существование, были частью природной среды, не противопоставляли себя ей как хозяева.

Эра такой «изначальной сбалансированности» через некоторое время завершилась. Появление городов и

рост городского населения потребовали развития интенсивного земледелия, способного давать значительную избыточную продукцию. По мере дальнейшего роста населения производство должно расширяться либо путем завоевания и колонизации, либо за счет усовершенствования технологии. В основе такого образа жизни лежит уже другое мировоззрение, согласно которому Земля и всё живущее на ней рассматривается как собственность человека, как дар свыше. Человек стоит вне природы, которой он управляет и манипулирует. В индустриальную эпоху колонизация коснулась даже прошлого планеты: леса каменноугольного периода добываются в шахтах для нужд постоянно растущего населения. Достижения передовой технологии дают основания думать, что власть человека над природой по существу безгранична.

Именно такое мировоззрение, состояние «переходной несбалансированности», сегодня доминирует в обществе, существуя в двух формах. В развивающихся странах оно выражается в стремлении развиваться любой ценой по отношению к окружающей среде, что проявляется в массовом истреблении лесов, замене сбалансированного земледелия выращиванием товарных культур, эксплуатации быстро ухудшающихся почв людьми, которых практика выращивания таких культур вытесняет с хороших земель, создании индустриальных центров, становящихся очагами загрязнения окружающей среды.

Несбалансированное экономическое развитие обеспечило богатство и относительный комфорт населению промышленно развитых стран, где проживает приблизительно четверть населения планеты. В этих странах мировоззрение, поддерживающее несбалансированное развитие, стало почти общепринятым. За немногими, хотя и важными, исключениями развернувшееся в них движение в защиту окружающей среды еще не оказывает заметного влияния на жизнь большинства людей, несмотря на то, что главным его достижением стало принятие законодательных актов и мер по борьбе с загрязнениями. Пока это движение главным образом корректирующее - оно не является силой, способной к коренным переменам и не выходит за пределы все того же мировоззрения несбалансированности.

"УОТЯ нельзя вернуться к гармоничной экономике наших далеких предков, в принципе ничто не мешает нам сформировать новое мировоззрение, основанное на концепции сбалансированности, соответствующей сов-

ременной эпохе. Такая концепция должна включать следующие положения:

1. *Человечество как вид - это часть природы. Само его существование зависит от способности черпать необходимые ресурсы из конечного природного мира; продолжение человеческого рода зависит от его способности воздерживаться от разрушения природных систем, постоянно восстанавливающих наш мир.* По-видимому, это положение является главным уроком современного положения в природе, и кроме того, оно является прямым следствием второго начала термодинамики.

2. *В экономической деятельности должна учитываться дополнительная стоимость продукции, связанная с воздействием на окружающую среду.* В этом направлении уже был сделан первый шаг, хотя и небольшой. Законы рынка еще не начали работать в защиту окружающей среды; как следствие, все большая часть создаваемого нами «блага» в каком-то смысле оказывается украденной у наших потомков.

3. *Поддержание пригодных для жизни глобальных условий окружающей среды зависит от сбалансированного развития всей семьи народов, составляющих человечество.* Если 80010 представителей нашего вида останутся в бедности, мы не сможем надеяться на спокойную жизнь; если бедные ноши попытаются улучшить свое положение теми же способами, которыми уже воспользовались богатые, то природе будет нанесен колоссальный ущерб.

Новое мировоззрение не может завладеть умами только потому, что в его пользу выдвинуты хорошие аргументы, или потому что альтернатива не привлекательна. Тут не действуют никакие увещания. Один из главных уроков политической реальности заключается в том, что большинство людей и организаций меняются лишь тогда, когда это в их интересах - либо потому, что они извлекают какую-то выгоду из перемен, либо потому, что в противном случае им грозят какие-то санкции - и чем короче отрезок времени между переменами (или неудачей в их осуществлении) и получаемой выгодой (или применяемыми санкциями), тем лучше. Такое суждение не цинично. Хотя человек способен бороться и страдать в течение долгого времени во имя достижения своих целей, было бы неразумно ожидать, что люди или организации будут работать очень долго против своих непосредственных интересов - особенно в демократическом обществе, где то, что они считают своими

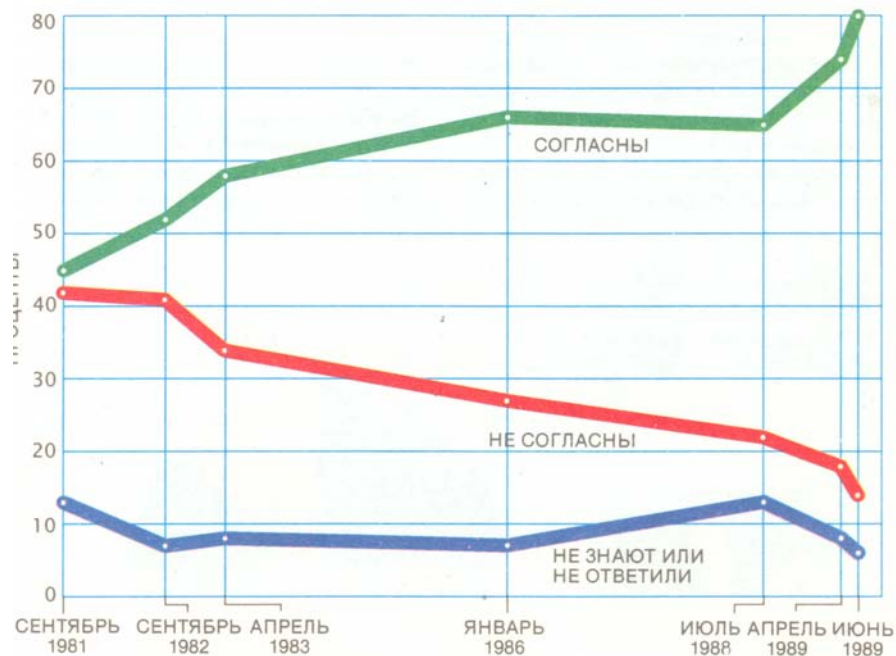
интересами, становится важнейшим фактором, определяющим политику правительства.

Чтобы изменить интересы, необходимо выполнение трех условий. Во-первых, лидеры, как государственного, так и частного сектора, должны провозгласить переоценку ценностей, соответствующую концепции сбалансированной экономики. Во-вторых, должны появиться стимулы, поддерживающие новые ценности. В-третьих, необходимо создать институты, которые бы эффективно применяли эти стимулы. Первое условие выполнить сравнительно несложно, второе - значительно труднее, третье же условие, по-видимому, самое трудное.

ЦЕННОСТИ, подобные тем, о которых шла речь выше, на самом деле уже провозглашались политическими лидерами во всем мире. В течение нынешнего года президент и государственный секретарь США, руководитель Советского Союза, премьер-министр Великобритании, а также президенты Франции и Бразилии в своих выступлениях уделяли серьезное внимание вопросам окружающей среды. (В отличие от прошлой администрации, президент Буш придает вопросам охраны окружающей среды

гораздо большее значение в политической программе США.) В большинстве промышленно развитых стран имеются законы по охране окружающей среды, которые по крайней мере в какой-то степени отражают эти ценности; существует даже несколько международных конвенций, где они также начинают находить отражение.

Просто принять измененную структуру ценностей, хотя это и необходимое условие, еще недостаточно для того, чтобы произвести требуемые перемены в сознании людей, а тем более изменить экологическую обстановку. Хотя дипломаты и юристы могут горячо спорить относительно словесных формулировок, слова - это еще не действия. В США, где были установлены самые строгие законы по охране окружающей среды и где результаты опросов общественного мнения, проводившиеся на протяжении последних 15 лет, показали, что американцы желают усиления мер по охране окружающей среды, Большая часть населения все же придерживается типичного образа жизни промышленно развитых стран, оказывающего опустошительное влияние на окружающую среду. Новые ценности провозглашены, а вот соответствующие стимулы и институты



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕННОСТИ получают все большую поддержку в США. В опросах общественного мнения, проводившихся совместно редакцией «Нью-Йорк таймс» и агентством новостей «Си-Би-Эс Ньюз» начиная с 1981 г., опрашиваемые, в частности, должны были выразить свое отношение к следующему утверждению: «Защита окружающей среды имеет настолько важное значение, что никакие требования и стандарты не могут считаться слишком высокими, и дальнейшие меры по улучшению окружающей среды должны приниматься не взирая на их стоимость». Последний опрос был проведен после аварии танкера «Еххон Valdez»,

явно неадекватны либо вовсе не существуют.

Трудность перехода от провозглашенных ценностей к реальным действиям и институтам обусловлена основными особенностями ведущих промышленно развитых государств. Эти государства, ввиду их главной роли в загрязнении окружающей среды, экономической мощи и львиной доли потребления мировых ресурсов, должны быть лидерами в изменении существующих порядков. Эти государства основаны на демократической системе рыночной экономики. Возникающие трудности, по иронии судьбы, присущи самой экономике Свободного рынка, с одной стороны, и демократии - с другой.

С экономической точки зрения проблема хорошо известна: «экологическая» стоимость производства товара или услуг не входит в их цену. Как отмечает экономист Кеннет Е. Боулдинг: «Все природные системы - это замкнутые циклы, в то время как экономические процессы линейны и строятся на предположении, что природа имеет неисчерпаемые ресурсы и бездонные сточные ямы, в которые можно сбрасывать отходы». В своем сознательном невежестве и в нарушение стержневого принципа капитализма мы зачастую отказываемся рассматривать природные ресурсы как капитал. Мы тратим их, как будто это заработанные нами средства, а потом недоумеваем, как проматывающий состояние наследник, когда наши «чеки» начинают возвращаться неоплаченными.

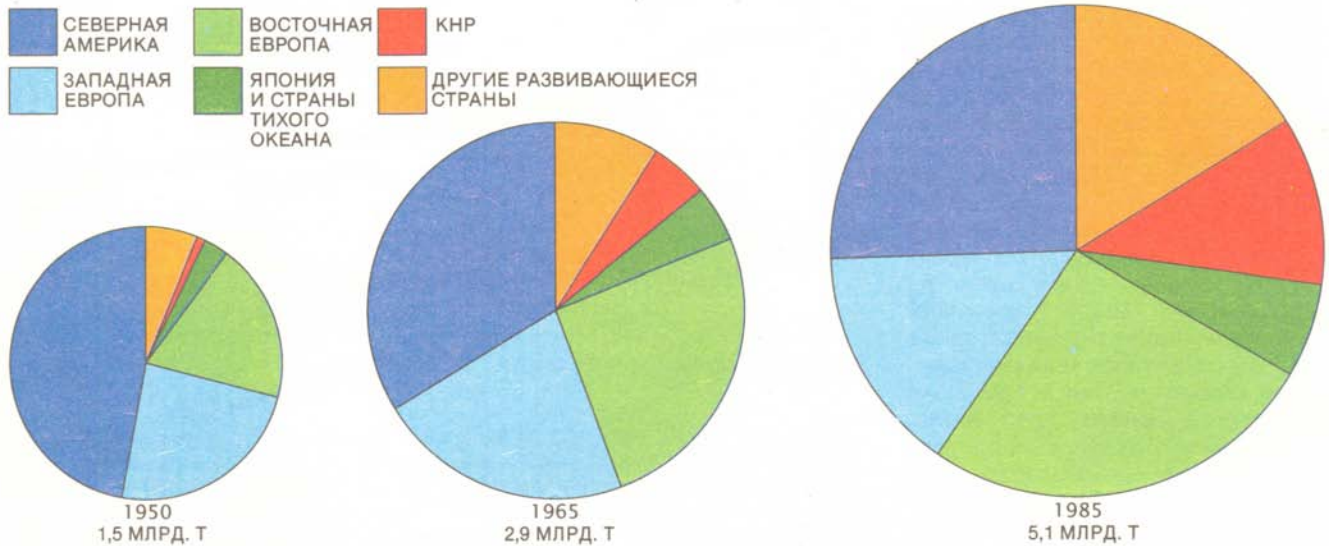
Такие ресурсы «общего пользования», как атмосфера и океан, являю-

щиеся общественным достоянием, особенно подвержены опасности перерасходования, если их рассматривать либо как неисчерпаемый источник, либо как бездонную сточную яму. Причина такого положения дел объясняется тем, что тот, кто пользуется этими ресурсами, так или иначе получает кратковременную выгоду и в короткой перспективе он остается в выигрыше. Последствия деградации окружающей среды сказываются на всех пользователях и становятся очевидными лишь тогда, когда появляются явные признаки истощения природных ресурсов или кризиса экосистемы. Несколько лет назад биолог Гаррет Хардин образно назвал это явление «трагедией общественного достояния».

ТИЗБЕЖАТЬ такой трагедии, заставить людей платить полную стоимость используемых ресурсов, можно замкнув связи в экономических системах. Тот факт, что в промышленно развитых странах этого не удается сделать, связан со второй проблемой - проблемой принятия мер в демократическом обществе. Изменить рынок так, чтобы он отражал стоимость природных ресурсов, способно только правительство. Те же, на кого неблагоприятно действуют эти изменения, хотя они и могут составлять лишь очень незначительное меньшинство населения, часто обладают непропорционально большим влиянием в политической жизни общества. Вообще меньшинство, которое много теряет, добивается в политической борьбе больших успехов, чем большинство, которое приобретает мало.

Возьмем, к примеру, «Закон о чистом воздухе», принятый в США в 1970 г. и являющийся наиболее дорогостоящим и глубоким законом о защите окружающей среды в мировой практике. Некоторые положения этого закона были направлены не столько на очистку воздуха, сколько на то, чтобы сохранить работу шахтерам тех районов страны, где добываемый уголь имел высокое содержание серы. Электростанциям и другим крупным потребителям угля не разрешалось переходить на топливо с низким содержанием серы, чтобы удовлетворить новым нормам загрязнения воздуха; вместо этого они должны были устанавливать газоочистные сооружения.

Хотя закон утратил свою силу семь лет назад, конгресс с большим трудом сумел подготовить проект его пересмотра, главным образом из-за еще одного клубка противоречивых интересов, связанных с кислотными дождями. Общественная заинтересованность в том, чтобы снизить ущерб, наносимый окружающей среде этим видом далеко распространяющегося загрязнения, затронула интересы шахтеров, добывающих уголь с высоким содержанием серы, и интересы крупных потребителей угля на Среднем Западе США, которым угрожали значительные расходы в связи с необходимостью использовать технологию, снижающую количество выбрасываемой в атмосферу серы. Проблема усугублялась еще и значительным расстоянием между основными источниками кислотных осадков и теми районами, которые больше всего от них страдали, в особенно-



ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫЕ СТРАНЫ выбрасывают в атмосферу значительно больше двуоксида углерода, которая более всего способствует парниковому

эффекту, чем раз-

вивающиеся страны. Суммарные выбросы резко возрастали начиная с 1950 г. Данные предоставлены Институтом мировых ресурсов.

сти когда загрязняющие атмосферу вещества пересекают границы штатов или государств: местные выборные власти едва ли пойдут на то, чтобы ущемить непосредственные интересы своих избирателей ради выгоды, которую получают люди, живущие в других регионах.

Вопрос, таким образом, заключается в том, сумеют ли демократические системы промышленно развитых стран преодолеть политические препятствия в попытках переориентации рынка на экологически сбалансированную экономику в расчете на длительную перспективу. История дает нам некоторые основания для оптимизма: в ряде ситуаций государства вынуждены были мириться с сиюминутными трудностями ради достижения отдаленных целей.

В ЭТОМ СМЫСЛЕ очевидный пример дает нам война. Считающиеся невозможными политические или экономические изменения осуществляются в удивительно короткие сроки, когда люди видят, что на карту поставлено само существование их страны. Вторая мировая война мобилизовала население США, изменила картину занятости, стала определяющим фактором в управлении ценами и товарами, привела к реорганизации промышленности страны.

Другим примером является план Маршалла восстановления экономики Европы после второй мировой войны. В 1947 г. США потратили почти 3070 своего валового внутреннего продукта на эту гигантскую систему проектов. Хотя непосредственным поводом для принятия плана было опасение, что советское влияние может распространиться на Западную Европу, он установил прецедент для массивных капиталовложений с целью повысить благосостояние других государств.

Существуют и другие примеры. Феодализм был «отменен» в Японии, так же как и рабство в США, в 19 в. Нынешний век стал свидетелем отступления империализма и создания Европейского экономического сообщества. В каждом из этих случаев интересы тех или иных кругов были принесены в жертву новым национальным интересам.

Но если перемены возможны, то каким образом следует начать их стимулировать? Очевидно, ведущую роль должна играть политика правительства, потому что рыночные цены товаров обычно не отражают их экологической стоимости точно так же, как цена энергии, получаемой от сжигания ископаемого топлива, не отражает риска климатических изменений. Регулирование цен - это самый



ПРОМЫШЛЕННОРАЗВИТЫЕ СТРАНЫ потребляют намного больше мировых ресурсов по сравнению с развивающимися странами, в которых живет около 75% населения Земли. Потребление на душу населения в развивающихся странах показано в процентах от уровня потребления в развитых странах. Данные были получены Всемирной комиссией по окружающей среде и развитию.

прямой способ учесть полную экологическую стоимость товаров и услуг. Когда правительство является собственником ресурсов или их непосредственным поставщиком, оно само может назначить цену, отражающую полную стоимость ресурсов. Рынок приспособится к этой цене, как он всегда это делает по отношению к дорогостоящему продукту - путем замены его другим продуктом или путем более экономичного его использования.

Экологическое регулирование экономики должно строиться таким образом, чтобы мобилизовать, а не подавлять изобретательность и творче-

ство в промышленности. Например, дополнительные резервы в борьбе с загрязнением окружающей среды следует искать не за счет одного ужесточения норм или командного регулирования технологических процессов, а за счет системы мер, основанных на заинтересованности промышленных предприятий. Такие системы в ответ на каждое решение, принимаемое в общественно-политическом секторе, порождают десятки тысяч решений, принимаемых на индивидуальном уровне или на уровне промышленных компаний. Конечно, системы стимулирования сами по себе не являются панацеей. Для решения некоторых



БОГАТЫЕ И БЕДНЫЕ СТРАНЫ по-разному относятся к экологическим проблемам. Нарисованная Скоттом Уиллисом карикатура была опубликована в газете «Сан-Хосе Меркьюри Ньюз».



ЗАМЕНА одного продукта другим - один из путей уменьшения загрязнения окружающей среды. Замена бензина метанолом (уже продающимся на некоторых заправочных станциях Лос-Анджелеса) должна снизить выбросы в атмосферу углеводородов и двуокиси углерода.

экологических проблем, таких как использование чрезмерно опасных химикатов, всегда будут требоваться решительные законодательные меры. Поэтому эффективная политика должна сочетать в себе как директивные подходы, так и подходы, основанные на стимулировании.

И ВСЕ ЖЕ подходы, ориентированные на законы рынка, будут необходимой частью в любых попытках противодействовать парниковому эффекту. Наиболее привлекательными здесь были бы меры, стимулирующие повышение эффективности использования энергии. Путь энергосбережения удовлетворяет обоим критериям выгодной страховки: эти меры хороши сами по себе, и, кроме того, они помогают бороться с глобальным потеплением за счет снижения выбросов двуокиси углерода. Если бы удалось повышать мировую эффективность потребления энергии на 2% в год, то среднюю глобальную температуру можно было бы поддерживать на уровне, отличающемся от нынешнего не более чем на 1 °C. На протяжении последних 15 лет многие промышленно развитые страны были близки к этому критерию.

Меры, направленные на повышение эффективности использования энергии, являются также относительно безболезненными. В период с 1973 по 1985 г. США без особых усилий сократили энергоемкость своего производства на 20%. Значительных улучшений в этом плане можно добиться даже при существующей технологии. Например, за счет такой простой меры, как приведение всех построенных в США зданий к лучшим мировым стандартам, можно было бы сэкономить колоссальное количество энергии. В настоящее время через окна американских домов проходит больше энергии, чем через нефтяной трубопровод на Аляске.

Тем не менее можно добиться выигрыша в эффективности и путем создания специальных рыночных стимулов, потому что цены на энергию имеют тенденцию отставать от повышения доходов. Примером такой стимуляции мог бы послужить налог «на защиту климата» в размере 1 долл. на миллион британских тепловых единиц (соответствующих приблизительно 1000 Дж), получаемых из угля, и 60 центов на миллион б.т.е., получаемых из нефти. Это повысило бы цену бензина на 11 центов за галлон (около 3 центов за литр) и стоимость электроэнергии в среднем на 10%, что ежегодно давало бы в сумме около 53 млрд. долл.

Прямое регулирование путем установления стандартов более обременительно, но оно может оказаться необходимым в тех случаях, когда неявные рыночные меры оказываются неэффективными. Примерами являются нормы, установленные в США на расход горючего автомобилями, а также нормы эффективности энергетических установок, принятые в 1986 г. Благодаря последним удалось сэкономить энергии на 2 млрд. долл. и предотвратить поступление в атмосферу около 342 млн. т углерода.

В ДОЛГОСРОЧНОЙ перспективе, вероятно, потребуется программа, позволяющая в какой-то форме торговать правом на выбросы - и в значительно больших масштабах, чем это было до сих пор. На самом деле предложенный президентом проект нового закона о чистом воздухе содержит более развитую систему подобных сделок. В рамках такой программы всем главным виновникам загрязнения будут выданы разрешения на определенное количество выбросов. Фирмы, которые решат снизить свои выбросы ниже установленного им уровня - например, затратив средства на повышение эффек-

тивности производства, - могли бы продать свои избыточные «права на загрязнение» другим фирмам. Те же, кому окажется слишком дорого переоснастить свои старые заводы или построить новые, могут купить такие права или закрыть наименее эффективные из своих предприятий и продать уже ненужные права на выбросы.

Существуют и другие виды компромиссов, которые позволили бы снизить воздействие на климат выбросов двуокиси углерода. Новые источники способствующих парниковому эффекту газов должны компенсироваться повышением общей эффективности или закрытием старых предприятий, а также за счет насаждения и сохранения лесных массивов, которые помогают поглощать дополнительные выбросы. Стоит лишь установиться новой системе, и дальнейший прогресс может быть достигнут путем снижения дозвоненных уровней выброса различных загрязнителей как на национальном уровне, так и на уровне отдельных организаций.

Программам, которые я только что описал, потребуется поддержка со стороны научных исследований, обеспечивающих научную основу для новых стратегий по защите окружающей среды. Наиболее плодотворными, по-видимому, были бы исследования, касающиеся энергосберегающих технологий и экологически чистых источников энергии. Например, в середине 1970-х годов министерство энергетики США разработало ряд технологий с повышенной эффективностью, затратив на проекты 16 млн. долл. Среди прочих там была и конструкция компактной лампы дневного света, заменяющей лампочку накаливания, и покрытия оконных панелей, позволяющие экономить энергию во время как отопительного, так и «охладительного» сезонов. При современных темпах их реализации эти новые технологии позволят сэкономить к 2010 г. энергии на 63 млрд. долл.

Стимулирование изменений на пути к сбалансированной экономике должно пойти значительно дальше уменьшения источников загрязнения и всевозможных отходов в развитых странах, и его нельзя оставить целиком в ведении управлений по защите окружающей среды в этих странах. Другие управления, ведающие экономическим развитием, эксплуатацией ресурсов и международной торговлей - и вообще международной политикой, - также должны сделать своей центральной целью сбалансированное развитие. Это грандиозная задача, поскольку она самым непо-



ДЫМЯЩИЕ «ПУШКИ» Житель Нижнего Тагила, промышленного центра, расположенного неподалеку от Свердловска в СССР, стоит на черном от сажи снегу и смотрит на дымящие трубы местного сталелитейного завода. Весной 1988 г. особенно плотный смог вызвал демонстрации

местного населения, которые привели к закрытию одной из двух коксовальных печей завода. Дымящие трубы, ставшие символом хозяйственной деятельности человека, символизируют также и то воздействие, которое оказывает эта деятельность на глобальную экосистему.

средственным образом затрагивает многочисленные частные интересы. Потребуется большие политические усилия, чтобы придать вопросам охраны окружающей среды то перво-степенное значение, которое обычно имели лишь вопросы экономики и национальной безопасности.

Однако самые серьезные трудности у развитых стран возникнут во взаимодействии с развивающимися странами. Помощь является здесь и выходом из положения, и вечной проблемой. Суммарная официальная помощь развивающимся странам составляет около 35 млрд. долл. в год. Это не так уж много. Лишь только в США годовые расходы на помощь другим странам составили бы 127 млрд. долл., если бы они затрачивали такую же часть валового национального продукта на иностранную помощь, как в годы реализации плана Маршалла.

РАЗУМЕЕТСЯ, не имеет смысла даже и думать об оказании адекватной помощи развивающимся странам, пока не решится вопрос об их задолженности. По данным Международного банка реконструкции и развития, в 1988 г. 17 больше всего задолжавших государств выплатили промышленно развитым странам и международным агентствам на 31,1 млрд. долл. больше, чем получили в качестве помощи. Очевидно, дальше так продолжаться не может. В последнее время стали заключаться сделки типа «долг в обмен на природу», в частности, между такими крупными банками, как Citicorp, и рядом государств Южной Америки: банк прощает долги за то, что определенная часть территории этих стран превращается в заповедники или парки. Это, конечно, прекрасно, но такие меры сами по себе не решают проблемы. Необходимо пересмотреть сами основы системы международной торговли, чтобы устранить, помимо всего прочего, то неблагоприятное влияние, которое оказывают на развивающиеся страны субсидирование сельского хозяйства и высокие пошлины на ввоз сельскохозяйственной продукции, практикуемые в промышленно развитых странах.

Процветающее сельское хозяйство, основанное на принципах экологической сбалансированности, должно стать прелюдией к будущему экономическому прогрессу в большинстве развивающихся стран, и правительствам следует сосредоточить усилия на стимулах, заставляющих людей вести экологически ответственный образ жизни. Фермеры не будут выращивать урожай, если правительство бу-

дет субсидировать городское население, поддерживая низкие цены на сельскохозяйственную продукцию. Люди не перестанут рожать слишком много детей, если труд этих детей - единственная для них возможность улучшить свое материальное положение. Фермеры не будут улучшать землю, если они не владеют ею; очевидно, нужно провести земельную реформу.

Во многих развивающихся странах ощущается также недостаток в санкциях за ущерб, наносимый окружающей среде, и чтобы улучшить положение дел, значительная часть иностранной помощи должна быть целевым образом направлена на усиление работы местных управлений по охране окружающей среды. Как правило, эти управления бедны и неэффективны, особенно в сравнении с министерствами, которые ведают в этих странах вопросами экономического развития и обороны. Вот один лишь пример: служащие природных заповедников в Танзании получают годовое жалованье, эквивалентное цене, которую браконьерам платят за два слоновых бивня, - это стало одной из причин того, что страна за последние десять лет потеряла две трети своих слонов на подпольной торговле слоновой костью.

Чтобы провозгласить новые ценности и реализовать стимулы, способствующие переходу к сбалансированной мировой экономике, нужно коренным образом изменить многие существующие организации и основать новые. Это будет трудной задачей, потому что такие организации сильны лишь постольку, поскольку они поддерживают сильные интересы - что обычно означает поддержку статуса-кво.

В современном мире важнейшие международные организации - это те, которые занимаются финансами, торговлей и обороной. Скептикам, сомневающимся, что вопросы окружающей среды когда-либо достигнут такого же уровня значимости, напомним, что ныне существующие организации (например, НАТО, Международный банк реконструкции и развития, многонациональные корпорации) сравнительно молоды. Они были организованы под давлением насущных интересов в приобретении и расширении богатства, в сохранении национального суверенитета. Если вопросы охраны окружающей среды приобретут такую же остроту, то подобные организации будут основаны.

Чтобы добиться этой цели, необходимы три условия. Первое - наличие средств. Годовой бюджет Программы ООН по охране окружающей

среды (ЮНЕП), составляющий 30 млн. долл., смехотворно мал, если принять во внимание все многообразие обязанностей, возложенных на эту организацию. Если страны мира всерьез думают о сбалансированной экономике, то они должны обеспечить эту центральную организацию по охране окружающей среды достаточными средствами, предпочтительно - из независимых источников, чтобы исключить политическое давление. В качестве необходимой для этого меры предлагалось ввести налог на некоторые виды общих мировых ресурсов.

Второе условие - это наличие информации. Необходимы сильные международные организации, чтобы собирать, анализировать и публиковать данные об изменениях в окружающей среде и об опасностях, связанных с этими изменениями. Программа «Земной патруль», проводимая под эгидой ЮНЕП, - это начало, однако требуется также авторитетный источник научной информации, который был бы независимым от правительств стран-участниц. Существует много неправительственных или квазиправительственных организаций, способных выполнять эту функцию; их нужно лишь объединить в единую систему. Необходим глобальный орган, способный решать вопросы глобального значения.

Третье условие - это объединение усилий. Мир не может себе позволить множества разрозненных, а иногда и вступающих в конфликт друг с другом программ, целью которых должно быть решение общих проблем. Например, в том, что касается помощи, дело может дойти до абсурда: в настоящее время только Африка пользуется помощью 82 международных и более чем 1700 частных организаций. В ~1980г. в крошечном африканском государстве Буркина-Фасо (с населением около 8 млн. чел.) выполнялось 340 независимых программ помощи. Необходимо улучшить координацию деятельности неправительственных организаций, международных фондов и частных компаний.

И наконец, утверждая в общественном сознании ПРИНЦИП развитой сбалансированности, мы должны пересмотреть наши политические и экономические концепции. В конце концов, эти концепции придуманы людьми; они были другими в прошлом, и, конечно, изменятся в будущем. Земля - это объективная реальность, и учитывая нашу полную от нее зависимость, мы должны более чутко прислушиваться к тому, что она нам говорит.

Нужна ласка

КОГДА ребенок рождается недоношенным, он преждевременно лишается защиты сложно устроенных оболочек, в которых находится плод в утробе матери. Не наносит ли это ущерб жизнеспособности? Действительно, преждевременно родившиеся дети в сравнении с доношенными обладают пониженной жизнеспособностью и медленнее растут. Недавно было показано, что отсутствие тактильной стимуляции (у человека это поглаживания, у крыс - вылизывание), по-видимому, замедляет рост новорожденных. А ведь в США недоношенных новорожденных (их 240 тыс. в год), как правило, сразу помещают в специальные «инкубаторы», где прикосновения к телу ребенка исключаются.

Т. Филд из Медицинской школы Университета в Майами и С. Шанберг из Медицинского центра Университета Дьюка выяснили, в чем состоят физиологические изменения, которыми, возможно, объясняется ускорение роста у недоношенных новорожденных, достигаемое путем тактильной стимуляции. В проведенном ими исследовании 20 преждевременно родившихся детей по несколько раз в день брали на руки и поглаживали. Эти дети прибавляли в весе на 210,10 быстрее, чем в контрольной группе недоношенных, хотя те и другие поглощали одинаковое количество пищи. По словам Шанберга, наблюдаемая разница свидетельствует о том, что дети, которых ласкали, растут «счастливее». У недоношенных новорожденных, получавших тактильную стимуляцию, был также выше уровень нейромедиаторов и гормонов (адреналина, норадреналина и дофамина) в моче, приближаясь к нормальному уровню, свойственному доношенным детям. Большая скорость роста позволяет уменьшить пребывание новорожденного в «инкубаторе», что снизило бы расходы на содержание преждевременно родившегося ребенка в больнице на 3 000 долл.

Почему ласкательные прикосновения благоприятно влияют на недоношенных новорожденных? Ключ к ответу на этот вопрос дали эксперименты с крысами. У новорожденных крысят, лишенных материнской «ласки» (самка вылизывает детенышей) наблюдались биохимические изменения, в частности утрачивалась чувствительность к гормону роста, в результате чего рост прекращался. Как

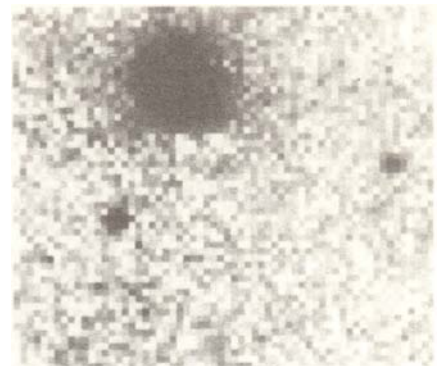
полагает Шанберг, эти изменения представляют собой стратегию выживания, благодаря которой, в случае если детеныш потерялся, у него сокращается расход энергии. Шанберг и его коллеги Дж. Бартоломе и С. Кун показали, что введение новорожденным крысятам в мозг эндорфина (это природное вещество, подобно опиоиду) имитирует эффект утраты матери. Возможно, эндорфин играет некую роль в механизме инициации упомянутых изменений. Как конкретно он действует, неясно. «У нас есть только фрагменты мозаики, но они пока не складываются в единое целое», - сказал Шанберг.

Коричневые карлики здесь ...

НАПРОТЯЖЕНИИ нескольких лет астрономы наблюдали множество любопытных объектов, известных как коричневые карлики, представляющих собой звезды, слишком легкие, чтобы сгореть в результате термоядерного взрыва. К сожалению, некоторые из таких предположений не выдержали более тщательного анализа, а другие остались в виде некоего паноптикума, не подтвержденные и не опровергнутые. Группа, возглавляемая У. Форрестом из Университета Рочестера, утверждает, что они обнаружили лучшее из до сих пор существующих свидетельств существования коричневых карликов, и возможно, в больших количествах.

Этот вывод основывался на простом предположении Форреста: коричневый карлик должен обладать наибольшей яркостью непосредственно после своего образования, когда количество тепла, выделяемое при гравитационном сжатии максимально. Впоследствии эти звезды становятся более тусклыми и их труднее обнаружить.

Принимая это во внимание, Форрест решил провести поиск коричневых карликов в комплексе Тельца - Возничего, области Млечного Пути, находящейся на расстоянии 450 световых лет. Комплекс представляет собой своего рода звездный детский сад - большинство его звезд имеют возраст в среднем около 1 млн. лет. (Для сравнения: возраст Солнца составляет более миллиарда лет.) Если комплекс Тельца - Возничего содержит такие молодые коричневые карлики, считал Форрест, то они должны



ДВА КАНДИДАТА в коричневые карлики тускло мерцают около обычной звезды в комплексе Тельца - Возничего на инфракрасной фотографии, сделанной У. Форрестом.

быть достаточно яркими и их можно было бы обнаружить.

Предположение, по-видимому, оказалось правильным. Используя инфракрасную камеру, смонтированную на Инфракрасном телескопе НАСА на Гавайях, группа Форреста обнаружила объекты, имеющие предположительные характеристики коричневых карликов: низкую светимость и красноватый оттенок. Но являются ли они в действительности тусклыми объектами в комплексе Тельца - Возничего или же это более яркие объекты далеко за его пределами?

Один из способов проверки ответа на этот вопрос состоит в сравнении движения этих объектов с движением звезд комплекса Тельца - Возничего на протяжении длительного времени. На контрольных снимках этого участка неба, сделанных в 1950 г., Джоунс из Обсерватории Лик в Калифорнии обнаружил шесть объектов, которые наблюдались группой Форреста. У четырех из них было такое же «собственное движение», как и у других звезд комплекса Тельца - Возничего.

Эти четыре объекта, говорит Форрест, являются самыми достоверными кандидатами в коричневые карлики. Для того, чтобы быть уверенным, он планирует проанализировать спектр этих объектов и установить, что он соответствует предположительному спектру коричневых карликов, а не других объектов, например, обычной звезды, закрытой пылью.

Открытие Форреста может иметь потенциальное значение для космологии. Если коричневые карлики распространены в Млечном Пути и других галактиках, так же как в области Тельца - Возничего, то их существованием можно объяснить значительную часть «скрытой массы», которую астрофизики ищут уже много лет.

В капле воды открывается целый мир оптики катастроф



ДЖИРЛ УОЛКЕР

ТЕМ, кто носит очки, знакомо неприятное чувство, возникающее, когда дождевая капля падает на стекло и искажает то, на что мы смотрим. Но эта же злосчастная капля позволяет заглянуть в тот частично скрытый от нас мир, где свет создает сложные структуры, соперничающие по красоте с готическими постройками. Если ночью посмотреть через эту каплю на удаленную яркую лампу, то перед вами возникнут фрагменты подобных структур. (Если вы не носите очков, смотрите через обычное оконное стекло, приблизившись к капле.)

Открывающиеся глазам необычные узоры состоят из ярких линий, на которых капля фокусирует свет. Такое сфокусированное изображение называют каустическим - название связано с тем фактом, что сфокусированным линзой лучом можно прожигать некоторые материалы. В последние годы структура таких изображений была проанализирована на основе так называемой теории катастроф, и теперь о них говорят, как о -примерах оптики катастроф.

Яркие линии часто бывают вогнутыми и, соединяясь, образуют заостренные вершины (см. рисунок на с. 121). Иногда внутренняя область, очерчиваемая яркими линиями, частично заполнена схожими с ними по форме интерФеренционными линиями; можно увидеть также и маленькое изображение самого источника света.

Когда капля висит на оконном стекле, верхняя часть рисунка, образуемого яркими линиями, выпукла, а заостренных вершин немного или нет совсем. Изнутри к границе прилегают крошечные яркие «звездочки». Разглядеть их трудно, из-за того что мешают интерФеренционные линии, но зато их можно заставить «плясать», если слегка постучать по стеклу. Если вы можете поворачивать стекло вокруг линии взора, последите за одной из заостренных вершин. По мере приближения к верхней части рисунка она сжимается, а затем входит во внутреннюю его зону, превращаясь в «звездочку».

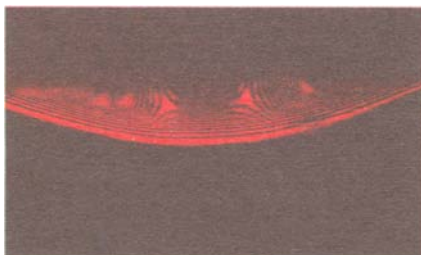
Разнообразие рисунков кажется бесконечным, однако при более внимательном рассмотрении выясняется, что все они состоят из нескольких основных узоров, принадлежащих множеству «элементарных катастроф». Дальнейшее изучение этих рисунков показывает также и нечто более интересное: катастрофы, наблюдаемые в капле, на самом деле представляют собой сечения трехмерных структур, которые в свою очередь являются сечениями структур высших размерностей. Выявлению взаимоотношений между ними были посвящены работы нескольких исследователей, среди которых можно выделить М.В. Берри и Дж. Ф. Ная из Бристольского университета. Мы проанализируем их результаты, а также результаты, полученные Дж. Локом, моим коллегой по Клив-

лендскому университету, и его студентом Дж. Эндрюсом. Я опишу также простой эксперимент, демонстрирующий наиболее удивительные оптические эффекты из всех, которые я когда-либо видел.

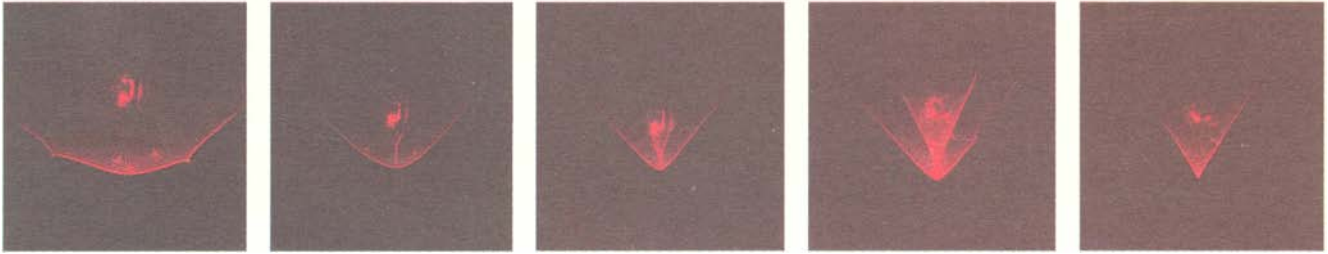
Прежде чем заняться каплями на вертикальной поверхности, рассмотрим каплю на горизонтальном стекле, когда яркие линии всегда вогнуты. Представим себе каплю на горизонтальном предметном стекле от микроскопа, освещенном снизу вертикальным пучком света. Известно, что, когда световой луч проходит через наклонную поверхность, он преломляется, т. е. изменяет направление. В данном случае лучи в первый раз встречаются с наклонной поверхностью, когда достигают верхней границы капли. Чтобы проследить за картиной преломления, рассмотрим вертикальное сечение капли (см. левый верхний рисунок на с.122). По всему сечению поверхность капли выпукла. Выберем какую-нибудь точку на кривой и построим касательную к поверхности в этой точке, а затем восстановим из нее «нормаль» - линию, перпендикулярную к касательной. Если нормаль отклонена от вертикали влево, то луч, проходящий через данную точку, отклонится вправо. Если выбрать точку с нормалью, более круто отклоняющейся влево, то луч, проходящий через эту новую точку, более заметно отклонится вправо.

Результаты преломления можно наблюдать при помощи лазера. Положите стекло краями на два одинаковых кубика. Нанесите каплю на стекло и под ним положите зеркало, чтобы лазерный луч отражался вверх и проходил через каплю. Чтобы увидеть отраженный свет, держите горизонтально лист белого картона над каплей. Если основание капли идеально круглое, все лучи пройдут через «центральную ось» - вертикальную линию, идущую через центр капли. На картоне вы, вероятно, увидите лишь яркую точку, в которой фокусируется часть лучей. Если стеклышко испачкано или имеет маленькие царапины, круговое основание капли искривится: какая-нибудь пылинка может «вытянуть» из капли водяной выступ или создать углубление на краю. Любая из этих неровностей приведет к образованию гребней и желобков на боковой поверхности капли, которые изменят картину преломления световых лучей. Однако если таких неровностей лишь одна или две, то поверхность капли в любом вертикальном сечении останется все же выпуклой (даже в районе гребня или ложбинки) и на картонке мы не увидим ничего интересного.

Все начинается, когда на поверхно-



*Катастрофы, сфотографированные в лазерных лучах:
«звезды» (слева) и «ласточкин хвост» (справа)*



Эволюция катастроф

сти капли есть ло крайней мере три неровности. В этом случае поверхность искажается уже по-другому. В вертикальном сечении она уже не повсюду выпукла - где-то она вогнута. Точка, в которой встречаются выпуклая и вогнутая кривые, называется точкой перегиба. Эти точки не изолированы - они образуют линию, окружающую каплю относительно основания.

Когда лучи проходят через область в окрестности точки перегиба, они в результате преломления сближаются и фокусируются вдоль наклонного пути, идущего над каплей. Если картон «перехватывает» какую-то часть сфокусированных лучей, пучки лучей, образующиеся вблизи каждой точки перегиба, создают на картоне яркое пятнышко, а последовательность таких пятнышек образует линию, называемую складкой, простейшую из элементарных катастроф. Поскольку преломленные лучи наклонены к центральной оси, складка появляется на противоположной стороне от оси ло отношению к линии перегиба, порождающей ее, т. е. световой рисунок перевернут относительно капли.

Расстояние ло горизонтали между каким-либо отрезком складки и осью зависит от наклона нормалей в той части линии перегиба, которая порождает данный отрезок. Если наклон нормалей мал, то лучи также отклонены незначительно, и отрезок складки располагается вблизи оси. Когда нормали имеют более заметный наклон, отрезок складки располагается дальше. В свою очередь форма складки зависит от того, каким образом наклон нормалей меняется вдоль линии перегиба, окружающей каплю.

В левой части среднего ряда рисунков на с. 122 представлен вид капли сверху (неровности значительно преувеличены, показана также линия перегиба). Двигаясь ло линии перегиба от точки *a* и приближаясь к углублению слева, мы увидим, что силы поверхностного натяжения «вынуждают» линию перегиба подниматься по капле. Вдоль линии перегиба наклон нормалей увеличивается. Образующаяся в результате складка обозначена буквой *A* в первой части рисунка.

Здесь показано то, что вы увидели бы, глядя сверху вниз на каплю. Другой отрезок линии перегиба проходит через точку *c* и приближается к углублению справа. Здесь линия перегиба также поднимается вверх по капле и порождает складку, обозначенную буквой *C*. Эти два отрезка линии перегиба встречаются в точке *B*, а их складки сходятся в «сборке» (*B*) - это еще одна элементарная катастрофа.

Неровность в виде выступа приводит аналогичный эффект, поскольку с обеих сторон от нее, а именно там, где контур основания капли становится вогнутым, начиная изгибаться в сторону выступа, образуются желобки. Выступ может породить две сборки, накладывающиеся друг на друга, или же, если он широкий, - две изолированные сборки.

Складки и сборки в действительности представляют собой сечения трехмерных катастроф. Эти две структуры - «ласточкин хвост» (фрагмент ее действительно напоминает хвост ласточки) и эллиптическая омбилика - показаны в нижнем ряду рисунков на с.] 22. Каждая из них изображена в перспективе, так что длинная ось структуры удаляется от наблюдателя (если этот рисунок рассматривать относительно капли на горизонтальной поверхности, длинная ось становится вертикальной). Поддерживаемый над каплей лист картона «сечет» структуру перпендикулярно длинной оси. То, что вы видите на картоне, - это часть структуры, которая им «перехватывается».

Посмотрим, что получится, если мы мысленно проведем ряд таких сечений через «ласточкин хвост», начиная с правой части рисунка и двигаясь влево. Первые разрезы дают выпуклую складку, не содержащую никакого намека на «ласточкин хвост», однако затем начинают появляться четкие, постепенно растущие очертания «ласточкина хвоста». Фигура, в которой начинает появляться «хвост», называется «особенностью». Это мысленное сдвигание сечения вдоль структуры, начиная с ее «особенности», называется «развертыванием» катастрофы. Можете ли вы на самом деле наблюдать развернутый «ласточкин

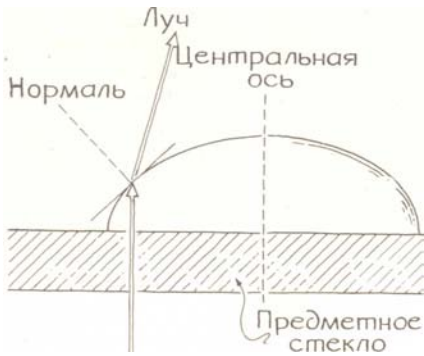
хвост» на картоне, когда капля лежит на горизонтальной поверхности? Шансы невелики: маленький «хвост» теряется на узоре интерференционных полос, а кривизна водяной поверхности обычно слишком мала, чтобы проявилась достаточно большая часть «хвоста».

Теперь попробуем применить ту же мысленную процедуру развертывания к эллиптической омбилике. Здесь «особенности» представляет собой точку, и результатом процедуры развертывания будет треугольная конфигурация из трех сборок и трех вогнутых складок. В этом рисунке также угадывается присутствие катастрофы, но и здесь имеющиеся неровности обычно не могут породить достаточно большую для наблюдения фигуру. (Возможно, «ласточкин хвост» и эллиптическая омбилика покажутся слишком эфемерными структурами, однако запомним их для дальнейшего.)

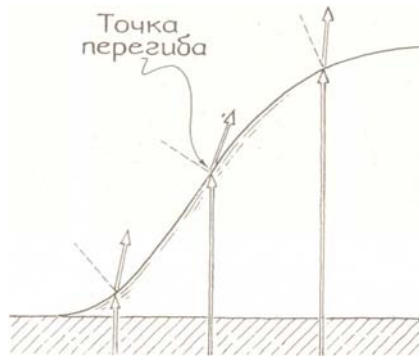
Третья и последняя из трехмерных катастроф - гиперболическая омбилика, также изображенная в нижней части с. 122. Ее «особенность» состоит из двух прямых складок, встречающихся под углом 60°. По мере развертывания катастрофы от «особенности» рисунок будет расщепляться на две части. Одна из них - выпуклая складка. Внутри ее, там где встречаются две короткие вогнутые складки, находится сборка. Здесь либо «особенности», либо развернутый рису-



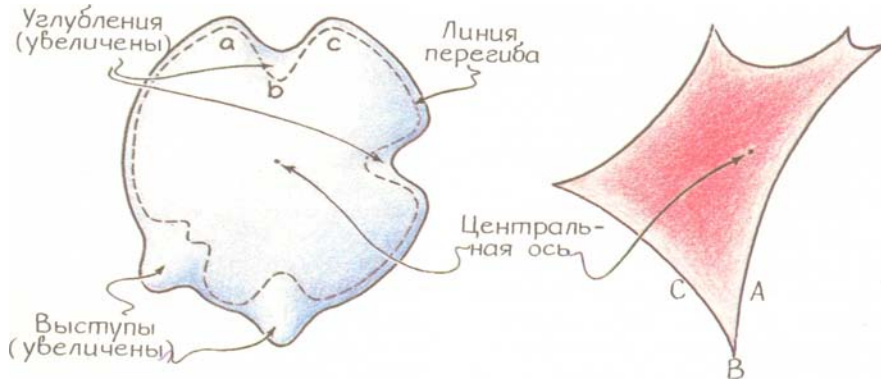
Изображение, порожденное каплей на вертикальном стекле



Преломление лучей в капле



Преломление вблизи точки перегиба



Вид капли сверху (слева) и порождаемое ей изображение (справа)

нок должны выявить присутствие катастрофы. Однако вы не можете наблюдать ни то ни другое в капле на горизонтальной поверхности -- не потому что они слишком малы, а потому что лежащая капля никогда не имеет подходящей для их порождения формы.

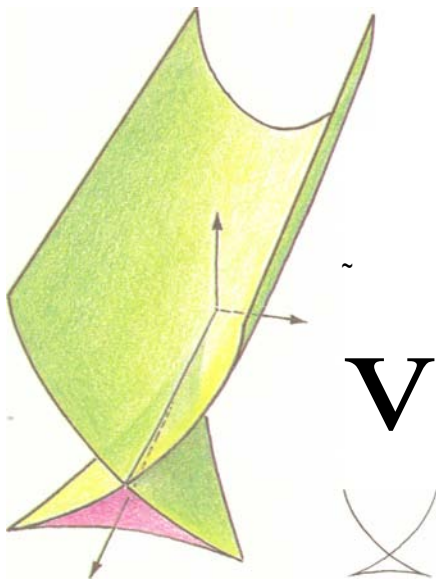
Теперь обратимся к капле, прилип-

шей к вертикальной стеклянной поверхности, но сначала, чтобы избежать возможных недоразумений, я должен буду сделать одно разъяснение. В предыдущих примерах я говорил, что изображение перевернуто относительно капли. Если посмотреть на удаленную лампу через каплю, находящуюся непосредственно

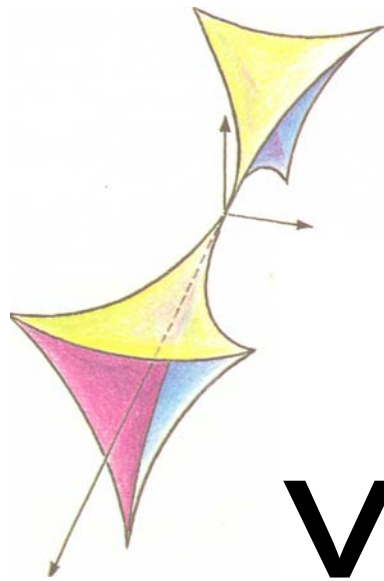
перед глазом, то никакой инверсии мы не увидим: например, нижняя часть изображения порождается нижней частью капли. Однако отсутствие инверсии -- это иллюзия. Дело в том, что изображение, формирующееся на сетчатке глаза, равно как изображение на картоне, перевернуто, однако мозг перевертывает картину еще раз, так чтобы мир вообще, включая каплю и порождаемое ей изображение, имел правильную ориентацию.

Когда капля висит на вертикальной поверхности, развертывание трехмерных катастроф доступно наблюдению благодаря особому искажению формы капли и большей кривизне ее поверхности. Вспомним, что мы видим через каплю, прилипшую к стеклу очков. Когда капля мала, мы наблюдаем заостренные вершины -- сборки и вогнутые складки. Если капля существенно искажена, они могут накладываться друг на друга, и мы увидим развернутый «ласточкин хвост». Когда капля висит, сборки и вогнутые складки наблюдаются лишь в нижней части изображения. Они порождаются неровностями у нижней части основания капли. Верхняя часть изображения, происходящая от верхней половины капли, представляет собой выпуклую складку, внутри которой видны «звездочки».

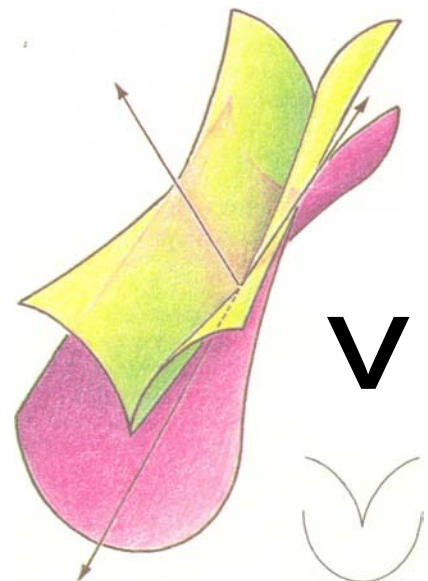
Складка является внешней частью развернутой гиперболической омбилики. Каждая «звездочка» происходит от слегка развернутой эллиптической омбилики, однако неявным образом. Здесь налицо треугольная структура катастрофы (при этом одна сборка своим острием направлена вниз), но ее складки порождают ин-



«Ласточкин хвост»



Эллиптическая омблика



Гиперболическая омблика

терференционные полосы, пробегающие перпендикулярно складкам. Здесь вы наблюдаете перевернутую треугольную конфигурацию интерференционных линий со сборкой, острие которой направлено вверх.

Най сумел развернуть гиперболическую омбилику (включая внутреннюю ее часть) и эллиптическую омбилику. Для этого он покрыл предметное стекло несколькими слоями непрозрачной ленты, прорезал в них отверстие и поместил в него каплю воды. Вставив стекло в микроскоп, он поворачивал его либо вертикально, либо наклонно. Капля находилась в отверстии, как в лунке. Если отверстие было круглым, основание капли также оставалось круглым, несмотря на наклон стекла. Неровности в вырезанном отверстии создавали катастрофы. Варьируя фокусное расстояние микроскопа, Най выбирал место сечения через световые лучи, непосредственно перед каплей. В этом случае можно говорить о наблюдении в «ближнем поле». В приведенных мною примерах изображения создаются на картоне или непосредственно на сетчатке глаза - в «дальнем поле».

Я подумал, а нельзя ли воспользоваться «лункой» Най, чтобы наблюдать развернутые катастрофы в дальнем поле? Вместо того чтобы взять ленту, я вырезал круглое отверстие диаметром 2,8 мм из пластмассовой пластины-шаблона. Одну сторону этой пластины я покрыл клеем и приложил ее этой стороной к бумаге, чтобы удалить лишний клей, а затем осторожно прижал ее к предметному стеклу, следя за тем, чтобы клей не попал в круглое отверстие.

Когда клей схватился, я ~почистил оборотную сторону стекла и обдул сжатым воздухом отверстие. Затем я установил стекло вертикально в луче лазера, закрепив один его конец в куске пластилина. Луч расширился линзой так, что освещал не только отверстие, но и зону вокруг него и был направлен на белую стену, находившуюся в нескольких метрах. В отверстие я поместил каплю водопроводной воды, воспользовавшись шприцем (глазная пипетка также подошла бы для этой цели) и удалил влагу в окрестности отверстия промокающей бумагой. Все эти приготовления отняли у меня 15 минут, а затем, выключив свет, я приготовился к долгому поиску развернутых катастроф.

Но первая же попытка неожиданно принесла удивительные результаты. Верхняя часть изображения на стене шириной приблизительно около метра, образованная нижней половиной капли, состояла из обычных сборок и

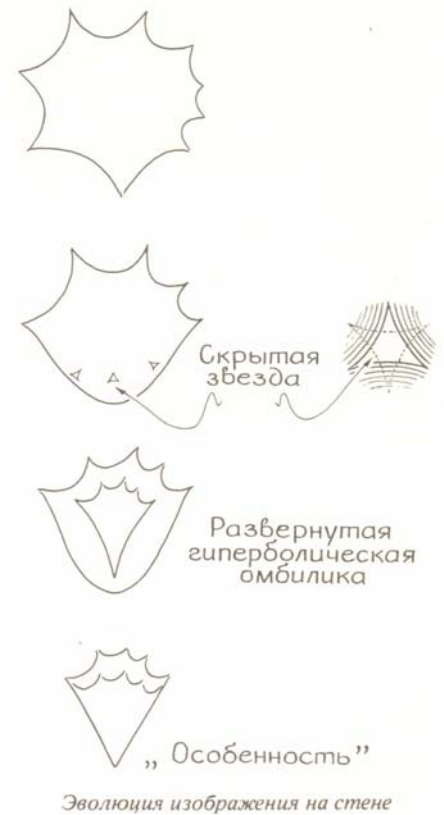
вогнутых складок. Удивительно, что нижняя часть изображения была аналогична верхней. После того что я наблюдал через каплю на стекле очков, это было для меня неожиданностью.

Затаив дыхание, я смотрел, как капля испарялась, меняя кривизну. Сборки в нижней части изображения стали сжиматься, «проткнули» складку и превратились в развернутые эллиптические омбилики, которые выглядели как звезды (см. рисунок на этой странице). Впереди других шла самая нижняя сборка и ассоциированная с ней звезда. Оставшаяся в одиночестве нижняя складка выпрямлялась, затем и она сама, и звезды стали смещаться вверх. У меня возникло ощущение, что я наблюдаю что-то живое.

Вскоре начали появляться сборки скрытой эллиптической омбилики ведущей звезды. Две из них стали вытягиваться вверх, подобно бычьим рогам, а нижняя, наоборот, стала расти вниз. К этому моменту складка была уже выпуклой. За считанные минуты только что возникшая эллиптическая омбилика перестроилась, превратившись во внутреннюю структуру неразвернутой гиперболической омбилики - она представляла собой направленный вниз угол, образованный двумя выпрямляющимися складками. Структура эта смещалась вниз, в то время как нижняя часть изображения поднималась вверх. При встрече они точно совпали, образовав один-единственный угол в 600 С с прямыми сторонами - особенностью гиперболической омбилики. Затем изображение расщепил ось, причем одна его часть превратилась в выпуклую складку, а другая стала внутренним углом с криволинейными сторонами. Таким образом, я стал свидетелем полного развертывания гиперболической омбилики от одного конца до другого, а также ее трансформации из неразвернутой эллиптической омбилики!

Придвинув стекло к окну, я снова капнул каплю воды в отверстие и «прицелился» через каплю на далекий уличный фонарь, выделявшийся на фоне темной улицы. На сей раз в обычном свете масштабы представления были крошечными по сравнению с тем, что я наблюдал на стене в свете лазерного луча, однако оно было не менее захватывающим. Опыты с другими маленькими кругами, вырезанными из того же шаблона, были столь же успешными.

Позже, когда мы наблюдали аналогичный спектакль уже вместе с Локком, выяснилось, что в первый раз я увидел лишь первый акт. Характер событий на сцене определялся линиями перегиба в верхней части капли. (Когда картон, находившийся в луче



лазера, затенял верхнюю часть капли, нижняя часть изображения на стене исчезала.) Второй акт был обращением первого, и события определялись в нем линиями перегиба в нижней части капли. В первом акте изображение на стене было перевернутым по отношению к капле, а во втором благодаря испарению капля отступила глубже в отверстие, и новая кривизна выпрямила изображение.

Опишем теперь весь спектакль от начала до конца. Действие начинается в момент, когда нижние сборки отступают, проходя через нижнюю складку, и становятся звездами. Вспомним, что звезда скрывает за собой треугольную конфигурацию складок и сборок, причем одна сборка направлена острием вниз. Когда первая звезда начинает превращаться в угол, с правой и левой стороны треугольника появляются скрытые ранее складки, которые, выпрямляясь, образуют стороны угла.

Тем временем верхняя складка треугольника становится все заметнее, перемещаясь вверх по стене, и из нее вырастает направленная вверх сборка. Эта сборка - копия той, из которой возникла звезда, но с противоположной ориентацией. Например, если исходная направленная вниз сборка находилась в левой части изображения, то ее растущая вверх копия была уже справа. Когда еще одна звезда претерпевала трансформацию, сто-

раны ее угла вытягивались вдоль строн первого угла и вырастала еще одна копия сборки. По мере того как трансформировались новые и новые звезды, угловая часть изображения становилась все ярче, а в области, населенной растущими сборками, становилось все теснее. Внутренняя часть изображения на стене становилась похожей на конус мороженого с шипами, торчащими из его верхней части.

Тем временем внешняя часть структуры на стене сжималась и принимала такую же конусообразную форму. «~Особенность» гиперболической омбилики появляется тогда, когда ниж-

ние участки конусов совершенно выпрямляются и накладываются друг на друга. Теперь внешняя и внутренняя части структуры меняются ролями: та, что раньше была внешней, продолжает сжиматься, а та, что была внутренней, продолжает расширяться. Новая внутренняя структура начинает высвобождать стайки новых звезд, каждая из которых мигрирует вниз по стене, проходит через нижнюю складку новой внешней структуры и превращается в сборку. В конце концов изображение на стене принимает в основном очертания перевернутого исходного изображения.

жиданных местах. Геодезический купол диаметром 265 футов (немногом более 80 м) стал частью нового павильона центра Уолта Диснея во Флориде. Под ярко-синим куполом высотой в 360 футов (около 110 м, разместился торговый центр в турецкой столице Анкаре. В Швеции, в Стокгольме, красуется купол нового общественного центра; его высота 280 футов (85 м).

Конструкция купола подчиняется строгим геометрическим законам. Сфера может быть покрыта в точности 20 равносторонними треугольниками; в геодезическом куполе эти треугольники делятся на меньшие треугольники различных размеров. Однако, как говорит Йекоу, чтобы покрыть сферу или эллипсоид пятиугольниками или шестиугольниками, нужно воспользоваться другим методом.

В конце концов он пришел к выводу, что построить купол из многоугольных панелей можно, руководствуясь правилам, согласно которым одна точка на каждой стороне многоугольной панели должна касаться воображаемого описанного эллипсоида (отсюда название «тангенциальный»). Вместе с У. Дейвисом, вышедшим на пенсию математиком, они занялись математической постановкой задачи, начав с кольца, образуемого не менее чем шестью конгруэнтными пятиугольниками и охватывающего экватор воображаемого эллипсоида. Задача заключается в том, чтобы найти длины строн и внутренние углы многоугольников, которые должны образовать следующее кольцо.

В каждый многоугольник они вписывали эллипс, каждый из которых касался другого эллипса. В точках касания стороны многоугольников также касались описываемой кривой. Но каким будет точное положение этих точек? Йекоу и Дейвис строили гипотезы, затем подставляли числа в уравнения, описывающие эллипсы и

Наука и общество

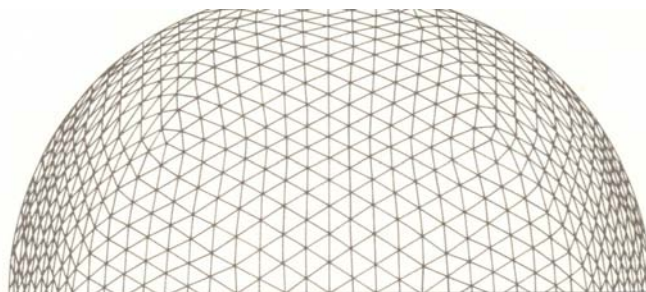
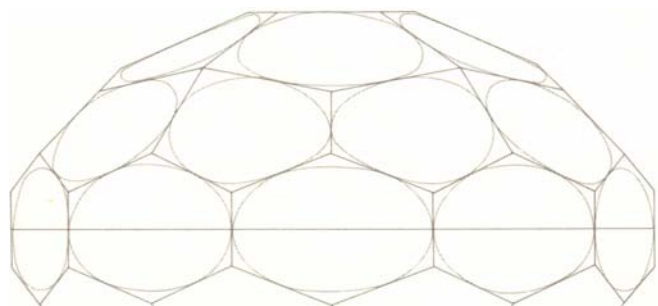
Новая геометрия купола

БАКМИНСТЕР Фуллер стал знаменитым благодаря изобретению, казавшемуся магическим: геодезического купола, структуры из треугольных ферм, которая становится все прочнее с увеличением размеров. Кто оспаривает первенство Фуллера в изобретении геодезического купола; в книге «Science a la Mode» физик и писатель Тони Ротман доказывает, что немецкая фирма Carl Zeiss Optical Company построила и запатентовала в Германии первый геодезический купол еще в 20-х годах. Тем не менее, после того как Фуллер в 1954 г. получил свой патент, выросли тысячи куполов как в виде жилых домов, так и в виде общественных зданий; они поднялись даже над нефтехранилищами. Более того, сотни изобретателей занимались поиском более совершенных конструкций куполов, чему Фуллер от души бы порадовался. И вот сейчас одному из энтузиастов удалось создать купол совершенно иной конструкции.

В мае нынешнего года Дж. Крэйг

Йекоу, вышедший на пенсию инженер, получил патент за номером 4825602 за свой «геотангенциальный купол», состоящий из пяти- и шестиугольников и обещающий стать более универсальной конструкцией по сравнению со своим геодезическим предшественником. Поскольку купол Фуллера есть сфера, разрезанная где угодно, но только не строго по линии экватора, треугольники, находящиеся в основании, должны наклоняться внутрь или во внешнюю сторону. В отличие от этого купол Йекоу, основание которого есть круг, следует форме эллипсоида. Строители, следовательно, сами могут выбрать подходящие размеры, как утверждает Йекоу. И его конструкция такова, что многоугольники в основании всегда составляют с фундаментом прямой угол, благодаря чему его легче сооружать, чем геодезический купол.

Хотя Фуллер предсказывал, что к середине 80-х годов будет построен миллион куполов, их число пока ближе к 50000. Тем не менее купола продолжают расти, подчас в самых нео-



ЗАПАТЕНТОВАННЫЙ НЕДАВНО ГЕОТАНГЕНЦИАЛЬНЫЙ КУПОЛ (слева) построен из пятиугольников и шестиугольников в отличие от традиционных геодезических куполов (справа), состоящих из множества треугольников.

пересекающиеся плоскости. С помощью персонального компьютера они методично проверяли многочисленные гипотезы, пока уравнения не были удовлетворены. Воспользовавшись точками касания, Йекоу и Дейвис могли затем рассчитать размеры и внутренние углы соответствующих многоугольников и, таким образом, построить следующее кольцо купола.

Получив патент, Йекоу тут же открыл консультативную фирму для продажи лицензий на свое изобретение. По его словам, домостроительные компании уже проявили значительный интерес к результатам его исследований, так же как и компания Spitz, Inc., занимающаяся строительством планетариев и расположенная неподалеку от конторы Йекоу в Чэдс-Форте (шт. Пенсильвания). Йекоу предложил также Национальному управлению по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА) рассмотреть возможность использования геотангенциальной структуры в сооружении космической станции.

Баталии вокруг программ

В ТЕЧЕНИЕ последнего года или двух несколько крупных американских компаний, специализирующихся на разработке программного обеспечения для компьютеров, готовятся к войне со своими конкурентами как крупными, так и мелкими. Однако эта война скорее всего развернется в залах суда, а не на рынке, где сбываются программы.

Компании Apple, Ashton-Tate и Lotus Development, каждая в отдельности, подали в суд на своих конкурентов, обвиняя их в том, что они нарушили принадлежащие истцам авторские права на ряд программных средств, скопировав, как выражаются судебные обозреватели, «внешний вид и стиль» программ, ставших предметом разбирательства. Большинство исков, по-видимому, будет рассмотрено в суде до конца этого года; принятые по ним решения откроют новую практику применения закона об авторских правах на программные средства, как говорит Р. Паленски, вице-президент ассоциации разработчиков программного обеспечения ADAPSO.

Подавшие в суд компании не обвиняют своих конкурентов в буквальном копировании программного кода; как правило, они лишь утверждают, что были скопированы «организация, структура и последовательность действий», присутствующие их программам. Не звучит ли это несколько расплывчато? Пожалуй, да - гово-

рят наблюдатели. Как заявил Паленски, в данном случае истцы пытаются защитить нечто, занимающее промежуточное положение между идеей (на которую нельзя получить авторских прав) и ее воплощением (а именно конкретным программным кодом). В результате независимые разработчики программного обеспечения начали проявлять беспокойство; ряд аспектов программного обеспечения, таких как интерфейс с пользователем, которыми они раньше считали в праве свободно пользоваться в своих программах, может стать предметом лицензионных выплат.

Защита авторских прав, предусматриваемая конституцией США, имеет своей целью поощрение новаторства, поскольку обеспечивает людям творческих профессий законное вознаграждение за их работу. В 1980 г. конгресс США одобрил акт об авторских правах в области программирования и установил, что программные средства, как правило, должны защищаться авторскими правами (защищающими выражение идеи), а не законом о патентах (защищающим изобретения). Конкретные вопросы о том, что и как следует защищать, были оставлены в ведении судов.

по словам экспертов в области права, каждый из рассматриваемых исков слегка смещает границы действия закона об авторских правах в различных направлениях. Так, компания Apple утверждает, что Microsoft и Hewlett-Packard незаконно заимствовали некоторые элементы, такие как символические изображения появляющихся на экране меню, применяемые в программах фирмы Apple. «Люди сразу узнают экран «Макинтоша» с его своеобразными программами», - говорит К. Оттенвеллер, юрист, представляющий интересы компании Apple. («Макинтош», или «Маю», как его называют, - это персональный компьютер фирмы Apple.)

В свою очередь компания Lotus подала в суд на две небольшие компании - Mosaic и Paperback Software; предметом спора в данном случае являются программы обработки таблиц. Пакет «Lotus 1-2-3» имел колоссальный успех. Однако, когда компании Mosaic и Paperback, каждая в отдельности, объявили, что их пакеты выглядят так же, как «1-2-3», они выполняются быстрее и стоят дешевле, Lotus обратилась к своим юристам. «Программы идентичны вплоть до каждого нажатия клавиши», - заявил Т. Лемберг, вице-президент и генеральный консультант фирмы Lotus. Сам программный код, написанный инженерами из Mosaic и Paperback и непосредственно создающий то, что пользова-

тель видит на экране, по словам Лемберга, возможно, и отличается. Однако, добавляет он, не о какой «оригинальности» не может быть и речи, если то, что пользователь видит на экране, выглядит точно так же, как «Lotus 1-2-3».

Компания Ashton-Tate предъявила иск фирмам Fox Software и Santa Cruz Operation по поводу весьма популярного пакета управления базами данных «dBASE». Представители Ashton-Tate утверждают, что их фирма создала для пакета собственный язык, специальные пользовательские интерфейсы и синтаксис. «Компания Fox заявляет, что переделала код [реализующий то, что видит пользователь]», - сказал Р. Джонсон, юрист, защищающий интересы Ashton-Tate. Однако самое ценное [в системе «dBASE»] - не программный код, а конструктивные особенности, которые и были заимствованы.

Эти судебные препирательства вызвали раздражение у многих программистов, в особенности у тех, кому принадлежат ранние версии программ, ныне широко используемых компаниями, обратившимися в суд. «Когда мы создавали «Маю» [программы и интерфейсы], нашей единственной заботой было сделать систему настолько необычной, насколько позволяла наша фантазия», - вспоминает Э. Херцфельд, в свое время внесли вклад в интерфейс компьютера «Макинтош», а ныне - независимый консультант. «Сегодня же я дважды подумаю, прежде чем скопировать что-либо, а завтра уже не обойдусь в своей конторе без адвоката».

«В программировании уже стало традицией пользоваться наиболее удачными символическими изображениями команд и приемами вывода «данных», - говорит Р. Столмен, сотрудник Массачусетского технологического института (МТИ). Он обеспокоен тем, что узкое понимание авторских прав будет настораживать программистов и удерживать их от использования наиболее удачных из существующих интерфейсов. Столмен организовал «Лигу свободы программирования», протестующую против исков, предъявленных тремя упомянутыми компаниями. В мае этого года Столмен вместе с ведущим специалистом по искусственному интеллекту Патриком УИНСТОНОМ по сообщению, со 150 другими сотрудниками МТИ пикетировали штаб-квартиру компании Lotus. Было бы нелепо, как говорит Паленски, если бы широкая защита авторских прав привела к подавлению новаторства программистов предпринимателями, опасаящимися судебного иска.

Двумерные машины Тьюринга и «тьюрмиты»



А. К. ДЬЮДНИ

«Термиты... способны создавать сложные узоры на ландшафте, как никакие другие организмы, кроме человека.»

УОЛТЕР ЛИНСЕНМДЙЕР
Насекомые планеты

ТКОМУ хотя раз доводилось видеть термитник, наверное, остались под глубоким впечатлением от сложных систем тоннелей, построенных этими трудолюбивыми, но безмозглыми насекомыми. Парадоксально, но искусственные формы жизни, по сравнению с которыми термиты выглядят гениями, способны создавать не менее удивительные структуры. Возьмем, к примеру, «тьюрмитов». Эти угловатые кибернетические создания наделены самым рудиментарным мозгом. Тем не менее, двигаясь по бесконечной плоскости, которая является средой их обитания, они оставляют следы в виде причудливых узоров, казалось бы отражающих какой-то разумный замысел.

Своим появлением тьюрмиты отчасти обязаны Грегу Тэрку, аспиранту из Университета Северной Каролины в Чепел-Хилле. В течение некоторого времени Тэрк эксперименти-

ровал с одной из разновидностей машины Тьюринга, воображаемого устройства, которое долго служило в качестве фундаментальной модели вычислительных процессов. Обычно предполагается, что машина Тьюринга оперирует на бесконечной прямой ленте, поделенной на ячейки. Однако Тэрк изучал машины Тьюринга, работающие со своего рода двумерной лентой - по существу с той самой плоскостью, по которой блуждают тьюрмиты. Двумерную машину Тьюринга превратить в тьюрмита легко и просто: абстрактные правила заменяются несложным образом на нейронную сеть. Такое преобразование является ярким примером важной темы в теории вычислений: часто две, казалось бы не связанные друг с другом вычислительные схемы оказываются эквивалентными.

Машины Тьюринга были названы в честь английского математика Алана М. Тьюринга, который первым предложил их в качестве способа определения вычислений. По существу машина Тьюринга - это фундаментальная цифровая вычислительная машина. Она может выполнить любое вычисление, доступное современному компьютеру - при условии что

ей будет предоставлено достаточно времени.

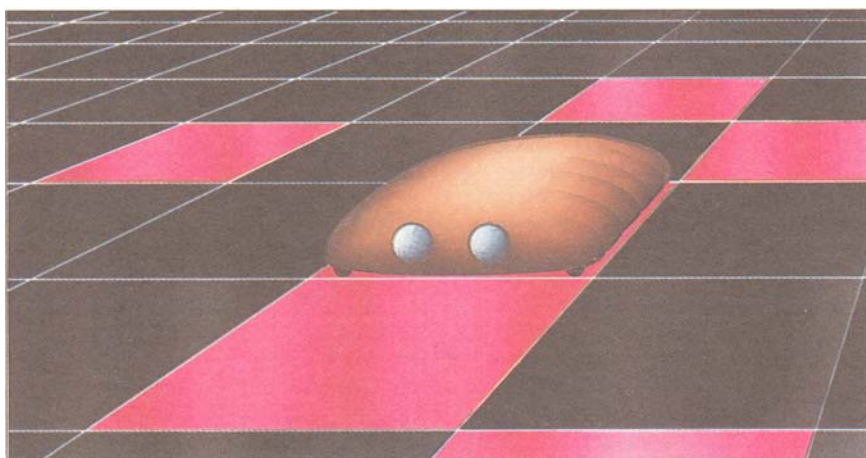
Машину Тьюринга можно представить себе такой, как она показана на рисунке на с. 127: черный ящик, содержащий устройство, которое может считать символ, записанный в ячейке бесконечно длинной ленты, записать новый символ в ту же ячейку и переместить ленту вперед или назад для того, чтобы проанализировать символ, хранящийся в соседней ячейке. Что находится внутри черного ящика? На самом деле это не имеет значения, лишь бы машина придерживалась строго заданной таблицы, в которой указаны действия, которые машина обязана совершить для каждого прочитанного символа и каждого из возможных «СОСТОЯНИЙ», которые меняются с каждым новым циклом действия. Цикл состоит из трех следующих шагов:

1. Прочитать символ, находящийся в данный момент под устройством чтения/записи.
2. Обратиться к элементу таблицы, определяемому текущим состоянием машины и только что прочитанным символом.
3. Записать символ, определяемый элементом таблицы, продвинуть ленту в указанном направлении и перейти в указанное состояние.

Таким образом, каждый элемент таблицы состоит из трех частей: символа, который нужно записать в текущую ячейку; направления, в котором должна переместиться лента; и состояния, к которому машина переходит по завершении цикла.

Перемещение ленты следует рассматривать в относительном смысле. С таким же успехом можно считать, что лента остается неподвижной, а машина сама перемещается по ней от ячейки к ячейке. На самом деле, если принять идею о том, что движется не лента, а машина Тьюринга, то уже не нужно обладать очень богатым воображением, чтобы представить себе двумерную «ленту», по которой свободно могла бы перемещаться машина.

Независимо от того, одномерна или двумерна лента, поведение машины Тьюринга в конечном итоге определяется ее таблицей. Она в точности эквивалентна программе, управляющей действиями современного цифрового компьютера. В смысле вычислительных возможностей двумерную машину Тьюринга не следует считать более мощной по сравнению с одномерными. Однако двумерная машина обладает, конечно, значительно более интересным репертуаром перемеще-



В каждый момент времени тьюрмит занимает одну клетку

ний. Траектория следа, показанная на верхнем рисунке на с. 128, была, например, получена с помощью двумерной машины Тьюринга с единственным состоянием. Ее внутренняя таблица имеет следующий вид:

	ЧЕРНЫЙ	КРАСНЫЙ
A	(КР., ВЛЕВО, A)	(ЧЕРН., ВПРАВО, A)

Единственное состояние машины было обозначено буквой A.

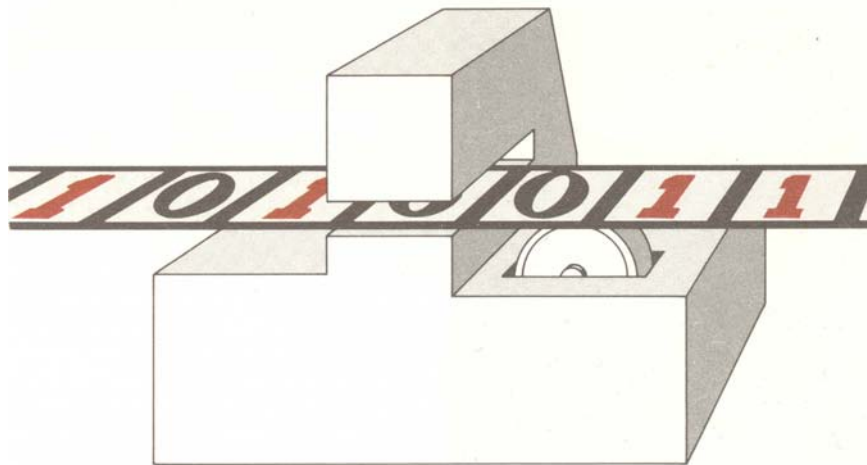
Несколько более сложная двумерная машина Тьюринга, придуманная Тэрком, имеет два состояния, обозначенные как A и B, и в своем поведении руководствуется следующей внутренней таблицей:

	ЧЕРНЫЙ	ЗЕЛЕНый
A	(ЗЕЛ., ВЛЕВО, A)	(ЧЕРН., ПРЯМО, B)
	(ЗЕЛ., ВПРАВО, A)	(ЗЕЛЕН., ВПРАВО, A)

По словам Тэрка, двумерная машина Тьюринга, запрограммированная с помощью этой таблицы, рисует восхитительные спиральные узоры. Она создает «все более увеличивающиеся разрисованные области, располагающиеся упорядоченным образом вокруг точки старта».

Любой рисунок следа, порожденного двумерной машиной Тьюринга, может быть в точности воссоздан тьюрмитом. Однако поведение тьюрмита не управляется таинственным черным ящиком. Оно контролируется тем, что весьма условно можно было бы назвать мозгом. Тот факт, что мозг термита можно вскрыть и подвергнуть исследованию, делает эти существа особенно интересными.

Если же судить по внешнему виду и характеру поведения, то тьюрмит, конечно, не столь интересен. Тело у него приблизительно квадратное -- подходящее для квадратных ячеек, на которые поделена бесконечная плоскость, среда обитания тьюрмитов. Нижняя поверхность у тьюрмита плоская и оснащена некоторым двигательным аппаратом. (Лично я не знаю, каким образом работает этот аппарат, так как ни разу не переворачивал тьюрмита вверх ногами). Этот аппарат позволяет тьюрмиту вращаться и перемещаться ровно на одну клетку в том направлении, куда он в данный момент ориентирован. По сути дела головы как таковой у тьюрмита нет, она существует лишь условно, чтобы мы могли всегда определить, в какую сторону он ориентирован; «глаза» у него также не функционируют. Когда тьюрмит меняет направление, он просто поворачивается



Типичная машина Тьюринга.

на 90°, оставаясь в том же квадрате, прежде чем переместиться в новый.

Первоначально все клетки плоскости, включая ту, в которой находится тьюрмит, окрашены в черный цвет. Однако, прежде чем переместиться, тьюрмит может изменить цвет клетки, которую он в данный момент занимает. (Природа красящего органа тьюрмита для нас остается такой же загадочной, как и аппарат, с помощью которого он перемещается.) Тьюрмит, рисующий след, показанный на верхнем рисунке на с. 121, например, должен уметь окрашивать клетку в один из двух цветов (в данном случае красный или черный). Однако, чтобы воссоздать узор, показанный на нижнем рисунке, тьюрмит должен иметь в своем распоряжении более богатую палитру.

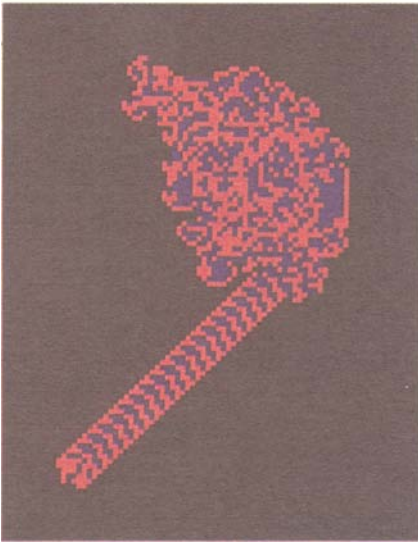
Каким образом тьюрмит узнает, когда нужно двигаться или когда изменить окраску квадрата? Этими действиями управляет его «мозг», который состоит из набора «нейродов», являющихся упрощенной моделью нейронов нашего головного мозга. Нейрод принимает сигналы, распространяющиеся по проводящим волокнам и исходящие из сенсоров (расположенных на нижней поверхности тьюрмита) или из других нейронов, и в свою очередь посылает сигналы эффекторам (таким как двигательный аппарат тьюрмита или орган, способный изменять окраску квадрата) или другим нейронам.

Нейрод срабатывает (посылает сигнал по своей выходной линии), если число входных сигналов равно или превышает пороговое значение данного нейрода, которое на схемах обозначается числом, помечающим каждый нейрод. В противном случае он не срабатывает. Поскольку время в мире тьюрмитов меняется дискретными шагами, все сигналы возбужде-

ния и торможения посылаются и принимаются синхронно с этими дискретными шагами.

Чтобы проиллюстрировать, каким образом тьюрмит принимает то или иное решение, я проведу вскрытие мозга у двух представителей этого вида (см. левый и средний рисунки на с. 129), каждый из которых производит в точности те же действия, что и двумерная машина Тьюринга с одним состоянием, уже рассмотренная выше. Мозг, изображенный на левом рисунке, имеет два нейрода, не соединенных друг с другом. У каждого нейрода имеется лишь одно входное и одно выходное волокно. Когда цветовой сенсор тьюрмита регистрирует красный цвет, он посылает один сигнал левому нейроду, заставляя его работать. Выходное волокно нейрода расщепляется на две линии, одна из которых идет на цветовой эффект ар (последний, получив сигнал, окрашивает клетку, в которой находится тьюрмит), а другой -- на двигательный аппарат (который затем поворачивает тело тьюрмита на 90° вправо и перемещает его на одну клетку в новом направлении движения). С другой стороны, когда цветовой сенсор тьюрмита обнаруживает черную клетку, он посылает сигнал правому нейроду и тот также срабатывает. Выход этого нейрода в свою очередь заставляет тьюрмита перекрасить клетку в красный цвет, прежде чем развернуться и переместиться на соседнюю клетку слева.

Короче говоря, когда тьюрмит выясняет, что находится на красной клетке, он окрашивает ее в черный цвет и перемещается на одну клетку вправо. Если же он занимает черную клетку, то перекрашивает ее в красный цвет, затем поворачивает влево и переходит на одну клетку в одном из направлений.



След от машины Тьюринга, придуманной Тэрком

Мозг второго тьюрмита имеет более замысловатую конструкцию, однако выполняет в точности ту же работу, что и первый. Здесь оба нейрода имеют порог 2; ни один из них не срабатывает, пока не получит два входных сигнала на одном и том же временном шаге. Предположим, что первоначальный сигнал привел мозг в действие и один из двух нейродов всегда будет срабатывать на каждом шаге.

Вот такое простое поведение, воплощенное в двух только что рассмотренных нейродных цепях, в результате приводит к созданию довольно сложного изображения (см. рисунок слева): красное облачко из маленьких квадратиков, от которого протягивается прямо в бесконечность замысловатая структура. По какой причине в поведении тьюрмита появляется вдруг такая целеустремленность, после длительных и, казалось бы, бесцельных блужданий? Ответ таится в той закономерности, которую можно пронаблюдать в облачке раскрашенных квадратиков. В какой-то момент времени эта закономерность в сочетании с правилами поведения тьюрмита, основанными на схеме его нейродов, вынуждают это существо войти в повторяющуюся последовательность действий, которая и приводит к построению той сложной структуры, которую мы видим на рисунке. (Интересно, смогут ли наши читатели найти конфигурацию, с которой начинается повторяющаяся последовательность?)

Ну что ж, такова жизнь в мире тьюрмитов. Иногда, казалось бы, бесцельное блуждание превращается в почти абсолютный детерминизм. Конечно, случайность здесь чисто иллюзорная. Все тьюрмиты полностью детерминированы в любой момент времени.

Тем не менее в мире тьюрмитов встречаются и загадочные явления. Рассмотрим, к примеру, конфигурацию, показанную на нижнем рисунке. Тьюрмит, оставивший этот след, снабжен четырьмя эффекторами, изменяющими цвет клетки, соответственно делая его черным, красным, желтым или зеленым. В своем поведении существо руководствуется следующими правилами:

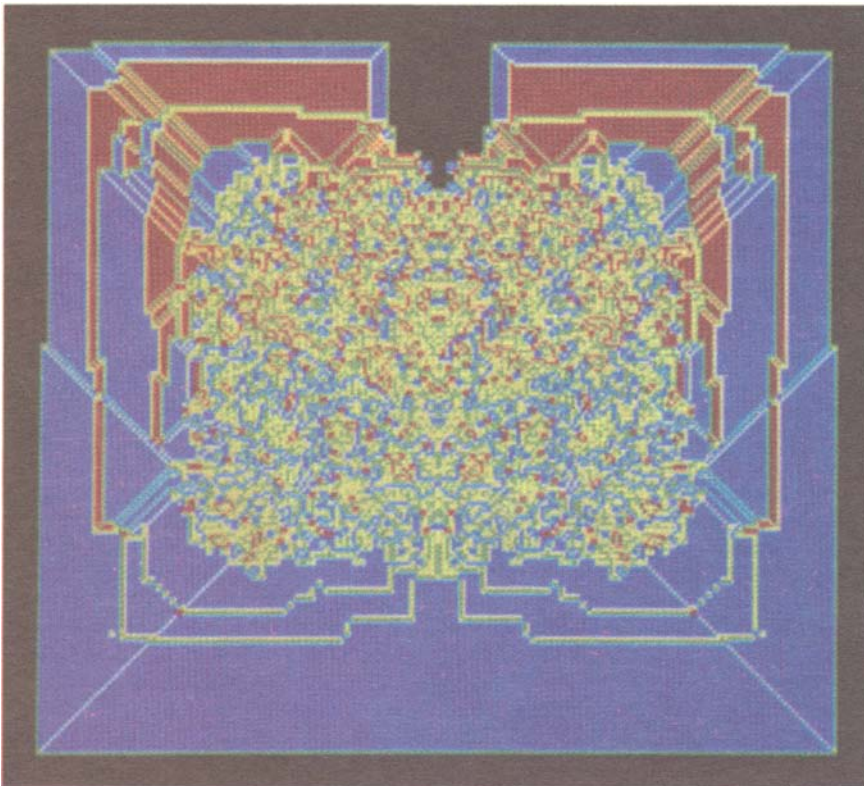
Цвет клетки	Действие
черный	закрасить красным, повернуть вправо
красный	закрасить желтым, повернуть вправо
желтый	закрасить зеленым, повернуть влево
зеленый	закрасить черным, повернуть влево

Мозг этого тьюрмита также очень несложен. Он состоит из четырех нейродов, не соединенных между собой. Каждый из этих четырех нейродов реализует одно из четырех перечисленных правил поведения в той же манере, как это делал простейший мозг первого тьюрмита. Тэрк был озадачен тем фактом, что след, оставляемый этим тьюрмитом, обладает двусторонней симметрией. Возможно, читатели смогут объяснить причину этого явления.

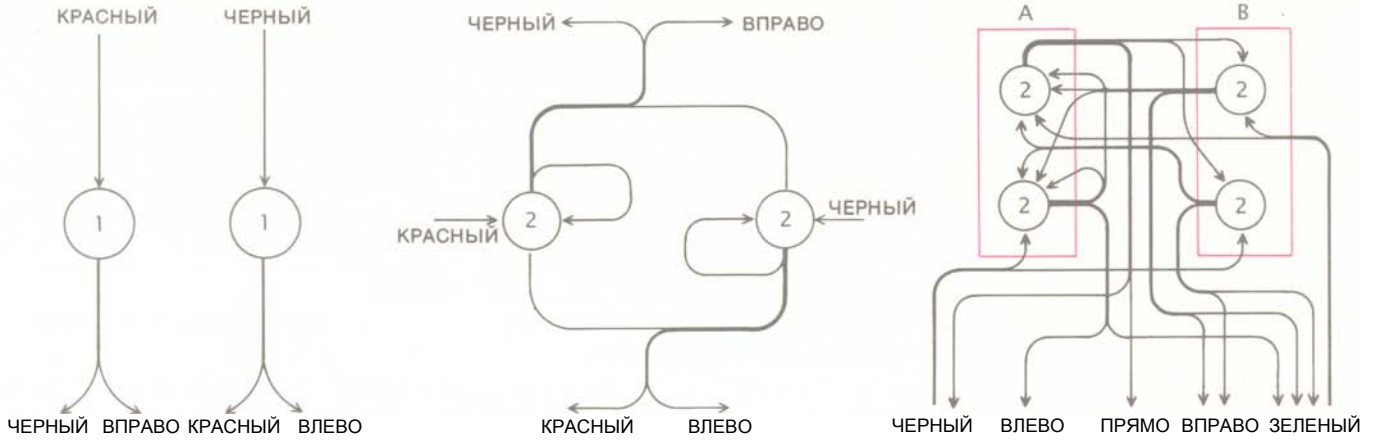
Каким образом можно построить организм тьюрмита на основе той или иной двумерной машины Тьюринга? На самом деле метод построения очень прост. Нужно просто заменить каждый элемент внутренней таблицы машины нейродом с пороговым значением 2, который получал бы входные сигналы от сенсора цвета, соответствующего номеру столбца элемента в таблице, и, возможно, от других нейродов. Выходные линии каждого нейрода должны вести к эффекторам, производящим перемещение и замену цвета, как указано в данном элементе таблицы.

Предположим, что некоторый нейрод соответствует элементу таблицы в столбце, помеченном «красный», и строке, помеченной «В». Согласно схеме преобразования, у нейрода должна быть входная линия, исходящая от сенсора, детектирующего красный цвет. Если элемент таблицы содержит: (черный, влево, В), то у нейрода должен быть выход, ведущий к эффектору, который перекрашивает клетку в черный цвет, и другой выход - к эффектору, который позволяет тьюрмиту совершать левые повороты.

Различные состояния данной машины Тьюринга реализуются различ-



Многоцветный рисунок, созданный тьюрмитом



Три мозговых устройства тьюрмитов, два из которых (левое и среднее) выполняют одну и ту же работу

ными соединениями между нейронами в мозгу тьюрмита. Поскольку в рассматриваемом примере элемент таблицы требует, чтобы тьюрмит перешел в состояние *B*, то нейрод, представляющий данный табличный элемент, должен иметь выходные линии, ведущие к каждому нейроду, участвующему в представлении строки *B* таблицы.

В данном контексте такая нейронная сеть - это не что иное, как некое аппаратное устройство, воплощающее в себе правила поведения, которые содержатся в таблице. Пример рассмотренного преобразования схематически изображен на правом рисунке вверху. Рисунок показывает, как можно построить мозг тьюрмита, моделирующего поведение «спиральной» двумерной машины Тьюринга, придуманной Тэрком.

Забавно наблюдать за тем, как тьюрмит (или двумерная машина Тьюринга) блуждает по клеточной плоскости. Однако, чтобы стать свидетелем этого зрелища, читатель должен написать программу, моделирующую движения тьюрмита. Каким образом можно перейти от таблицы к программе? К счастью, это почти также просто, как построить структуру мозга тьюрмита. Программа, которую я назову TURMITE, пользуется в своей работе таблицей машины Тьюринга, представленной в виде трех отдельных массивов: *color* (цвет), *motion* (движение) и *state* (состояние). Каждый массив индексируется двумя переменными, *c* и *s*. Переменная *c* индексирует цвет текущего квадрата, а *s* - текущее состояние машины Тьюринга (или эквивалентного тьюрмита). Поскольку этим переменным должны присваиваться в качестве значений целые числа, цвета и состояния, используемые в данной модели, должны быть пронумерованы.

(Элементы массивов также должны быть целыми числами.)

Например, черный и зеленый цвета могут быть присвоены переменной *c* в виде чисел 1 и 2 соответственно. Аналогичным образом, состояния *A* и *B* могут быть обозначены соответственно числами 1 и 2 в качестве значений переменной *s*. В нашем случае при моделировании спирального тьюрмита нам потребуются следующие массивы:

	<i>c</i>	1	2
<i>s</i>	1	2	1
	2	2	2

ЦВЕТ

	<i>c</i>	1	2
<i>s</i>	1	1	2
	2	1	1

СОСТОЯНИЕ

Направления движения также должны быть закодированы числами. Поэтому «вперед», «назад», «влево» и «вправо» будут соответственно обозначаться числами 1, 2, 3, 4 в качестве значений элементов массива *motion*.

Главная цель программы TURMITE заключается в том, чтобы закрашивать маленькие квадратики (может быть, даже отдельные пиксели) на экране компьютера в соответствии с действиями тьюрмита. Программа хранит цвета высвечиваемых ею квадратов в двумерном массиве под именем *pattern* (картинка). Первоначально высвечивается лишь один квадратик - расположенный в самом центре экрана.

Значение *c* в каждый данный момент определяется элементом массива *pattern*, соответствующим текущим координатам тьюрмита на экране, скажем *i* и *j*. Располагая известными значениями *c* и *s*, программа просто обращается к элементам *color* (*c, s*), *motion* (*c, s*) и *state* (*c, s*).

Программа изменяет цвет, закоди-

рованный в элементе *pattern* (*i, j*), а затем изменяет значение *i* или *j* в зависимости от значения, хранящегося в *motion* (*c, s*). Здесь программа должна преобразовать относительное перемещение, закодированное в *motion*, в абсолютное перемещение, проанализировав значение другой переменной *dir*, содержащей направление последнего перемещения: вверх, вниз, влево или вправо. Заключительный шаг в основном цикле действий программы TURMITE состоит просто в том, чтобы заменить значение *s* числом, содержащимся в *state* (*c, s*). Остальное можно оставить воображению и изобретательности тех читателей, которым нравится писать свои собственные программы.

Конструируя мозг тьюрмита или моделируя его поведение на компьютере, интересно, наверное, будет поразмышлять также и о том, что тьюрмиты, способные выполнить любое вычисление, производимое машиной Тьюринга, смогут вполне успешно работать в качестве компьютеров. Если, как некоторые утверждают, человеческий мозг представляет собой не что иное, как своеобразный цифровой компьютер, то кое-какие тьюрмиты могли бы быть и не глупее нас с вами - если не умнее!

МОДЕЛИРОВАНИЕ эволюции, тема нашей статьи в июльском номере, вызвало многочисленные отклики читателей. Несколько сот читателей пожелали приобрести подробное описание алгоритма, на основе которого они могли бы написать свою собственную версию программы. В конце концов не часто можно увидеть, как за какой-нибудь час или полчаса совершается эволюция простейших и бактерий.

Майкл Палмайтер, школьный учитель из Калифорнии, заслуживает

пальмовой ветви за свое изобретение. Очевидно, это была очень своевременная идея. Несомненно, духом этой эпохи - эпохи моделируемой эволюции - прониклись несколько читателей, которые независимо разработали свои программы, оказавшиеся во многом схожими с «Моделью эволюции» Палмайтера.

Так, М. Штипановиц из Нэшвилла (шт. Теннесси), выиграл ряд конкурсов с программой, моделирующей овалыных букашек, бороздящих двумерное пространство в поисках случайно распределенного корма. В его программе окружающая среда создает механическое сопротивление движущимся букашкам. Это сопротивление может быть сведено к минимуму путем эволюционного развития обтекаемых форм тела.

К. Охейвер также представил программу моделирования эволюции на конкурс любительских программ. В отличие от букашек Палмайтера организмы в программе Охейвера неподвижны (скорее подобны водорослям, нежели простейшим); они постоянно поглощают пищу, растут и сами служат пищей другим организмам.

П. Х. Дил из Мориарти (шт. Нью-Мексико) создал довольно сложную эволюционную программу и распространяет ее в учебных заведениях. Генный набор его созданий включает 13 генов, управляющих такими характеристиками существа, как способность питаться органическими веществами, поглощать энергию и двигаться (хотя и несколько вяло).

Среди читателей, сумевших запустить BUGS, мою упрощенную версию программы Палмайтера, пользуюсь лишь весьма поверхностным описанием, приведенным в статье, назовем Л. Глейвина из Бернаби (Британская Колумбия), К. Шеллера из Бельвю (шт. Небраска), Дж. Хенри из Де-Кальба (шт. Иллинойс) и А. Бенке из Бостона (шт. Виргиния). Глейвин, которого раздражало количество энергии, иногда затрачиваемой букашками вблизи границ экрана, наделил своих простейших способностью отскакивать от границ экрана. Шеллер явно поощрял ген, вносящий наибольший вклад в успешную тактику поиска пищи. Столкнувшись с тем, как трудно отличить более развитых букашек от их эволюционно отсталых собратьев, Хенри окрашивал их в зависимости от проявляемой склонности оставаться на том же месте. Бенке наделил своих созданий аналогичным свойством, заставляя букашку менять окраску, когда она меняет направление движения.

И наконец, постскрипту к нашей июньской статье с ее шутивным со-

жетом о производстве золота. В этой статье я несколько раз процитировал свою переписку с некоей сомнительной личностью по имени Арло Липоф. Липоф, в частности, утверждал, что уже несколько сбил рыночную стоимость золота, применив теорему Банаха - Тарского на практике для производства золота из ничего. Недавно я получил сердитое послание от организации «Международный совет по вопросам золота» со штаб-квартирой в Нью-Йорке. В письме говорится, что я несу полную ответст-

венность за «неразбериху» и «крах цивилизации», которые могут стать следствием разглашения секретов Липофа. И далее: «В течение долгих лет наша организация принимала все меры к тому, чтобы парадокс Банаха - Тарского не стал известен широкой общественности ... Мы всегда знали, что апокалиптическая возможность производства большего количества золота из меньшего имела бы роковые последствия для международного баланса в мировой финансовой системе».

Наука и общество

Доходы на отходах

"Г"ОРОД Кент в штате Вашингтон .1 может похвастаться незабываемым пейзажем: на горизонте высятся гора Рейнир, а перед ней пышные леса - это два отвала для токсичных отходов и две свалки, собирающие твердые отходы из Сиэтла и других близлежащих городов. В последние годы компании по переработке отходов и консультанты заработали миллионы долларов на расчистке ядовитого мусора в Кенте, сжигая метан, образующийся при разложении содержимого свалок, и перевоза некоторые виды отходов на переработку в другие места. Несмотря на возрастающую потребность в удалении отходов, город Кент вряд ли может позволить себе и дальше расширять территорию свалок и увеличивать число мусоросжигательных печей.

Ситуация в Кенте выявила и возможности, и трудности в области борьбы с отходами. В США ежегодно выбрасывается на свалки 250 млн. т промышленных и бытовых твердых отходов. Как указывает Марк Сулам, сотрудник компании Kidder, Пибоди, на этой базе возникла целая отрасль промышленности с общим капиталом 20 млрд. долл. По некоторым прогнозам, ежегодный рост количества отходов составит 15-20%. Вредные отходы образуют самостоятельную отрасль промышленности с капиталом 4 млрд. долл., который, как ожидается, ежегодно будет увеличиваться на 20-30%. (Радиоактивные отходы - это еще одна проблема и другая сфера бизнеса.) Но вряд ли какой-либо город, большой или малый, стремится стать участником этого бума. Свалки вокруг Кента, пишет Дин Рэдфорд, редактор газеты «YaPeу Daily News», «были построены в 50-х и 60-х годах, когда мы были глубоко сельским районом и не имели

политических целей. Теперь мы понимаем, что нельзя больше терпеть это безобразие в самом центре нашего поселения».

Что же делать с отходами? Множество компаний пытается найти альтернативы. Как отмечает Вишну Суорап, сотрудник компании Prudential-Bache Securities, если лет пять назад было всего четыре или пять корпораций, занимавшихся переработкой отходов, то теперь их более сорока. Крупные компании расширяют масштабы своей деятельности, скупая мелкие фирмы по переработке отходов. Предприимчивые дельцы изучают возможности капиталовложений в мероприятия по защите окружающей среды; в прошлом году они увеличили свои вклады на 29 млн. долл. В предприятия по борьбе с отходами, контролю загрязнения окружающей среды и использованию вторичного сырья; по данным консультантов компании Venture Economics, 55070-й суммы вложено в организацию новых компаний.

~Как указывает Джозеф Дорриот, генеральный директор отделения Resource Energy Systems компании Westinghouse, есть четыре способа решения проблемы твердых отходов: сокращение количества отходов в процессе производства, вторичное использование образующихся отходов, сжигание отходов с целью получения энергии и захоронение. К сожалению, усилия промышленных корпораций (и городских властей) по снижению количества отходов пока еще недостаточны. Агентство по охране окружающей среды (EPA) призывает, что начало широкой пропаганде сокращения отходов было положено лишь несколько лет назад. (EPA) планирует развернуть повсеместную борьбу за сокращение отходов. С этой целью агентство намеревается публиковать специальные издания, в которых бу-

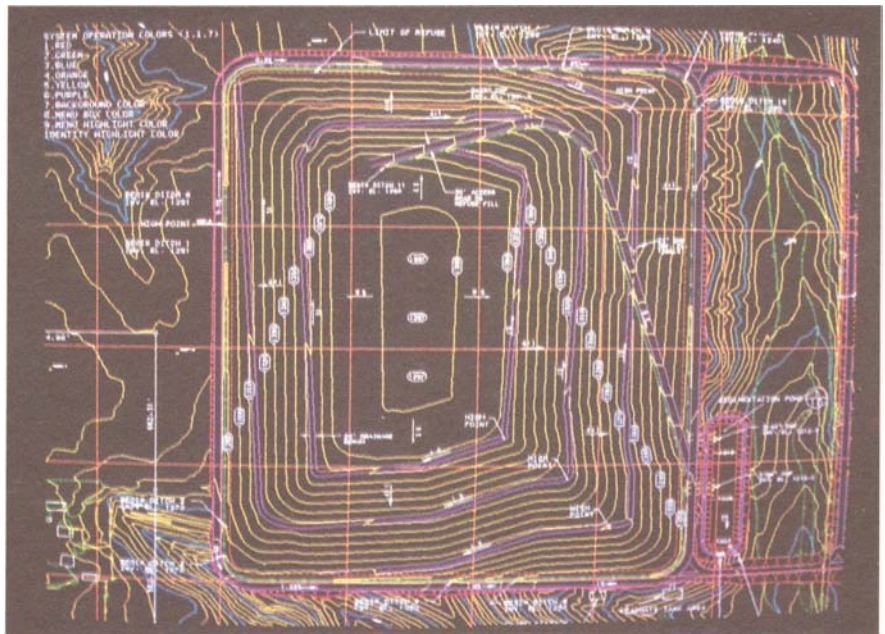
дут приводиться рекомендации о мерах, с помощью которых производители смогут сокращать количество отходов и которые будут формировать общественное мнение, вынуждающее предпринимателей следовать этим рекомендациям.

Многие местные органы власти, в том числе и в Кенте, уделяют больше внимание использованию вторичного сырья; однако в среднем по стране только 110/0отходов используется в виде вторичного сырья. Несколько крупных компаний, включая Waste Management, повседневно занимаются сбором и переработкой некоторых видов вторичного сырья, например стекла, алюминия и бумаги. Для создания мощностей по утилизации некоторых материалов, особенно пластмасс, создаются бесприбыльные консорциумы, чтобы объединить средства на строительство новых перерабатывающих предприятий. Однако наибольшие перспективы открываются перед компаниями, которые будут использовать уже переработанное вторичное сырье. Например, количество вторичного продукта, полученного в результате переработки газет, настолько велико, что в отдельных городах приходится доплачивать перерабатывающим предприятиям, чтобы они принимали бумажную макулатуру.

Все большую популярность приобретает сжигание отходов, особенно твердых, для производства энергии. В последние пять лет компания Westinghouse получила заказы на сумму более 1 млрд. долл. на строительство энергетических установок, работающих на отходах. Такие установки имеют мало общего с обычными мусоросжигательными печами, отмечает Доррикотт. Они снабжены устройствами для регулирования температуры, скорости сгорания отходов и турбулентности газового потока и могут вырабатывать в среднем 500 квт-ч электроэнергии на тонну сжигаемого мусора. Конечно, это в три с лишним раза меньше, чем производится при сжигании 1 т угля. «Это менее экономичное топливо по сравнению с ядерным или нефтью, - добавляет Доррикотт, - но зато это экономичный способ избавиться от мусора».

Как указывает Суорап, к 2000 г. мусоросжигательные энергетические установки смогут перерабатывать до 17% твердых отходов в США, однако местные органы управления, обеспокоенные вредными выбросами диоксинов и золы, не спешат выделять территорию под строительство таких установок.

Как отмечают руководители промышленности, утилизировать пол-



КОМПЬЮТЕРНАЯКАРТАУчастка для свалки отходов. По его периметру проходит дорога (красная). Участок имеет откосы, а на них понижающиеся к центру уступы (желтые). Другая дорога (фиолетовая) проходит по откосам к центру. Площадки (надписи у пурпурной линии) имеют уклон для стока воды и уменьшения эрозии грунта. Фотография предоставлена компанией Waste Management.

ностью все отходы в виде вторичного сырья или в виде топлива для производства электроэнергии невозможно; часть отходов все же подлежит захоронению. Территорий, которые можно было бы использовать для свалок твердых и вредных отходов, становится все меньше, и многие власти на местах всячески противодействуют устройству новых свалок на окраинах городов и поселков. В настоящее время в стране насчитывается около 6000 действующих свалок, но только 2000 из них имеют достаточную емкость для дальнейшего складирования на них мусора до конца века.

Для того чтобы смягчить сопротивление общественности, компании, специализирующиеся на ликвидации и переработке отходов, публично демонстрируют свои достижения. В Арлингтоне, шт. Орегон, компания Waste Management заканчивает сооружение площадки для захоронения твердых отходов стоимостью 25 млн. долл., которая будет принимать отбросы из ближайших городов вплоть до Портленда, расположенного в ~ 140 милях к востоку. Площадка занимает около 300 га и расположена в каньоне, окруженном 100-метровыми откосами. Компания планирует снять верхний слой грунта, уплотнить нижележащие глинистые породы и уложить на них слой гравия и пластика. Подземные трубы будут собирать фильтрат, а специальные приборы - контролировать места утечек. Так как ко-

личество осадков в Арлингтоне невелико (около 23 см в год), руководитель проекта Рик Даниэлс предполагает, что отходы будут разлагаться медленно; тем не менее весь выделяющийся метан будет собираться и сжигаться или использоваться для производства энергии на местной установке.

Компаниям, занятым переработкой вредных отходов, приходится сталкиваться со все более острыми проблемами. Отрасль, занятая утилизацией вредных отходов, работает с перебоями. Так, в Кенте заводы по химической переработке вторичного сырья, построенные в 60-х и 70-х годах, когда-то работали ритмично, а теперь многие из них стали просто местом сброса и хранения вредных химикатов. По классификации ЕРА они теперь являются сильно загрязненными зонами, на расчистку которых федеральное правительство вынуждено выделять капиталовложения из «суперфонда». Дж. Вандер Вельде, вице-президент по вопросам развития науки и техники компании Chemical Waste Management, самой крупной в области переработки вредных отходов, обеспокоен тем, что предприятия, перерабатывающие химические отходы, слишком небрежно обращаются с ними частично потому, что действующие в отношении таких

(Продолжение см. на с.13S)

Глобальное потепление; следы динозавров; знаменитый червь



ФИЛИП MORRISON

Стивен Г. Шнайдер. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: НАСТУПАЕТ ВЕК ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА?

GLOBAL WARMING: ARE WE ENTERING THE GREENHOUSE CENTURY?, by Stephen H. Schneider. Sierra Club Books, distributed by Random House, 1989 (\$ 18.95).

НА ВАШИНГТОНСКОЙ конференции 1971 г., собравшей представителей различных наук о Земле, прозвучал доклад известного ученого на тогда еще совсем новую тему - о влиянии человека на климат. После выступления докладчику подошел молодой человек, желавший поделиться результатами своих расчетов. Этим молодым человеком был Стивен Г. Шнайдер. Знаменитость «задала мне один вопрос, определивший всю мою дальнейшую жизнь: не хочу ли я принять участие в трехнедельной конференции в Стокгольме, которая определила бы границы новой науки?» Предложение было принято, и конференция приобрела деятельного участника, оказавшего немалую помощь в написании отчета по ее итогам.

С тех пор, продолжая вести научную работу в Национальном центре атмосферных исследований, Шнайдер не забывает регулярно знакомить общественность с результатами работ в области антропогенного влияния на климат. (Кстати, читатели журнала могут ознакомиться с одной из его блестящих статей, помещенной в настоящем номере.) В рецензируемой последней книге ученого, посвященной проблеме парникового эффекта, обсуждается вопрос первостепенной важности: как предотвратить нависшую над планетой угрозу глобального потепления? В дискуссиях по этому вопросу, отраженных в книге, участвуют ученые, политики и журналисты всего мира. Спектр мнений и предложений здесь самый широкий: от рациональных и оптимистических до скептических, оппортунистических и даже откровенно провокационных....

По мнению Шнайдера мы находимся на пороге глобального потепления. Хотя ни одну из существующих моделей этого процесса нельзя признать удовлетворительной, наши знания о нынешнем и прошлом состоянии земной атмосферы свидетельствуют о предстоящем потеплении. Так или иначе, поглощение инфракрасной радиации двуокисью углерода и рядом других газов, поступающих в атмосферу вследствие деятельности человека, неизбежно будет способствовать нагреванию земной поверхности, а ведь даже незначительное повышение ее температуры способно вызвать лавину трагических последствий.

Разумеется, мы можем ошибаться в своих расчетах. Возможно, что на самом деле некий оставшийся незамеченным механизм обратной связи воспрепятствует потеплению и уменьшит или даже полностью сведет его на нет. Или же, наоборот, какой-то неучтенный фактор настолько усилит действие парникового эффекта, что температура подскочит выше прогнозируемой отметки. Риск неопределенности здесь все еще велик.

Ощущается ли уже сейчас горячее «дыхание зверя»? Вряд ли. Нельзя сказать со всей определенностью, что, например, необычайно жаркое лето в США является признаком глобального потепления. И все же оно, по всей видимости, уже не за горами. До поры до времени его сигнал заглушен полосой естественных шумов, однако через пару десятилетий оно даст о себе знать. Вот тогда-то мы сможем проверить правильность своих оценок чувствительности климата. А пока перед человечеством стоит вопрос: разумно ли просто ждать, ничего не предпринимая?

Что же нам грозит? Вероятно, наиболее остро вопрос стоит перед голландцами. В течение трех последних столетий они с таким трудом отвоевали у моря немалые участки суши. В 1988 г. голландцы, предвидя значительное сокращение сельскохозяйственных площадей (частично даже тех,

которые защищены от моря дамбой), решили создать на их месте искусственные озера. В 21 в. Голландию ожидает «затопление» водами этих озер. Шнайдер был поражен оптимизмом голландских проектировщиков - казалось бы, они забыли про грозящее повышение уровня мирового океана в результате потепления климата.

Однако голландских гидротехников трудно упрекнуть в беспечности. Вот что может выдержать их обычная дамба: волны высотой 5 м над средним уровнем моря, накат волны 9,9 м, осадку 0,25 м, наконец, повышение уровня океана в течение последующих ста лет на 0,25-0,5 м. Голландцы согласны пожертвовать частью плодородных земель - но вовсе не в угоду наступающему океану, а с тем, чтобы затопить их пресными водами Рейна во избежание постепенного засоления грунтовых вод просачивающимися морскими.

Повышение уровня мирового океана по всей видимости представляет наибольшую угрозу. Прочие последствия потепления, которые отразятся на источниках питьевой воды, на лесах и посевах, на здоровье людей, - все они, несмотря на неизбежные трагедии, не будут носить столь повсеместный характер. Если Нидерланды вооружены мощной линией укреплений, отгораживающей их от извечного врага страны - Северного моря, то как быть с протяженными незащищенными береговыми линиями в Яванском море, в Сиамском и Бенгальском заливах, а также с прибрежными низменностями США и Австралии? «Нельзя допустить, чтобы из-за неопределенности ситуации... мы отказались от стратегического планирования», которое позволило бы ограничить, а впоследствии остановить приток людей в районы, которым грозит затопление.

В 7 главе Шнайдер определяет новую область знания, играющую особую роль, когда решаются вопросы государственной политики, так или иначе связанные с наукой. Автор окрестил эту область «медиарологией», - от английского mass media - средства массовой информации. Как и в метеорологии, в ней важен временной масштаб. Куда более интересный материал представляет получасовой телерепортаж о природных бедствиях - пусть даже выводы, которые делаются в нем, слишком поспешны, - чем длительные усилия объективно оценить масштабы угрозы. Фрагментами из различных телепередач автор подкрепляет свой вывод о том, насколько легко сдвинуть общественное мнение в ту или иную сторону таким

путем. И все же, несмотря на все свои недостатки, именно «медиаарологии» мы обязаны всеобщей озабоченностью по поводу парникового эффекта.

Столь необходимый международный закон об атмосфере может быть принят лишь тогда, когда развитые страны, которым принадлежит львиная доля в потреблении и сжигании топлива, наконец осознают насущную необходимость позаботиться о будущем планеты. Автор опасается, что без экстренных мер, достаточных капиталовложений и широких исследований в этом направлении мы дождемся, что атмосфера сама начнет осуществлять свой решающий эксперимент.

Хочется верить, что проблема эта будет решена. Почему бы многим государствам не пожертвовать часть огромной суммы, ежегодно расходуемой ими на вооружение, на защиту воздушного пространства Земли, принадлежащего всем странам и народам?

СЛЕДЫ ДИНОЗАВРОВ под редакцией Дэвида Д. Гиллета и Мартина Г. Локли
DINOSAUR TRACKS AND TRACES, edited by David P. Gillette and Martin O. Lockley. Cambridge University Press, 1989 (\$ 54.50).

НИКОМУ иному как самому Шерлоку Холмсу принадлежат слова о том, «что вряд ли найдется другой раздел криминалистики, который был бы столь важен и которому уделялось бы так мало внимания, как искусство отыскивать следы». Этот великолепный том - материалы научного симпозиума - прекрасно иллюстрирует слова Холмса. Около 70 специалистов, изучающих следы динозавров (а также их яйца, гнезда и экскременты) собрались в Альбукерке весной 1986 г. Под одной крышей оказалось подавляющее большинство «охотников» за динозаврами со всех континентов. Результатом их совместной кропотливой работы явился первый коллективный труд нашего времени, посвященный этой области науки - сборник статей, прекрасно отредактированных и прокомментированных. Даже строго научный систематический метод изложения не отпугнет широкого читателя. Немного истории, разнообразие интерпретаций, множество отчетов, коллективных и индивидуальных, новая система регистрации и сравнения данных - все это сопровождается интересными комментариями.

Чтобы определить, как движется животное, специалисты регистриру-

ют последовательность и продолжительность его шагов или скачков. Этот критерий, естественно, не может быть применен к динозаврам. Здесь следует рассматривать три типа передвижения: ходьба, рысь и бег (в отличие от млекопитающих, у которых существует 8 или 9 типов передвижения). Даже изучение скелета динозавра не дает ответа на вопрос, каким образом у него двигались при ходьбе конечности: переставлял ли он одновременно конечности, расположенные по диагонали, или конечности, расположенные с одной стороны (так называемая «иноходь»). Большинство дошедших до нас следов принадлежат идущим динозаврам, лишь в редких случаях их оставило бегущее животное.

Карьер по добыче песчаника и аргиллита в Квинсленде (Австралия) хранит 4 тыс. отпечатков следов динозавров, бывших некогда участниками и свидетелями драматических событий. Однако дюжина огромных следов оставлена одним карнозавром, а рядом более 160 отпечатков следов мелких двуногих динозавров, которые, вероятно, в панике разбежались в разные стороны от страшного хищника, вторгшегося в их озеро.

Были ли плотоядные динозавры быстрыми бегунами? Ныне живущие крупные хищники, за исключением гепарда, не обнаруживают склонности к длительному бегу. Лучшими бегунами являются крупные четырехногие травоядные. Крупный крокодил может пробежать около 100 футов, большой динозавр, вероятно, несколько больше. Эти животные были не стайерами, а скорее готовыми к заключительному рывку спринтерами.

Читатель узнает массу любопытных подробностей. Так, иногда в местах, где динозавры оставили особенно много следов, происходит разрушение осадочных пластов. Процесс этот даже получил особое название - динотурбация. В штате Юта есть действующие угольные шахты, потолки которых испещрен «слепами» со следов динозавров, оставленных ими в верхнем слое того, что некогда было торфяным болотом. Торф превратился в каменный уголь. Полости же оказались заполненными солью или песком и впоследствии окаменели. Миллионы лет спустя шахтеры добрались до толстого слоя угля и постепенно выработали его. А окаменевшие следы и по сей день остались на потолке образовавшейся подземной галереи. Иногда они обрушиваются, что весьма опасно, так как один такой «слепок» весит около 140 кг. Как правило, их крепят к потолку

стальными тросами. Это самый серьезный вред, который динозавры причинили человеку, причём 80 млн. лет спустя после мелового периода.

КРУГЛЫЙ ЧЕРВЬ *CAENORHABDITIS ELEGANS*. Под ред. Уильяма Б. Вуда и Общества по изучению *C. elegans*. THE NEMATODE *CAENORHABDITIS ELEGANS*, edited by William B. Wood and the Community of *C. elegans* Researchers. Cold Spring Harbor Laboratory, 1988 (\$ 94).

ЭТА МОНОГРАФИЯ - единственная в своем роде новейшая Книга о Черве, который не миф и не чудовище, а крохотное ниткообразное животное. Во взрослом состоянии *Caenorhabditis elegans* достигает всего 1 мм в длину. Он представляет собой свободноживущую почвенную нематоду ~ встречается по всему земному шару. *C. elegans* является фильтратором, пищей которого служат преимущественно бактерии. Многочисленная группа нематод, или круглых червей (класс Nematoda, относящийся к типу Nemathelminthes - первичнополостных червей) очень древний; характерный для этих животных план строения тела сложился еще в докембрийские времена. Внешне незаметные, они распространены повсеместно. Вид *Caenorhabditis elegans* легко культивируется на чашках с агаром, покрытым колониями кишечных бактерий человека, а также в жидких средах. Взрослая особь *C. elegans* гермафродит, т. е. производит как яйца, так и спермии. Способность к самооплодотворению появляется примерно через 3 дня после вылупления и на протяжении 4 дней молодой половозрелый червь откладывает около 300 яиц, а затем живет еще 2 недели, увеличиваясь в размерах без дополнительных клеточных делений.

Замечательно в этом животном то, что на всех стадиях своего развития оно прозрачно и его легко изучать с помощью микроскопа. Таким образом удалось пронаблюдать каждое клеточное деление на всех четырех стадиях развития - от яйца до взрослой особи (для этого использовались современная Фазово-контрастная оптика и видеоаппаратура). *C. elegans* можно обездвигать анестезирующими средствами, что позволяет зарисовывать или препарировать животное под микроскопом. Любая клетка по выбору может быть аккуратно удалена с помощью одного хорошо рассчитанного импульса лазера на красители. Развитие досконально прослежено также на стадии яйца от первого клеточного деления до вылупления.

Клеточная ультраструктура была изучена при помощи электронного микроскопа на множестве серийных срезов по всей длине тела червя, что позволило составить полную картину клеточной организации.

Размножение *C. elegans* хорошо изучено. В популяции изредка спонтанно появляются самцы, способные оплодотворять нормальных гермафродитных особей, так что возможно скрещивание. Путем скрещивания носителей рецессивных летальных мутаций удалось картировать гены в шести ядерных хромосомах, видимых под микроскопом, и выяснить, обусловлены ли эти мутации одним или различными генами. Известны разнообразные мутанты *C. elegans*, в частности устойчивые к тем или иным лекарственным препаратам, а также утратившие подвижность. Достигнуты значительные успехи в молекулярном анализе ДНК, хотя полная нуклеотидная последовательность генома еще не определена. У *C. elegans*, как и у других животных и растений, в геноме много повторяющихся некодирующих последовательностей, расположенных между генами, в которых закодирована информация о структуре белков. Геном *C. elegans* содержит около 80 млн. пар нуклеотидов, что примерно вдвое меньше, чем у дрозофилы и в 100 раз меньше, чем у человека.

Книга о Черве дает пример описания, уникальный в биологии. В одном из приложений даже сделана попытка представить полный реестр организма: с десяток страниц занимает перечисление (в кодовом выражении) всех частей тела, клетка за клеткой, от клетки-основательницы до клеток вульвы у гермафродитной особи. Каждой клетке найдено место на пространственной и временной картах, начиная с ее появления и кончая гибелью или последним делением. Прослеживаются также родословные недетерминированных ключевых клеток зародышевой линии - как в эмбрионе, так и в зрелом организме.

Учитывать клетки лучше всего путем подсчета ядер, которые легко различимы. Правда, получаемая таким образом карта не совсем точно отражает реальную картину, так как в ряде крупных клеток содержится много ядер в результате слияния более мелких клеток и, кроме того, некоторое число клеток добавляется при делении на поздних стадиях развития. У взрослого животного имеется 959 соматических ядер плюс ядра клеток зародышевой линии. Еще 131 ядро исчезает в процессе развития (например, в эмбриогенезе одна из клеток нужна для образования хвостово-

го конца, но впоследствии отмирает). Нервная система включает в себя наибольшее число клеток по сравнению с прочими системами органов: 302 нейрона и 56 опорных клеток. Несколько меньшее число клеток составляют основной слой стенки тела, еще меньшее - продольную мускулатуру (у *C. elegans* нет опоясывающей мускулатуры), гонады, пищеварительную и выделительную системы и др.

Тело червя покрыто тонкой белковой оболочкой, секретируемой заново после каждой линьки слоями клеток, расположенных непосредственно под ней. Червь как целое представляет собой своего рода эластичный цилиндр, заполненный находящейся под давлением жидкостью, в которую путем диффузии без активного участия клеток проникают кислород и питательные вещества. В этой жидкости нет ни кровяных, ни иммунокомпетентных, ни каких-либо других свободно циркулирующих клеток. Немногочисленные специальные клетки наподобие железистых образуют неклеточные частицы, попадающие затем в жидкость; эти клетки способны поглощать и накапливать частицы введенного в тело красителя, однако если их удалить, животное не гибнет. Неизгладимое впечатление производят рисунки размером в разворот книги, на которых изображена полная схема нейронных связей. Указаны и классифицированы все нейроны (можно насчитать более 100 различных видов клеток) и все их связи. Эти схемы составлены на основании результатов длительных электронномикроскопических исследований. При помощи лазера удалялись отдельные нейроны и таким образом точно определяли, какие клетки ответственны за те или иные функции, скажем, за движение червя вперед или назад.

Поведение *C. elegans* не отличается сложностью и разнообразием. Животное распознает определенные химические соединения, в том числе свои собственные Феромоны; может перемещаться в область подходящей температуры, обладая в то же время способностью со временем привыкать к новой температуре; избегает «щелчков по носу», а если испытывает прикосновение тонким волоском к одной из шести чувствительных поверхностных клеток, то проявляет довольно сложную ответную реакцию. Функциональный анализ нейронных связей пока отстает от структурного; многие вопросы здесь могут быть решены путем моделирования. Целенаправленное поведение самца при спаривании все еще чересчур сложно для нашего понимания; у самцов *C. elegans*, которых, как отмеча-

лось выше, в популяции мало, примерно на 10070 больше «деталей» тела (преимущественно в нервной системе) по сравнению с гермафродитными особями.

Для каждой клетки эмбриона *C. elegans* определена родословная, прослежены все клеточные деления и составлена полная последовательность превращений от первого дробления до выщелпления, снабженная картами, на которых показано окончательное положение ядер. В книге приводятся и генетические карты со списком картированных генов (точная локализация известна лишь для 10% генов, число которых у *C. elegans* оценивается в 5-6 тыс.), а также другие генетические данные.

Монография подводит итог почти 25-летнего труда группы энтузиастов, начатого в 1963 г. в Лаборатории молекулярной биологии Совета медицинских исследований в Кембридже (Великобритания) по инициативе Сиднея Бреннера. Он задался целью составить на клеточном уровне полное описание небольшого многоклеточного организма, в качестве которой была выбрана нематода *C. elegans*, чтобы создать основу для понимания процесса развития у животных. «Для начала идентифицировать каждую клетку червя и проследить все ее превращения», - писал Бреннер. Решение первой из этих двух грандиозных задач блестяще завершено в результате труда трех поколений биологов: тех, кто откликнулся на призыв Бреннера, их учеников и учеников этих учеников - из 60 с лишним лабораторий в разных странах мира. Список цитируемой литературы включает около тысячи книг и статей.

Несомненно, путь к раскрытию тайн биологии развития берет начало в изучении этого одного вида животных, хотя, конечно, применявшиеся до сих пор методы со временем дополняются плодотворным междисциплинарным подходом и новым техническим обеспечением. В науке выбор объекта исследования имеет колоссальное значение и нередко бывал весьма успешным - вспомним плодовую мушку, белую мышь, плесневые грибки, бактериофаги. Тем не менее с методологической точки зрения природа вовсе не податлива. Волны прогресса могут подняться и в полноводной реке, и в, казалось бы, малозначительном ручейке; везде есть шанс найти ключи к тайнам природы, и когда-нибудь, наверное, о них можно будет прочесть даже в учебнике.

Широкому читателю стоит познакомиться с Книгой о Черве не только потому, что она дает прекрасное

представление о современной биологии, но в еще большей степени потому, что это уникальный пример грандиозности и смелости научной задачи. Прав был Аристотель: из разроз-

ненных фактов, терпеливо собираемых наукой, превращающей их в некое понимаемое целое, со временем возникает нечто величественное.

Наука и общество

(Начало см. на с. 131)

предприятий требования ЕРА менее строги, чем в отношении других предприятий в сфере ликвидации и переработки отходов.

Получить разрешение на строительство новых мусоросжигающих печей или добиться, чтобы для свалки вредных отходов был выделен участок, сейчас очень трудно. Кроме того, страховые компании неохотно финансируют такие проекты. Даже USPCI, дочерняя фирма компании Union Pacific с капиталом в 6 млрд. долл., занимающаяся переработкой отходов, столкнулась с большими трудностями при решении вопроса о финансировании своей деятельности, как заявил Дж. Мессман, президент USPCI, и добавил, что его фирма в этом не одинока.

Ликвидация токсичных отходов, скопившихся на отведенных для них свалках, может стать прибыльным делом для компаний, перерабатывающих отходы; компании, только начинающие свою деятельность в этой области, вооружены новой технологией разложения токсичных отходов с помощью бактерий. Однако пока работы в этом направлении развиваются слабо. Хотя ЕРА ассигновало около 8,5 млрд. долл. из «суперфонда» на расчистку мест, где хранятся токсичные отходы, до сих пор эти деньги тратились на исследования, а не на практическое восстановление зараженных зон. Только в некоторых особо опасных зонах, таких как в Кенте, данная проблема начинает решаться.

«Мы тратим массу энергии на то, чтобы определить, что необходимо сделать», - говорит Р. Рипплингер, генеральный директор отделения по переработке вредных отходов компании Westinghouse. По его словам, путаница в действующих нормативах, неосведомленность общественности и споры вокруг стандартов на чистоту окружающей среды сдерживают восстановление зон, зараженных вредными отходами. В результате большинство компаний, специализирующихся на расчистке свалок, в первой половине 1989 г. потеряли убытки, а несколько компаний даже прекратили свою деятельность в этой об-

ласти. Другие же надеются, что новый администратор ЕРА У. Рейлли вскоре выделит деньги из «суперфонда» на финансирование проектов по восстановлению зараженных зон. Мессман отмечает, что для тех, кто может ждать, дело может обернуться большими прибылями. Он предвидит благоприятные перемены. Например, еще в этом году все штаты должны представить в ЕРА свои планы по ликвидации вредных отходов. По мере того как многие виды отходов переходят в число вредных, мелким предпринимателям становится все труднее обеспечивать правильное обращение с химикатами. В результате, как ожидает Мессман, даже крупные компании будут вынуждены прибегать к помощи специалистов по переработке отходов.

«В промышленности все еще творится хаос», - заявляет Мессман. И он будет оставаться до тех пор, пока фирмам по переработке придется доказывать, что они способны освободить страну с развивающейся индустрией от неминуемо образующихся отходов.

Масаи

В СЕРЕДИНЕ июля, после продолжительных дождей, район, расположенный к северу от Масаи-Ма'ра - Национального заповедника Кении - кажется райским уголком. В омытой дождями саване резвятся зебры, гну, Газели и жирафы. Микроавтобус с туристами в шляпах «сафари», пробившись через стадо павианов, направляется ко льву, лениво возлежащему под акацией. А неподалеку пасется стадо коров, окруживших три одетые в красную полотняную одежду высокие человеческие фигуры. Это пастухи масаи.

Такая картина гармоничного сосуществования местных жителей, животных и туристов несколько обманчива. Масаи - потомки племени скотоводов, чьи благородные, с высокими скулами лица можно часто видеть на почтовых открытках из Африки - смотря на диких животных в лучшем случае как на неудобство. Хищники, например львы, зача-

стую слишком стары или ленивы чтобы преследовать импалу, поэтому они иногда нападают на крупный рогатый скот и изредка - на пастухов. Что еще хуже, скоро сотни тысяч диких животных покинут равнины Серенгети (Танзания) и устремятся на север, в район Кении, приграничный с Танзанией. Ежегодная миграция животных - грандиозное природное зрелище, как обычно говорится в бесчисленном количестве брошюр, путеводителей и в фильмах о местной природе, но для масаев - это катастрофа. Животные вытаптывают и поедают всю траву, осушают водоемы и заражают скот инфекционными болезнями.

Сто лет назад скотоводы обычно перемещались на этот период в другие районы. Ныне же их пастбища на юге граничат с заповедником Масаи-Мара, с территории которого их вытеснили, а на севере - с фермерскими землями, площадь которых год от года увеличивается. Закон запрещает жителям Кении вмешиваться в жизнь диких животных, если только они не представляют непосредственной опасности людям или скоту. Тем не менее, известно, что иногда масаи копытами забивают какое-либо животное, например, льва или слона, как бы возмещая на них свою обиду. Сейчас многие масаи, привлеченные возможностью получать больший доход от земледелия, огораживают свои земли и засевают их сельскохозяйственными культурами.

Недавно я совершил двухнедельную поездку по Кении, во время которой беседовал о проблемах охраны животного мира с представителями правительства, с членами групп по охране дикой природы, а также с людьми, занятыми в сфере туризма. Для Кении сафари является главным источником иностранной валюты и средством обеспечения занятости. Между тем, печать этой страны не прекращает обсуждать две главные темы. Первая из них - это ущерб, причиняемый браконьерами (не масаи с их копытами, а многочисленными бандами, вооруженными автоматическими винтовками), охотящимися на слонов и носорогов. Вторая тема - это кампания по борьбе с браконьерством, возглавляемая известным палеоантропологом Ричардом Е. Лики, который весной прошлого года стал директором Управления Кении по охране дикой природы. Однако Лики и другие, с кем мне довелось беседовать, всякий раз останавливались еще на одной проблеме, которая может иметь даже более серьезные и долгосрочные последствия, чем браконьерство. Эта проблема связана с изменением традиционного



МАСАИ собираются у обочины дороги на свадебную церемонию (округ Нарок). Жених запечатлен на переднем плане. Его невеста (вторая - у масаев полигамные браки) сидит у дороги. Ее голова обрита и украшена свадебными драгоценными украшениями. На заднем плане видно кукурузное поле. Фотография Сьюзи Гилберт.

образа жизни масаев. По словам Дейвида Уэстерна из Международной организации по охране дикой природы, данная проблема становится весьма серьезной для животного мира Кении.

Когда-то масаи обитали на богатейших землях в Западной и Центральной Кении. Другие племена и даже европейские поселенцы избегали встречи с ними, отдавая дань уважения их воинскому мастерству. В начале этого столетия, масаи, ослабленные засухой, голодом и межплеменными распрями, были вытеснены англичанами в южный район страны, где они живут и поныне. Этот район, известный как Масаиленд, состоит из двух округов: Каджиадо и Нарок. На территории первого, к северу от горы Килиманджаро, расположен Национальный парк Амбосели, на территории второго - заповедник Масаи-Маро, граничащий с танзанийским Национальным парком Серенгети. (Парками в Кении владеет и управляет федеральное правительство, а заповедниками местные органы управления; федеральное правительство участвует также в управлении заповедниками, поскольку оно владеет всеми природными богатствами Кении.)

Большая часть представителей животного мира Кении находится в Масаиленде. «Плотность обитания» крупных диких животных здесь одна из самых высоких в мире. В одном только Серенгети-Мара обитает примерно 3 млн. животных. Процветанию местной дикой природы в нема-

лой степени способствует открытость земель. Климат в Масаиленде засушливый и осадки выпадают весьма нерегулярно, поэтому многие виды животных, в особенности гну, быстро поедают траву в одном месте и перемешаются дальше. Если бы животные не имели возможности мигрировать, то даже кратковременная засуха привела бы к вымиранию целых стад, отмечает Хелен Ф. де Баттс из общества «Друзья защитников дикой природы».

Традиционный образ жизни масаев таков, что он почти не препятствует свободному передвижению животных. Масаи не строят заборы, они пасут скот, кочуя с места на место, и ночуют в глиняных хижинах, защищенных выкорчеванным колючим кустарником. Они стойко защищают себя и скот от хищников. Иногда юноши масаи убивают львов, тем самым утверждая себя в статусе мужчины. Однако масаи редко убивают дичь и свой скот на мясо. Коров, у которых они берут молоко и кровь (ее пускают, разрезая яремную вену животного), они забивают обычно для церемоний. Чаще всего масаи употребляют мясо овец и коз. Масаи неприязненно относятся к браконьерам, поэтому в районе, где они живут, это зло не столь распространено. «Они близки к природе и тем самым охраняют ее», - говорит Лики. «Если бы масаи не были столь терпеливы, то никакого животного мира в Масаи-Мара сегодня не существовало бы».

Раньше масаям было легче ужиться с животными, поскольку их

земли не были «перенаселены» ими. Одним из обстоятельств, способствовавших «перенаселенности» животными, является тяга многих диких парнокопытных к тем местам, где пасется крупный рогатый скот. По-ВИДИМОМУ ураве с длинными волоконистыми стеблями парнокопытные предпочитают молодую траву. К тому же, на равнине с невысокой травой газели, зебры и импалы могут издали заметить приближающегося хищника. Естественно, что львы и гепарды следуют за своей жертвой. Это явление наиболее характерно для района Масаи-Мара. В течение значительной части года заповедник почти пуст и представляет собой огромный пустой луг. Почти все дикие животные, а также туристы, преследующие животных как львы преследуют свою добычу, находят к северу от заповедника, на землях, где масаи пасут свой скот,

Главная проблема заключается в росте численности самих масаев. В Кении, где ежегодный прирост населения один из самых высоких в мире, сейчас живут примерно 300 тыс. масаев и их число увеличивается примерно на 4070 в год. А поскольку земля не может обеспечить такой же прирост поголовья скота, то в Масаи-Мара доход на душу населения от занятия скотоводством начал снижаться. Вследствие этого масаи вынуждены искать новые источники пищи и доходов. Многие молодые мужчины оставляют сельское хозяйство и в поисках работы отправляются в город.

Более важным, однако, является то, что все больше масаев переходят к фермерскому хозяйству. В районе Национального парка Амбосели они начали возделывать землю к востоку от этого парка и к югу от него, у подножия горы Килиманджаро. Еще больше земли осваивается в Масаи-Мара, где выпадает больше дождей, чем в районах вокруг Амбосели. Масаи, живущие в Масаи-Мара, обычно сами не возделывают свои земли, а отдают их в аренду фермерам из других районов. Когда едешь на машине из Масаи-Мара в северо-восточном направлении, к Нароку, открытые степи сменяются полями маиса и пшеницы, обнесенными заборами. Наиболее зажиточные масаи-землевладельцы живут не в глиняных хижинах, которые туристы находят столь живописными, а в больших домах в стиле ранчо, окруженных грузовиками и джипами. Невольно вспоминается штат Айова. «Обычно думают, что масаи любят бродить по степи, изображая из себя благородных дикарей», - говорит Аллан Э. Эрнито из компании Ker & Downey Safaris Ltd, однако, как и мно-

гих из нас, их часто можно видеть за рулем автомобиля».

Чтобы побудить масаев не изолировать свои земли от животного мира, правительство отчисляет им все большую долю доходов от туризма. (Интересно, что раньше, особенно до того, как в 1963 г. Кения получила независимость от Великобритании, правительство старалось убедить масаев «осесть», т. е. перейти к фермерскому хозяйствованию, чему те упорно сопротивлялись.) Правительство перечисляет часть средств, собранных у въезда в Амбосели и Масаи-Мара, а также туристский налог, двум советам, представляющим округа Каджиадо и Нарок. Эти советы, имеющие выборный состав, были созданы британцами с тем, чтобы управлять всем Масаилендом на правах попечительства и вести через него переговоры с правительством. Средства, получаемые от туризма, советы использовали для рытья колодцев, осуществления программ прививки скота, строительства школ, медицинских учреждений, дорог.

Стратегия правительства имеет, однако, существенные изъяны. Например, когда в 1974 г. был создан Национальный парк Амбосели, Управление по охране дикой природы обещало предоставить масаям, вытесненным с их земель, новые источники воды, поскольку прежние (которые находились на территории парка) стали им недоступны. Поначалу Управление, казалось бы, выполняло свое обещание, но потом перестал обслуживать насосы и трубы, по которым вода поступала к местным скотоводам. Кроме того, совет округа Каджиадо не перечислял средства от туризма масаям, живущим вблизи парка, которые более всего заслуживают компенсации. В знак протеста некоторые масаи начали убивать носорогов и слонов. «Часть масаев, видимо, уже «сыта» всевозможными мерами по охране фауны», - говорит Томас О. Макштейн из Всемирного фонда по охране дикой природы.

В последние годы правительство стремится распределять доходы от туризма более справедливо. Управление по охране дикой природы начало перечислять средства, вырученные от туризма, не только советам округов (которые, как считают многие масаи, плохо представляют их интересы), но и так называемым группам ранчо, состоящим из семей масаев, которые владеют общим пастбищем. Правительство согласилось перевести конторы управления Амбосели, а также школы, клиники и другие учреждения, предназначенные для работников парка, за пределы парков, туда,

где ими могли бы пользоваться также и местные масаи. Возможно, самой обнадеживающей тенденцией является то, что масаи становятся более «предприимчивыми» - они открывают кемпинги и магазины за пределами парка и сами обслуживают туристов.

Масаи также должны будут извлечь дополнительные выгоды от осуществления многообещающей программы Лики по увеличению доходов от туризма. Лики также планирует заключить новое соглашение с масаями, которое позволит им получать больший процент доходов. По его словам, он не собирается предлагать «взятку» масаям с тем чтобы они не стремились к современной жизни, как то утверждают некоторые критики его программы. Совсем наоборот. «Я надеюсь, они УВИДЯТ», говорит Лики, «что перед ними открывается гораздо более широкая возможность послать своих детей учиться в университет, если они не будут мешать жизни диких животных на своих землях и не станут выращивать там пшеницу».

Но с кем Лики будет вести переговоры? Начиная с 70-х годов, советы округов начали официально передавать большие участки земли в пользование групповых ранчо. В настоящее время некоторые из этих ранчо продолжают делить дальше выделенные им земли на участки площадью до 5 акров и передают их в индивидуальное пользование. В итоге, как отмечает Уильям Оле Нтимама, министр местного управления Кении и один из высокопоставленных масаев, весь Масаиленд будет разделен на небольшие участки. К этому времени советы округов могут больше не иметь политической власти, а масаи - единого голоса. «Очень легко иметь дело с одним комитетом, чем с 400 владельцами земельных участков», - говорит Нтимама.

Существует опасение, что без согласованных мер земля в округах Каджиадо и Нарок будет раскроена на фермерские поля и выгоны для скота, и в этих условиях люди и дикие животные будут находиться в постоянной вражде. В конце концов этот уголок дикой природы станет походить на зоопарк или парк «Мир сафари» с их жестко «регламентированной» жизнью. Однако Нтимама не столь пессимистичен. Он считает, что большинство масаев решат держать свои земли открытыми для животных. «Сейчас дикие животные приносят нам некоторый доход и мы думаем извлекать из этого прибыль и в дальнейшем», - говорит Нтимама. Однако он отмечает, что дальнейшее приобщение масаев к современной жизни



НА ТЕРРИТОРИИ МАСАЙЛЕНДА (красный) расположен заповедник Масаи-Мара (а) и национальный парк Амбосели (б). С юга Масаиленд граничит с Национальным парком Тсаво (с).

затрудняет прогнозы на будущее. «У нас очень сильные традиции», - говорит он, «но сейчас, когда дети получают образование, мы меняемся. Через 25-30 лет, я думаю, мы все изменимся».

Джан Хорган

Вниманию
читателей!

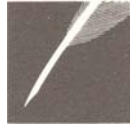
Атомы в астрофизике.
Под ред. Ф.Г. Берка.
1986. 3 р. 60 к.

**Рассеяние света в
твердых телах.**
Вып. IV.
**Электронное рассеяние,
спиновые эффекты,
морфические эффекты.**
Под ред. М. Кардони.
1986. 4 р. 50 к.

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

125315 Москва, Ленинградский
просп., 78. Магазин № 19 «Мир»

Необходимы конструктивные решения



ГРО ХАРЛЕМ БРУНДТЛАНД

В НАЧАЛЕХХ в. ни самим людям, ни технике было еще не под силу радикально изменить глобальную экосистему. Сейчас же, когда век приближается к завершению, люди, численность которых постоянно возрастает, уже способны в результате своей деятельности оказывать существенное влияние на атмосферу, биосферу и гидросферу нашей планеты. Масштабы происходящих неблагоприятных изменений на Земле превосходят наши возможности по их устранению; мировые финансовые и политические институты пока идут не в ногу с процессами, разворачивающимися в природе.

Главной причиной и главным проявлением глобальных проблем окружающей среды является бедность. Бесполезно искать пути преодоления этих проблем, если не рассматривать их в широкой перспективе и в связи с такими явлениями, как бедность большей части населения и социальное неравенство, как в пределах каждой отдельной страны, так и между странами. Для развивающихся стран бедность находится в самом центре всех проблем. Бедность вынуждает пускать в пищу семенной фонд следующего года и вырубать реденные леса на дрова из-за отсутствия других видов топлива. Хотя такая тактика, может быть, и выглядит рациональной в смысле сиюминутного выживания, в отдаленной перспективе она неизбежно приведет к катастрофе.

Однако было бы бесполезно и оскорбительно для бедных говорить им, что они должны оставаться в нишете, чтобы «защитить окружающую среду». Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию пришла к заключению, что непрерывный экономический рост, как необходимое условие для устранения массовой бедности, возможен лишь в рамках более справедливого международного экономического порядка. Комиссия призвала перейти к новой эре экономического роста - такого, который улучшал бы ресурсную базу, вместо того чтобы разрушать ее. Теперь мы знаем, что рост и развитие неизбежно должны сопровождаться ухудшением окружающей среды, что на са-

мом деле благодаря росту можно создать капитал, необходимый для решения экологических проблем. Да и каким образом без дальнейшего роста можно будет в следующем столетии прокормить вдвое большее население по сравнению с нынешним, если и сегодня мы не можем всех обеспечить продуктами питания?

Те из нас, кто живет в развитых странах, обязаны принять меры к тому, чтобы международные экономические отношения помогли, а не мешали перспективе неуклонного прогресса. Обеспечить такое положение вещей - наш долг, и, кроме того, это в наших же интересах. Цены на предметы потребления должны быть пересмотрены, чтобы обеспечить справедливое международное распределение доходов. Практика официальных программ содействия развитию и частных займов развивающимся странам, а также частных капиталовложений должна быть пересмотрена и улучшена как количественно, так и качественно. Финансовая политика и на национальном, и на международном уровне - должна измениться таким образом, чтобы движение капитала зависело от экологических аспектов и способствовало устойчивому развитию в далекой перспективе.

Энергия - другой важный аспект. По мере дальнейшего развития государств потребность в энергии будет расти, а не снижаться; темпы индустриализации и благосостояние быстро растущего населения будут зависеть от того, как будет удовлетворяться эта потребность. Однако глобальное потребление энергии, даже на сегодняшнем уровне, уже привело к серьезным неблагоприятным воздействиям на окружающую среду. Каким же образом можно и впредь наращивать потребление энергии, не нанося еще большего ущерба глобальной экосистеме. Решение, как представляется, состоит в том, чтобы поставить во главу угла национальных энергетических стратегий вопрос об эффективности использования энергии, независимо от того, насколько низки цены на такие традиционные виды топлива, как уголь и нефть.

Комиссия не установила абсолют-

ных пределов роста. На самом деле эти пределы устанавливаются степенью воздействия существующих технологий и социальной организации на биосферу, однако мы должны и в состоянии изменить ситуацию. В докладе комиссии правительствам стран и международным организациям предлагается план необходимых перемен. После периода, когда международные связи во всем мире ослабли и условия для их развития ухудшились, пришло время поставить перед всем человечеством более высокие цели, настойчивее проявить политическую волю во имя нашего общего будущего.

Организация Объединенных Наций со всеми ее специализированными учреждениями располагает достаточными возможностями для достижения наших общих целей. Мы призываем все правительства и общественные институты всемерно способствовать тому, чтобы дальнейшее развитие экономики с учетом минимального негативного воздействия на среду обитания стало главным принципом международного сообщества. Чтобы обезопасить наше общее будущее, нам необходима новая концепция международных отношений, основанная на сотрудничестве, и новая международная этика, базирующаяся на понимании того, что трудности, которые мы пытаемся преодолеть, взаимосвязаны на глобальном уровне.

Такое понимание необходимо не только с морально-этической, но и с чисто прагматической точки зрения. Это единственный путь удовлетворения наших собственных интересов.

Проблема сохранения окружающей среды в условиях развивающейся экономики в плане международных отношений сейчас вышла на первое место. Страны как Северного, так и Южного полушарий должны выработать стратегию, способную обеспечить неуклонное продвижение вперед; при этом должны учитываться диспропорции, господствующие сегодня в международных экономических отношениях.

Мы должны стремиться к тому, чтобы 90-е годы стали десятилетием интенсивного социального, экономического и экологического сотрудничества, а не конфронтации. Нужно выработать глобальные экономические соглашения, обеспечивающие рост всеобщего благосостояния. Чтобы этот рост был устойчивым, соглашения должны учитывать экологические ограничения. Они должны включать проведение разумной экономической политики в развивающихся странах и быть способными реагировать на нужды наиболее бедных наро-

дов Азии, Африки и Латинской Америки.

Настало время организовать всемирную встречу на высшем уровне по вопросам экономики. Разве не было бы уместно на такой встрече рассмотреть и экономические, и экологические вопросы в их тесной взаимосвязи. Крупномасштабные экологические проблемы, такие как защита от парникового эффекта, противодействие разрушению озонового слоя и рациональное использование тропических лесов, - это задача всего человечества. Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию представила оригинальные идеи, указывающие пути извлечения дополнительных финансовых средств. Назрел момент для того, чтобы изучить эти проблемы как с точки зрения их постановки, так и с точки зрения их финансового обеспечения.

Наше поколение первым увидело планету Земля из космоса. И может быть, благодаря именно этому стало особенно очевидно, что выживание людей зависит от того, каким будет этот уникальный, крошечный, хрупкий шарик, плавающий во Вселенной, представляющий собой замкнутую, уязвимую систему.

Книги издательства „Мир“

Х. Кестен
**Теория просачивания
для математиков.**
1986. 3 р.

Г. Крайзель
**Исследования по теории
доказательства.**
Сб. статей.
1981. 1 р. 80 к.

М. Тейлор
**Псевдодифференци-
альные операторы.**
1985. 3 р. 90 к.

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

103050 Москва, ул. Петровка, 15.
Магазин № 8 «Техническая
книга».



William C. Clark (УИЛЬЯМ К. КЛАРК «Управление планетой Земля») - старший научный сотрудник Школы управления им. Кеннеди Гарвардского университета. В 1971 г. получил степень бакалавра в Йельском университете, а в 1979 г. - степень доктора философии в Университете пров. Британская Колумбия. Кларк руководил программой изучения сбалансированного развития биосферы в Международном институте прикладного системного анализа в Австрии. Он является членом Комитета по глобальным изменениям при Национальной академии наук США и редактирует журнал «Environment». Занимается в основном изучением политических проблем, связанных со столкновением международных интересов по вопросам развития, защиты окружающей среды и безопасности. В 1983 г. Кларк был удостоен премии Макатура.

Thomas E. Graedel, Paul J. Crutzen (ТОМАС Э. ГРЕЙДЕЛ, ПАУЛЬ ДЖ. КРУТЦЕН «Меняющаяся атмосфера») - пионеры в исследованиях химии атмосферы. Грейдел - почетный сотрудник компании AT&T Bell Laboratories. Одним из первых среди специалистов по химии атмосферы начал изучать химию серы в газовой фазе, химические взаимодействия в дождевых каплях и реакции, связанные с атмосферной коррозией. Крутцен, известный как один из авторов концепции «ядерной зимы», является руководителем отделения химии воздуха в Химическом институте Макса Планка в Майнце, ФРГ, и приглашенным профессором в Чикагском университете. Исследования фотохимических процессов в тропосфере и стратосфере, которые он начал проводить в начале 1970-х годов, заложили основу современной атмосферной химии. В начале этого года Крутцен получил престижную премию Тайлера за вклад в исследования окружающей среды.

Stephen H. Schneider (СТИВЕН Г. ШНАЙДЕР «Меняющийся климат») - руководитель междисциплинарной программы по исследованию климата в Национальном центре атмосферных исследований (NCAR) в Боулдере, шт. Колорадо. Получил степень доктора философии в Колумбийском университете, имеет более 100 научных работ. Он выступает как признанный специалист по климатологии в разных ролях - в

качестве эксперта в конгрессе, советника федерального правительства, автора нескольких популярных книг. Взгляды автора, изложенные в статье, не обязательно совпадают с позицией Национального научного фонда, который финансирует деятельность NCAR.

J. W. Maurits La Riviere (Ж. В. МОРИС ЛА РИВЬЕР «Угроза водным ресурсам») - генеральный секретарь Международного совета научных обществ (ICSU), организации, основанной в Париже для международного сотрудничества ученых в разных областях. Ла Ривьер - профессор микробиологии окружающей среды, возглавляет технологический отдел по окружающей среде в Международном институте гидравлики и технической экологии (ИНЕ) в Делфте (Нидерланды). После получения степени доктора философии в области микробиологии в Технологическом университете Делфта он провел год в Станфордском университете на морской станции Гопкинса, затем вернулся в Нидерланды и стал сотрудником ИНЕ. Кроме вклада в исследования в области микробиологии, гидротехники и проблем окружающей среды Ла Ривьер является президентом Научного комитета по проблемам окружающей среды при ICSU.

Edward O. Wilson (ЭДВАРД О. УИЛСОН «Разнообразие живой природы под угрозой») одним из первых призвал обратить внимание на глобальное сокращение разнообразия живого и начал бить тревогу по поводу возможных последствий. Живые организмы (особенно муравьи) заинтересовали его еще в детстве, когда он стал изучать и собирать живые существа. Учился в Университете шт. Алабама; последние курсы посвятил эволюционной биологии. Степень доктора философии получил в Гарвардском университете, где он сейчас профессор и куратор энтомологического отдела. Уилсон внес значительный вклад в ряд областей, в том числе в изучение поведения и эволюции общественных насекомых, химической коммуникации и эволюции социального поведения. Награжден Национальной медалью за достижения в науке, Пулитцеровской премией по общей научно-популярной литературе за книгу ««-On Nitap Nature» и премией Тайлера за достижения в области изучения окружающей среды.

Nathan Keyfitz (НАТАН КЕЙФИЦ «-Рост народонаселения») родился в Монреале. В 1934 г. окончил Университет Мак-Гилла, а в 1952 г. Чикагский университет присудил ему докторскую степень в области социологии. Был сотрудником Торонтского, Чикагского, Калифорнийского (в Беркли), Гарвардского университетов, а также Университета шт. Огайо. В настоящее время Кейфиц является почетным профессором-стипендиатом фонда Анделота в Гарвардском университете и фонда Лазаруса в Университете шт. Огайо. Он возглавляет программу по проблемам народонаселения в Международном институте прикладных системных исследований в Австрии, одновременно являясь консультантом при правительстве Индонезии.

Pierre R. Crosson, Norman J. Rosenberg (ПЬЕР Р. КРОССОН, НОРМАН ДЖ. РОЗЕНБЕРГ «Стратегии развития сельского хозяйства») - сотрудники организации «Ресурсы для будущего» в Вашингтоне. Кроссон получил степень доктора философии в области экономики в Колумбийском университете. Сейчас он старший исследователь в отделе энергии и природных ресурсов. Розенберг имеет степень доктора философии, присвоенную в Университете Ратжерса; является директором программы по климатическим ресурсам. Авторы хотели бы выразить благодарность за помощь и консультацию Ч. Фрэнсису из Университета шт. Небраска в Линкольне, С. Глосману из Калифорнийского университета в Санта-Крус, Дж. Родсу из Лаборатории солености в Риверсайде (шт. Калифорния) и Ч. Хатчинсону из Аризонского университета.

John H. Gibbons, Peter D. Blair, HoNu L. Gwin (ДЖОН ГИББОНС, ПИТЕР БЛЭР, ХОЛЛИ ГУИН «Стратегии использования энергии») занимаются исследованиями в области энергетической политики в Бюро технологических оценок при конгрессе США. Гиббоне был руководителем этого Бюро в течение последних десяти лет. Он окончил Колледж Рэндолфа-Мэкона и Университет Дьюка, который присудил ему степень доктора философии в области ядерной физики. В 1954 г. Гиббоне поступил на работу в Национальную лабораторию в Ок-Ридже, а позже руководил работами, проводимыми в этой лаборатории по программе охраны окружающей среды.

Блэр руководит в упомянутом Бюро программой по энергии и материалам. Степень бакалавра получил в Сворморском колледже, а степень до-

ктора философии в Пенсильванском университете. Специализировался в области энергетической политики. Гуин работает в Бюро в должности юрисконсульта по общим вопросам; окончила Университет шт. Теннесси.

Robert A. Frosh, Nicholas E. Gallopoulos (РОБЕРТ А. ФРОШ, НИКОЛАС Э. ГАЛЛОПУ ЛОС «Стратегии промышленного производства»)- сотрудники Исследовательских лабораторий компании Оепага! Motors в Уоррене (шт. Мичиган). Фрош, выпускник Колумбийского университета, специализировался в области теоретической физики. С 1982 г. является вице-президентом, курирующим Исследовательские лаборатории Оепага! Motors, а до этого возглавлял Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства (НАСА), был заместителем директора Вудс-Холского океанографического института и заместителем исполнительного директора Экологической программы ООН. Галлопулос недавно был назначен руководителем отдела исследований двигателей в компании Оепага! Motors; ранее был руководителем отдела экологических проблем и заместителем руководителя отдела топлив и смазочных веществ. Окончил Университет шт. ПенСильвания и Техасский университет сельского хозяйства и техники.

Jim MacNeill (ДЖИМ МАКНЕЙЛ «Пути достижения сбалансированного экономического развития») - Генеральный секретарь Всемирной комиссии по охране окружающей среды и экономического развития и главный редактор отчета этой комиссии за 1986 г., озаглавленного «Наше общее будущее». В Комиссии состоит с 1984 г. До этого в течение 7 лет был директором по проблемам окружающей среды Организации экономического сотрудничества и развития. До 1977 г. занимал пост секретаря министерства городского хозяйства Канады и специального советника по вопросам конституции и охраны окружающей среды в правительстве премьер-министра Канады Пьера Трюдо. В настоящее время является также президентом ассоциации MacNeill Associates. Недавно Макнейлом была разработана программа сбалансированного экономического развития для научно-исследовательского Института государственной политики в Оттаве.

William D. Ruckelshaus (УИЛЬЯМ Д. РУКЕЛЬСХАУС «Сбалансирован-

ность как глобальная стратегия»)- главный управляющий делами компании Browning Ferris Industries, Inc. С 1970 по 1977 гг., а затем с 1983 по 1984 гг. был администратором Управления охраны окружающей среды США. Был также членом Всемирной комиссии по охране окружающей среды и развитию. Рукельсхаус окончил Принстонский университет и Гарвардскую школу юристов. Занимал пост помощника генерального прокурора шт. Индиана и США, а также временно исполнял обязанности директора ФБР. Рекульсхаус выражает признательность Майклу А. Груберу, старшему эксперту по вопросам политики Управления охраны окружающей среды США, за его большую помощь в подготовке статьи.

Ogo Harlem Brundtland (ГРО ХАРЛЕМ БРУНДТЛАНД «Эссе») премьер-министр Норвегии, возглавляла Всемирную комиссию по окружающей среде и развитию; в период с 1974 по 1979 г. была министром Норвегии по охране окружающей среды.

Вниманию читателей!

ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ
переводной журнал
ТИИЭР, т. 77, № 7
(июль 1989)

Малый тематический выпуск
БОЛЬШЕ ЗАДАЧИ И СУПЕР-ЭВМ
Кроме того, в номере публикуются обзорные статьи:

ВРЕМЯ-ЧАСТОТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ. Л. Козн

СУБКОМПАКТНЫЕ АТОМНЫЕ ЧАСЫ НА ВОДОРОДНОМ МАЗЕРЕ. Х. Ванг

МИЛЛИМЕТРОВАЯ И СУБМИЛЛИМЕТРОВАЯ РАДИОАСТРОНОМИЯ. Дж. Пейн

Читатели Москвы и Подмосковья могут оформить предварительный заказ в Московском Доме книги (пр. Калинина, 26, секция «Мир») и магазине № 19 «Мир» (Ленинградский пр., 78, близ станции метро «Сокол»). Иногородним читателям заказы следует направлять на открытках по адресу: 129820, ГСП, Москва, И-110, 1-й Рижский пер., 2, издательство «Мир», редакция ТИИЭР. Заказы принимаются до 25 декабря 1989 г.



Книги издательства „Мир“

**БИОИНДИКАЦИЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Под ред. Р. Шуберта
Перевод с немецкого



Книга, написанная коллективом авторов из ГДР, посвящена актуальной и интенсивно разрабатываемой во всех промышленно развитых странах проблеме биологической индикации, т. е. оценки состояния окружающей среды по реакциям живых организмов. Это обзор более 750 работ по биоиндикации антропогенных воздействий.

Описаны основные антропогенные воздействия на физиологию и биохимию различных организмов, динамику популяций и биоценозы. Систематизированы данные по видам-индикаторам. Рассмотрены вопросы биоиндикации применительно к формированию ландшафта и охране природы.

Книга предназначена для специалистов различного профиля, занимающихся проблемами охраны окружающей среды. :

1988 г. 24 л. Цена 4 р. 10 к.

Эту книгу вы можете приобрести
в магазинах научно-технической литературы.



SCIENTIFIC AMERICAN

СЕНТЯБРЬ 1939 г. «Английский технолог д-р Дунстан не грешит против здравого смысла, когда предрекает появление в будущем домов, построенных в буквальном смысле из нефти. у дома, который д-р Дунстан уже видит в мечтах, крыша будет сделана из плиток, полученных из нефти, стены - из синтетического стекла или полого кирпича, а двери, перегородки, окна и даже мебель - из того или иного вида пластмассы, изготовленной опять-таки путем переработки нефти. Даже одежду, которую будут носить жильцы этого «дома из нефти», станут делать из синтетического «нефтяного» волокна».

«Всякий атом или молекула, испытавшие сильное столкновение с другим атомом или молекулой, излучают свет. Более того, весь видимый нами свет возникает именно при таких столкновениях, стимулированных электричеством или нагреванием. Поскольку всякий объект, будь то звезда, капля крови или частица металла, состоит из атомов, его можно заставить излучать свет, если нагреть до такой степени, чтобы он превратился в раскаленный пар. Излучаемый свет несет «сведения» ОСВОЙСТВ атомов, из которых состоит данное вещество. С помощью спектроскопа свет можно проанализировать и тем самым раз-

гадать секреты атомного строения вещества».

«Ранние теории земного магнетизма основывались на предположении, что Земля представляет собой огромный постоянный магнит. Эти теории хорошо отражают действительность, исключая одно «маленькое» обстоятельство. Температура внутри Земли чрезвычайно высока - по меньшей мере несколько тысяч градусов Цельсия, а все постоянные магниты при нагревании теряют свои магнитные свойства. Единственной альтернативой служит предположение, что наша планета является огромным электромагнитом и что ее магнитные свойства обусловлены мощнейшими электрическими токами. Землю можно представить себе в виде большого шара из расплавленного вещества, покрытого толстой коркой твердого материала. Именно в этом расплавленном шаре и текут электрические ТОКИ».



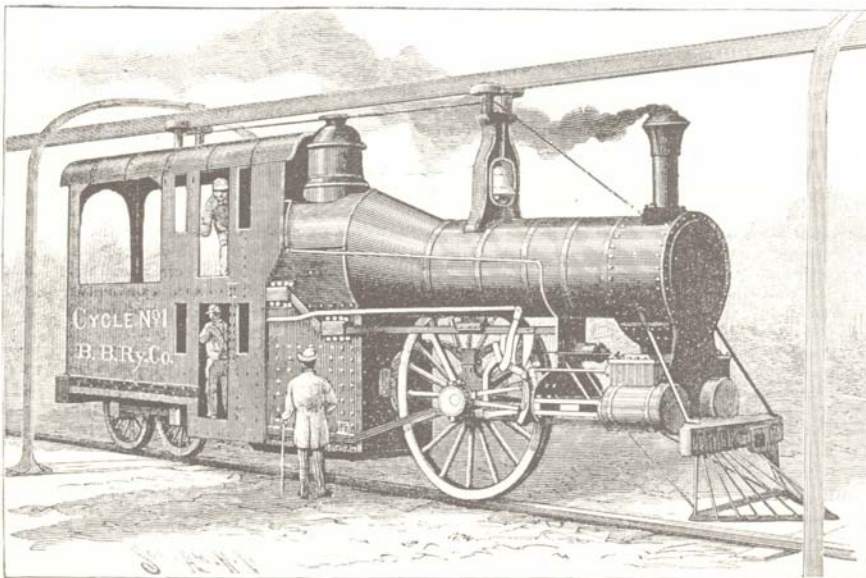
СЕНТЯБРЬ 1889 г. «Одно из последних применений электричества лампочки для чтения, которые устанавливаются сейчас в вагонах Юго-Западной железнодорожной компании. Лампочка располагается прямо над головой пассажира; чтобы включить ее, необходимо опустить монет-

ку в один цент в прорезь на корпусе, после чего можно в течение получаса пользоваться ее светом».

«На последнем заседании Французской академии была оглашена записка, в которой излагается идея устройства, состоящего из фонографа, аппарата для мгновенной фотографии и механизма для проецирования получаемых Фотографий. Устройство позволит не только воспроизводить речь данного лица, но и получать живое изображение. Человек, говорящий или поющий перед трубой фонографа, фотографируется с помощью аппарата, приводимого в движение от валика фонографа. Скорость фотографирования должна составлять, скажем, десять снимков в секунду. После проявления фотографии помещают в проекционный фонарь для показа на экране синхронно с записью голоса на фонографе».

«Весной этого года было завершено строительство пирса в Оушен-Гроув на побережье шт. Нью-Джерси. На нем установлено восемь «ПЛИТ», свободно качающихся на горизонтальных стальных осях; нижняя часть каждой плиты погружена в воду - на два фута при отливе и на семь футов при приливе. К верхней половине каждой плиты приделан стержень, который служит толкателем для поршня насоса. Под ударами волн плита колеблется и приводит в движение насос, который поднимает воду в баки, находящиеся на высоте сорок футов над уровнем моря. При волнении средней силы насос закачивает в баки около 40 000 галлонов воды, которая используется затем для поливки улиц».

«На прошлой неделе в Нью-Йорк из Портленда на железнодорожной платформе прибыл локомотив необычной конструкции, построенный фирмой «Boynnton Bicycle». Локомотив весом 22 т и поезд предназначены для движения по однорельсовому пути и, по замыслу конструкторов, будут удерживаться от заваливания набок с помощью деревянных направляющих, прикрепляемых к аркам на высоте пятнадцати футов над полотном. Такая конструкция выбрана для того, чтобы уменьшить вес вагонов - как пассажирских, так и грузовых - относительно веса перевозимых ими грузов. Предполагается, что на верхний направляющий рельс будет оказываться совсем небольшое давление».



Локомотив новой конструкции

Книги издательства „Мир“

Е. Валях
**Последовательно-
параллельные
вычисления.**

1985. 1 р. 15 к.

Р. Вон
**Метод
Харди — Литтлвуда.**

1985. 1 р. 10 к.

Э. Зайлер
**Калибровочные теории.
Связи с конструктивной
квантовой теорией поля
и статистической
механикой.**

1985. 1 р. 90 к.

Дж. Козн, О. Боксма
**Граничные задачи
в теории массового
обслуживания.**

1987. 2 р. 70 к.

Ш. Ремпель, Б.-В. Шульце
**Теория индекса
эллиптических краевых
задач.**

1986. 4 р. 30 к.

У. Коффи и др.
**Молекулярная
диффузия и спектры.**

1987. 3 р. 60 к.

Ш. Чжан
**Многоволновая
дифракция
рентгеновских лучей
в кристаллах.**

1987. 3 р. 20 к.

С. Чандрасекар
**Математическая теория
черных дыр.**

В 2-х частях.

1986. Ч. 1. 2 р. 80 к.

Ч. 2. 3 р. 60 к.

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

117334 Москва Ленинский просп.,
40. Магазин № 115

«Дом научно-технической книги».



УПРАВЛЕНИЕ ПЛАНЕТОЙ ЗЕМЛЯ

THE MAJOR BIOGEOCHEMICAL CYCLES AND THEIR INTERACTIONS. Edited by Bert Bolin and Robert B. Cook. John Wiley & Sons, 1983.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE BIOSPHERE. Edited by William C. Clark and R. E. Munn. Cambridge University Press, 1986.

OUR COMMON FUTURE. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, 1987.

RESOURCES AND WORLD DEVELOPMENT. Edited by Digby J. McLaren and Brian J. Skinner. John Wiley & Sons, 1987.

THE EARTH AS TRANSFORMED BY HUMAN ACTION. B. L. Turner, W. C. Clark, R. W. Kates, J. T. Matthews and J. F. Richards. Cambridge University Press, in press.

МЕНЯЮЩАЯСЯ АТМОСФЕРА

ATMOSPHERIC OZONE 1985: ASSESSMENT OF OUR UNDERSTANDING OF THE PROCESSES CONTROLLING ITS PRESENT DISTRIBUTION AND CHANGE. World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 16, 1985.

NATIONAL AIR QUALITY EMISSION TRENDS REPORT, 1983. Environmental Protection Agency, Report EP A-450/ 4-84-029, 1985.

Ash DEPOSITION: LONG-TERM TRENDS. National Academy Press, 1986.

MODELING OF THE 1900-1980 TREND OF PRECIPITATION ANNUITY AT HUBBARD BROOK, NEW HAMPSHIRE. James A. Fay, Dan Golomb and Subramanyam Kumar in *Atmospheric Environment*, Vol. 20, No.9, pages 1825-1828; 1986.

THE ROLE OF ATMOSPHERIC CHEMISTRY IN ENVIRONMENT-DEVELOPMENT INTERACTIONS. P. J. Crutzen and T. E. Graedel in *Sustainable Development of the Biosphere*. Edited by William C. Clark and R. E. Munn. Cambridge University Press, 1986.

МЕНЯЮЩИЙСЯ КЛИМАТ

THE GREENHOUSE EFFECT, CLIMATIC CHANGE, AND ECOSYSTEMS. Edited by Bert Bolin; B. R. Doos, Jill Jager and Richard A. Warrick. John Wiley & Sons, 1986.

AN INTRODUCTION TO THREE-DIMENSIONAL CLIMATE MODELING. Warren M. Washington and Claire L. Parkinson. University Science, 1986.

CLOUD-RADIATIVE FORCING AND CLIMATE: RESULTS FROM THE EARTH RADIATION BUDGET EXPERIMENT. Y. Ramanathan et al. in *Science*, Vol. 243, No. 4887, pages 57-63; January 6, 1989.

GLOBAL WARMING: ARE WE ENTERING THE GREENHOUSE CENTURY? Stephen H. Schneider. Sierra Club Books, 1989.

POSSIBLE CLIMATE CHANGE DUE TO SO₂-DERIVED GLOUDD CONDENSATION NUCLEI. T. M. L. Wigley in *Nature*, Vol. 339, No. 6223, pages 365-367; June 1, 1989.

УГРОЗА ВОДНЫМ РЕСУРСАМ

DIE OKOLOGISCHEN MILLIARDEN. Lutz Wicke, Kosel Verlag, 1986.

RESOURCES AND WORLD DEVELOPMENT. Edited by Digby J. McLaren and Brian J. Skinner. John Wiley & Sons, 1987.

WORLD RESOURCES 1987: AN ASSESSMENT OF THE RESOURCE BASE THAT SUPPORTS THE GLOBALECONOMY. World Resources Institute and the International Institute for Environment and Development. Basic Books, Inc., 1987.

WORLD RESOURCES 1988-89: AN ASSESSMENT OF THE RESOURCE BASE THAT SUPPORTS THE GLaBAL ECONOMY. World resources Institute and the International Institute for Environment and Development. Basic Books, Inc., 1988.

РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ ПОД УГРОЗОЙ

How MANY SPECIES ARE THERE ON EARTH? Robert M. May in *Science*, Vol. 241, No. 4872, pages 1441-1449; September 16, 1988.

BODIVERSITY. Edited by E. O. Wilson and Frances M. Peter. National Academy Press, 1988.

CONSERVATION BIOLOGY: THE SCIENCE OF SCARCITY AND DIVERSITY. Edited by Michael E. Soule. Sinauer Associates, Inc., 1986.

THE PRIMARY SOURCE: TROPICAL FORESTS AND OUR FUTURE. Norman Myers. W. W. Norton & Company, 1984.

MASS EXTINCTIONS IN THE MARINE FOSSIL RECORD. David M. Raup and J. John Sepkoski, Jr., in *Science*, Vol. 215, No. 4539, pages 1501-1503; March 19, 1982.

ПОСТ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ

ECOSCIENCE: POPULATION, RESOURCES, ENVIRONMENT. Paul R. Ehrlich,

Anne H. Ehrlich and John P. Holdren. W. H. Freeman and Company, [1970].

ECONOMIC CONSEQUENCES OF POPULATION CHANGE IN THE THIRD WORLD. АНЕН С. КеНей in *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, No.4, pages 1685-1728; December, 1988.

WORLD DEVELOPMENT REPORT, 1989. World Bank/Oxford University Press, 1989.

СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

AGRICULTURAL RESEARCH AND THIRD WORLD FOOD PRODUCTION. D. L. Plucknett and N. J. H. Smith in *Science*, Vol. 217, No. 4556, pages 215-220; July 16, 1982.

MICROCLIMATE: THE BIOLOGICAL ENVIRONMENT, second edition. Edited by Norman J. Rosenberg, Blaine L. Blad and Shashi B. Verma. John Wiley & Sons, 1983.

AGRICULTURAL DEVELOPMENT LOOKING TO THE FUTURE. P. Crosson in *Sustainable Development of the Biosphere*. Edited by William C. Clark and R. E. Munn. Cambridge University Press, 1986.

EFFECTS OF SOIL EROSION ON CROP PRODUCTIVITY. Rattan Lal in *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, Vol. 5, No.4, pages 303-367; 1987.

THE PROBLEM OF SALT IN AGRICULTURE. James D. Rhoades in 1988 *Yearbook of Sciences and the Future*. Encyclopaedia Britannica, Inc., 1987.

СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

ENERGY: THE CONSERVATION REVOLUTION. J. H. Gibbons and W. U. Chandler. Plenum Press, 1981.

NUCLEAR POWER IN AN AGE OF UNCERTAINTY. U. S. Congress Office of Technology Assessment, OTA-E-216, February, 1984.

NEW ELECTRIC POWER TECHNOLOGIES: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE 1990S. U. S. Congress Office of Technology Assessment, OTA-E-246, July, 1985.

ENERGY FOR A SUSTAINABLE WORLD. J. Goldemberg, T. B. Johansson, A. K. N. Reddy and R. H. Williams. World Resources Institute, 1987.

СТРАТЕГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

RESOURCE & ENVIRONMENTAL PROFILE ANALYSIS OF PLASTICS AND NON-PLASTICS CONTAINERS. Robert O. Hunt and Richard O. Welch. Midwest Research Institute, 1974.

PLATINUM-GROUP METALS. J. Roger Loebenstein in *Mineral Facts and Problems*, U. S. Bureau of Mines Bulletin No. 675, U. S. Department of the Interior. U. S. Government Printing Office, 1985.

THE MAKING, SHAPING, AND TREATING OF STEEL. Edited by William T. Lankford, Jr., et al. Association of Iron and Steel Engineers, 1985.

TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT. Edited by Jesse H. Ausubel and Hedy E. Sladovich. National Academy Press, 1989.

INPUT MANAGEMENT OF PRODUCTION SYSTEMS. Eugene P. Odum in *Science*, Vol. 243, No. 4888, pages 177-182; January, 13, 1989.

ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

ENERGY FOR DEVELOPMENT. Jose Goldenberg, Thomas B. Johansson, Amulya K. N. Reddy and Robert H. Williams. World Resources Institute, 1985.

OUR COMMON FUTURE. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, 1987.

THE FOREST FOR THE TREES? GOVERNMENT POLICIES AND THE MISUSE OF FOREST RESOURCES. Edited by Robert Repetto. World Resources Institute, 1988.

STRUCTURAL CHANGE AND ENVIRONMENTAL POLICY: EMPIRICAL EVIDENCE ON THIRTY-ONE COUNTRIES IN EAST AND WEST. Udo E. Simonis et al. Science Centre, 1988.

STATE OF THE WORLD 1988. Lester R. Brown et al. W. W. Norton & Company, 1988.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT: ECONOMICS AND ENVIRONMENT IN THE THIRD WORLD. David Pearce, Edward Barbier and Anil Markandya. Edward Elgar Publishing Ltd., in press.

WORLD RESOURCES 1987-88 (AND 1988-89): AN ASSESSMENT OF THE RESOURCE BASE THAT SUPPORTS THE GLOBAL ECONOMY. World Resources Institute / International Institute for Environment and Development. Basic Books, 1988.

СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ

THE GLOBAL POSSIBLE: RESOURCES, DEVELOPMENT, AND THE NEW CENTURY. Edited by Robert Repetto. Yale University Press, 1985.

ARE TODAY'S INSTITUTIONAL TOOLS UP TO THE TASK? Michael Gruber in *EPA Journal*, Vol. 14, No.7, pages 2-6; November/December, 1988.

STATE OF THE WORLD 1989. Lester R. Brown et al. W. W. Norton & Company, February, 1989.

НАУКА ВОЗДУХА

OPTICAL CAUSTICS IN THE NEAR FIELD FROM LIQUID DROPS. J. F. Nye in *Proceedings of the Royal Society of London, Series A: Mathematical and Physical Sciences*, Vol. 361, No. 1704, pages 21-41; May 3, 1978.

CATASTROPHE OPTICS: MORPHOLOGIES OF CAUSTICS AND THEIR DIFFRACTION PATTERNS. M. U. Beny and C. Upstill in *Progress in Optics*, Vol. 18. Edited by Emil Wolf. Elsevier North-Holland, 1980.

ЗАНИМАТЕЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР

MATHEMATICAL GAMES. Martin Gardner. in *Scientific American*, Vol. 216, No.3, pages 124-129; March, 1967.

MATHEMATICAL GAMES. Martin Gardner in *Scientific American*, Vol. 229, No.5, pages 116-123; November, 1973.

В МИРЕ НАУКИ

Подписано в печать 23.10.89.
По оригинал-макету. Формат 60 x 90 1/8.
Гарнитуры таймс, гелиос.
Офсетная печать.
Объем 9,00 бум. л.
Бумага офсетная №1.
УСЛ.-печ. л. 18,0.
Уч.-изд. л. 23,25.
Усл. кр.-отт. 75,50.
Изд. №25/6789. Заказ 934.
Тираж 27100 экз. Цена 2 р.
Издательство «Мир»
Госкомиздата СССР
129820, ГСП, Москва, И-110,
1-й Рижский пер., 2.
Набрано в Межиздательском
Фотоаборном центре
издательства «Мир»
Типография В/О «Внешторгиздат»
Госкомиздата СССР
127576, Москва, Илимская, 7



Ю. Одум
ЭКОЛОГИЯ

В 2-х томах
Перевод с английского



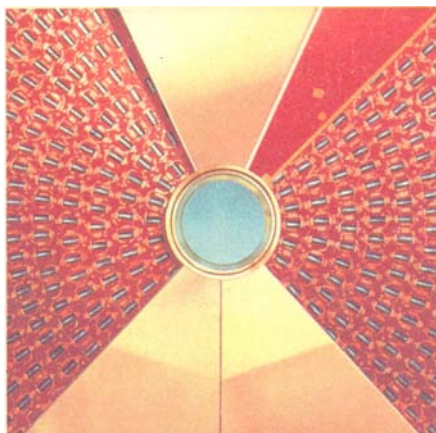
Книга известного американского ученого представляет собой теоретическое руководство по экологии. Из предисловия редактора перевода: «Книга ... написана больше в манере школьного учебника, поскольку экологический (в традиционном, узком, профессиональном-смысле) материал представлен так, что система знаний выглядит безукоризненно стройной, а неясные и противоречивые аспекты - второстепенными и непринципиальными. Автор очень четко изложил, какой при определенном подходе могла бы быть традиционная, в биологическом понятии, экология ... Книга Одума ценна еще и тем, что она содержит большой фактический материал, собранный преимущественно американскими экологами. Таким образом, читатель имеет возможность познакомиться с подходами, методами и результатами работ американских коллег».

1986 г. 27 л. Цена 4 р. 20 к. за комплект.

В научных библиотеках страны вы можете ознакомиться с книгой Ю. Одума «Экология»



13 следующим ноМере,'



СТАНФОРДСКИЙ ЛИНЕЙНЫЙ КОЛЛАЙДЕР

НА ПУТИ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ПРОГРЕССУ

МИТОТИЧЕСКОЕ ВЕРЕТЕНО

КАЛЬЦИЙ - ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ПОСРЕДНИК

МОНОКСИД УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ

НАСТУПЛЕНИЕ ВОДНЫХ СОРНЯКОВ

РАСТРОВЫЕ МИКРОСКОПЫ С ЗОНДАМИ-ОСТРИЯМИ

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ИНДОЕВРОПЕЙСКИХ ЯЗЫКОВ

ДВИЖЕНИЕ 'ПУЗЫРЬКОВ В ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЯХ

«КРЕСТИКИ-НОЛИКИ» НА КОМПЬЮТЕРЕ