

Ю.А. Израэль  
Ф.Я. Ровинский

ученые  
ДЭ  
школьники

# Берегите биосферу





**ЮРИЙ АНТОНИЕВИЧ ИЗРАЭЛЬ** (родился в 1930 г.) — член-корреспондент АН СССР, профессор, доктор физико-математических наук, председатель Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, первый вице-президент Всемирной метеорологической организации, директор Лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР, лауреат Государственной премии СССР, депутат Верховного Совета СССР. Ю. А. Израэль известен работами в области взаимодействия человеческого общества с окружающей средой, физики атмосферы, теории мониторинга. Автор многих научных трудов, более 10 монографий, одна из которых — «Экология и контроль состояния природной среды» — удостоена золотой медали АН СССР им. В. Н. Сукачева.

**ФЕЛИКС ЯКОВЛЕВИЧ РОВИНСКИЙ** (родился в 1932 г.) — профессор, доктор химических наук, заместитель директора Лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР, лауреат Государственной премии СССР, руководитель Координационного центра стран — членов СЭВ, член редколлегии журнала «Природа и человек». Специалист в области мониторинга состояния природной среды, в области поведения и миграции загрязняющих веществ. Автор более 150 научных трудов, ряда монографий.



Библиотечка  
Детской  
энциклопедии

Ю. А. Израэль  
Ф. Я. Ровинский

# Берегите биосферу

Редакционная  
коллегия:

*И. В. Петрянов*

(главный редактор)

*И. Л. Кнуляц*

*А. Л. Нарочницкий*



Москва  
«Педагогика» 1987

ББК 74.28.08  
И.36

Рецензент

доктор физико-математических наук  
*И. Л. Кароль*

**Израэль Ю. А., Ровинский Ф. Я.**  
**И36**      **Берегите биосферу. — М.: Педагогика,**  
**1987. — 128 с., ил. — (Б-чка Детской энцикло-**  
**педии «Ученые — школьнику»).**  
40 коп.

Член-корреспондент АН СССР Ю. А. Израэль и доктор химических наук Ф. Я. Ровинский рассказывают о современных исследованиях атмосферы нашей планеты, ее антропогенных изменениях, влияющих на земную жизнь. Читатели узнают о том, почему сохранение биосферы Земли является одной из главных задач настоящего и будущих поколений.

Для старшеклассников.

**И**      **4306000000-093**  
**005(01)-87      КБ-3-36-1987 (4802000000)**

**ББК 74.28.08**

© Издательство «Педагогика», 1987

С давних времен люди стремятся познать мир, в котором живут, с которым постоянно взаимодействуют, откуда черпают все необходимое для жизни. Земля, вода, воздух образуют как бы сферические оболочки, покрывающие земной шар; они получили название литосферы, гидросферы и атмосферы. Наиболее специфическая и важная сфера, где обитает все живое, получила название «биосфера» (от греч. *bios* — *жизнь* и *sphaira* — *шар*). Согласно учению выдающегося советского ученого академика В. И. Вернадского, в биосфере живое вещество и среда обитания связаны и взаимодействуют между собой, образуя целостную и динамичную систему. Так, появление в давние времена зеленых хлорофилловых растений привело к полному изменению химического состава атмосферы, к возникновению кислородной атмосферы. А это в свою очередь явилось предпосылкой всей последующей эволюции жизни на Земле.

В. И. Вернадский впервые сформулировал идею о том, что человеческий фактор в развитии биосферы стал главенствующим, что деятельность людей даже там, где она еще незначительна, растет со скоростью, превышающей скорость эволюции природы. Поэтому в современных условиях учение о биосфере приобрело важное практическое значение. Общество с его постоянно растущими техническими возможностями, если оно заботится только о сегодняшнем дне и берет от природы слишком много, не учитывая ее ограниченную способность к восстановлению и воспроизводству своих ресурсов, может нарушить целостность биосферы.

Биосфера устроена очень сложно. Множеством нитей связаны организмы между собой и неживой материей. Разрыв любых связей или, наоборот, их искусственное усиление — причина угрозы для биосферы.

**Уникальная планета Земля.** «Все живое происходит из живого», — установил итальянский врач Ф. Реди еще в XVII в. В. И. Вернадский отмечал, что этот принцип не имеет абсолютного значения, а отражает лишь определенный эмпирический опыт, справедливый для известных нам физико-химических условий. Когда-то в прошлом, при иных условиях этот принцип был нарушен. Согласно гипотезе академика А. И. Опарина, выдвинутой еще в 1924 г., жизнь на Земле возникла на определенной ступени ее эволюции. Взаимодействие первичной атмосферы и первичного океана при тогдашних физико-химических условиях привело к образованию белковых тел, их сгустков и частиц, обладавших способностью к поглощению веществ из внешней среды. Затем потребовалась длительная эволюция, чтобы возникли простейшие организмы. В последние 30 лет не раз ставились опыты, в которых моделировалась первичная атмосфера (пары воды, метан, аммиак, циан, сероводород и др.). При различных физических условиях, включая электрический разряд, в этих опытах неизменно образовывались белковые соединения.

Жизнь — это «способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самовозобновлении химических составных частей этих тел». Жизнь не могла возникнуть и затем длительное время существовать как один какой-либо вид организмов, из которого затем в ходе эволюции появились все остальные.

Знание роли живого вещества заставляет предполагать одновременное (в геологическом масштабе времени) образование группы простейших одноклеточных организмов. Эти организмы могли выполнять различные биогеохимические функции и сформировали биосферу. Из этих простейших организмов эволюционным путем возникли все остальные организмы, которые существовали затем только в пределах биосферы.

Биосфера состоит из косного и живого вещества. Косное вещество, слагающееся из различных химических соединений и минералов, остается неизменным за все время существования земной коры. В течение геологического времени не появилось новых соединений и минералов, за исключением созданных человеком. Живое вещество, напротив, постоянно меняется и обновляется. Живой мир палеозоя резко отличается от живого мира нашего времени. Появление жизни на нашей планете — это и есть появление на ней биосферы.

Последние данные палеонтологии указывают на необычайную древность зарождения жизни. Уже примерно через 500 млн. лет после образования Земли появились предки сине-зеленых водорослей. Они были способны к фотосинтезу, т. е. к усвоению солнечной энергии. Время зарождения жизни и время образования нашей планеты отстоят не столь уж далеко друг от друга.

Одиноки ли мы во Вселенной? Этот вопрос давно будоражит умы людей, питает научную фантастику, а с недавних пор стал предметом научных исследований.

Где же в первую очередь искать внеземную жизнь, как не вблизи Земли! Марс по своим физическим характеристикам (размерам, химическому составу, средней плотности) принадлежит к плане-



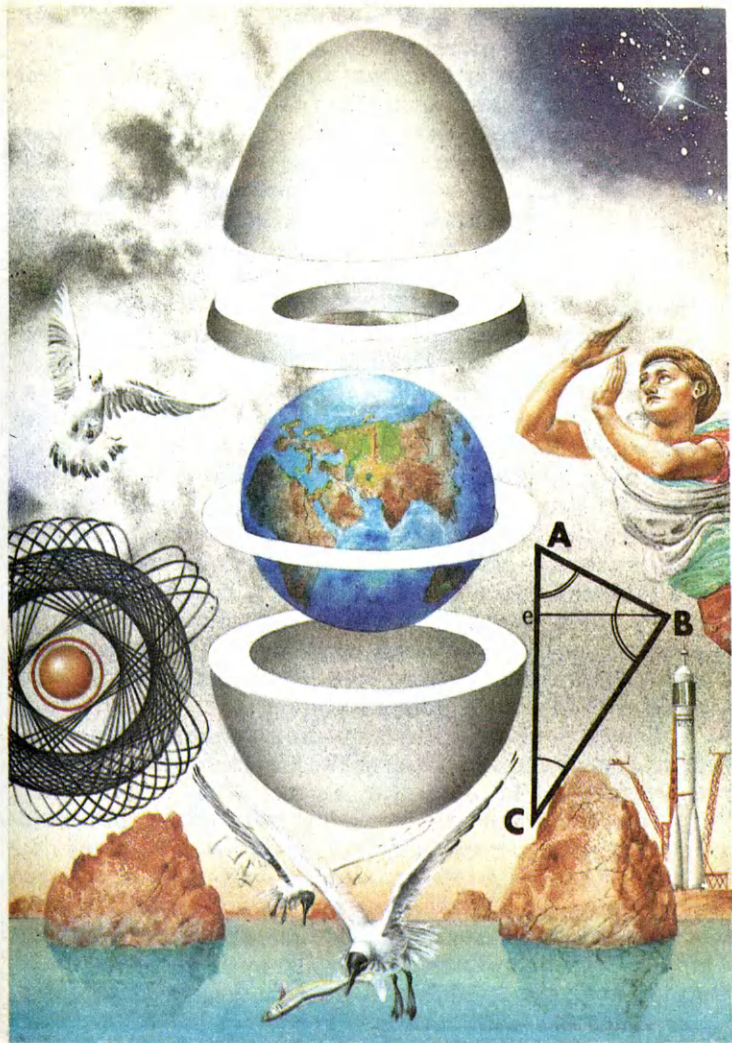
там земной группы. Многолетние астрономические и спектроскопические наблюдения, а в последние годы и прямые наблюдения вблизи планеты, непосредственно в ее атмосфере, на поверхности с помощью спутников и спускаемых аппаратов дали очень многое. Атмосфера Марса на 75% состоит из  $\text{CO}_2$ . Полярные шапки Марса — это твердая углекислота. Климат необычайно суров. В среднем здесь на  $40^\circ\text{C}$  холоднее, чем на Земле. В течение суток температура грунта изменяется на  $60\text{—}80^\circ\text{C}$ . Плотность атмосферы ничтожна — она примерно равна плотности земной атмосферы на высоте 30 км. Поверхность облучается интенсивным ультрафиолетовым излучением. Но главное — почти нет свободной воды, этой основы жизни.

Фотографии показали, что на Марсе есть лавовые потоки и кратеры, явно отличающиеся от метеоритных. Значит, в прошлом действовали вулканы. Более того, снимки показали такие структуры на поверхности, которые можно истолковать как следы водных потоков или ледников. Значит, в прошлом климат был совсем иным, более благоприятным для жизни. Но куда же делась вода, если раньше были реки и ледники? Многие ученые полагают, что на Марсе существует мощный слой вечной мерзлоты. При анализе космических фотографий установили, что на склонах некоторых метеоритных кратеров просматриваются застывшие «селевые потоки» с их характерными следами.

Ученые считают, что на Марсе есть «предельные» условия для возможного существования жизни. На Венере, которая расположена ближе к Солнцу, таких условий не обнаружено.

Таким образом, можно предположить, что в Солнечной системе «пояс жизни», т. е. зона, где есть возможные условия для появления жизни, лежит





где-то между орбитами Венеры и Марса — на Венере слишком «тепло», на Марсе — слишком «холодно». Земля по удивительному стечению обстоятельств попала именно в эту зону, или, что более точно, жизнь возникла на Земле именно благодаря исключительным условиям этой зоны.

Если принять, что жизнь возможна только на основе комбинаций соединений водорода, углерода и кислорода, как это имеет место на Земле (хотя есть и совершенно иные точки зрения), то число внеземных цивилизаций в нашей Галактике может быть оценено на основе формулы американского ученого Ф. Д. Дрейка:  $N = n \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \frac{t}{T}$ . Здесь  $n$  — полное число звезд в Галактике;  $P_1$  — вероятность наличия планетной системы;  $P_2, P_3, P_4$  — вероятности наличия на планете жизни, разума и цивилизации;  $t$  — средняя продолжительность эры цивилизации;  $T$  — возраст Галактики. В этой формуле определенные численные значения имеют лишь  $n(2 \cdot 10^{11})$  и  $T(15 \div 20) \cdot 10^9$  лет. Неопределенность всех остальных величин (особенно  $P_2, P_3$  и  $P_4$ ) порождает неопределенность ответа на главный вопрос. Проблема возникновения жизни, разума и цивилизации далека еще от окончательного решения.

Вероятно, Земля — единственная обитаемая планета с развитой цивилизацией в нашей Галактике, а может быть, и во множестве других Галактик.

Тем большая ответственность лежит на человечестве в деле сохранения уникальной биосферы и разумной жизни. Человек должен понять, что его непродуманная деятельность в одной точке планеты может вызвать неожиданные последствия в другой или на Земле в целом.

За последние 40 лет мир неузнаваемо изменился. Значительно увеличилось население, резко возросло

промышленное производство, стала ощутимой нехватка различных ресурсов. Дело не только в том, что геологи стали прогнозировать истощение запасов нефти, угля, различных металлов; что в окружающую среду сбрасывается огромное количество отходов, отравляющих воздух, воду и землю и вызывающих болезни у людей, животных и растений. Главное заключается в том, что человеческая деятельность в целом так, как она формировалась до сих пор, способствует разрушению биосферы. «Культура — если она развивается стихийно, а не направляется сознательно... оставляет после себя пустыню...»

Как же остановить этот стихийный процесс? Как привести его в соответствие с условиями сохранения биосферы и с удовлетворением потребностей человечества? Простых ответов здесь нет. Ясно одно: необходимо вооружиться экологическими знаниями.

Термин «экология» (от греч. *oikos* — *жилище* и *logos* — *наука*) введен немецким биологом Э. Геккелем в 1866 г. Экология — наука об отношениях растительных и животных организмов и их популяций друг с другом и со средой обитания. Экология развивалась в двух направлениях. Представители одного из них исследовали биосферу без учета воздействия человека. Другие ученые включали человека и его деятельность в свою область исследований.

Первое направление в экологии явилось исключительно плодотворным при изучении животного и растительного мира. Второе — приобрело особенно важное значение в наше время, для познания современных взаимоотношений человека с окружающей средой. В этом смысле экология выходит далеко за рамки биологической науки. Современ-

ный ученый-эколог, наряду с биологией, обязан овладеть целым рядом научных дисциплин — геофизикой, технологией, социологией и др.

В XX в. вся планета, так же как и ближний космос, стала местом жизни и деятельности людей. Люди создали себе искусственную среду обитания — города и поселки, фабрики и заводы. Комфортабельные условия жизни и работы породили опасные иллюзии относительно полной независимости от природы. Бытует мнение, что древний человек сильнее зависел от среды обитания, чем современный. Но это не так. По мере развития эта связь стала опосредствованной, сложной и многогранной, но такой же сильной и жизненно важной, как и прежде.

Парадокс в том, что, чем более могущественным становилось человечество, тем «успешнее» оно разрушало основу своего существования — природу. В то же время животные в естественных условиях поддерживают свою среду обитания.

Местные экологические кризисы не раз возникали в прошлом из-за целенаправленной, но экологически нерасчетливой деятельности человека. Эти кризисы удавалось преодолевать за счет резервов биосферы — свободных территорий, запасов ресурсов и т. д. Теперь же резервов биосферы для исправления наших ошибок уже нет. Взаимоотношения с ней должны обеспечивать ее сохранность. Как отмечал академик С. С. Шварц, «человек не должен брать функции биосферы на себя, он должен облегчить ее работу». Иначе биосфера разрушится, и жизнь на Земле исчезнет.

Теперь стало ясно, что главная опасность для биосферы в нынешнее время исходит не от природных явлений, а от деятельности человека. Человек получает от природы все необходимое для жизни.



Взаимодействуя с природой, он видоизменяет ее — строит города, распахивает новые земли, сооружает водохранилища, каналы, добывает полезные ископаемые. Это все необходимые для человека изменения природной среды. В результате добычи и переработки невозобновимых ресурсов (минерального сырья) появляются отходы, загрязняющие окружающую среду. Неправильное использование возобновимых ресурсов (водных, биологических) приводит к их перераспределению, подрывает возможности природы к воспроизводству этих ресурсов (особенно биологических), а также существенно влияет на биосферу, нарушая естественные природные циклы: кругооборот воды, углерода, азота, серы и других элементов. Таким образом, антропогенное (человеческое) воздействие представляет всестороннюю опасность для природной среды, начиная от ее загрязнения и кончая механическим повреждением и эрозией почв.

Сегодня на земном шаре живет 4,5 млрд. человек. Численность популяции является важным показателем как для любой страны, так и для всего мира в целом. Еще важнее знать ее динамику. Как показывает история, темпы роста численности населения постоянно увеличиваются. Ученые подсчитали, что если население Земли будет увеличиваться с показателем, характерным для последних десятилетий, то через 300 лет плотность населения всей планеты приблизится к плотности населения больших городов (10 тыс. человек на 1 км<sup>2</sup>). В настоящее время эксперты ООН пришли к выводу, что население планеты к 2000 г. составит 6,1 млрд. Если, как считают демографы, в течение XXI в. население планеты увеличится еще вдвое, то жизнеобеспеченность необходимо будет увеличить в 2,5—3 раза, а для материального изобилия — в 5—10 раз.

Человеку нужно пространство для жизни и труда, полноценное питание, чистый воздух и вода, комфортабельные жилища и транспорт. Необходимо общение с природой. Поэтому качество окружающей среды становится одним из главных факторов прогресса. Общеизвестно, что загрязнение окружающей среды, принявшее крупномасштабный характер, является главным источником негативных последствий для биосферы. Люди действительно могут разрушить свой дом, свою экологическую нишу — биосферу. Современное ядерное оружие, даже если только 5% всех бомб будет взорвано, приведет не только к прямой и скорой гибели большей части людей целого полушария, к гибели материальной культуры. Последствия такого взрыва полностью перевернут основные процессы в атмосфере и в большей части гидросферы. Жизнь исчезнет, а вместе с ней и биосфера. Но и на пути мирного развития человечество подстерегает ряд серьезных проблем. И одна из них — загрязнение биосферы. Уже наметился путь ее радикального решения: это безотходная технология, при которой используются все вещества, вовлекаемые в технологический цикл, или малоотходная технология, «вписывающаяся» в природу, работающая с учетом экологических возможностей и резервов природы.

**Хватит ли воды и пищи?** Строение и свойства атмосферы сейчас хорошо изучены до больших высот. В тропосфере температура постепенно растет, затем она спадает в стратосфере и вновь возрастает почти до 100°С в мезосфере. Мезосфера окружена термосферой, за которой на высотах более 100 км располагается экзосфера. Плотность воздуха монотонно убывает с высотой, на высотах порядка 100 км она уменьшается в 1 000 000 раз.



Газовая оболочка вращается вместе с Землей. Общая масса воздуха составляет  $5,15 \cdot 10^{15}$  т, хотя большая ее часть — 80% — сосредоточена в слое тропосферы, ниже тропопаузы. Высота тропопаузы над экватором — 16—18 км, над полюсами — 8—10 км. В тропосфере возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Именно здесь формируется погода.

На высотах 18—25 км располагается озонный слой, задерживающий большую часть ультрафиолетового излучения Солнца и спасающий все живое от его губительного воздействия.

Начиная с высот 50—80 км в атмосфере содержатся свободные электроны и положительные ионы. Они образуются вследствие разложения атмосферных газов под действием ультрафиолетового, рентгеновского и космического излучений. Эта область называется ионосферой, она играет важную роль в распространении радиоволн.

Воздух состоит из смеси газов, состав которой меняется с высотой, но в тропосфере остается относительно постоянным, несмотря на уменьшение давления.

Три основных компонента — азот, кислород и аргон — составляют более 99,9% воздуха в тропосфере, на высоте более 100 км водород и гелий составляют около 97%, а на долю азота и кислорода приходится лишь 3%. В тропосфере присутствует также целый ряд так называемых малых составляющих воздуха. К ним относятся углекислый газ, метан, различные окислы азота, окись углерода. Количества их очень малы, от сотых до десятитысячных долей процента, но роль этих газов чрезвычайно велика, особенно в плане влияния на климат.

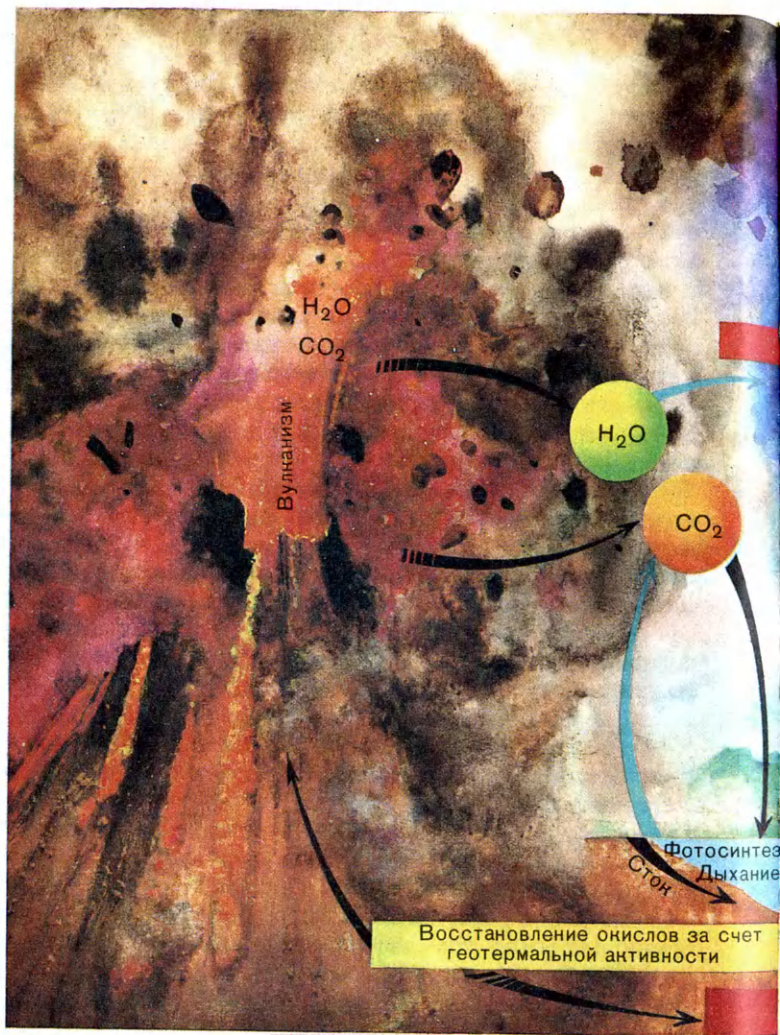
Дышим же мы воздухом, отличающимся по составу от природного. Так, в городском воздухе по-

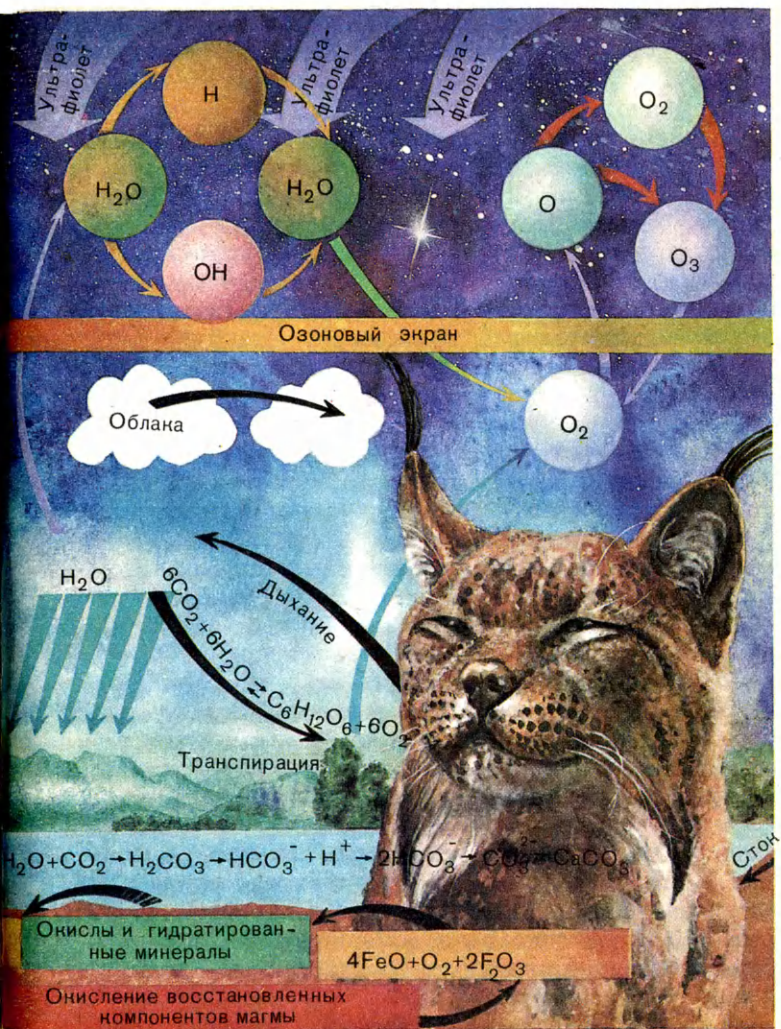
является значительное количество примесей. В них содержатся десятки и сотни различных, в большинстве случаев токсических, веществ — окислы серы, азота и углерода, разнообразные углеводороды, металлы.

Влияние человеческой деятельности на состав атмосферы простирается далеко за пределы городов и промышленных центров. Сейчас сложилось такое положение, что суммарная мощность антропогенных выбросов во многих случаях сравнима, а часто и превышает мощность естественных источников. Природные источники окиси и двуокиси азота выбрасывают 30 млн. т азота в год, а антропогенные 35—40; двуокиси серы, соответственно, около 30 млн. т и более 150 млн. т. Антропогенный источник свинца почти в 10 раз превышает естественный.

Если учесть, что мощные антропогенные источники уже в течение десятилетий загрязняют атмосферу, то ничего удивительного нет в том, что ее состав изменяется не только в городах: такая загрязненная атмосфера охватывает огромные пространства.

Воды на Земле много. Больше всего ее в земных недрах. В мантии, лежащей под земной корой, до глубины примерно 3 тыс. км сосредоточено не менее 13 млрд. км<sup>3</sup> воды. В земной коре еще примерно 1,5 млрд. км<sup>3</sup>. Почти вся эта вода входит в состав горных пород и минералов и пока не доступна для обычного использования. Гидросфера содержит примерно 1,6 млрд. км<sup>3</sup> свободной воды; 1,37 млрд. км<sup>3</sup> ее приходится на Мировой океан. На континентах — 90 млн. км<sup>3</sup> воды, из них 60 млн. км<sup>3</sup> воды находится под землей, почти вся эта вода соленая,





27 млн. км<sup>3</sup> воды запасено в ледниках Антарктиды, Арктики, высокогорья.

Полезный запас доступных пресных вод, сосредоточенных в реках, озерах, под землей до глубины 1 км, исчисляется 3 млн. км<sup>3</sup>. Вся эта пресная вода давно была бы истрачена, если бы не существовал ее круговорот в природе. Благодаря энергии Солнца вода с поверхности океана испаряется, ее пары разносятся по всей атмосфере, конденсируются, выпадают на землю, затем вода вновь стекает в океан. И циклы повторяются бесконечно, связывая воедино все водные ресурсы планеты.

Имеющейся пресной воды вполне хватило бы человечеству и сейчас, и в будущем. В среднем в мире на нужды бытового водоснабжения в год расходуется 30 м<sup>3</sup> воды на человека, из которых около 1 м<sup>3</sup> предназначено для питья. Есть страны, где в год приходится всего 2 м<sup>3</sup> воды на одного жителя. Громадное количество чистой воды требуется для мирового промышленного производства. Еще больше ее расходуется в сельском хозяйстве. И тем не менее мировых запасов чистой воды хватило бы на нужды 20—25 млрд. людей.

И все-таки одна из острых современных проблем — нехватка чистой пресной воды. В развивающихся странах от загрязненной воды ежегодно умирает до 9 млн. человек. По подсчетам ученых, до 2000 г. более 1 млрд. человек не будет иметь питьевой воды в достаточном количестве. Водный кризис угрожает нам не потому, что воды не хватает, а потому, что человек загрязняет ее, делает непригодной не только для питья, но вообще для жизни всех обитателей водоемов и рек. Сберечь и оградить воду от вредных воздействий, — значит, сохранить жизнь на Земле.

Кроме атмосферы и гидросферы, верхней части

литосферы, покрытой почвой, важнейшей составной частью биосферы является биота — совокупность живых организмов Земли. Живые организмы тоже состоят из химических элементов, в конечном счете заимствованных из среды обитания. Уже в этом заключается их главная роль в биосфере. Каковы же функции живого вещества в биосфере? Советский ученый академик В. И. Вернадский выделяет 9 таких функций: *газовая* — все газы биосферы (азот, кислород, углекислота, метан, водород, аммиак, сероводород) создаются и уничтожаются биологическим путем; *кислородная* — образование кислорода из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; *окислительная* — окисление более бедных кислородом соединений; *кальцевая* — выделение кальция в виде простых и сложных солей различных кислот; *восстановительная* — создание из сульфатов соединений типа  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{FeS}$  и т. п.; *концентрационная* — перевод многих элементов из присущего им рассеянного состояния в скопления; *окислительная* — окисление остаточного органического вещества; *восстановительная* — восстановление органического вещества; *функция метаболизма* — обмен веществ и дыхание организмов.

В биосфере перечисленные функции осуществляются всей совокупностью организмов, но большую часть работы выполняют простейшие одноклеточные организмы, бактерии, мхи, водоросли, зеленые растения. Замена организмов в ходе эволюции не приводила к изменению биогеохимических функций живого вещества.

Продуктивность земель реализуется на пашнях, пастбищах, в лесах. Все это вместе с пресными водами и полезными ископаемыми обеспечивает людей продовольствием и промышленным сырьем. Леса и пастбища обладают естественной

продуктивностью. Продуктивность пахотных земель значительно возросла. Радикально изменились генетический материал сельскохозяйственных культур и техника культивации. После второй мировой войны мировое сельскохозяйственное производство выросло в 3 раза. При этом 80% прироста сбора зерна связано с ростом производительности пашни, так как прирост площади пахотных земель составил не более 25%. Начиная с 1976 г. мировые посевные площади остаются практически на одном уровне, и не предвидится их значительного прироста в будущем. Более того, в развитых странах эти площади сокращаются. Так, например, Нидерланды потеряли 4,3% пашни, Япония — 7,5%. Начиная с 1978 г. мировой сбор зерна на душу населения стал снижаться, в 1980 г. он составил 332 кг, в 1982 г. — 324 кг. Максимальный возможный прирост мировых посевных земель может достигнуть не более 10% существующей площади. Площадь посевных земель к 2000 г. на человека составит 0,13 га по сравнению с 0,24 га в 1950 г.

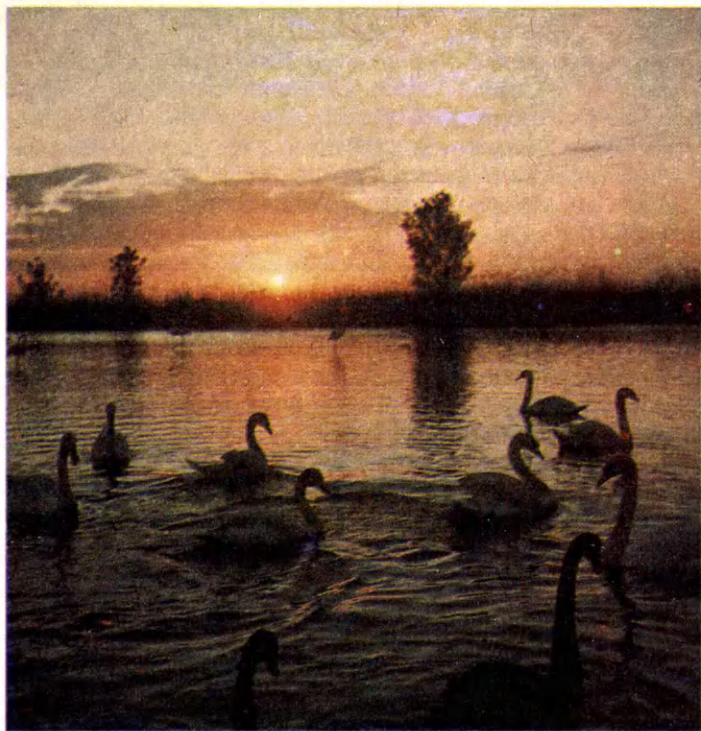
Прирост продукции сельского хозяйства до сих пор достигается тяжелой экологической ценой. От 20 до 30% части всех пахотных земель подверглось эрозии. По официальным данным, в США из-за эрозии плодородие почв снизилось на 34% всех посевных площадей. Засоление, засорение, химическая деградация выводят из строя столько же земель, сколько их вводится за счет мелиорации и ирригации.

Пастбища занимают 3,1 млрд. га. На них содержится около 3 млрд. голов крупного и мелкого рогатого скота.

В экологическом отношении пастбища представляют собой весьма уязвимую систему.

Деятельность человека может привести (и иног-





да приводит) к тому, что пастбища, пашни и леса превращаются постепенно в пустыни. Перевыпас скота, истребление деревьев и кустарников, неустойчивое земледелие, не способствующее накоплению влаги в почве, — все это основные причины развития пустынь. В последние десятилетия каждый год 60 тыс. км<sup>2</sup> земель приходит в негодность или

полностью гибнет в результате засух. Сахара постепенно захватывает обширные земли Судана, Эфиопии, Сомали, Сенегала. В Бразилии, Иране, Пакистане и ряде других стран значительные территории превращаются в пустыни. Наступление пустынь угрожает землям, которые служат продовольственной базой для 600—700 млн. человек.

Значительными экологическими потерями обобщается сведение лесов на больших пространствах: падает уровень грунтовых вод, нарушается речной сток, возрастает эрозия почв, заиливание рек и водоемов. До середины XX в. вырубались почти исключительно леса умеренного пояса. Но в последние десятилетия началось массовое наступление на тропические леса. А ведь в многоярусных тропических лесах сосредоточено до половины всех известных видов растений и животных!

За период 1950—1970 гг. резко возросла мировая добыча морских продуктов: с 20 до 70 млн. т (с этим были связаны надежды решения мировой продовольственной проблемы). Однако после 1970 г. ее рост остановился; более того, к 1980 г. она снизилась в расчете на душу населения на 13%. Особенно понизился, на 40%, вылов ценных пород рыбы: трески, сельди, палтуса и др.

Научно-технический прогресс, оптимизация взаимодействия человеческого общества с природой на базе социальной справедливости и в условиях прочного мира должны являться программой действий человечества сегодня.

## **Что происходит с атмосферой**

Если говорить кратко: атмосфера загрязняется, ее состав, химические и физические свойства изме-

няются. Различные инородные вещества проникают через тропопаузу и попадают в стратосферу. Но в то же время происходит и очищение атмосферы. Крупные и мелкие аэрозольные частицы выпадают на поверхность земли как самостоятельно под силой тяготения, так и с дождевыми каплями. Многие газы растворяются в облачной воде и выпадают с дождями. Большое количество примесей оседает на кронах деревьев, воздух как бы профильтровывается в лесах и рощах. В атмосфере протекают химические реакции. Часто продукты химических превращений в атмосфере оказываются в экологическом отношении более опасными, чем исходные вещества. Загрязнение и очищение атмосферы — это взаимно противоположные процессы, но загрязнение идет быстрее. В атмосфере непрерывно накапливаются различные вредные вещества. За счет циркуляции они занимают все больший объем. Деятельность человека влияет на всю атмосферу. Конечно, состояние атмосферы, поведение примесей в ней во многом зависят от метеорологических процессов, от обычной погоды.

**Будет ли хорошая погода?** Люди, их жизнь и труд, народное хозяйство по-прежнему в очень сильной степени зависят от погоды.

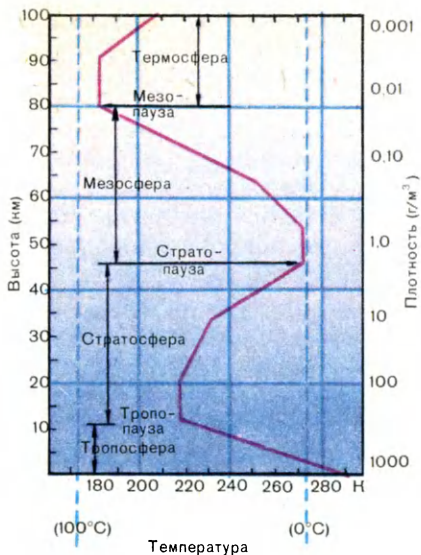
В СССР на вооружении гидрометеорологов имеется более 3 тыс. метеорологических станций, до 10 тыс. гидрологических постов, 226 аэрологических станций, зондирующих атмосферу до высот 30—35 км (с помощью шаров-зондов), около 200 метеорологических радиолокаторов, десятки научно-исследовательских кораблей, метеорологическая спутниковая система... Кроме обычного радио- и телевещания Госкомгидрометом ежегодно подготавливается 15—20 млн. справок для народного хозяй-

ства. Годовая экономия от использования гидрометеорологической информации составляет около 1 млрд. рублей.

По мере совершенствования хозяйства возрастает необходимость все большего учета погодных условий, а в долгосрочном плане — климата. В зависимости от этого находится рациональное использование топливных, водных и продовольственных ресурсов, ведение сельского хозяйства, других отраслей народного хозяйства. В связи со сложными для сельского хозяйства климатическими условиями в нашей стране приняты меры по изменению зависимости производства продуктов сельского хозяйства от колебаний погодных условий: осуществляется обширная программа мелиорации земель, развивается орошаемое земледелие. В результате этого в целом наше хозяйство гарантировано от резких изменений и капризов погоды, хотя, конечно, определенная зависимость сохраняется.

Влияет ли человек на изменение климата? Да, человечество способно непреднамеренно изменить климат, причем за значительно более короткое время, чем это делала природа. А ведь любые изменения климата неблагоприятны. В каждой климатической зоне общественное хозяйство приспособлено к уже сложившимся условиям. Иные климатические условия — это дополнительные усилия и затраты на перестройку всего хозяйства.

Одна из причин непреднамеренного воздействия на климат связана с получением и расходом энергии. Это прямое воздействие на тепловой баланс планеты и косвенное, через изменения свойств атмосферы. Как бы энергия ни добывалась, она будет рассеяна и увеличит приходную часть теплового баланса. Многие ученые рассматривают климатическую систему как квазиравновесную, когда да-



Вертикальное распределение температуры в атмосфере.

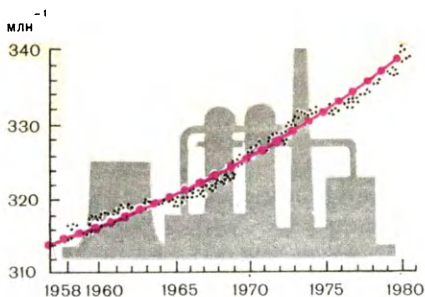
же относительно маломощные явления могут сдвигать всю систему в сторону другого неустойчивого состояния. Мощность тепловых потоков, которые возникают в густонаселенных странах на площадях в десятки и сотни тысяч квадратных километров, уже соизмерима с мощностью циклонов. Вполне вероятно, что увеличение средних температур на несколько градусов на значительных пространствах может стать толчком для изменений регионального или даже планетарного климата. Однако вклад антропогенного тепла в общий баланс достигнет 1% только тогда, когда потребление энергии увеличится примерно в 100 раз по сравнению с нынешним.

Полное использование речного стока также влияет на состояние мировой климатической системы:

приводит к значительному увеличению испарения влаги на суше, к изменению баланса энергии между атмосферой и земной поверхностью. Искусственное орошение значительно увеличивает затраты тепла на испарение, вызывает понижение температуры и увеличение влажности в атмосфере. Изменение отражающей способности — альbedo — это важный климатообразующий фактор. Сведение лесов, преобразование растительного покрова на больших территориях — все эти факторы имеют свои климатические последствия.

Молекулы многих газов — углекислый газ, окись азота, озон в тропосфере, метан, фреоны, четыреххлористый углерод, метилхлороформ и многие другие — активно поглощают тепловое длинноволновое излучение, идущее от поверхности Земли. Увеличение их содержания приводит к охлаждению стратосферы и нагреванию тропосферы. 350 млн. лет назад концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляла 0,4%, а средняя температура была на  $10^\circ\text{C}$  выше нынешней. Теперь человечество усиленно восстанавливает «парниковый эффект», сжигая органическое топливо и вырубая леса. Ежегодно на 2,2 млрд. т увеличивается содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Вклад остальных газов (малых составляющих) в «парниковый эффект» также достигает значительной величины. Большинство таких газов пребывают в атмосфере десятки лет и сильно влияют на климат. Уже за последние 100 лет на 1 м уменьшилась толщина паковых льдов в Арктике, а граница вечной мерзлоты отступает к северу ежегодно на 10 км. Усилилась меридиональная циркуляция, изменились ранее установившиеся маршруты циклонов и антициклонов, погода стала неустойчивой.

Хозяйственная деятельность людей сопровожда-



Увеличение  
концентрации  $\text{CO}_2$   
в атмосфере.

ется также выбросом в атмосферу аэрозольных (пылевых) частиц. Многие газы, будучи выброшенными в атмосферу, превращаются в мельчайшие частички. Эрозия почв, расширение пустынь и связанные с этим пыльные бури, при которых нередко частички переносятся с континента на континент, вулканические извержения — все это также приводит к росту запыленности атмосферы, снижению ее прозрачности. Возрастает рассеяние коротковолнового солнечного излучения, температура нижней атмосферы понижается.

Этот эффект особенно хорошо изучен в связи с влиянием вулканических взрывов и извержений на климат и погоду. Облако от взрыва вулканов, как правило, попадает в стратосферу, оно содержит частицы пыли и различные газы.

Но тенденция к потеплению климата из-за роста «парникового эффекта» доминирует над тенденцией похолодания из-за запыленности атмосферы. Антропогенное влияние на климат в сумме приводит к его потеплению.

Проведенный учеными тщательный анализ климатических характеристик Северного полушария показал, что средняя температура за последние 100 лет повысилась на  $0,4—0,6^\circ\text{C}$ . При этом темпе-



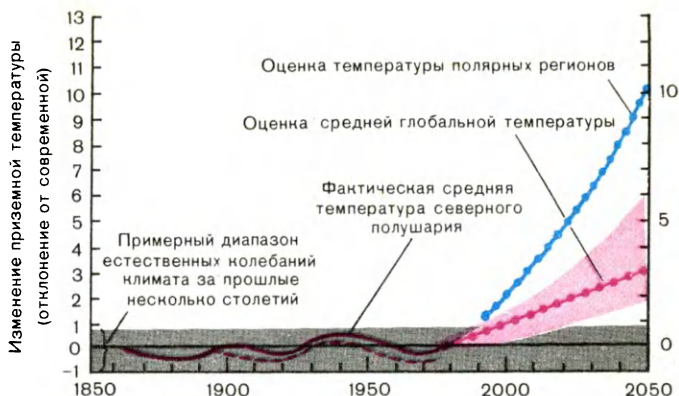
ратура росла до начала 40-х гг. этого столетия (в этот период потепления льды в Арктике отступили, появился термин «легкая Арктика»), затем был период похолодания — до середины 60-х гг., а сейчас, по-видимому, снова наступает потепление. Многие ученые считают, что в дальнейшем повышение средней температуры (по сравнению с данными на конец прошлого столетия) ожидается: к 2000 г. — на 1—2°C, к 2025 г. — на 2—3°C, к 2050 г. — на 3—5°C. Такой эффект произойдет, вероятнее всего, от накопления CO<sub>2</sub> и других газов антропогенного происхождения, удвоение количества которых в атмосфере ожидается в период между 2030 и 2060 г. Предполагают, что повышение температуры будет происходить неравномерно — наибольшее потепление будет в высоких широтах; так, для районов севернее 70° с. ш. повышение температуры в 2—2,5 раза превзойдет среднюю. Все это повлечет за собой различные по интенсивности изменения сумм осадков.

Новые климатические условия окажут определенное влияние на состояние биосферы и человеческую деятельность. Полагают, что при повышении средней температуры воздуха в Северном полушарии на 3°C многолетние льды в Северном Ледовитом океане сменятся на сезонные и будут появляться зимой.

Наиболее важны климатические изменения для сельского хозяйства. При потеплении следует ожидать увеличения продолжительности вегетационного сезона (в средних широтах примерно на 10 дней на каждый градус повышения температуры). Повышение концентрации CO<sub>2</sub> будет благоприятствовать биологической продуктивности. Однако в зонах с дефицитом осадков частота и интенсивность засух будет возрастать.

**Фактические и  
прогностические  
изменения средней**

**температуры для  
Северного полушария.**



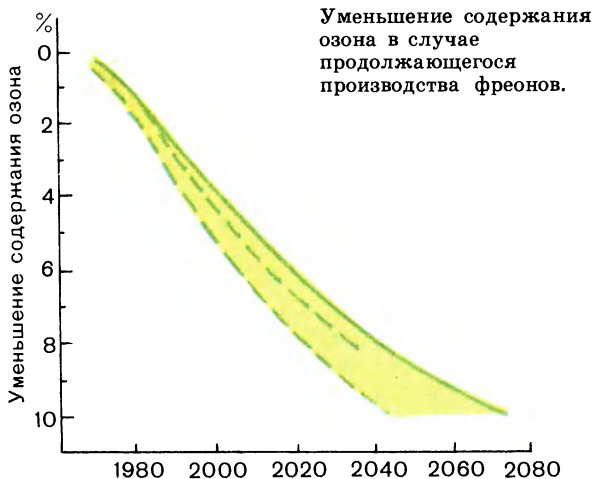
**Озон — защита всего живого.** Важнейшей составной частью атмосферы, влияющей на климат и защищающей все живое на Земле от излучения Солнца, является озоносфера. Основная масса озона находится на высотах от 10 до 50 км, а его максимум — на 18—26 км. Всего в стратосфере содержится 3,3 триллиона т озона. В слое озоносферы озон находится в очень разреженном состоянии. Если бы все количество озона собрать при нормальном давлении 760 мм рт. ст. и температуре 20°C, то толщина этого слоя составила бы всего 2,5—3 мм.

Озон в стратосфере образуется и поддерживается в результате цикла реакций с участием жесткого ультрафиолетового излучения Солнца (вначале происходит фотодиссоциация молекулярного кислорода, затем соединение атома с молекулой кислорода и образование молекулы озона  $O_3$ ). Столкнове-

ние озона с атомарным кислородом дает две молекулы кислорода. Но это слишком упрощенная схема, она не учитывает другие важные реакции расходования озона, к которым относятся водородный, азотный и хлорный циклы. Наличие соединений или молекул водорода, азота, хлора ведет к разрушению озона. В своих циклах эти соединения возвращаются к исходным формам. Они не расходуются в реакциях с озоном, а как бы выступают в роли катализаторов.

Озон в стратосфере постоянно рождается и гибнет, следовательно, его слой складывается из равновесного количества. А так как равновесие это подвижное, то толщина озонного слоя может меняться. Наблюдаются суточные, сезонные колебания содержания озона, а также циклы, связанные с многолетними изменениями солнечной активности. Наибольшее количество озона — 46% — образуется в стратосфере тропического пояса, там максимум его плотности находится примерно на высоте 26 км от поверхности. В средних широтах он располагается ниже: зимой — на высоте 22 км, а летом — 24 км. В полярных районах высота максимума составляет всего 13—18 км, и здесь озон наиболее интенсивно переносится в нижние слои атмосферы.

Несмотря на малое содержание озона, его роль в сохранении биологической жизни на Земле исключительно велика. Молекулы озона поглощают жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца как раз в той спектральной области, которая является наиболее разрушительной для биологических систем. Органические молекулы разрушаются УФ-излучением. Это относится также и к молекулам ДНК, отвечающим, как известно, за передачу наследственных признаков. Озонный слой, словно щит, не только оберегает живое вещество от прямого разруше-



ния, но и обеспечивает ход эволюции.

Если бы толщина озона уменьшилась, это нанесло бы непоправимый ущерб всем живым организмам. Полное исчезновение озонного слоя, несомненно, означало бы и исчезновение высших форм жизни. Что касается людей, то сейчас подсчитано, что даже небольшое снижение толщины слоя озона может увеличить заболеваемость раком кожи. Иное распределение озона по высоте существенно повлияет и на климат, так как изменится характер поглощения УФ-излучения озоном, а следовательно, и температура стратосферы.

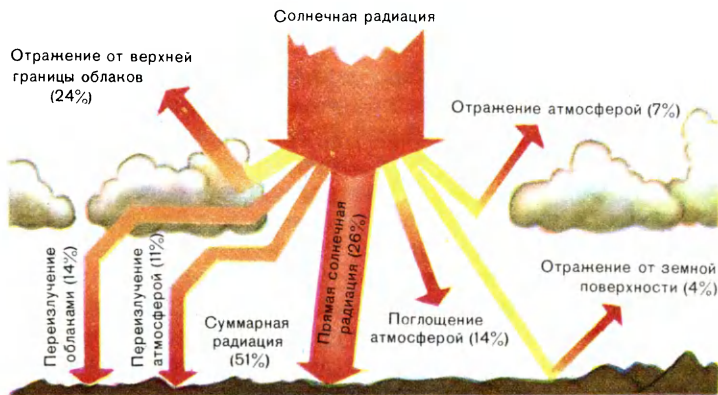
Вспомним хлорный цикл разрушения озона. Естественные источники хлора в атмосфере складываются главным образом из высыхающих капель морской воды и вулканических извержений. Большая часть хлора при этом в стратосферу не поступает, хлор вымывается дождями в нижней тропо-

сфере. Однако крупные вулканические взрывы забрасывают продукты извержений, в том числе и хлор (его соединения), на высоту 20—30 км. Мощные вулканические взрывы нерегулярны, но они поставляют в стратосферу в среднем от 10 до 100 тыс. т хлора в год.

Антропогенный источник хлора и других галогенов, также разрушающих озонный слой, сейчас намного больше естественного. Благодаря человеческой деятельности в атмосферу стали поступать такие вещества, как, например, метилхлорид, четыреххлористый углерод, хлорфторметаны, более широко известные под названием «фреоны», и некоторые другие соединения, содержащие атомы галогенов. С точки зрения последствий для озоносферы эти вещества обладают одним общим свойством. Они химически инертны и устойчивы в нижней атмосфере, не разлагаются солнечным светом в тропосфере, не окисляются, не вымываются осадками. Однако, распространяясь в атмосфере, они медленно проникают через слой тропопаузы и попадают в стратосферу. И здесь под действием жесткого излучения происходит разложение молекул, высвобождаются свободные атомы хлора и других галогенов.

Начиная с 70-х гг. все большее внимание стали привлекать к себе фреоны. Эти вещества получили широкое распространение в холодильных установках, для синтетических пенообразователей, в качестве пропеллентов в аэрозольных баллончиках, употребляемых в медицине, в бытовой химии, в лакокрасочной промышленности, в сельском хозяйстве, в косметике и т. д. Общее производство фреонов превышает 700 тыс. т в год, и все это количество рано или поздно выделяется в атмосферу. Наиболее употребительны фреон-11 и фреон-12. Пер-

## Распределение солнечной радиации в системе «Земля — атмосфера».



вый содержит в своей молекуле 3 атома хлора и 1 атом фтора, второй — по 2 атома хлора и фтора.

Расчеты показали, что все уже выброшенное в атмосферу количество хлорсодержащих соединений понизит толщину озонового слоя на несколько процентов. Но произойдет это через 30—50 лет. Сами реакции разложения озона протекают достаточно быстро, замедляет это явление диффузия веществ в слое тропосферы и их проникновение через тропопаузу в стратосферу.

Химики давно уже предложили замену фреонам-11 и -12. Фреон-22 не уступает им по своим основным качествам, но в его молекуле один атом галогена замещен на атом водорода. Благодаря этому фреон-22 относительно быстро разлагается в тропосфере, не достигая озонового слоя. И уж, конечно, необходимо исключить применение фреонов там, где это не диктуется острой необходимостью,

например в бытовой химии, парфюмерии, которые потребляют до 70% всего производимого фреона. Мы должны научиться отказываться от маленьких удобств во имя избежания возможных экологических катастроф.

Антропогенным вмешательством в азотный цикл стратосферного озона является внесение азотных удобрений в почву. Микробиологическое восстановление нитратного азота порождает закись азота. Молекулы этого газа в своем поведении в атмосфере повторяют путь тех же фреонов, появляется та самая добавка к азотному циклу, которая способна «выест» часть озонного слоя. Конечно, в почве и верхнем слое морей и океанов имеется достаточное количество природного нитратного азота и указанный процесс шел всегда. Однако интенсификация сельского хозяйства, сопровождаемая всевозрастающим использованием азотных удобрений, явно усиливает поступление закиси азота в атмосферу. В 1956 г. было произведено всего 3,5 млн. т. азотных удобрений, в 1974 г. — 40 млн. т, к 2000 г. ожидается, что эта величина достигнет 200 млн. т. А это приведет к удвоению скорости образования закиси азота по сравнению с природным процессом. Излишки азота ведут к различным экологическим последствиям. Ведь когда толщина озонного слоя уменьшится, то принимать меры будет уже поздно. Необходимо пересмотреть стратегию применения азотных удобрений, тем более что каждая прибавка урожая требует их все больше и больше. В штате Иллинойс (США) подсчитали, что поначалу 100 тыс. т удобрений дали прибавку урожая зерна 14 ц на га. А для следующих 10 ц зерна потребовалось внести уже 400 тыс. т азотных удобрений.

Повышение урожайности может быть достигнуто и без гипертрофированных азотных удобрений.



Просто на данном этапе эти удобрения оказались дешевле других способов интенсификации сельского хозяйства. Это еще один пример, когда погоня за сиюминутными выгодами оборачивается экологической бедой.

Для защиты озоносферы предпринимаются международные усилия. В Вене в марте 1985 г. подписана конвенция об охране озонового слоя.

**Укус с неба.** Лет 10—15 назад первыми забили тревогу жители Скандинавских стран. В реках и озерах гибли лосось и форель. Рыбаки за сезон не могли поймать ни одного хариуса, там где недавно он был в изобилии. Снег в горах стал серого цвета. В лесах листва раньше времени устилала землю. Затем спохватились в США, Канаде, Западной Европе. Те же симптомы. Со временем стали высыхать леса. В ФРГ количество пострадавших лесов достигло в последние годы 30%, а местами 50%. И все это происходит вдали от городов и промышленных центров. Понадобились годы исследований, многочисленные форумы ученых, чтобы понять сущность явлений и осознать масштабы надвигающейся опасности. Выяснилось, что причина всех этих бед — кислотные дожди. Сам этот термин возник еще в середине прошлого века, когда английский химик Р. Смит определил, что причиной повышения кислотности атмосферных осадков является сжигание угля. Современная же проблема охватила множество стран, перешагнула через океан, стала бичом для Северного полушария. Кислотность измеряется показателем  $pH$ , который выражается десятичным логарифмом концентрации водородных ионов. Облачная и дождевая вода в нормальных условиях должна иметь  $pH=5,6—5,7$ . Это зависит от растворения в ней атмосферного  $CO_2$  с образованием слабой угольной кислоты. Но вот

уже десятки лет над Северной Америкой и Европой выпадают дожди с содержанием в них кислоты в десятки, сотни и тысячи раз большим. По содержанию кислоты современные дожди соответствуют сухому вину, а часто и столовому уксусу.

Кислота в дождях вызвана растворением окислов серы и азота и образованием соответствующих кислот. Сернистый газ образуется и выбрасывается в атмосферу при сжигании угля, нефти, мазута, а также при добыче цветных металлов из сернистых руд. А окислы азота образуются при соединении азота с кислородом воздуха при высоких температурах, главным образом в двигателях внутреннего сгорания и котельных установках. Получение энергии — основы цивилизации и прогресса, увы, сопровождается закислением окружающей среды. Дело осложняется еще и тем, что трубы ТЭС стали расти в высоту. Их высота достигла 250—300 и даже 400 м. Количество выбросов в атмосферу не уменьшилось, но они теперь рассеиваются на огромных территориях, преодолевают большие расстояния, переносятся через государственные границы. В странах Скандинавии только 20—25% всех кислотных дождей собственного происхождения, остальное они получают от дальних и ближних соседей. Вследствие более частых западных ветров через западные границы СССР мы получаем в 8—10 раз больше соединений серы и азота, чем от нас переносится в обратном направлении.

Закисление дождей, а затем почв и природных вод вначале протекало как скрытый, незаметный процесс. Чистые, но уже подкисленные озера сохраняли свою обманчивую красоту. Лес выглядел таким же, как и раньше, но уже начались необратимые изменения.

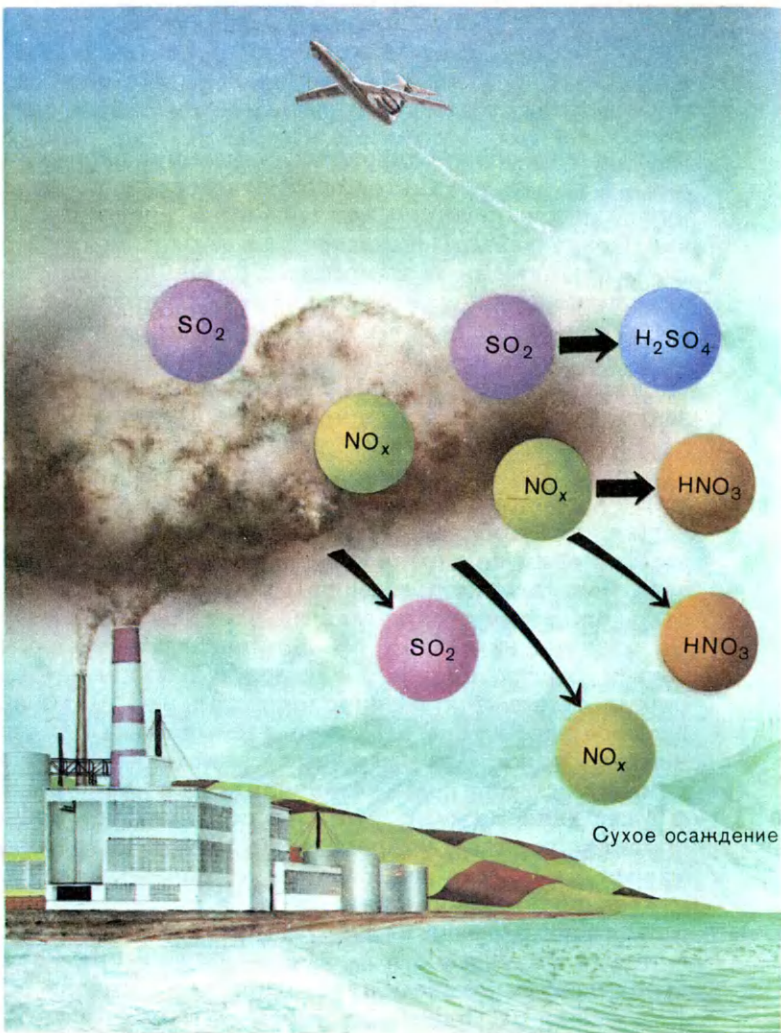
В нейтральной воде  $\text{pH}=7,0$ . При этом все водо-

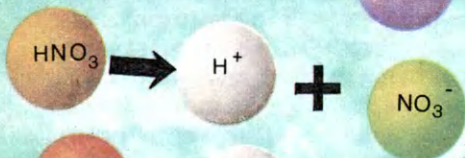
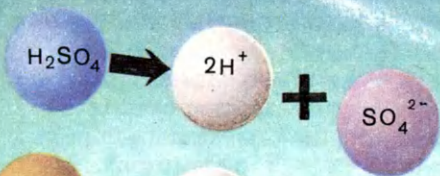
Окислы серы и азота:  
перенос, химические  
превращения, осаждение,  
действие на  
окружающую среду.

родные ионы нейтрализованы. Изменение рН на единицу в ту или иную сторону соответствует увеличению или уменьшению концентрации кислоты в 10 раз. Показатель рН меняется для воды разных озер. Но в ненарушенных природных условиях диапазон этих изменений строго ограничен. Природные воды и почвы обладают буферными возможностями. Они способны нейтрализовать определенную часть кислоты и сохранять рН своей среды. Но, естественно, буферность в природе не беспредельна.

Научились различать разные стадии закисления озер. Вначале природной карбонатно-кальциевой буферности достаточно (природные воды, содержащие карбонатные и гидрокарбонатные анионы, способны до определенного предела нейтрализовать поступающую кислоту) и выпадение кислотных дождей не отражается на рН воды рек и озер. На следующей стадии рН начинает заметно колебаться, быстро падает после дождей, «кислые» периоды становятся все продолжительнее. Наконец, в любое время года рН становится равным 6,0 или немного ниже. Это умеренное закисление. На следующей стадии рН устанавливается на уровне 4,5 или даже ниже. В воде озер появляются в повышенном количестве некоторые ионы, например алюминия (за счет вымывания из почвы). Это уже сильно подкисленная вода.

В своей эволюции живые организмы приспособились к физической и химической среде, они могут существовать только в определенном интервале рН. Изменение рН влечет за собой глубокие химиче-



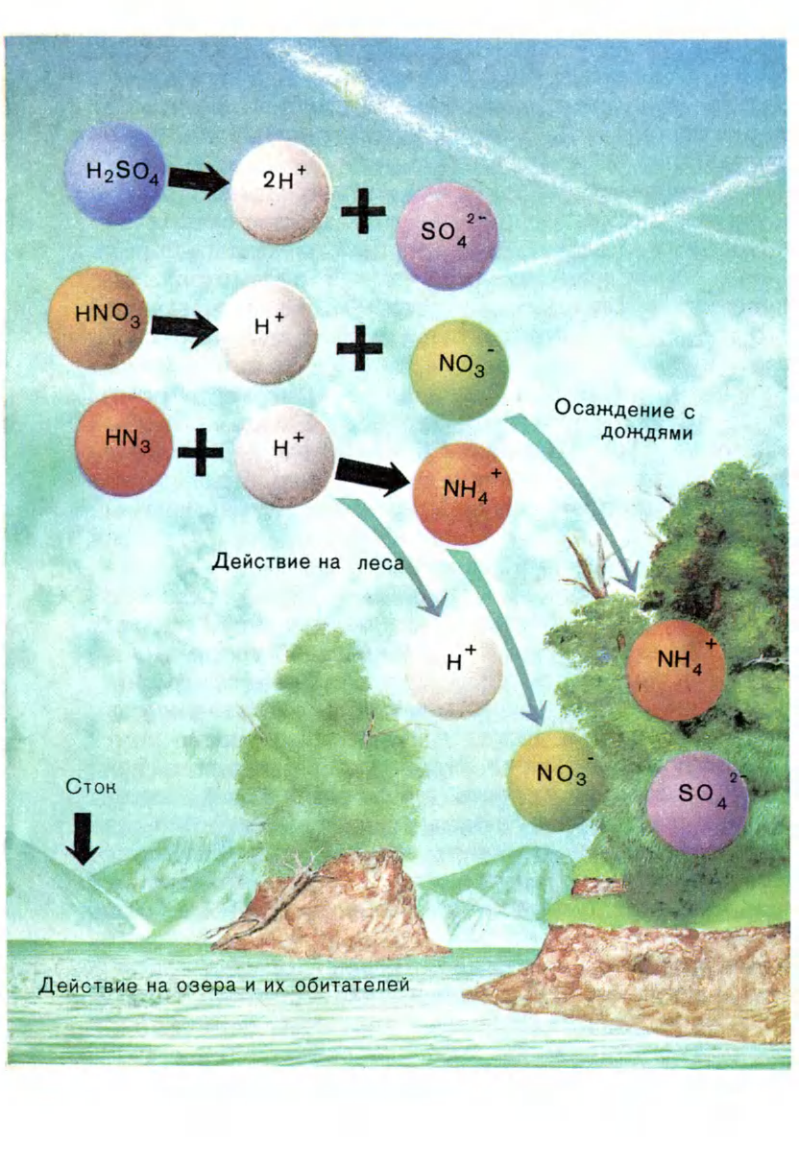


Осаждение с дождями

Действие на леса

Сток

Действие на озера и их обитателей



ские и биологические перестройки водных экосистем. Когда рН снижается до 6,5—6,0, погибают улитки, моллюски, ракообразные, гибнет икра земноводных. При рН=6,0—5,0 гибнут наиболее чувствительные планктонные организмы и насекомые, сиговые рыбы, форель, хариус, лосось, плотва, окунь и щука. Рыба гибнет не только от прямого действия кислоты. Вытесненный из горных пород и донных отложений подвижный алюминий повреждает жаберный аппарат. Из-за нарушения кальциевого равновесия рыба теряет способность к воспроизводству. При рН менее 5,5 мхи и нитчатые водоросли вытесняют основную растительность, в воду даже переселяется сфагновый мох — обитатель суши. При рН ниже 4,5 в воде озер вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода.

Земля и растения, конечно, тоже страдают от кислотных дождей. Снижается продуктивность почв, сокращается поступление питательных веществ. Меняется состав почвенных микроорганизмов. Пришлось провести специальное почвенное исследование, чтобы выявить чувствительность почв к кислотным дождям. Нечувствительные почвы имеют карбонатные включения и высокую катионно-обменную емкость (свойство почв и пород к обмену катионами с водными растворами). К слабочувствительным и чувствительным отнесены почвы соответственно со средним или низким значением катионнообменной емкости и без карбонатных включений.

Кислотные дожди наносят огромный вред лесам. Леса высыхают, развивается суховершинность на больших площадях. Кислота увеличивает подвижность алюминия в почвах, который токсичен для

мелких корней, и это приводит к угнетению листвы и хвои, хрупкости ветвей. Чаще всего страдают пихта, ель, сосна, потому что смена хвои происходит реже, чем смена листьев, и она накапливает больше вредных веществ за один и тот же период времени. У хвойных деревьев желтеет и опадает хвоя, изреживаются кроны, повреждаются тонкие корни. У лиственных пород изменяется окраска листьев, преждевременно опадает листва, гибнет часть кроны, повреждается кора. Не происходит естественное возобновление хвойных и лиственных лесов. Эти симптомы часто сопровождаются вторичными поражениями от насекомых и болезней деревьев. Поражение лесов все в большей степени захватывает и молодые деревья.

Еще больший ущерб несут сельскохозяйственные культуры. Повреждаются покровные ткани растений, изменяется обмен веществ в клетках, нарушается рост и развитие растений, уменьшается сопротивляемость к болезням и паразитам, снижаются доходы сельского хозяйства из-за падения урожайности сои, кукурузы, пшеницы.

Кислота разрушает сооружения из мрамора и известняка. Исторические памятники Греции и Рима, простояв тысячелетия, за последние годы разрушаются прямо на глазах. Такая же судьба грозит и Тадж-Махалу — шедевр индийской архитектуры периода Великих Моголов, в Лондоне — Тауэру и Вестминстерскому аббатству. На соборе Св. Павла слой портлендского известняка разъеден на 2,5 см. В Голландии статуи на соборе Св. Ионна «тают, как леденцы». Черными отложениями, этим «раком камня», изъеден королевский дворец на площади Дам в Амстердаме.

В Европе имеется более 100 тыс. ценнейших витражей — памятников средневекового готиче-

**Запуск аэростата для  
зондирования  
атмосферы.**



ского искусства. Витражи соборов и церквей в Шартре, Кентербери, Кёльне, Эрфурте, Праге, Берне и в других городах относятся к числу самых замечательных памятников европейского искусства. Опасаются полной утраты этих произведений искусства в ближайшие 15—20 лет.

Конечно, страдает и здоровье людей, хотя действие кислотных дождей проявляется здесь главным образом косвенно. Возникает дополнительное загрязнение питьевых вод, так как кислота вытесняет из пород различные токсичные металлы — ртуть, свинец, кадмий, цинк и др. Установлена также связь кислотных дождей с повышенным уровнем ртути в рыбе.

Спасать природу от закисления необходимо. Для этого придется резко снизить выбросы окислов



серы и азота в атмосферу. Но в первую очередь — сернистого газа, так как именно серная кислота и ее соли на 70—80% обуславливают кислотность дождей, выпадающих на больших расстояниях от мест их выбросов. Выбросы серы на территории Европы превышают сейчас 30 млн. т серы (ежегодно).

Дальний перенос загрязняющих веществ в атмосфере — это одна из проблем Северного полушария. По инициативе Советского Союза была разработана, подписана (1979) и вступила в силу (1983) «Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния». В ней, в частности, указано, что страны должны стремиться к ограничению и постепенному уменьшению загрязнения воздушной среды, включая загрязнение, выходящее за пределы своего государства. В июле 1985 г. в Хельсинки 20 государств Европы и Канада подписали Протокол о 30% снижении выбросов окислов серы на территории этих государств или их трансграничных потоков на территорию соседних государств. В числе подписавших Протокол — Советский Союз и страны социалистического содружества.

А каковы же технические возможности снижения выбросов окислов серы? Начинать надо с экономии энергии, тем более что это диктуется необходимостью экономить энергетическое сырье. Объем загрязнения при этом уменьшается примерно пропорционально экономии энергии. Немалая часть потребляемой энергии тратится на отопление зданий. Во многих странах эта величина достигает 40% всей энергии. Здесь есть возможность совершенствованием процессов сгорания, улучшением теплоизоляции трубопроводов и самих зданий, а также снижением температуры в домах на 1—2° без потери комфортных условий сэкономить до 50% всей затрачиваемой энергии. Имеются большие возмож-

ности экономить тепловую энергию и в промышленности.

Другим направлением снижения выбросов вредных веществ в атмосферу является предварительное извлечение и удаление серы из топлива. Запасы нефти с низким содержанием серы (менее 0,5%) составляют около 20%. На мировом рынке в ходу нефть с содержанием серы 1% и даже до 3,5%. Затраты на десульфуризацию нефти окупаются в течение нескольких лет, особенно если учесть, что исходное сырье дешевле, чем малосернистое топливо. Запасы угля с низким содержанием серы (ниже 0,4%) также незначительны. В каменном угле сера бывает в виде органических соединений и в составе пиритов. Промывка раздробленного угля уменьшает на 50—70% содержание пиритной серы. Более глубокое удаление серы требует обработки угля под давлением и при высоких температурах.

Наконец, возможна и применяется технология улавливания двуокиси серы из дымовых газов. Известно более 200 таких технологических схем. Чаще всего применяется промывка газов с добавлением извести. Получающийся при этом гипс находит широкое применение, а дымовые газы очищаются от серы на 90—95%.

Не менее важно бороться и с выбросами окислов азота. На ТЭС для этого применяется строго контролируемая система подачи воздуха в зону горения топлива и ряд других конструктивных и технологических методов. Разработанная технология позволяет уменьшить выбросы окислов азота из стационарных энергетических установок на 40—60%. Однако большая часть окислов азота выбрасывается в атмосферу при работе автотранспорта, который является мощным источником загрязнения атмо-

сферы также окисью углерода, различными углеводородами и свинцом. При каталитическом восстановлении выхлопных газов автомобилей окись углерода и углеводороды превращаются в  $\text{CO}_2$  и воду, а окислы азота восстанавливаются до элементарного азота; в качестве катализатора использована платина — 85% и родий — 15%. На каждый катализатор требуется примерно 2 г благородных металлов. Благодаря этому методу прекращаются выбросы свинца. Свинец, содержащийся в бензине, отравляет катализатор, поэтому для эффективной работы очистной системы автомобиля необходимо отказаться от этилированного бензина.

**Энергетика и биосфера.** Энергетика является движущей силой развития промышленности, сельского и коммунального хозяйства, транспорта.

Удельное потребление энергии в расчете на душу населения возрастет. Через 40—50 лет только половина мировой потребности в энергии может быть удовлетворена за счет органического топлива.

Из возобновимых источников энергии сейчас только гидроэнергетика дает заметный вклад в мировой энергетический баланс. Да и тот сравнительно невелик — около 1,4% (в нашей стране значительно выше — около 20%). Даже полное использование энергии всех рек мира позволит увеличить это значение всего в несколько раз. Намечающийся энергетический дефицит не удастся покрыть за счет возобновимых источников энергии.

Потенциальные возможности солнечной энергетики очень велики. Сотые доли процента всей солнечной энергии, проходящей через атмосферу и достигающей поверхности Земли, обеспечили бы все современные потребности мировой энергетики, а

0,5% — хватило бы на все потребности в будущем. Но и этот источник энергии в ближайшие столетия не сможет играть заметной роли в мировом балансе. Причина — в низкой интенсивности солнечной радиации. Она даже в лучших условиях, в низких широтах и при чистом небе, в среднем за год не превышает 250 Вт на 1 м<sup>2</sup>. Чтобы получить количество энергии, потребляемое в настоящее время, необходимо, чтобы площадь, отведенная под коллекторы солнечной радиации, составила 130 тыс. км<sup>2</sup>. Но это еще, быть может, не главное ограничение. Потребовалось бы огромное количество материалов, в частности алюминия, для изготовления этих коллекторов. На 1 км<sup>2</sup> требуется 10 тыс. т алюминия. А разведанные запасы его сейчас составляют 1,17 млрд. т. Но предположим, что будут найдены заменители алюминия. Для мировой энергетики на солнечном источнике придется отвести от 1 до 3 млн. км<sup>2</sup> земли. Такие земельные затраты, если они вообще возможны, учитывают только конечную стадию энергетики. Но ведь огромная материалоемкость солнечной энергетики связана и с многообразными затратами, в том числе и земельными, на стадиях добычи и обработки сырья. Для энергетики будущего потребовалась бы переработка до 48 млрд. т пород. В то же время на все нужды человечества сейчас извлекается около 20 млрд. т горных пород. Экологическая «чистота» солнечной энергетики в лучшем случае может относиться к ее конечной стадии. Взятая в целом, со всеми предшествующими стадиями добычи сырья и промышленного производства, она по своим масштабам может стать серьезным источником деградации окружающей среды. К тому же периодичность поступления солнечной энергии в суточном и годовом циклах, неравномерность ее распределения по

поверхности Земли увеличивают затраты на накопление и хранение энергии. Итак, крупномасштабное использование солнечной энергии в ближайшее столетие не восполнит намечающийся дефицит в топливно-энергетических ресурсах мира.

Еще одним нетрадиционным источником энергии является биомасса органических отходов, которые возникают в сельском и коммунальном хозяйстве. До сих пор она частично использовалась в качестве кормов, строительных материалов, сырья или сжигалась в энергетических целях. Общее количество органической массы в несколько раз превышает суммарную мировую добычу угля, нефти и газа. В большинстве случаев эта органика становится трудноудаляемым видом отходов. Вместе с тем анаэробное сбраживание позволяет получать биогаз, который состоит на 60—70% из метана. Его теплотворная способность составляет примерно 5000 килокалорий на 1 м<sup>3</sup>. Процесс протекает непрерывно. Получаемый остаток — шлам является прекрасным удобрением, лишенным запахов и вредных бактерий. Сотни комплексов для откорма миллионов голов свиней и крупного рогатого скота, которые до 1990 г. будут задействованы в сельском хозяйстве нашей страны, с их органическими отходами становятся сырьем для получения биогаза, эквивалентного 5 млн. т условного топлива, а также 3—4 млн. т высококачественных удобрений. Городские стоки, твердые отходы, отходы деревообрабатывающей промышленности и при рубках леса, другие виды органических отходов — всё это источники для получения энергии, удобрений, ценного химического сырья. Широкое развитие биоэнергетики особенно привлекательно в экологическом отношении. Ведь отходы становятся сырьем, резко уменьшается загрязнение природной среды.

А теперь о ядерной энергетике. Известно, что существует два способа извлечения энергии из атомных ядер. Промышленная реализация одного из них уже начата. Этот метод основан на использовании энергии, которая выделяется при цепной реакции деления тяжелых ядер урана или плутония под действием нейтронов. Другой метод, который находится в стадии научных разработок, основан на использовании энергии, выделяющейся при синтезе легких ядер.

Какие же ресурсы у ядерной энергетики? По последним данным, запасы урана в рудах с содержанием, в 1000 раз большим, чем его среднее содержание в литосфере, составляют 3,33 млн. т. Энергетический эквивалент урана зависит от типа ядерного реактора. До настоящего времени в АЭС преимущественно используются реакторы на тепловых нейтронах. Они крайне неэффективны, в них «сгорает» примерно 1,5% урана. Если бы вся мировая энергетика базировалась на реакторах с тепловыми нейтронами, то разведанных запасов урана хватило бы на очень короткий срок. Даже если учесть, что будут открыты новые месторождения или будут использованы очень бедные ураном руды, все равно мировая энергетика не может быть основана на АЭС с реакторами на тепловых нейтронах. Другое дело — ядерная энергетика с реакторами на быстрых нейтронах. В них КПД использования урана составляет 30—40%. Это позволяет использовать более бедные руды. Становится экономически выгодной даже добыча урана из морской воды. Запасы урана для энергетики с реакторами на быстрых нейтронах по сравнению с реакторами на медленных нейтронах возрастают в 25—60 раз, а с учетом морских вод и земной коры до глубины 0,5 км — в 8500—17 000 раз. Следует добавить, что в реакто-

рах на быстрых нейтронах ядерное горючее не только тратится, но и воспроизводится. В них накапливается плутоний или изотоп урана  $U^{233}$ , которые в свою очередь служат ядерным горючим. Это реакторы-размножители.

Термоядерная энергетика во много раз превышает базу ядерной энергетики по своим ресурсам. Литий здесь участвует как источник трития, его ресурсов хватило бы на многие столетия. Получение термоядерной энергии на основе слияния только ядер дейтерия открывает доступ к практически неограниченным энергетическим ресурсам.

Ядерная энергетика имеет много преимуществ перед традиционной энергетикой по своему действию на окружающую среду, но, как и всякой крупномасштабной человеческой деятельности, ей присущи экологические ограничения. Как и любая энергетика, ядерная ставит проблему рассеянного тепла и связанных с ним изменений климата.

Ядерная энергетика не расходует кислород воздуха, не имеет выбросов  $CO_2$  и других газов, таких, как окислы серы и азота, или выбросов токсичных веществ, таких, как тяжелые металлы, бензпирен и др. На единицу вырабатываемой энергии ядерная энергетика образует отходов в 10 млн. раз меньше по массе, чем традиционная. Затраты на ТЭС для улавливания выбросов, включая сернистый газ, могут составлять 25—50%, в то время как для АЭС затраты на мероприятия по охране окружающей среды укладываются в диапазон 3,5—11% их стоимости.

Главное экологическое ограничение ядерной энергетики связано с потенциальным радиоактивным загрязнением окружающей среды. Однако с самого начала создания атомной промышленности ее предприятия проектировались и создавались так,



чтобы предотвратить утечку радиоактивности.

В условиях нормальной работы АЭС радиоактивные отходы практически не поступают в окружающую среду. Чтобы это обеспечить, предусмотрены надежные барьеры на путях проникновения радиоактивных веществ в атмосферу или природные воды: герметичные оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), герметизация корпуса реактора и контуров теплоносителей, а также всего реакторного зала по сигналу с пульта управления. На АЭС установлены очистные системы с фильтрами и газгольдерами, в которых воздух выдерживается до распада короткоживущих изотопов, а также системы контроля радиации в технологических элементах и в окружающей среде.

Вместе с тем более чем 40-летний опыт эксплуатации различных ядерных реакторов во многих странах показывает, что время от времени случа-



В природе все  
гармонично.



лись аварии, при которых происходила утечка радиоактивных веществ и загрязнение ими окружающей среды.

В 1957 г. в Уиндскейле (Англия) в результате теплового взрыва и пожара из реактора было выброшено в атмосферу значительное количество радиоизотопов: йод-131, рутений-103, цезий-137 и др. Облако радиоактивного выброса прошло не только над центральными районами Англии, но и достигло территории Бельгии и Норвегии.

В 1962 г. авария на реакторе на АЭС в г. Арко (США, штат Айдахо) также сопровождалась значительным выбросом радиоактивных осколков деления, главным образом йода-131.

Одна из самых серьезных аварий случилась в 1979 г. на АЭС Тримайл-айленд (США, штат Пенсильвания, г. Харрисберг), когда в атмосферу выделилось более 10 млн. кюри радиоактивных ве-

ществ, которые привели к облучению многих тысяч людей, проживавших в этой густонаселенной местности.

В конце апреля 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС (СССР, Украина), в результате которой радиоактивные продукты были выброшены в атмосферу, радиоактивные выпадения имели место в Белоруссии, на Украине, а также в некоторых сопредельных странах. Среди радиоактивных продуктов, попавших в окружающую среду, присутствовали изотопы йода, бария, стронция, цезия и другие осколки деления. Их выпадение на территорию страны составило 3% от запаса топлива в реакторе.

Перечисленные выше аварии являются крупными инцидентами, следствием которых было облучение персонала АЭС и населения. А всего на более чем 300 АЭС, имеющихсся во всем мире, было несколько сот аварий различного масштаба. Только в США их известно около 200. Почти половина всех аварий на ядерных реакторах связана с нарушением теплового режима.

Аварийные ситуации в ядерной энергетике вызывают огромное беспокойство среди ученых и практиков. Международное агентство по атомной энергетике (МАГАТЭ) разработало рекомендации в этой области, однако конкретная техническая политика проводится в каждой стране индивидуально и не всегда с учетом этих рекомендаций. Этим, в частности, объясняется то, что при равном количестве реакторов в США и в сумме в Англии, Франции и Японии количество аварий в США было больше, чем в этих странах, вместе взятых.

Сравнительно недавно стало известно о возможности крупномасштабных изменений в атмосфере в связи с ядерной энергетикой. Среди осколков

деления тяжелых ядер имеется радиоактивный изотоп — криптон-85. Его период полураспада чуть больше 10 лет. Будучи инертным газом, криптон-85 при переработке ТВЭЛов выделяется в атмосферу, где и накапливается, так как из атмосферы он не выводится, химически или биологически не связывается, в дождевой воде не растворяется. При радиоактивном распаде криптон-85 испускает бета-частицы со средней энергией 250 кэВ, которые ионизируют воздух. Влияние радиоактивности на электропроводность воздуха уже было зарегистрировано. В период ядерных испытаний в атмосфере к 1962—1963 гг. электропроводность воздуха в Северном полушарии возросла в 2,5 раза. И она вновь вернулась к норме после заключения Московского договора о прекращении испытаний ядерных взрывов в атмосфере. В естественных условиях ионизация воздуха происходит под действием космического излучения, и она увеличивается с высотой, а также под действием излучения естественных радиоактивных элементов, содержащихся в почвах и породах. Ионизация над поверхностью океана на 99% обусловлена космическим излучением, а над сушей на уровне моря его вклад составляет 24—55%.

На больших высотах, 50 км и более, ионизация столь высока, что электропроводность воздуха становится достаточной для выравнивания потенциала вокруг всего земного шара. Образуется подобие шарового конденсатора, где роль пластин играют поверхность Земли и ионосфера.

Исходя из темпов развития ядерной энергетики подсчитано, что в 2000 г. количество радиоактивного криптона в атмосфере достигнет такой величины, что ионизация воздуха будет сказываться на электрических свойствах атмосферы и могут насту-

пить геофизические изменения в биосфере. Очевидно, придется создавать способы улавливания криптона при переработке ТВЭЛов. Это трудная, но посильная уже на современном уровне науки задача.

**Можно ли жить в городе?** Численность городского населения в мире постоянно увеличивается. В США, Канаде, Австралии, во многих странах Западной Европы и Южной Америки она превышает 70%. Частым явлением становятся сверхгигантские города — мегаполисы. Северо-восточный мегаполис в США между Бостоном и Вашингтоном (получивший название Бостваш) протянулся почти на 1000 км. В нидерландской части Рейнского мегаполиса среднее расстояние между центрами сплошной застройки менее 30 км. В мегаполисе Токио — Иокогама проживает более 25 млн. человек.

Условия жизни в городе породили немало проблем. Одна из них — шум. Когда интенсивность и частота шума превышают порог предельно допустимых величин (80 дБ), он становится причиной психических и физиологических травм. Добавим к этому, что люди многих профессий постоянно в течение рабочего дня находятся в условиях, значительно перекрывающих этот порог. Даже слабый, но постоянный шум вызывает раздражение, усталость, бессонницу. Более сильные шумы вызывают потерю слуха, нервные расстройства, заболевания сердечно-сосудистой системы. Но не только шум причиняет ущерб здоровью горожан. Скученность, теснота — тоже факторы социальных, психологических и физиологических нарушений.

С ростом городов загрязнение воздуха все возрастает. Еще в 1661 г. англичанин Джон Эвелин

представил королю Карлу II доклад под названием «Заражение дымом, или Распространение дыма в воздухе над Лондоном». Спустя почти 300 лет, в 1952 г., в Лондоне тяжелый смог унес несколько тысяч жизней. Долгое время загрязнение воздуха связывалось с пылью, копотью и сажой. Пыль неоднородна: ее частицы, взвешенные в воздухе, заметно различаются по размерам и химическому составу. В воздухе городов обычно наблюдаются частицы диаметром 1—2 и 20—40 мкм. Мелкие частицы свободно проникают в дыхательные пути и оседают в бронхах и легких людей.

Частицы разных размеров различаются и по своему химическому составу. У мелких наблюдается обогащение сульфатами, свинцом, мышьяком, селеном, кадмием, цинком. Канцерогенные вещества, например бензпирен, на 90% связаны с мелкими частицами. Измерения показывают, что в городах очень многих стран мира содержание пыли в воздухе превышает национальные стандарты качества воздуха.

Довольно трудно выделить заболеваемость людей, обусловленную только действием пыли, так как в воздухе городов содержится много и других вредных веществ, в том числе различных газов. Однако такая разновидность пыли, как асбест, имеет важное значение с точки зрения роста раковых заболеваний.

Асбесты — это силикатные минералы, сложенные из тончайших гибких волокон. Они обладают двумя важными качествами, благодаря которым получили широкое применение в технике и в быту. Их можно ткать, и они не горят. Асбест был известен еще в древности, особенно в Греции, Индии и Китае. С конца прошлого века мировое ежегодное производство его выросло со 100 т до 5 млн. т и бо-

лее. Асбест применяется в качестве противопожарного и теплоизоляционного материала. В смеси с цементом он идет на изготовление строительных материалов, трубопроводов. Асбест входит в состав асфальтов, пластиков, резиновых изделий. Из асбестовой ткани делают фильтры для виноделия и пищевой промышленности.

Значительным источником загрязнения атмосферы асбестом является и автотранспорт, так как асбест входит в состав тормозных дисков и при их истирании попадает в воздух. Для полноты картины надо сказать, что и питьевая вода стала источником поступления асбеста в организм людей. А причина этого — распространение асбестоцементных трубопроводов и сбросы отходов.

Наряду с пылью в воздухе современных городов встречаются окислы серы, азота и углерода. Соединения серы — сернистый газ и продукты его превращений (сульфаты и серная кислота) — отрицательно сказываются на здоровье людей. Между содержанием соединений серы в воздухе и частотой бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний имеется прямая связь.

Оксись и двуокись азота выбрасываются в атмосферу автотранспортом, предприятиями энергетики и металлургии. Главный вклад в загрязнение атмосферы окислами азота вносит автотранспорт. Действие окислов азота на людей и животных приводит к нарушению функции легких, к изменению слизистой оболочки бронхов и альвеол. Меняется и состав крови. Одна из особенностей окиси и двуокиси азота связана с их способностью участвовать в фотохимических реакциях в загрязненной атмосфере городов. При этих реакциях образуются озон и другие сильные окислители, значительно более токсичные, чем исходные вещества.



Оксись углерода, или угарный газ, относится к токсичным веществам. Черная и цветная металлургия и, главное, автотранспорт — вот основные источники выбросов СО. Мировой автопарк численностью 270 млн. машин выбрасывает более 200 млн. т СО в год. В США 75% загрязнения воздуха городов окисью углерода обязано автотранспорту. В странах Европы эта величина меньше — 25—50%. Выброс СО в Советском Союзе в 5 раз меньше, чем в США, но он тоже велик. При дыхании СО проникает в кровь и образует соединение с гемоглобином — карбоксигемоглобин. Скорость этой реакции примерно в 200 раз быстрее, чем скорость соединения кислорода с гемоглобином. Происходит блокировка кислородного питания всего организма. Установлена прямая связь между ростом СО в воздухе и ростом карбоксигемоглобина в крови. Допустимое содержание карбоксигемоглобина — 1,5% — у городских жителей часто превышает. У 50—70% жителей таких крупных городов, как Лос-Анжелес, Чикаго, Денвер, Сан-Франциско и другие, этот показатель постоянно превышен. Связь между загрязнением воздуха СО и сердечно-сосудистыми заболеваниями известна уже давно.

Загрязнение воздуха в городах довольно неравномерно. Оно зависит от взаимного расположения промышленных объектов и жилых массивов, от транспортных магистралей. Оно изменяется в зависимости от направления ветра, от погодных условий. Температурные инверсии и штилевые условия усиливают накопление загрязняющих веществ в атмосфере. Есть немало городов с неблагоприятными климатическими характеристиками, усиливающими последствия вредных выбросов. Величина загрязнения меняется в течение суток. Утренний максимум связан с началом работы предприя-



тий и пиком движения транспорта, вечерний максимум — тоже с пиком движения. В зимнее время загрязнение возрастает из-за отопления. Конечно, загрязнение зависит от величины города и размещенной в нем промышленности, от численности автотранспорта, от климатических условий. Так, например, в городах Сибири загрязнение воздуха увеличивается из-за обширного Сибирского антициклона, который ежегодно длится в течение нескольких зимних месяцев. В этот период вертикальный обмен воздушных масс почти не происходит и выбросы скапливаются в самом нижнем слое атмосферы.

Что же еще есть в воздухе? Самым многочисленным классом веществ, загрязняющих городской воздух, являются углеводороды. Сюда наряду с предельными и непредельными углеводородами относится большое число окисленных соединений типа альдегидов, кетонов, спиртов, эфиров, жирных кислот, а также большая группа ароматических производных. Только в выхлопных газах автомобилей обнаружены сотни углеводородов.

Всего в мире ежегодно поступает в атмосферу около 90 млн. т различных углеводородов. Примерно 20% этого количества приходится на бензол, толуол, ксилол и другие летучие соединения. Их содержание в воздухе крупных городов составляет десятки и сотни микрограмм на 1 м<sup>3</sup>. Хроническое отравление углеводородами вызывает нарушения состава крови. Доля углеводородов в суммарной токсичности почти в 2 раза больше, чем у свинца, и более чем в 2 раза больше, чем у окислов серы и азота.

Из углеводородов в атмосфере городов присутствует также большая группа канцерогенных соединений — полициклических ароматических углево-

дорогов (ПАУ). К ним относится, в частности, бензпирен. Его появление в атмосфере связано с процессами сгорания топлива. Общий мировой выброс бензпирена составляет более 5000 т в год.

В атмосферу городов поступает много различных токсичных металлов. Например, свинец попадает в атмосферу вместе с выхлопными газами автомобилей. В виде мельчайших частиц он проникает в легкие людей.

Содержание свинца для городов США, Японии, Англии, Канады, Франции и других стран в среднем меняется от 1—2 до 8—10 микрограмм на 1 м<sup>3</sup>. Зимой оно увеличивается. Особенно велико содержание свинца вблизи транспортных магистралей. Кадмий, ртуть, медь, никель, цинк, хром, ванадий — практически постоянные компоненты городского воздуха. Антропогенные потоки тяжелых металлов уже превысили естественные, природные потоки.

Более 30 лет назад люди столкнулись с новым типом загрязнения воздуха в городах. Жители Лос-Анжелеса (США) стали жаловаться на периодическое появление в воздухе голубоватой дымки, вызывающей сильное раздражение дыхательных путей и жжение в глазах. К хорошо уже изученному смогу, состоящему из частиц сажи и сернистого газа, добавился новый смог — фотохимический. Он вызывает у человека приступы удушья, астмы, кашель, нарушение функции легких, зрения, понижает устойчивость к инфекциям. Исследования показали, что фотохимический смог образуется в городской загрязненной атмосфере — под действием солнечного УФ-излучения окислы азота, окись углерода, углеводороды вступают в сложные цепные реакции. В результате в воздухе появляется комплекс вторичных продуктов, обладающих резко выраженными окислительными свойствами. Это



озон, пероксиацетилнитраты, альдегиды, кетоны, свободные радикалы и множество других. Все вместе они значительно токсичнее первичных. На образование фотохимического смога влияет также определенная интенсивность солнечного излучения, застойный воздух.

Озон и другие окислители губительно действуют на растения и многие строительные материалы. Для образования и накопления озона требуется всего несколько часов. За это время воздушные массы могут продвинуться на сотни километров. Таким образом, области, пораженные озоном, охватывают не только города, но и сельскохозяйственные угодья. В США, как показали исследования, от озона вместе с окислами серы погибает 2—4% урожая на сумму 1—2 млрд. долларов. Фотохимический смог загрязняет атмосферу во многих странах Европы, в Австралии, Японии. Фотохимические окислители наносят большой ущерб лесам в ФРГ.

Все современные города нуждаются в контроле качества воздуха, так как увеличение загрязнения атмосферы серьезно угрожает здоровью людей. В СССР такой контроль осуществляется более чем в 450 городах. Он является составным элементом Общегосударственной службы наблюдения и контроля за уровнем загрязнения природных сред, организованной в нашей стране Госкомгидрометом. Контролируют загрязнение атмосферы с помощью стационарных и передвижных станций. Внутри них компактно размещена сложная аппаратура, предназначенная для измерений количества загрязняющих веществ.

Основная программа контроля качества воздуха включает 4 вида загрязнения: пыль, двуокись серы, окислы азота и окись углерода, т. е. вещества, ко-

торые присутствуют в воздухе, а также ряд специфических веществ (в случае необходимости).

США, Англия и другие страны Западной Европы раньше других столкнулись с проблемой загрязнения воздуха и угрозой здоровью населения. В частности, в США такие наблюдения ведутся с первой половины 50-х гг. Содержание двуокиси азота в воздухе в период с 1970 по 1980 г. возросло на 20%. В условиях повышенного риска проживает 41,7 млн. американцев. Контроль за содержанием озона показывает, что 35 млн. человек все еще подвергается его повышенному воздействию.

В Советском Союзе выбросы вредных веществ в атмосферу в несколько раз меньше, чем в США, но и они в ряде мест значительны.

Во многих странах приняты специальные законы, направленные на охрану атмосферного воздуха от загрязнения. В СССР в 1980 г. принят Закон об охране атмосферного воздуха. Он устанавливает такие нормы на размеры выбросов в атмосферу, чтобы загрязнение окружающей среды не оказалось вредным для населения, растительного и животного мира.

Анализ показателей качества воздуха в нашей стране показал, что принятые меры позволили снизить в целом уровень загрязнения воздушного бассейна городов. Заметно снизился уровень загрязнения воздуха в Москве, Ленинграде, столицах союзных республик, в таких крупных промышленных центрах, как Жданов, Караганда, Липецк, Свердловск, Краматорск и другие. Средние концентрации пыли, сернистого газа и двуокиси азота уменьшились за последние 10 лет примерно на 25%. Однако во многих странах мира (и в ряде районов нашей страны) экологическая обстановка остается нарушенной.

**Мониторинг — необходимость времени.** Общее беспокойство в связи с ухудшающимся во многих странах мира состоянием природной среды привело к созданию новой международной организации — Программы ООН по окружающей среде, ЮНЕП (аббревиатура составлена по начальным буквам английских слов и применяется на всех языках), со штаб-квартирой в столице Кении г. Найроби.

Одним из центральных вопросов Стокгольмской конференции, созванной в 1972 г. по решению ООН, явилось обсуждение программы «Наблюдение за планетой». Было отмечено, что во многих случаях недостаточность знаний в области крупномасштабных процессов, происходящих в биосфере, мешает принятию нужных решений и согласованным усилиям стран по предотвращению негативных последствий антропогенной деятельности.

В рамках указанной программы важное место занимает создание Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Система мониторинга (от латин. *monitor* — *предостерегающий, предупреждающий*) выделяет антропогенные изменения в биосфере на фоне естественных колебаний. Основная цель ГСМОСа — получение информации об исходном состоянии окружающей среды, современном уровне ее загрязнения, путях и скоростях распространения загрязняющих веществ по земному шару и тенденциях изменения качества среды. Такая информация необходима для оптимального управления окружающей средой и служит основой для принятия решений на межгосударственном уровне в области сохранения биосферы Земли.

Осуществление мониторинга предполагает достаточное знание естественных процессов в биосфере, и в этом смысле он опирается на фундаментальные знания о свойствах атмосферы, гидросфе-

ры, литосферы, о свойствах живой материи — отдельных организмов и их сообществ, об их взаимодействии с окружающей средой. Поскольку речь идет о выявлении последствий антропогенной деятельности, мониторинг тесно соприкасается с социальными, экономическими и политическими сторонами развития общества.

Пожалуй, наибольшим опытом по организации наблюдений в международном масштабе располагает Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Всемирная служба погоды, входящая в ВМО, опирается на сеть метеорологических станций, расположенных на всех материках, на кораблях погоды. В последние десятилетия к мировой сети метеостанций добавились искусственные спутники, метеорологические ракеты, самолеты, с которых также ведутся постоянные наблюдения.

Первостепенное значение имеет и система слежения за изменением химического состава атмосферы. В рамках ВМО организована мировая сеть станций, измеряющих оптические показатели атмосферы и химический состав атмосферных осадков, включая их кислотность, содержание различных катионов и анионов. В эту сеть входит более 100 станций в 30 странах. Надо сказать, что изучается химический состав осадков на самом деле значительно шире, так как во многих странах эти наблюдения проводятся в национальных интересах, а ВМО публикует только ту часть информации, которая представляет всемирный интерес. В частности, в СССР имеется более 70 станций, но только часть их входит в мировую сеть.

В рамках ВМО создана также мировая сеть станций для прямого изучения озонного слоя. Данные регулярно публикуются начиная с 1957 г.

Более 25 лет назад были начаты систематические



измерения концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе. Измерения в Гренландии, на Гавайских островах, на Самоа, в Антарктиде показали совершенно одинаковый ход постоянного увеличения  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Это относится и к слежению за содержанием в воздухе фреонов, воздействующих на озонный слой. Скорость химической трансформации этих веществ в воздухе ничтожно мала, и они в конечном счете довольно равномерно распределяются в атмосфере Земли.

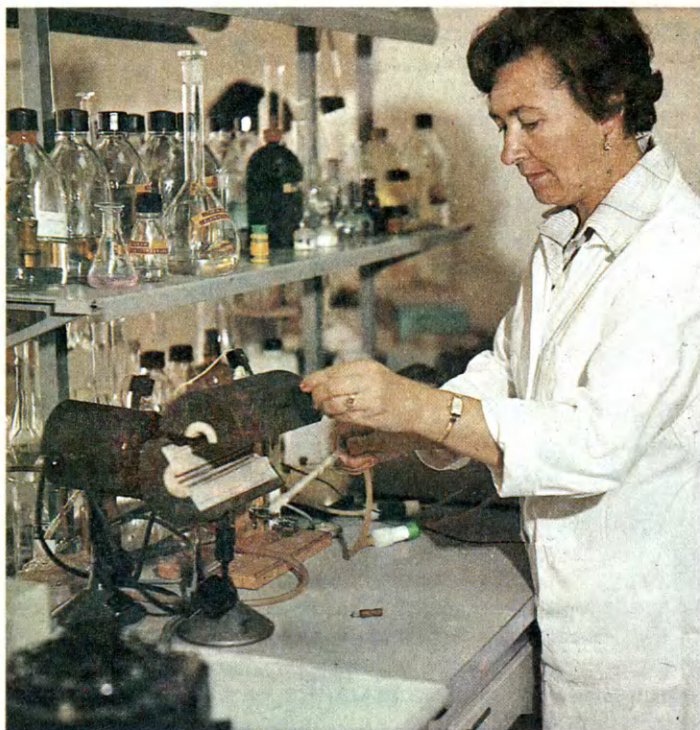
В соответствии с уже упоминавшейся конвенцией «О трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния» ВМО совместно с Экономической ко-



миссией ООН для Европы создает специализированную сеть наблюдений за переносом соединений серы, азота и других веществ через границы стран, за выпадением этих веществ на поверхность. В СССР, например, сеть наземных станций располагается вдоль западной границы — в Карелии, Прибалтике, Белоруссии, на Украине, в Молдавии. Кроме наземных проводятся измерения с самолетов. Летящая лаборатория систематически курсирует вдоль границы на разных высотах.

Идея комплексного мониторинга принадлежит советским ученым. Она всесторонне обсуждалась на международных симпозиумах, которые были созданы под эгидой ЮНЕП, ВМО и ЮНЕСКО. Они состоялись в Риге (1978), Тбилиси (1981) и Ташкенте (1985). Комплексный мониторинг позволяет, во-первых, совмещать изучение фонового загрязнения природных сред, с одной стороны, и реакцию биологических систем на это воздействие, с другой. Во-вторых, охватывает все среды: атмосферу (и осадки), почвы, воды и биологические объекты. Это позволяет изучать также круговорот и трансформацию загрязняющих веществ, их накопление в отдельных звеньях биосферы. А в целом комплексный мониторинг выявляет наиболее уязвимые по отношению к загрязнению экосистемы или их компоненты. Он полностью применим и к морской среде. Комплексный мониторинг не подменяет другие виды глобального мониторинга, но существенно дополняет ГСМОС.

Станции комплексного фонового мониторинга бывают двух типов: региональные и базовые. Региональные станции предназначены для слежения за ситуацией в крупных регионах, например в Европе или в Северной Америке, где общий фоновый уровень загрязнения очень высок. С базовых станций



(для мировой сети достаточно 30—40 станций на континентах и до 10 океанических) ведутся наблюдения за самыми медленными процессами, последствия которых могут быть наиболее опасными, так как они из-за своей инерционности труднее выявляются, но охватывают всю планету. Именно крупномасштабные последствия хозяйственной

деятельности человека могут стать необратимыми, если они своевременно не установлены, не выявлены их причины и не приняты необходимые меры по их предотвращению.

Наблюдения по программе комплексного фонового мониторинга начались в нашей стране с 1976 г. Сейчас они ведутся на 10 станциях, большая часть которых расположена в биосферных заповедниках. Три станции находятся в европейской части страны, на территории Березинского, Кавказского и Приокско-Террасного биосферных заповедников; четыре станции — в Среднеазиатской части, на леднике Абрамова, в Репетекском, Чаткальском и Сары-Челекском биосферных заповедниках; три станции — в Сибири и на Дальнем Востоке, в Боровом, в Баргузинском и Сихотэ-Алинском биосферных заповедниках.

Космический мониторинг позволяет очень эффективно следить за загрязнением атмосферы и состоянием подстилающей поверхности. Многоканальная спектрозональная съемка с космических орбит несет в себе очень много ценной информации. Она фиксирует изменения оптической плотности подстилающей поверхности и атмосферы. На снимках четко выделяются города, промышленные центры и их окрестности, так как атмосфера здесь содержит значительно больше различных частиц и газов, чем на окружающей территории, снежный покров темнее. Уже многократно отмечался перенос частиц на очень большие расстояния во время пыльных бурь на Африканском континенте, в Среднеазиатской части СССР и в других районах Земли.

С помощью искусственных спутников исследуются также пылевые выбросы вулканических извержений.

Горная станция  
фонового  
мониторинга.



**Борьба за чистую атмосферу.** Система мониторинга предоставляет необходимую информацию для правильного ответа на вопрос, где и что предпринимать в первую очередь. Следующий важнейший шаг по регулированию состояния природной среды — выявление источников загрязнений и установление контроля за ними, ограничение выбросов загрязняющих веществ. Закон об охране атмосферного воздуха предусматривает введение норм, ограничивающих выброс загрязняющих веществ, оказывающих вредные воздействия, в том числе и неблагоприятное влияние на саму атмосферу.

Регулирование состояния природной среды начинается с определения экологически допустимого воздействия на человека, выработки норм, ограничивающих такое воздействие, например норм предельно допустимых концентраций (ПДК) в природных средах для человека, рыбохозяйственных ПДК и предельно допустимых экологических нагрузок (ПДЭН) на экосистемы. Далее, необходимо выработать критерии, направленные на ограничение выбросов источниками загрязнения, — нормы предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в окружающую среду, которые устанавливаются с учетом соблюдения норм ПДК и ПДЭН.

В Советском Союзе разработано и внедрено большое количество норм, ограничивающих и контролирующих уровень загрязнения воздуха. Нормы ПДК (санитарно-гигиенические нормы, критерием установления которых является здоровье населения) разработаны для 263 химических веществ и 47 их комбинаций; разрабатываются нормы предельно допустимых нагрузок для экологических систем.

При выработке норм ПДВ необходимо учитывать следующие факторы: гидрометеорологические характеристики, рельеф, распределение (в пространстве и во времени) источников загрязнения и контингентов населения и экосистем, подверженных воздействию, чувствительность живых организмов к воздействиям и т. д.

С 1 января 1980 г. в СССР действует Государственный стандарт, определяющий правила установления норм предельно допустимых выбросов. На первом этапе установлены нормы допустимых выбросов для основных предприятий, расположенных в 250 городах и дающих более 80% загрязнения окружающей природной среды. К 1 января

1984 г. разработаны нормы ПДВ для нескольких тысяч наиболее крупных предприятий.

Госкомгидромет проводит экспертизы схем размещения и реконструкции крупных народнохозяйственных объектов по соблюдению требований по предотвращению загрязнения атмосферы. За последние три года проведена экологическая экспертиза многих крупнейших строек страны: объектов Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса, Астраханского газового комплекса, Экибастузского топливно-энергетического комплекса, Игналинской, Калининской, Южно-Украинской атомных электростанций и других народнохозяйственных объектов. В случае несоответствия требованиям охраны окружающей среды проекты строительства или реконструкции возвращаются на доработку.

Полное решение проблемы предотвращения загрязнения природной среды возможно лишь в результате разработки и массового внедрения безотходных (или в ряде случаев малоотходных) промышленных и сельскохозяйственных процессов. Одновременно это обеспечивает максимальное использование ценных продуктов, рассеяние которых в настоящее время приводит к крупномасштабному загрязнению.

Совершенствование технологии производственных процессов с целью снижения отрицательного воздействия на окружающую природную среду является принятым курсом технической политики в СССР. Большая работа в этом направлении проводится во всех отраслях народного хозяйства и особенно в ведущих отраслях промышленности.

Введены в действие установки мощностью 337 млн. м<sup>3</sup> в час для улавливания вредных веществ из отработанных газов, общий выброс в атмо-

сферу от стационарных источников сократился на 13%.

В энергетике разрабатываются парогазовые установки с газификацией твердого топлива и котлы с кипящим слоем, высокоэффективные золоулавливающие установки для мощных котлов, предназначенные для сжигания экибастузских, канско-ачинских и других перспективных углей. Для уменьшения выбросов окислов азота в атмосферу от теплоэлектростанций все новые мощные парогенераторы будут работать в режимах, обеспечивающих максимальное подавление образования окислов азота.

В цветной металлургии осуществляется разработка и внедрение более совершенных автогенных процессов, позволяющих резко сократить объемы отходящих газов: взвешенная плавка, непрерывное контактирование и плавка в жидкой ванне для производства никеля, кислородно-факельная плавка и плавка в жидкой ванне для производства меди, кивцетная (кислородно-взвешенная циклонно-электротермическая) технология для переработки медно-цинковых и свинцово-цинковых руд.

В химической промышленности производство полимерных материалов — полистирола, полиэтилена, поливинилхлорида — будет осуществляться аппаратами большой единичной мощности с применением новейших технологических процессов, что позволит резко сократить выбросы вредных веществ в атмосферу. Смонтирована установка получения окиси этилена методом каталитического окисления этилена кислородом, полностью исключающая вредные выбросы в атмосферу.

В черной металлургии разрабатывается ряд технологических мероприятий по сокращению выбросов окислов азота при сжигании топлива в метал-

лургических агрегатах и нагревательных печах. Разработаны и внедряются высокоэффективные методы очистки коксовых газов от сероводорода, схемы рециркуляции агломерационных газов, различные системы подавления выбросов окислов азота из загрузочных устройств доменных печей. В настоящее время проводятся исследовательские работы по разработке методов каталитического обезвреживания агломерационных газов от окиси азота и углеводородов.

Основными направлениями в области защиты атмосферы от загрязнения выбросами автотранспорта являются: работы по созданию и внедрению эффективных систем нейтрализации отработанных газов; снижение токсичности моторных топлив; работы по рациональной организации движения автотранспорта в городах, совершенствованию дорожного строительства с целью обеспечения безостановочного движения на автомагистралях.

Как отмечалось на сессии Верховного Совета СССР в июле 1985 г., мероприятия по охране природы в нашей стране стали неотъемлемой частью государственного плана. На охрану природы за последние девять лет в нашей стране израсходовано 63 млрд. рублей.

## Воды и земли

Загрязнение атмосферы, принявшее крупномасштабный характер, нанесло ущерб рекам, озерам, водохранилищам, почвам. Загрязняющие вещества и продукты их превращений рано или поздно из атмосферы попадают на поверхность Земли. Эта и без того большая беда значительно



усугубляется тем, что и в водоемы, и на землю непосредственно идет поток отходов. Огромные площади сельскохозяйственных угодий подвергаются действию различных пестицидов и удобрений, растут территории свалок. Промышленные предприятия сбрасывают сточные воды прямо в реки. Стоки с полей также поступают в реки и озера. Загрязняются и подземные воды — важнейший резервуар пресных вод. Загрязнение пресных вод и земель бумерангом вновь возвращается к человеку в продуктах питания и питьевой воде.

**Какая у нас вода?** В естественном состоянии вода никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, взвешены твердые частички. Даже пресной мы называем воду с содержанием растворенных солей до 1 г на литр. Откуда же берется и почему никогда не иссякает этот мировой родник пресной воды? Ведь почти все запасы мировой воды — это соленые воды Мирового океана и подземных кладовых.

Пресные водные ресурсы существуют благодаря вечному круговороту воды. В результате испарения образуется гигантский объем воды, достигающий 525 тыс. км<sup>3</sup> в год. 86% этого количества приходится на соленые воды Мирового океана и внутренних морей — Каспийского, Аральского и др.; остальное испаряется на суше, причем половина благодаря транспирации влаги растениями. Каждый год испаряется слой воды толщиной примерно 1250 мм. Часть ее вновь выпадает с осадками в океан, а часть переносится ветрами на сушу и здесь питает реки и озера, ледники и подземные воды. Природный дистиллятор питается энергией Солнца и отбирает примерно 20% этой энергии.

Всего 2% гидросферы приходится на пресные

**Гидрологический цикл**  
(значения потоков даны  
в  $10^{12}$  т в год).



воды, но они постоянно возобновляются. Скорость возобновления и определяет доступные человечеству ресурсы. Большая часть пресных вод — 85% — сосредоточена во льдах полярных зон и ледников. Скорость водообмена здесь меньше, чем в океане, и составляет 8000 лет. Поверхностные воды суши обновляются примерно в 500 раз быстрее, чем в океане. Еще быстрее, примерно за 10—12 суток, обновляются воды рек. Наибольшее практическое значение для человечества имеют пресные воды рек.

Реки всегда были источником пресной воды. Но в современную эпоху они стали транспортировать отходы. Отходы на водосборной территории по руслам рек стекают в моря и океаны. Большая часть использованной речной воды возвращается в реки и водоемы в виде сточных вод. До сих пор рост

очистных сооружений отставал от роста потребления воды. И на первый взгляд в этом заключается корень зла. На самом деле все обстоит гораздо серьезнее. Даже при самой совершенной очистке, включая биологическую, все растворенные неорганические вещества и до 10% органических загрязняющих веществ остаются в очищенных сточных водах. Такая вода вновь может стать пригодной для потребления только после многократного разбавления чистой природной водой. И здесь для человека важно соотношение абсолютного количества сточных вод, хотя бы и очищенных, и водного стока рек.

Мировой водохозяйственный баланс показал, что на все виды водопользования тратится  $2200 \text{ км}^3$  воды в год. На разбавление стоков уходит почти 20% ресурсов пресных вод мира. Расчеты на 2000 г. в предположении, что нормы водопотребления уменьшатся, а очистка охватит все сточные воды, показали, что все равно ежегодно потребуется 30—35 тыс.  $\text{км}^3$  пресной воды на разбавление сточных вод. Это означает, что ресурсы полного мирового речного стока будут близки к исчерпанию, а во многих районах мира они уже исчерпаны. Ведь 1  $\text{км}^3$  очищенной сточной воды «портит» 10  $\text{км}^3$  речной воды, а не очищенной — в 3—5 раз больше. Количество пресной воды не уменьшается, но ее качество резко падает, она становится не пригодной для потребления.

Человечеству придется изменить стратегию водопользования. Необходимость заставляет изолировать антропогенный водный цикл от природного. Практически это означает переход на замкнутое водоснабжение, на маловодную или малоотходную, а затем на «сухую» или безотходную технологию, сопровождающуюся резким уменьшением объемов

потребления воды и очищенных сточных вод.

Запасы пресной воды потенциально велики. Однако в любом районе мира они могут истощиться из-за нерационального водопользования или загрязнения. Число таких мест растет, охватывая целые географические районы. Потребность в воде не удовлетворяется у 20% городского и 75% сельского населения мира. Объем потребляемой воды зависит от региона и уровня жизни и составляет от 3 до 700 л в сутки на одного человека. Потребление воды промышленностью также зависит от экономического развития данного района. Например, в Канаде промышленность потребляет 84% всего водозабора, а в Индии — 1%. Наиболее водоемкие отрасли промышленности — сталелитейная, химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и пищевая. На них уходит почти 70% всей воды, затрачиваемой в промышленности. В среднем в мире на промышленность уходит примерно 20% всей потребляемой воды. Главный же потребитель пресной воды — сельское хозяйство: на его нужды уходит 70—80% всей пресной воды. Орошаемое земледелие занимает лишь 15—17% площади сельскохозяйственных угодий, а дает половину всей продукции. Почти 70% посевов хлопчатника в мире существует благодаря орошению.

Суммарный сток рек СССР за год составляет 4720 км<sup>3</sup>. Но распределены водные ресурсы крайне неравномерно. В наиболее обжитых регионах, где проживает до 80% населения, производится до 80% промышленной продукции и находится 90% пригодных для сельского хозяйства земель, доля водных ресурсов составляет всего 20%. Многие районы страны недостаточно обеспечены водой. Это юг и юго-восток европейской части СССР, Прикаспийская низменность, юг Западной Сибири и Казахста-

на, Туркмения и некоторые другие районы Средней Азии, юг Забайкалья, Центральная Якутия. Наиболее обеспечены водой северные районы СССР, Прибалтика, горные районы Кавказа, Средней Азии, Саян и Дальнего Востока.

Сток рек изменяется в зависимости от колебаний климата. Вмешательство человека в естественные процессы затронуло уже и речной сток. В сельском хозяйстве большая часть воды не возвращается в реки, а расходуется на испарение и образование растительной массы, так как при фотосинтезе водород из молекул воды переходит в органические соединения. Для регулирования стока рек, не равномерного в течение года, построено 1500 водохранилищ (они регулируют до 9% всего стока). На сток рек Дальнего Востока, Сибири и Севера европейской части страны хозяйственная деятельность человека пока почти не повлияла. Однако в наиболее обжитых районах он сократился на 8%, а у таких рек, как Терек, Дон, Днестр и Урал, — на 11—20%. Заметно уменьшился водный сток в Волге, Сырдарье и Амударье. В итоге сократился приток воды к Азовскому морю — на 23%, к Аральскому — на 33%. Уровень Арала упал на 12,5 м.

Ограниченные и даже скудные во многих странах запасы пресных вод значительно сокращаются из-за загрязнения. Обычно загрязняющие вещества разделяют на несколько классов в зависимости от их природы, химического строения и происхождения.

Органические материалы поступают из бытовых, сельскохозяйственных или промышленных стоков. Их разложение происходит под действием микроорганизмов и сопровождается потреблением растворенного в воде кислорода. Если кислорода

в воде достаточно и количество отходов невелико, то аэробные бактерии довольно быстро превращают их в сравнительно безвредные остатки. В противном случае деятельность аэробных бактерий подавляется, содержание кислорода резко падает, развиваются процессы гниения. При содержании кислорода в воде ниже 5 мг на 1 литр, а в районах нереста — ниже 7 мг многие виды рыб погибают.

Болезнетворные микроорганизмы и вирусы содержатся в плохо обработанных или совсем не обработанных канализационных стоках населенных пунктов и животноводческих ферм. Попадая в питьевую воду, патогенные микробы и вирусы вызывают различные эпидемии, такие, как вспышки сальмонеллеза, гастроэнтерита, гепатита и др. В развитых странах в настоящее время распространение эпидемий через общественное водоснабжение происходит редко. Могут быть заражены пищевые продукты, например овощи, выращиваемые на полях, которые удобряются шламами после очистки бытовых сточных вод (от нем. *Schlamme* — буквально *грязь*). Водные беспозвоночные, например устрицы или другие моллюски, из зараженных водоемов служили часто причиной вспышек брюшного тифа.

Питательные элементы, главным образом соединения азота и фосфора, поступают в водоемы с бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. Увеличение содержания нитритов и нитратов в поверхностных и подземных водах ведет к загрязнению питьевой воды и к развитию некоторых заболеваний, а рост этих веществ в водоемах вызывает их усиленную эвтрофикацию (увеличение запасов биогенных и органических веществ, из-за чего бурно развиваются планктон и водоросли, поглощая весь кислород в воде).

К неорганическим и органическим веществам

также относятся соединения тяжелых металлов, нефтепродукты, пестициды (яддохимикаты), синтетические детергенты (моющие средства), фенолы. Они поступают в водоемы с отходами промышленности, бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. Многие из них в водной среде либо вообще не разлагаются, либо разлагаются очень медленно и способны накапливаться в пищевых цепочках.

Увеличение донных осадков относится к одному из гидрологических последствий урбанизации. Их количество в реках и водоемах постоянно возрастает из-за эрозии почв в результате неправильного ведения сельского хозяйства, сведения лесов, а также зарегулированности речного стока. Это явление приводит к нарушению экологического равновесия в водных системах, пагубно действует на донные организмы.

Источником теплового загрязнения служат подогретые сбросные воды теплоэлектростанций и промышленности. Повышение температуры природных вод изменяет естественные условия для водных организмов, снижает количество растворенного кислорода, изменяет скорости обмена веществ. Многие обитатели рек, озер или водохранилищ гибнут, развитие других подавляется.

Еще несколько десятилетий назад загрязненные воды представляли собой как бы острова в относительно чистой природной среде. Сейчас картина изменилась, образовались сплошные массивы загрязненных территорий. Проблема загрязнения вод в большинстве стран мира возникла после 50-х гг. Еще 30—40 лет назад не было всеобщего загрязнения вод нефтепродуктами, хлороорганическими пестицидами (например, ДДТ), полихлорбифенилами (ПХБ), тяжелыми металлами и другими

токсичными веществами. Несмотря на рост и развитие очистных сооружений, в большинстве стран мира загрязнение удвоится в ближайшие 10—12 лет, а период следующего удвоения может наступить еще скорее.

Важной мерой сохранения чистоты водной среды остается контроль за загрязнением её вредными веществами. В США, например, наблюдения ведутся на станциях, число которых составляет несколько тысяч. В Англии количество воды контролируется во всех 18 основных речных бассейнах.

В СССР сеть контроля за качеством воды состоит из 5000 пунктов и охватывает около 1900 водных объектов. Здесь измеряются физические и химические параметры, определяются гидробиологические показатели. Важное место отводится контролю источников загрязнения, каждый из которых имеет нормы на величину сброса сточных вод и содержание в них вредных примесей. Специальные инспекции следят за соблюдением установленных нормативов, за состоянием очистных сооружений.

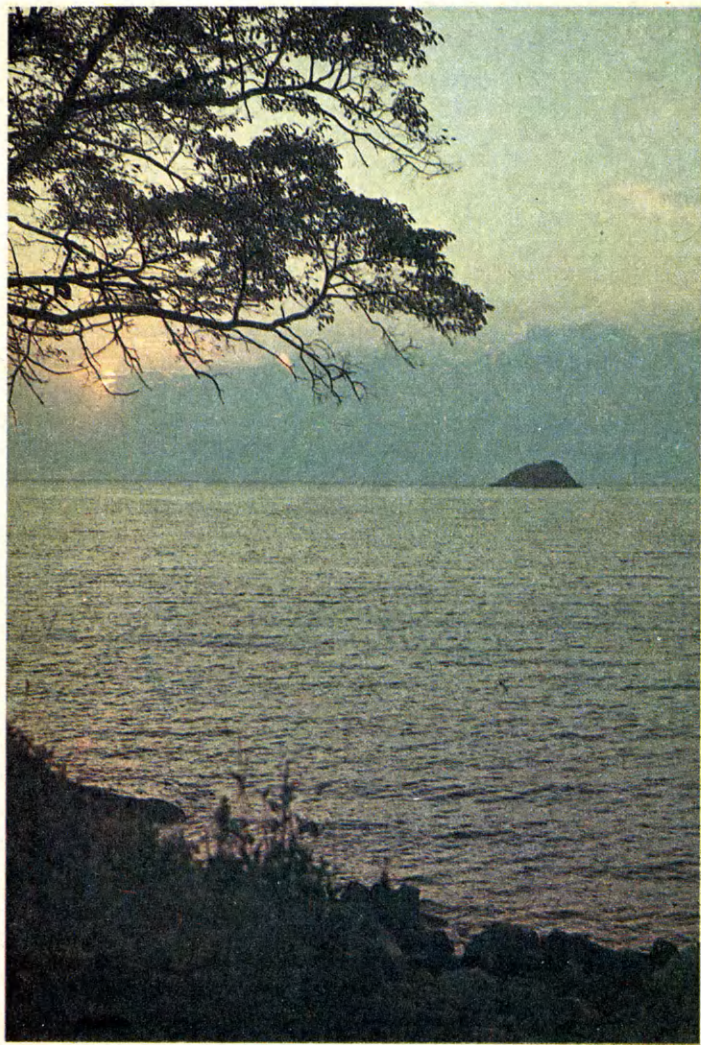
Как и для атмосферы, оценка качества поверхностных вод производится на основании ПДК. В нашей стране для водных объектов разработаны ПДК для более чем 500 веществ.

В последнее десятилетие наблюдается тенденция к снижению загрязнения вод в СССР, особенно нефтепродуктами, тяжелыми металлами, фенолами и некоторыми другими веществами. Загрязнение по многим другим показателям и веществам не возрастает. А ведь рост промышленности, сельского хозяйства, транспорта идет непрерывно. Следовательно, загрязнение окружающей среды в расчете на единицу продукции у нас снижается.



**Озеро Байкал.** Байкал — гордость нашей страны, чудо природы. И не только благодаря исключительной красоте озера, его берегов, заливов и островов, но и благодаря ценности его воды, богатству растительного и животного мира и щедрости недр в его окрестностях.

Хотя история научных исследований Байкала насчитывает более 200 лет, много его тайн еще не раскрыто. О происхождении Байкала споры не прекращаются до сих пор. Его возраст необычайно велик — 25 млн. лет (по этому вопросу мнения ученых не едины). Особенность озера заключается в необычайном разнообразии и своеобразии животных и растений: известно не менее 2400 видов и разновидностей. Такое разнообразие не встречается ни в одном из озер мира. В Байкале 52 вида рыб, среди которых знаменитый омуль и удивительная живородящая рыбка голомянка (по своей биомассе занимает до 70% всех рыбных ресурсов, а промыслу не поддается, так как живет во всей водной толще озера, от дна до поверхности). В Байкале живет треть всех известных видов рачков-бокоплавов, половина всех видов моллюсков, обитающих в водоемах СССР. Плотность заселения дна почти в 10 раз больше, чем в любом другом озере СССР. Более 70% обитателей Байкала — это эндемики, которые нигде больше не встречаются. Необычные формы, яркая окраска, крупные размеры глубоководной фауны, своеобразный образ жизни — все это выделяет обитателей Байкала в совершенно особую группу. Еще одна загадка Байкала — это удивительное сходство некоторых обитателей с морскими организмами. Таковы бычки-подкаменщики мшанки, многощетинковые черви. Почти треть всей фауны озера относится к реликтовым организмам, оставшимся с прошедших геологи-



ческих эпох. По многообразию и необычайности форм жизни, по загадочности своей эволюции Байкал находится в исключительном положении среди всех озер мира.

Байкал — самое глубокое озеро мира, его максимальная глубина — 1620 м. По объему воды — 23 600 км<sup>3</sup> — он занимает первое место, а по площади — седьмое. В Байкале сосредоточено 20% всех мировых запасов пресной воды и более 80% запасов нашей страны. В Байкале воды больше, чем в Балтийском море. Прозрачность байкальской воды рекордная — 40 м. Уникален термический режим озера. В августе, в период наибольшего прогревания, температура воды на поверхности не превышает 12—14°C, лишь в мелких заливах она прогревается до 20°C, а иногда и выше. Вся огромная масса воды глубже 250—300 м всегда очень холодная, от 3,6°C до 3,2°C. Для Байкала характерно некоторое запаздывание нагревания воды летом и охлаждения зимой. Замерзает Байкал только в январе, покрываясь льдом целиком. Удивителен и характер течения воды в Байкале: вблизи дна скорость течения больше, чем в срединной части. Штормы на Байкале необычайно сильны, это самое бурное озеро в мире, высота волн достигает 5,5 м. Вода Байкала исключительно насыщена кислородом (особенно в конце зимы и весной), и это способствует развитию жизни на всех глубинах.

Солнечный свет, пронизывающий чистый, прозрачный лед, вызывает бурное развитие диатомовых водорослей, которые выделяют кислород в процессе фотосинтеза. Ежегодный прирост фитомассы огромен — 80 млн. т. Эти планктонные водоросли служат пищей пелагическим рачкам —

эпишуре и макрогептопусу. А те в свою очередь являются кормовой базой для большинства рыб Байкала. Эпишура прекрасно очищает байкальскую воду. Вся популяция этого рачка за год фильтрует через себя такой объем воды, который более чем в 7 раз превышает объем воды всех притоков Байкала, — 450 км<sup>3</sup>.

Байкал и окружающий его регион бесценны. Это уникальное творение природы должно быть сохранено для всех последующих поколений. Здесь издавна жили люди, будут они жить и впредь. Будет увеличиваться и антропогенная нагрузка на само озеро и окружающие его районы. Задача в том и состоит, чтобы сбалансировать эту нагрузку так, чтобы природа Байкала, эта единственная в мире экосистема, сохранила свою самоподдерживающую способность.

Необходимо строго регулировать деятельность людей в непосредственной близости от Байкала. В данный момент изучены все главные факторы хозяйственной деятельности на Байкале и в его ближайшем окружении. Главные из них — следующие. Во-первых, участки железнодорожных магистралей и земель нового освоения вдоль них: на юге озера это Транссибирская магистраль, на севере — участок БАМа. Во-вторых, транспортировка грузов по озеру. В-третьих, Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат в г. Байкальске на южной оконечности озера.

Гораздо труднее регулировать хозяйственную деятельность вдали от Байкала. Дело в том, что в Байкал впадает множество рек, самая большая из них — Селенга. В своем течении она собирает сточные воды городов, промышленности и сельского хозяйства. Поэтому много средств затрачивается на очистку сточных вод.



Еще сложнее регулировать последствия дальнего атмосферного переноса от крупных промышленных районов. Ближайший из них комплекс Иркутск — Ангарск — Черемхово с предприятиями металлургической и химической промышленности. Набирает мощность Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс, выбросы которого при определенных направлениях переноса воздушных масс будут проходить в регионе Байкала.

Все это определяет необходимость тщательного наблюдения и контроля за состоянием всего водоема и его обитателей — млекопитающих, рыбы, планктона, бентоса, растительности.

Партия и правительство, общественность страны неоднократно поднимали вопрос об усилении охраны Байкала.

В апреле 1987 г. принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о кардинальных мерах по защите бассейна озера Байкал от загрязнения, о перепрофилировании Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, развитии на берегах озера баз отдыха и туризма.

В мае 1987 г. ЦК КПСС вновь вернулся к рассмотрению этого вопроса. Было отмечено, что руководители некоторых министерств и ведомств не обеспечили в полном объеме и в намеченные сроки выполнение заданий, определенных постановлениями ЦК КПСС и Совета Министров СССР (1969, 1971, 1977 гг.) и другими решениями, в результате чего продолжается загрязнение уникального водоема и окружающей его природы промышленными и сельскохозяйственными отходами и газовыми выбросами, допускается нерациональное использование ресурсов, крайне неудовлетворительно организованы лесовосстановление и охрана лесов от пожаров, развивается водная и ветровая эрозия зе-

мель.

Такое безответственное отношение к исполнению постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР ЦК КПСС считает нетерпимым и требует от партийных, советских и хозяйственных органов обеспечить четкое, своевременное и полное выполнение решений партии и правительства, принять исчерпывающие меры по оздоровлению экологической обстановки в районе озера Байкал.

Лица, виновные в невыполнении ранее принятых решений по осуществлению природоохранных мероприятий, привлечены к строгой партийной и государственной ответственности.

**Чем же утолить жажду?** Человеку каждый день необходима вода для питья, для приготовления пищи. Не так уж и много воды требуется для этого. Примерно 2,5—3 л в сутки на человека. Это 1 м<sup>3</sup> в год. Но это особая вода, питьевая. К ней предъявляются повышенные требования по чистоте, она не должна содержать вредных для здоровья примесей и патогенных микробов. Возникла целая отрасль подготовки питьевой воды — водопроводное хозяйство. Но ведь вода нужна людям каждый день и для мытья, и для уборки помещений и улиц, и для городского садового хозяйства, и для промышленности. В современном городе на одного жителя расходуются сотни литров питьевой воды. В Москве, например, более 650 л, что является одним из самых высоких показателей в мире.

Для подготовки питьевой воды используются источники пресной воды — реки, озера, водохранилища, подземные воды. Важно, чтобы конечный продукт отвечал вполне определенным вкусовым и санитарным показателям. Эти требования заложены в Международном стандарте на питьевую воду. В 1982 г. у нас принят новый Государственный

стандарт, который предусматривает жесткие нормы на качество питьевой воды.

В индустрию питьевой воды входят источники пресной воды, станции очистки и подготовки воды, резервуары чистой воды, насосные станции и разветвленная сеть труб, подающих воду в каждый дом, в каждую квартиру.

Обработка и очистка воды происходят следующим образом. Из водоприемника вода направляется по стальным водоводам на очистные сооружения. Очистка воды начинается с ее химической обработки с помощью строго определенных доз коагулянтов (обычно сернокислый алюминий, реже хлорное или сернокислое железо, которые образуют хлопья, удерживающие различные примеси). Затем вода с созревшими хлопьями медленно поступает на механическую очистку сначала в отстойники, где хлопья осаждаются на дно, а затем на систему песчаных многослойных фильтров, где вода освобождается от мельчайших частичек. С фильтров вода выходит прозрачная и почти бесцветная. На последнем этапе для уничтожения патогенных микробов она обрабатывается окислителями — хлорамином или окисью хлора. При необходимости воду обрабатывают также ионами серебра и некоторыми другими реагентами. В последние годы все большее применение получает обработка воды озоном, который разрушает органические примеси, осветляет воду и убивает бактерии.

Попытки опреснять морскую воду известны еще со времен античности. В XVI в. английская королева Елизавета I учредила премию за дешевый способ опреснения морской воды, но... премия до сих пор не выдана. В прошлом веке были построены сравнительно недорогие опреснительные установки, работающие на солнечной энергии: в России — на Кас-



пийском побережье, вблизи нынешнего города Красноводска, в Чили — в пустыне Атакама. Начиная с 30-х гг. строительство опреснительных установок приняло промышленные масштабы.

Масштабы и перспективы развития опреснительной технологии получения пресной воды зависят прежде всего от стоимости источников энергии. Получение 1 км<sup>3</sup> пресной воды требует сжигания 7 млн. т условного топлива. Более дешевая атомная энергетика требует затраты 2,8 т урана или плутония на получение 1 км<sup>3</sup> пресной воды.

А не вредно ли пить опресненную воду, этот почти химически чистый дистиллят? Сама по себе дистиллированная вода, конечно, не вредна, но она безвкусна и не утоляет жажду. Питьевая вода должна содержать целый ряд макро- и микроэлементов, так необходимых нашему организму. Поэтому в современных условиях приходится из опресненной воды готовить питьевую. Иначе у людей нарушается водно-солевой баланс, функция желудка.

Сейчас опреснительные установки работают более чем в 100 странах мира. В большинстве случаев они построены в засушливых местах или на островах и в качестве сырья используют морскую или подземную солоноватую воду. В Кувейте, например, суточное потребление опресненной воды превышает 350 л в день на человека. На полуострове Мангышлак, в г. Шевченко, более 20 лет работает атомная опреснительная установка, она дает каждые сутки 120 тыс. м<sup>3</sup> воды, которой вполне хватает для 100-тысячного населения. Множество мелких опреснительных установок работает в безводных степях и пустынях Казахстана и Средней Азии.

**Источник плодородия и цветения.** Из-за ветровой и водной эрозии, засоления и других причин

ежегодно в мире теряется 5—7 млн. га почв и пашен. В США, например, в среднем по стране ежегодно из-за эрозии теряется 27 т почвы на каждом гектаре. С целью компенсации приходится вносить все больше и больше удобрений.

Рост городского населения приводит к нарушению естественных ландшафтов, к изменению способа землепользования. Урбанизация территорий наносит значительный ущерб природным экосистемам. Это и осушение водно-болотных угодий, и изменение гидрологического режима рек, различное загрязнение земель и вод и снижение эстетической ценности прилегающих ландшафтов. К тому же постоянно растут масштабы сооружаемых объектов. Новые жилые массивы рассчитаны на сотни тысяч, часто до миллиона жителей. Заводы и другие промышленные объекты становятся просто гигантскими, занимают сотни и тысячи гектаров земли.

Введенное в США несколько лет назад более строгое контролирование прибрежных зон привело к интенсивному освоению внутренних районов страны. В большинстве стран, особенно в промышленно развитых, люди понимают, что земля является ограниченным ресурсом. Она может использоваться для различных целей, но при неправильной эксплуатации сильно истощается. Изъятие сельскохозяйственных и лесных земель приводит к потере продуктивности земельных угодий.

Во многих странах, в том числе и в СССР, площадь сельскохозяйственных угодий стабилизировалась. В СССР, например, общая площадь пахотных земель составляет 236 млн. га. Однако сохраняется тенденция ухудшения качественного состава пашни. Потери из-за отвода земель под несельскохозяйственные нужды часто компенсируются за счет освоения земель худшего качества.

Одним из главных направлений в области охраны земельных ресурсов является повышение качества сельхозугодий, прежде всего пашни. Известкование, гипсование и некоторые другие виды культурно-технических мероприятий окупаются достаточно быстро. Ежегодные затраты на уровне 1 млрд. рублей обеспечивают устойчивое увеличение урожая зерновых на 20—22 млн. т и примерно на 1 млрд. рублей другой сельскохозяйственной продукции. За 20—25 предстоящих лет площадь улучшенных земель составит 70—80 млн. га.

Большая проблема для сельского хозяйства связана с потерей гумуса (перегноя) пахотными и другими сельскохозяйственными землями вследствие эрозионных процессов, минерализации, недостатка органических удобрений. Меры по борьбе с эрозией почв и земель разнообразны: создание лесных полос; защитных насаждений по оврагам, балкам, берегам рек и водоемов, по пескам; террасирование склонов; сохранение и восстановление лесов на водосборах. Лес переводит поверхностный водный сток во внутрипочвенный, благодаря чему почти полностью исключается эрозия, обеспечивается более равномерное водное питание рек в течение года.

Когда сильный ветер поднимает тучи пыли, почвы, песка, мчит их над широкими степными просторами, это и есть пыльная буря. Солнце едва пробивается сквозь пыль. На земле, на полях эта пыль оседает толстым слоем, иногда целыми сугробами, до 2—3 м высотой. Дороги, деревья, крыши домов — всё под слоем пыли. Гибнут посевы и сады. Ветер выдувает слой почвы на 15—25 см, поднимает ее на высоту 1—3 км и переносит на огромные расстояния. Не раз уже фиксировался перенос пыльных бурь с Африканского континента

на Американский. Пыльные бури легко пересекают Каспийское море. После пыльной бури, которая разразилась на Северном Кавказе и Восточной Украине в феврале 1969 г., частицы почвы были обнаружены на снегу Финляндии, Швеции, Норвегии. В нашей стране пыльные бури наиболее часто поражают Украину, Нижнее Поволжье, Северный Кавказ, Среднюю Азию. В некоторые годы это были настоящие стихийные бедствия.

Эрозия почв стала всемирным злом. Прерии США, этот лучший черноземный пласт, самый крупный массив зерновых полей, из-за ветровой эрозии признан районом национального бедствия. Плодородный слой стал игрушкой ветров. В 30-е гг. разразились черные бури небывалой силы. Пришлось принимать решительные меры — сажать лесные полосы, создавать искусственные водоемы, консервировать пашни. В течение 40 лет 24 млн. га оставались в залежи. Но стоило начать их обработку и распахивание, как вновь настали времена пыльных бурь. В 1976 г. черная буря унесла в Мексиканский залив миллионы тонн чернозема с полей штатов Техас и Нью-Мексико. Все, что делалось ради земледелия, обернулось против него. Земля теряет тонкую корочку накопленной тысячами лет плодородной почвы. Почву ничем заменить нельзя. Она служит связующим звеном между живой и неживой природой. Почва так же необходима, как вода и воздух.

Почву подстерегает и другая беда — водная эрозия. Тают снега, льют проливные дожди, и ручейки и ручьи, сбегая по склонам, смывают и уносят с собой частички почвы. Рождаются и растут овраги и балки, порой длиною в десятки километров. Отступают поля и луга, уносится гумусовый слой. Около 15% всех обрабатываемых в мире

земель потеряли плодородный слой полностью, а около 40% — наполовину. Смытая почва откладывается в водотоках, реках, водохранилищах, озерах. Почвенные частицы несут с собой пестициды и другие загрязняющие вещества. Эродированные земли составляют значительную долю сельскохозяйственных земель во многих странах мира.

Особенно большой вред почвам наносит многократная механическая обработка: вспашка, культивация, боронование и т. д. Все это усиливает ветровую и водную эрозию. На смену традиционным методам обработки почв постепенно приходят почвозащитные методы с заметно меньшим объемом механической обработки. Важную роль играют и лесозащитные полосы. Их общая площадь в СССР уже доведена до 1,3 млн. га, и она постоянно увеличивается.

На каждого жителя нашей страны приходится теперь 0,88 га пахотной земли, меньше, чем два футбольных поля. Из сельскохозяйственного оборота продолжают выпадать луга, пастбища, пашни. Эта антропогенная пустошь занимает 3% территории, клочками разбросанные по стране. Развитие горных и земляных работ приводит к тому, что значительная часть земель выбывает из продуктивного использования. У нас в стране это составило 2 млн. га, из которых половина приходилась на полностью отработанные карьеры, котлованы и т. п. Рекультивация этих земель стала важнейшим земельным резервом. Восстановление земли чаще всего практикуется в горнодобывающей промышленности.

При открытой разработке месторождений угля и других видов сырья разрушается первоначальный ландшафт, изменяются условия обитания дикой фауны, ухудшаются условия жизни окружающего

населения, загрязняются воздух и воды. Еще недавно на такие нарушенные земли смотрели как на бросовые. В США, например, около 3,5 млн. га земель было нарушено благодаря открытым работам.

Рекультивация позволяет полностью восстановить продуктивность территории. Она введена в основной технологический процесс и разделяется на два этапа: горно-технический и биологический. На пути к пластам угля или руды послойно снимаются почвы разных горизонтов, супеси, глина, пески, пустая порода. И все они укладываются и сохраняются отдельно, чтобы по окончании разработки месторождения были уложены в выемку в естественной последовательности. Биологическая рекультивация длится несколько лет. Вначале возделываются многолетние травы, бобовые и другие почвоулучшающие культуры, а затем в севооборот могут вводиться и зерновые. С успехом на рекультивированных землях выращивается и лес. Несмотря на то что рекультивация нарушенных земель является длительной, затраты окупаются в течение нескольких лет после введения земель.

Для получения максимальных урожаев приходится землю удобрять, питать ее биогенными элементами (постоянно входящие в состав организмов; главные из них О, С, Н, N, В, S, Са, К, Na, Cl). Растениям необходимы азот и фосфор, калий и кальций, множество микроэлементов. Все почвы мира содержат в себе 150 млрд. т азота. Даже самые бедные дерново-подзолистые почвы в пахотном 20-сантиметровом слое содержат 2—4 т азота на га. Чернозем содержит 20—30 т азота на га. Казалось бы, азота с избытком, а люди вносят и вносят азотные удобрения. Причина кроется в недостаточной доступности для растений азота различных форм.



**В этом естественном распределении азота заложен главный смысл многолетнего плодородия полей. Медленно разлагаясь, труднодоступные соединения отдают азот постепенно, делают плодородие почв непрерывным. Медленное разложение гумуса является важным условием, чтобы почва была рыхлой, комковатой, проницаемой для воды, воз-**

духа и тепла.

В удобрениях азот вносится в виде солей аммония или нитратных солей, в самой усвояемой для растений форме. Однако действие удобрений недолговечно. Уже на следующий год оно составляет едва 20% первоначального. Долгое время считали, что главные потери азотных удобрений связаны с водным стоком, с водной миграцией в реки и в подземные воды. Использование удобрений с азотом, меченым атомом  $N^{15}$ , показало иную картину. На легких почвах в условиях высокой увлажненности, когда поля еще не заняты растениями, происходит выщелачивание соединений азота. Во всех остальных случаях потери азота происходят под действием бактерий — денитрификаторов, восстанавливающих азот до различных окислов и до молекулярной формы. Прямо в воздух улетает до 1,5 млн. т азота со всех полей нашей страны.

Знание законов жизни в почве азота и других биогенных веществ позволяет строить основную стратегию увеличения плодородия земель, развивать бездефицитное земледелие. Сроки и количества внесения удобрений необходимо тонко балансировать. Необходимо, чтобы удобрения доставались именно растениям, а не наносили вред окружающей среде и здоровью людей. Ведь избыток биогенных веществ загрязняет окружающую среду, загрязняет пресные воды, ведет к эвтрофикации водоемов и даже угрожает озоновому слою стратосферы. 100 млн. т минеральных удобрений, ежегодно производимых в нашей стране, должны работать только на благо людей.

В 1874 г. было синтезировано новое вещество с длинным названием — дихлордифенилтрихлорэтан, которое с 1939 г. стало широко известно как ДДТ. ДДТ даже в мельчайших количествах



убивает насекомых. Во время второй мировой войны оно послужило мощным средством борьбы с инфекционными болезнями, переносчиками которых были различные насекомые-паразиты. Вскоре после войны началось победное шествие ДДТ по планете. Его использовали в массовых количествах против насекомых, вредителей сельского и лесного хозяйства, против насекомых — переносчиков болезней, в быту против насекомых-паразитов. Спустя 20—30 лет стало ясно, что ДДТ не только не является панацеей от всех бед, но, рассеянное в огромных количествах, это вещество стало сущим бедствием для природы и угрожает здоровью людей. Большинство стран Северного полушария ввело запрет на применение ДДТ на своей территории. В СССР этот запрет существует с 1970 г.

Под термином «пестициды» сейчас объединяется более 1000 химических соединений, на основе которых мировая промышленность выпускает более 80 тыс. продуктов. По своему назначению и применению пестициды делятся на различные группы, наиболее важные из них — инсектициды и гербициды. Первые служат химическим средством борьбы с насекомыми, вторые — для уничтожения нежелательных растений.

Масштабы многолетнего использования пестицидов на огромных сельскохозяйственных и лесных территориях, часто с применением авиации, приводят к широкому загрязнению окружающей среды. Более того, молекулы ядохимикатов, особенно это относится к стойким соединениям, включаются в природные процессы миграции и круговорота веществ. Они разносятся вместе с атмосферными потоками на большие расстояния. Например, в Антарктиде за десятки тысяч км от зон применения ледниковый панцирь накопил более



2000 т ДДТ. Эти вещества вместе с водным стоком стекают с полей в реки и озера, накапливаются в донных отложениях, поступают в воды Мирового океана. Но самое главное — они включаются в экологические пищевые цепочки, переходят из почвы и воды в растения, затем в животных и птиц, а в конечном счете попадают с пищей и водой в организм человека. И на каждом этапе своей миграции наносят вред и ущерб.

Однако со временем вредные насекомые приспосабливаются к ядовитым свойствам этих веществ, и эффективность пестицидов падает. Приходится увеличивать их количество на единицу сельскохозяйственной продукции. На хлопковых полях США за несколько лет внесение инсектицидов возросло в 3 раза без ощутимой прибавки в урожайности. А поступление ядохимикатов в окружающую среду все растет и растет.

Последствия для живой природы и человека тем серьезнее, чем устойчивее и токсичнее пестициды. Причем устойчивость к факторам окружающей среды (солнечный свет, кислород, микробиологическое разложение и т. д., способность ядохимикатов сохраняться длительное время) в большей мере определяет их опасность. Пестициды на основе хлорорганических, фосфорорганических и карбаматных соединений значительно различаются по своей стойкости. ДДТ — типичное хлорорганическое соединение — способно более 50 лет циркулировать в биосфере. Более того, продукты его разложения — ДДД, ДДЕ — в свою очередь опасные и стойкие вещества. Многие фосфорорганические и карбаматные пестициды разлагаются в течение нескольких десятков дней после применения. Часто продукты разложения более токсичны, чем исходное вещество.

Но человечество нуждается в продовольствии, и чем дальше, тем больше. Как же преодолеть кризис, порождаемый массовым применением пестицидов? Ученые вносят свой вклад в разрешение этой проблемы: ведутся работы по выведению сортов, устойчивых к сельскохозяйственным вредителям, по введению в естественные популяции насекомых-вредителей генетически модифицированных насекомых, например стерильных самцов. Другим многообещающим направлением является создание бактериальных и вирусных препаратов селективного действия для насекомых-вредителей. Такие препараты уже проходят испытания в ряде стран. Еще одним направлением борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, с переносчиками инфекций станут так называемые пестициды третьего поколения. Речь идет о высокоизбирательных препаратах из числа гормонов, антигормонов и других веществ, способных действовать на биохимические системы определенных видов насекомых и не оказывающих ощутимого действия на другие виды насекомых или иные организмы.

У нас в стране давно уже ведется тщательный контроль загрязнения почв сельскохозяйственных районов, в ближайшем окружении городов и промышленных объектов, а также на фоновом уровне. Очень важно следить за фоновым загрязнением почвенного покрова. Оно отражает общее глобальное загрязнение атмосферы и — как следствие этого — почвы.

В почвах сельхозугодий контролируются все применяемые пестициды: гексахлорциклогенсан, гранозан, полихлорпропилен, метафос, цирам, севин, гептахлор, карбатион и др. Их содержание определяется сразу после обработок, а также в последующее время, чтобы узнать скорость разложе-

ния. Продолжается контроль и ДДТ, которое хотя и запрещено к применению, но из-за своей стойкости еще присутствует в почвах и может загрязнять сельскохозяйственную продукцию.

1 Почвы территорий, прилегающих к городам и промышленным комбинатам, контролируются на содержание в них тяжелых металлов, бензпирена, ПХБ и других токсичных веществ.

Большое значение для понимания процессов загрязнения почв, особенно в результате атмосферного переноса, имеет изучение поступления загрязняющих веществ, их потока, на поверхность земли. Для этой цели широко применяется контроль загрязнения атмосферных осадков. В условиях нашей страны загрязнение снежного покрова служит важным источником информации, так как после таяния снега загрязняющие вещества поступят на поверхность данного ландшафта. Сейчас в более 5000 пунктов 2—3 раза в год отбираются пробы почвы и снега, а затем эти пробы анализируются на большое количество органических и неорганических загрязняющих веществ. По сути дела, каждый раз создается карта распределения загрязнения на территории страны. Эти данные служат ценным источником информации и используются при разработке и принятии мер по снижению загрязнения окружающей среды.

## Мировой океан

Мировой океан не просто часть биосферы. Гидросфера придает Земле тот неповторимый вид, который отличает ее от других, близких нам планет — Марса и Венеры. Исключительна роль океана в обеспечении жизни на Земле, формировании погоды и кли-

мата. Его влияние сказывается на тысячи километров в глубь континентов. Океан — величайший испаритель, важнейшее звено в круговороте воды, он активно участвует во всех планетарных процессах: во взаимодействии океана и атмосферы, определяющем климат нашей планеты, в биогеохимических циклах химических элементов, фотосинтетических процессах и др. Мировой океан — это гигантская кладовая биологических ресурсов, природных ископаемых, неисчерпаемый источник энергии будущего, кислорода и пищи. Загрязнение океана угрожает всем процессам — физическим, химическим и биологическим. Проблема сохранения Мирового океана одновременно является и проблемой сохранения биосферы в целом.

**Ресурсы океана.** Когда более 4,6 млрд. лет назад сформировался земной шар, гидросферы еще не было. Но вода была. Она входила в связанном состоянии в состав пород. Первый миллиард лет истории Земли называется катархеем, во второй его половине уже была активная вулканическая деятельность. Под действием гравитационного сжатия и тепла радиоактивного распада породы верхней мантии расплавились. Как считал видный геохимик и исследователь биосферы А. П. Виноградов, горные породы, воды и некоторые газы появились одновременно в ходе выплавления и дегазации мантии. Вулканические извержения образовали газовую оболочку Земли. Состав газов удалось узнать благодаря тонким исследованиям мельчайших пузырьков, как бы законсервированных в породах древнего возраста. В них содержатся двуокись углерода, сероводород, двуокись серы, аммиак, соляная и плавиковая кислоты, азот и инертные газы. Совсем нет кисло-

рода и воды. Кислород возник много позже, а вода конденсировалась и выпадала на земную поверхность. Поверхность Земли к концу катархея имела температуру в среднем около  $15^{\circ}\text{C}$ . В течение следующего миллиарда лет, называемого археем, отдельные заполненные водой впадины слились и образовался первичный океан. Тогда он был впятеро меньше современного.

Океаническая вода сразу была соленой благодаря своей способности растворять различные соли и газы. В современной морской воде содержатся практически все элементы периодической системы Менделеева. Однако основная масса растворенных солей представлена одиннадцатью ионами. Это катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$  и борная кислота  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Эти главные ионы в сумме дают 99,9% всех растворенных солей. Вода океана всегда была нейтральной, так как поддерживалось кислотно-щелочное равновесие. Все анионы морской воды образовались из продуктов дегазации мантии, а катионы — из разрушенных горных пород.

На протяжении почти всей геологической истории Земли на ней существовала гидросфера, Мировой океан. И тому есть много доказательств; например, найден осадочный бурый железняк возрастом 3,76 млрд. лет.

Океан, его вода и донные породы являются источником многих необходимых человечеству веществ и ресурсов. Издавна из морской воды добывали поваренную соль, да и сейчас она дает 25% всей мировой добычи соли. Магний, так необходимый для получения легких сплавов, в количестве 1,3 кг содержится в 1 м<sup>3</sup> морской воды, которая обеспечивает его мировое производство на 60%. Бром, который находит широкое применение в медицине

и технике, был открыт впервые в морской воде, и она на 90% обеспечивает его мировое производство. Ученые интенсивно работают над извлечением золота и других ценных металлов из морской воды.

Морское дно стало местом добычи полезных ископаемых. Запасы фосфоритов на шельфе оцениваются в 90 млрд. т, а для получения удобрений 10% этого количества хватит на сотни лет вперед. На шельфе Австралии разрабатываются россыпи титановых минералов. В шельфовых зонах добывается 65% циркониевых и 25% ториевых минералов. У берегов Бразилии и Индии добывают олово, а на шельфе Африки — алмазы. Около 4% мировой добычи серы приходится на океан. Все большее внимание к себе привлекают и глубинные зоны Мирового океана. На дне Красного моря обнаружены горячие минеральные рассолы — жидкие руды, содержащие соединения многих металлов. В 2 районах Тихого океана открыты месторождения полиметаллических сульфидов. Освоение больших океанских глубин потребуется в целях добычи железомарганцевых конкреций (минеральные образования), которые покрывают огромные площади дна центральных районов океанов. Общее количество этих минералов достигает 2—3 трлн. т. Эти конкреции, округлой неправильной формы, размерами 5—7 см, содержат 15—20 ценных элементов. Несомненно, что добыча их с глубин 4—6 км представляет сложную техническую проблему. Первое место по своему значению имеет добыча нефти и газа в шельфовой зоне морей и океанов. В настоящее время более 20% нефти и газа добывается из моря, а через 20 лет это количество удвоится. Морские нефтепромыслы и добыча нефти на них бурно растут. В 1970 г. здесь было добыто 366, а в 1981 г. — 959 млн. т нефти. Более 0,4 млн. т



нефти ежегодно поступает в морскую среду за счет утечек и больших разливов. Достаточно вспомнить крупные аварии на промыслах в Северном море (1977) и в Мексиканском заливе (1979), когда сотни тысяч тонн нефти вытекли в море.

В своей широкой хозяйственной деятельности человек находит применение множеству морских растений и животных, использует многочисленную группу промысловых видов. С древнейших времен идут в пищу водоросли, наиболее известны морская капуста и красный морской салат. По содержанию белков, углеводов, растительных жиров они не уступают пшенице. В них содержатся все необходимые витамины, а также йод и бром, которых практически нет в продуктах неморского происхождения. Ежегодно добывается более 1,2 млн. т ракообразных. Наиболее крупные из них — омары, лангусты, крабы — еще 20—30 лет назад составляли большую часть улова. Теперь их запасы подорваны. Но стала расти добыча морских креветок и криля — планктонного рачка. Эти рачки быстро размножаются, и естественные запасы их очень перспективны, хотя по своим вкусовым качествам криль уступает крупным ракообразным. Возрастает морской промысел моллюсков. Только кальмаров добывается более 1 млн. т. Практически все моллюски годятся в пищу. Их мясо питательно и вкусно, оно хорошо усваивается и поэтому считается диетическим. Находят спрос и другие беспозвоночные — трепанги и морские ежи.

Главный промысел морских животных приходится на рыб. С древнейших времен до недавних пор запасы рыбы в океане казались неисчерпаемыми. Однако бурный рост рыболовного флота и оснащение его эффективными средствами и орудиями лова привели к тому, что численность многих цен-



ных промысловых рыб резко снизилась, а некоторые из них вообще потеряли промысловое значение.

Промысел морского зверя также относится к одному из древнейших. Большой доход долгие годы приносил китобойный промысел. Если в период 1854—1876 гг. было добыто 200 тыс. гренландских и южных китов, то с 1911 по 1930 г. было добыто всего 5 гренландских китов. В последние 20—30 лет уменьшилось количество китов и в Южном полушарии. Теперь китобойный промысел находится под строгим международным контролем. И не только китобойный, но и других ценных морских зверей — калана, морского котика, моржа, тюленя, дельфина и др. Большое значение имеет также добыча морской губки, кораллов, разнообразных раковин для медицинских и ювелирных целей.

Люди интенсивно используют дары океана. Подсчитано, что общая биомасса всех морских растений и животных составляет 20—30 млрд. т, а на долю объектов промысла приходится не более 600—700 млн. т. Люди ежегодно изымают примерно десятую часть этого количества, и, видимо, это тот предел, который нельзя переступить, чтобы не подорвать биологический ресурс океана.

Но растущему человечеству необходимо все больше пищи получать из Мирового океана. Настала пора от собирательства и охоты переходить к новой форме морского хозяйствования. Необходимо увеличить биологический ресурс океана, возделывать и обрабатывать морские угодья, чтобы получать более богатые «урожаи». Возникла марикультура — выращивание в море полезных растений и животных. Уже сейчас морские хозяйства дают более 5 млн. т продукции. Морские подводные хозяйства промысловых растений и животных размещаются на самых верхних отделах шельфа, на

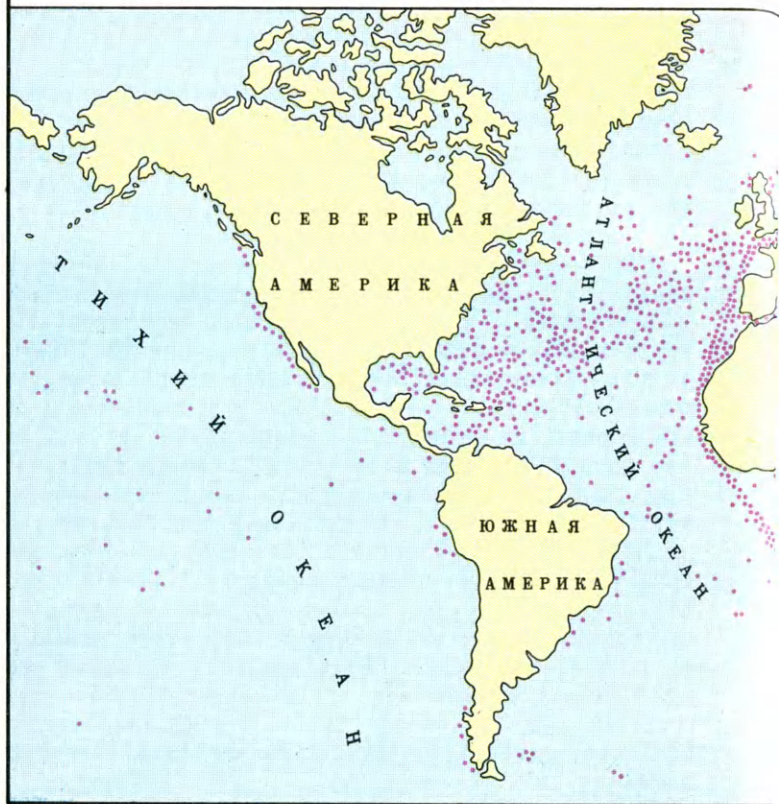


сравнительно небольших глубинах, доступных человеку в легководолазном снаряжении. Сейчас уже есть удачные попытки разведения рыбы в садках и закрытых бухтах; водоросли, трепанги, моллюски выращиваются в больших масштабах. На искусственных «рифках» успешно развиваются колонии крабов, брюхоногих моллюсков, лангустов, осьминогов. Понятно, что для всего этого нам необходимо сохранить воды морей и океанов в чистоте, чтобы не получить в итоге «отравленной» пищи.

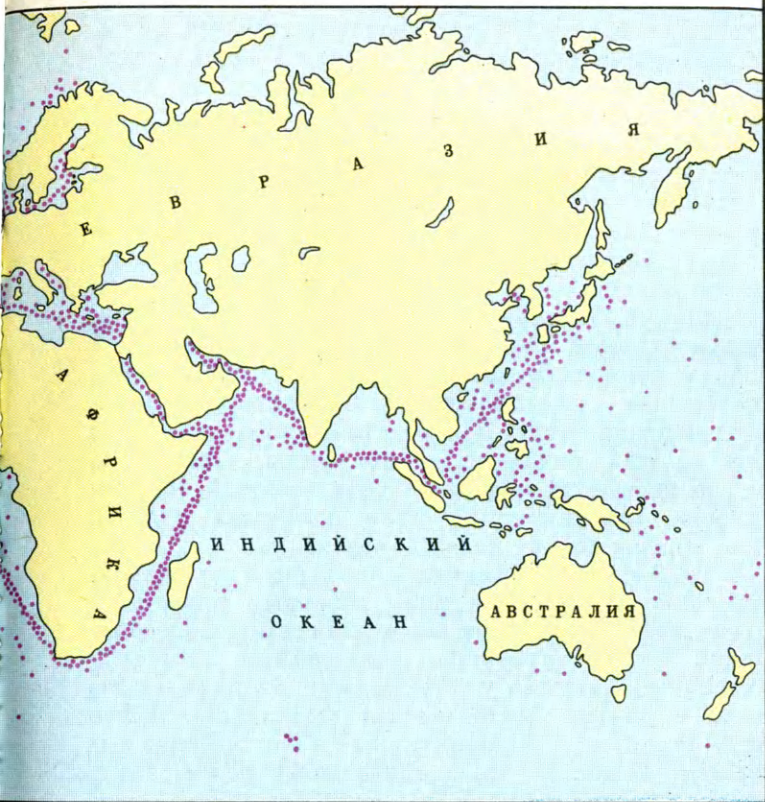
**Что увидел Тур Хейердал в океане.** Морская среда все более и более загрязняется. Это явление уже приобрело крупномасштабный характер. Настало самое время остановить загрязнение, иначе будет поздно. Вот что поведал Тур Хейердал, известный норвежский ученый и путешественник, после рейса на папирусной лодке «Ра»: «В 1947 году, когда бальсовый плот «Кон-Тики» за 101 сутки прошел около 8 тысяч километров в Тихом океане, экипаж на своем пути не видел никаких следов человеческой деятельности, если не считать разбитого парусника на рифе, к которому прибило плот. Океан был чист и прозрачен. И для нас было настоящим ударом, когда мы в 1969 году, дрейфуя на папирусной лодке «Ра», увидели, до какой степени загрязнен Атлантический океан. Мы обгоняли пластиковые сосуды, изделия из нейлона, пустые бутылки, консервные банки. Но особенно бросался в глаза мазут».

Конечно, визуальные наблюдения только подтвердили то, что давно уже показывали многочисленные измерения, — загрязнение вод, донных осадков и морских обитателей постоянно растет. Все, без исключения, морские животные и другие организмы страдают от этого. В опасности находится





и здоровье людей, особенно потребляющих в пищу морскую продукцию, которая несет в себе вредные и ядовитые вещества. Все более опасным становится бактериальное заражение морской воды вблизи бе-



регов, от этого страдает целый ряд приморских городов мира.

Дампинг — это новый термин для не очень новой проблемы. Объем Мирового океана —

1370 млн. км<sup>3</sup> воды. Казалось бы, в этом невообразимо огромном количестве воды все отходы хозяйственной деятельности людей должны раствориться, размещаться, окислиться и разложиться без следа. Поэтому все ненужное и сбрасывали в моря и океаны. Те отходы, которые выносят реки, или те, которые выпадают из атмосферы, к дампингу не относятся. Чаще всего в моря сбрасывают ненужный грунт, который образуется при дноуглубительных и строительных работах, твердые отходы коммунального хозяйства, промышленности. Издавна в морях устраивали свалки устаревших боеприпасов. Особую опасность для океана несет сброс с целью захоронения химических и радиоактивных отходов. Отходы атомной промышленности с очень высоким уровнем радиоактивности долгие годы сбрасывали в глубинные впадины океана. Считалось, что скорости вертикального и горизонтального движения воды в этих впадинах очень малы. Оказалось, что это не так. И под давлением мировой общественности, при активной роли советских ученых такие сбросы сейчас резко сократились.

В 1972 г. была принята «Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов». Эта конвенция запрещает сбрасывать любые материалы, содержащие хлорорганические соединения, ртуть, кадмий, стойкие пластмассы и другие синтетические материалы, нефть и нефтепродукты, радиоактивные и токсические химические вещества. По специальному разрешению допускается захоронение в океанах и морях отходов с незначительным содержанием свинца, мышьяка, цинка, меди, контейнеров или металлолома, затопление которых на дне не будет препятствовать судоходству и рыболовству. Все виды сбросов находятся под строгим национальным и международ-



ным контролем.

Нефтяное загрязнение Мирового океана, несомненно, есть самое распространенное явление. От 2 до 4% водной поверхности Тихого и Атлантического океанов постоянно покрыто нефтяной пленкой. В морские воды ежегодно поступает до 6 млн. т нефтяных углеводородов. Почти половина этого количества связана с транспортировкой и разработкой месторождений на шельфе. Континентальное нефтяное загрязнение поступает в океан через речной сток.

Реки мира ежегодно выносят в морские и океанические воды более 1,8 млн. т нефтепродуктов.

В море нефтяное загрязнение имеет различные формы. Оно может тонкой пленкой покрывать поверхность воды, а при разливах толщина нефтяного покрытия вначале может составлять несколько сантиметров. С течением времени образуется эмульсия нефти в воде или воды в нефти. Позже возникают комочки тяжелой фракции нефти, нефтяные агрегаты, которые способны долго плавать на поверхности моря. К плавающим комочкам мазута прикрепляются разные мелкие животные, которыми охотно питаются рыбы и усатые киты. Вместе с ними они заглатывают и нефть. Одни рыбы от этого гибнут, другие насквозь пропитываются нефтью и становятся непригодны для употребления в пищу из-за неприятного запаха и вкуса.

Все компоненты нефти токсичны для морских организмов. Нефть влияет на структуру сообщества морских животных. При нефтяном загрязнении изменяется соотношение видов и уменьшается их разнообразие. Так, обильно развиваются микроорганизмы, питающиеся нефтяными углеводородами, а биомасса этих микроорганизмов ядовита для многих

морских обитателей. Доказано, что очень опасно длительное хроническое воздействие даже небольших концентраций нефти. При этом постепенно падает первичная биологическая продуктивность моря. У нефти есть еще одно неприятное побочное свойство. Ее углеводороды способны растворять в себе ряд других загрязняющих веществ, таких, как пестициды, тяжелые металлы, которые вместе с нефтью концентрируются в приповерхностном слое и еще более отравляют его. Ароматическая фракция нефти содержит вещества мутагенной и канцерогенной природы, например бензпирен. Сейчас получены многочисленные доказательства наличия мутагенных эффектов загрязненной морской среды. Бензпирен активно циркулирует по морским пищевым цепочкам и попадает в пищу людей.

Наибольшие количества нефти сосредоточены в тонком приповерхностном слое морской воды, играющем особенно важную роль для различных сторон жизни океана. В нем сосредоточено множество организмов, этот слой играет роль «детского сада» для многих популяций. Поверхностные нефтяные пленки нарушают газообмен между атмосферой и океаном. Претерпевают изменения процессы растворения и выделения кислорода, углекислого газа, теплообмена, меняется отражательная способность (альбедо) морской воды.

Хлорированные углеводороды, широко применяемые в качестве средств борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, с переносчиками инфекционных болезней, уже многие десятилетия вместе со стоком рек и через атмосферу поступают в Мировой океан. ДДТ и его производные, полихлорбифенилы и другие устойчивые соединения этого класса сейчас обнаруживаются повсюду в Мировом океане, включая Арктику и Антарктику.

Они легко растворимы в жирах и поэтому накапливаются в органах рыб, млекопитающих, морских птиц. Будучи ксенобиотиками, т. е. веществами полностью искусственного происхождения, они не имеют среди микроорганизмов своих «потребителей» и поэтому почти не разлагаются в природных условиях, а только накапливаются в Мировом океане. Вместе с тем они остротоксичны, влияют на кроветворную систему, подавляют ферментативную активность, сильно влияют на наследственность.

Вместе с речным стоком в океан поступают и тяжелые металлы, многие из которых обладают токсичными свойствами. Общая величина речного стока составляет 46 тыс. км<sup>3</sup> воды в год. Вместе с ним в Мировой океан поступает до 2 млн. т свинца, до 20 тыс. т кадмия и до 10 тыс. т ртути. Наиболее высокие уровни загрязнения имеют прибрежные воды и внутренние моря. Немалую роль в загрязнении Мирового океана играет и атмосфера. Так, например, до 30% всей ртути и 50% свинца, поступающих в океан ежегодно, переносится через атмосферу.

По своему токсичному действию в морской среде особую опасность представляет ртуть. Под влиянием микробиологических процессов токсичная неорганическая ртуть превращается в гораздо более токсичные органические формы ртути. Накопленные благодаря биоаккумуляции в рыбе или в моллюсках соединения метилированной ртути представляют прямую угрозу жизни и здоровью людей. Вспомним хотя бы печально известную болезнь «минамато», получившую название от японского залива, где так резко проявилось отравление местных жителей ртутью. Она унесла немало жизней и подорвала здоровье многим людям, употреблявшим в пищу морские продукты из этого залива, на дне которого

накопилось немало ртути от отходов близлежащего комбината.

Ртуть, кадмий, свинец, медь, цинк, хром, мышьяк и другие тяжелые металлы не только накапливаются в морских организмах, отравляя тем самым морские продукты питания, но и самым пагубным образом влияют на обитателей моря. Коэффициенты накопления токсичных металлов, т. е. концентрация их на единицу веса в морских организмах по отношению к морской воде, меняются в широких пределах — от сотен до сотен тысяч, в зависимости от природы металлов и видов организмов. Эти коэффициенты показывают, как накапливаются вредные вещества в рыбе, моллюсках, ракообразных, планктонных и других организмах.

Масштабы загрязнения продуктов морей и океанов так велики, что во многих странах установлены санитарные нормы на содержание в них тех или других вредных веществ. Интересно отметить, что при концентрации ртути в воде, только в 10 раз большей ее естественного содержания, загрязнение устриц уже превышает норму, установленную в некоторых странах. Это показывает, как близок тот предел загрязнения морей, который нельзя переступить без вредных последствий для жизни и здоровья людей.

Однако последствия загрязнения опасны прежде всего для всех живых обитателей морей и океанов. Эти последствия разнообразны. Первичные критические нарушения в функционировании живых организмов под действием загрязняющих веществ возникают на уровне биологических эффектов: после изменения химического состава клеток нарушаются процессы дыхания, роста и размножения организмов, возможны мутации и канцерогенез; нарушаются движение и ориентация в морской среде. Мор-

фологические изменения нередко проявляются в виде разнообразных патологий внутренних органов: изменений размеров, развития уродливых форм. Особенно часто эти явления регистрируются при хроническом загрязнении.

Все это отражается на состоянии отдельных популяций, на их взаимоотношениях. Таким образом возникают экологические последствия загрязнения. Важным показателем нарушения состояния экосистем является изменение числа высших таксонов — рыб. Существенно изменяется фотосинтезирующее действие в целом. Растет биомасса микроорганизмов, фитопланктона, зоопланктона. Это характерные признаки эвтрофикации морских водоемов, особенно они значительны во внутренних морях, морях закрытого типа. В Каспийском, Черном, Балтийском морях за последние 10—20 лет биомасса микроорганизмов выросла почти в 10 раз. В Японском море сущим бедствием стали «красные приливы», следствие эвтрофикации, при которой бурно развиваются микроскопические водоросли, а затем исчезает кислород в воде, гибнут водные животные и образуется огромная масса гниющих остатков, отравляющих не только море, но и атмосферу.

Загрязнение Мирового океана приводит к постепенному снижению первичной биологической продукции. По оценкам ученых, она сократилась к настоящему времени на 10%. Соответственно этому снижается и ежегодный прирост других обитателей моря.

Каким можно ожидать ближайшее будущее для Мирового океана, для важнейших морей?

В целом для Мирового океана ожидается на ближайшие 20—25 лет рост его загрязнения в 1,5—3 раза. Соответственно этому будет ухудшаться

и экологическая ситуация. Концентрации многих токсических веществ могут достигнуть порогового уровня, затем наступит деградация естественной экосистемы. Ожидается, что первичная биологическая продукция океана может понизиться в ряде крупных районов на 20—30% по сравнению с нынешней.

**Судьба морей.** Загрязняющие вещества в своем движении к океанам как бы скатываются с материков. И на этом пути первыми их принимают прибрежные моря, разбавляющая способность которых во много-много раз меньше, чем у океанов. Есть много морей, хотя и связанных с океанами, но с таким медленным циклом водообмена, что участие океанических вод в разбавлении поступающего загрязнения практически ничтожно. Таковы Балтийское, Средиземное, Черное моря и ряд других. Есть, наконец, и вовсе бессточные внутриконтинентальные моря — Каспийское, Аральское, которые относятся к морям только благодаря своим размерам. В моря загрязняющие вещества поступают не только из атмосферы или со стоком речных вод, но и вследствие прямого сброса коммунальных и промышленных сточных вод из прибрежных районов с высокой плотностью населения, с высоким уровнем промышленного и сельскохозяйственного производства. Понятно, что бесконтрольный рост загрязнения морей не может продолжаться, люди не могут лишить себя перспективы получать из морей столь необходимые продукты и сырьевые ресурсы.

В прибрежных районах загрязняющие вещества распределяются между водой, донными отложениями и водными организмами. Большинство токсичных веществ поступают в морскую среду, будучи

связанными с твердыми частичками или активно сорбирующимися на них. К таким загрязнителям относятся тяжелые металлы, ПХБ, ДДТ и др. Значительная часть этих загрязняющих веществ осаждается на поверхности дна. Но это совсем не означает, что они стали безвредными. Они не только продолжают отравлять население донных форм, но и дальше разносятся по дну морей, переотлагаясь вместе с движением донного материала. Пятно загрязнения расплывается от места сброса или от устья реки. Только 10% загрязняющих веществ остается вблизи места сброса, остальные загрязняют весь морской бассейн.

Загрязнение морей, расположенных в разных частях света, часто имеет сходный характер: загрязнение нефтью и пестицидами, ПХБ, детергентами, токсичными металлами, питательными веществами. Во многих морях в теплом и жарком климате прослеживается эвтрофикация.

Особое беспокойство вызывают внутренние и «закрытые» моря. Рассмотрим состояние двух морей, имеющих исключительное значение для многих стран Европы, — Балтийского и Средиземного.

Кислородный режим верхнего 100-метрового слоя воды Балтийского моря в целом благоприятный, и эта тенденция сохраняется. Но вот за последние годы наблюдается острый дефицит кислорода на глубине более 100 м. Более того, в ряде глубоководных впадин — Готландской, Лондсортской и других — обнаруживается сероводород. Еще несколько десятков лет назад сероводорода в Балтийском море не было. Довольно высоки концентрации биогенных питательных элементов — фосфора и азота, которые претерпевают сезонную изменчивость. В период развития фитопланктона они снижаются. Эвтрофикация Балтийского моря, его

Чайка после разлива  
нефти в море.



Финского залива — тревожный симптом. Содержание фенолов и детергентов в центральных районах Балтики сравнительно невелико, но оно заметно выше в прибрежной зоне, в многочисленных и густозаселенных заливах. То же относится и к хлорированным углеводородам — ДДТ, ПХБ, гексахлорциклогексану, линдану и др. Ртуть, свинец, бензпирен и другие токсичные вещества обнаруживаются повсюду в воде, в донных отложениях, в организмах, но, конечно, больше всего их в прибрежных районах. Нефтяные углеводороды содержатся почти во всем море.

Итак, Балтийское море относится к числу загрязненных. Озабоченность по этому поводу стран Балтики привела к заключению в 1974 г. «Конвенции о сохранении морской среды Балтийского моря», согласно которой ежегодно объем сброса неочищенных сточных вод сокращается на 50%. Ожидается, что через 20—25 лет содержание ртути понизится в 3—4 раза, однако концентрация свинца может возрасти почти в 2 раза, несмотря на принимаемые меры. Это связано с его использова-



нием в составе бензина, попаданием в атмосферу, а затем на поверхность моря. Выбросы от тепловой энергетики также почти в 2 раза увеличат поступление бензпирена в воды Балтики. Что касается нефти, то ее сброс в Балтийское море уже понизился по сравнению с прошлыми годами.

Ситуация в прибрежных водах Средиземного моря вызывает особое беспокойство у стран этого бассейна. Более 300 тыс. т нефти попадает в море каждый год только от судоходства. Велико и бактериальное заражение. В 1973 г. вспышка холеры в Неаполе, от которой умерли десятки людей, явилась следствием заражения прибрежных вод и пляжей. Есть данные, что у каждого десятого жителя Средиземноморья, содержится вирус гепатита. По данным французских ученых, в 17 видах рыб из 31 исследованного содержания ртути больше, чем национальная норма. Только с водами р. Роны в Средиземное море каждый год поступает 50 т пестицидов и 1250 т детергентов.

Тщательно исследуются и контролируются моря, омывающие берега нашей страны. В СССР действует постоянная система контроля загрязнения морских бассейнов. Она включает более 1500 станций и охватывает все, без исключения, моря. Эти станции расположены в открытых районах морей, в прибрежных водах, подвергающихся более сильному воздействию, в устьевых зонах, на морских нефтепромыслах, в портах, городах. Большое внимание уделяется курортно-оздоровительным и рыбохозяйственным зонам. Получаемая информация не только позволяет давать оценку текущего состояния морской среды, но и является основой для прогноза ее будущих изменений.

Важно также изучать баланс вносимых веществ, процессы разложения и трансформации веществ,



их накопления в донных материалах, следить за обменом на границе раздела воздух — вода.

На морских станциях режим загрязнения изучается во всей водной толще, от поверхности до дна. В зависимости от рельефа дна и течений программа наблюдений может усложняться. Вся эта работа выполняется специальными судами, имеющими хорошо оборудованные лаборатории и приборы для исследования и отбора проб воды, донных отложений, различных водных организмов. Корабли в строго определенное время выходят в постоянные точки морей — морские станции, где производятся необходимые наблюдения и измерения. В последние годы при нефтяных загрязнениях морей все большее применение находят самолеты. Нефтепродукты изменяют оптические свойства поверхности воды и с помощью специальных приборов; установленных на самолетах, удастся определять площади и степень загрязнения. Этот метод отличается высокой оперативностью и позволяет быстро получать информацию по большой акватории.

**Вместо заключения.** Итак, развитие человеческого общества невозможно без взаимодействия с окружающей средой. Люди преобразовывают природу, они получают от нее все необходимое для жизни — энергию, продукты питания, различные материалы. Природа удовлетворяет и эстетические потребности людей. Но этот прогресс может обернуться для человечества совсем иной стороной.

Достигнутые благополучие и комфорт могут оказаться опасной иллюзией, если не позаботиться о сохранении нашей биосферы. И для этого требуются обширные знания в области экологии и широкое применение этих знаний во всех отраслях хозяйственной деятельности.

Сейчас уже ясен путь, который позволит людям избежать экологического тупика своего развития. Это безотходные и малоотходные технологии, превращение отходов в полезные ресурсы. Но потребуются десятилетия для повсеместного воплощения этой идеи в жизнь. И совершить это под силу только тем, кто вооружен экологическими знаниями.

Заповедь, которой должны руководствоваться люди, хорошо выражена в сказке Сент-Экзюпери: «Есть такое твердое правило:  
встал поутру, умылся, привел себя  
в порядок — и сразу же приведи в порядок свою планету».



## **Содержание**

**Хрупкая биосфера**

**3**

**Что происходит с  
атмосферой**

**22**

**Воды и земли**

**74**

**Мировой океан**

**103**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ПЕДАГОГИКА»**

# **Берегите биосферу**

*Юрий Антониевич  
Израэль  
Феликс Яковлевич  
Ровинский*

Научно-популярное издание

Художники:  
**А. В. Сальников**  
**Е. А. Коган**

Заведующий редакцией  
**В. Ю. Кирьянов**  
Редактор  
**Н. Н. Габисония**  
Мл. редактор  
**Е. Б. Крышкина**  
Художественный  
редактор  
**И. И. Беляева**  
Технический редактор  
**Е. А. Чулкова**  
Корректор  
**А. И. Сорнева**

**ИБ № 1274**

Сдано в набор 13.11.86. Под-  
писано в печать 04.06.87.  
Формат 70×100<sup>1/32</sup>. Бумага  
офсетная № 1. Усл. печ.  
л. 5,2. Уч.-изд. л. 5,22. Усл.  
кр.-отт. 21,28. Тираж  
155 000 экз. Печать офсет.  
Гарнитура школьная. За-  
каз № 624. Цена 40 коп.  
Издательство «Педагогика»  
Академии педагогических  
наук СССР и Государствен-  
ного комитета СССР по де-  
лам издательств, полигра-  
фии и книжной торговли.  
107847, Москва, Лефортов-  
ский пер., 8  
Ордена Трудового Красного  
Знамени Калининский по-  
лиграфический комбинат  
Союзполиграфпрома при Го-  
сударственном комитете  
СССР по делам издательств,  
полиграфии и книжной тор-  
говли.  
170024, г. Калинин, пр. Ле-  
нина, 5.



Читайте  
следующую  
книгу  
серии  
«Ученые —  
школьнику»!

**Что общего между строением электрона и геометрией пространства — времени?**



**Что думали об электроны в 1926 г.?**



**Живут ли электроны в атомном ядре?**



**Кварки и электроны — одно и то же?**



На эти и другие вопросы отвечают авторы книги «Как устроен электрон?» академик А. А. Логунов и доктор физико-математических наук В. А. Петров.



**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ПЕДАГОГИКА»**



ЗА СТРАНИЦАМИ УЧЕБНИКА  
SHEVA.SPB.RU/ZA

ХОЧУ ВСЁ ЗНАТЬ (ТЕОРИЯ)

ЮНЫЙ ТЕХНИК (ПРАКТИКА)

ДОМОВОДСТВО (УСЛОВИЯ)