

И.П.Герасимов

ученые
ДЭ
школьники

Биосфера Земли





**ИННОКЕНТИЙ ПЕТРОВИЧ
ГЕРАСИМОВ**, советский
географ и почвовед, академик
с 1953 г.

Родился в 1905 г., в 1926 г.
окончил Ленинградский
университет. С 1936 по 1956 г.
возглавлял отдел географии и
картографии почв Почвенного
института им. В. В. Докучаева,
с 1945 г. работает в Институте
географии АН СССР. С 1951 г.
И. П. Герасимов — директор
этого института. Он является
председателем Национального
комитета советских географов.
И. П. Герасимов —
действительный член

Академии наук Болгарии, член
Германской Академии наук в
Берлине, Венгерской
Академии наук.

И. П. Герасимов —
руководитель многих
советских научных делегаций
на географических, почвенных
и других международных
конgressах. Он является
лауреатом Государственной
премии СССР и Дмитровской
премии Народной Республики
Болгарии. **И. П. Герасимов** —
активный общественный
деятель, борец за охрану
природной среды,
пропагандист знаний
в области наук о Земле.
Академик **И. П. Герасимов**
награжден двумя орденами
Ленина и другими орденами
и медалями нашей страны.

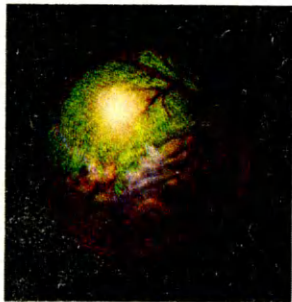
И. П. Герасимов

Библиотечка
Детской
энциклопедии



Биосфера Земли

Редакционная
коллегия:
И. В. Петрянов
(главный редактор),
И. Л. Кнунянц



Москва
«Педагогика»
1976

Артоболевский И. И.	Кедров Б. М.
Банников А. Г.	Ким М. П.
Благой Д. Д.	Кузин Н. П.
Брусничкина Р. Д.	Кузовников А. М.
Буцкус П. Ф.	Леонтьев А. Н.
Ворожейкин И. Е.	Лурия А. Р.
Воронцов-Вельяминов Б. А.	Михалков С. В.
Генкель П. А.	Нечкина М. В.
Герасимов С. А.	Панагин Ф. Г.
Гончаров А. Д.	Петрянов И. В.
Горшков Г. П.	Разумный В. А.
Данилов А. И.	Соловьев А. И.
Джибладзе Г. Н.	Тимофеев Л. И.
Долинина Н. Г.	Тихвинский С. Л.
Дубинин Н. П.	Тяжелыников Е. М.
Иванович К. А.	Хачатуров Т. С.
Измайлов А. Э.	Цаголов Н. А.
Кабалевский Д. Б.	Царев М. И.
	Чепелев В. И.

Герасимов И. П.

Г27 Биосфера Земли. М., «Педагогика», 1976.

96 с. с ил. (Библиотечка Детской энциклопедии «Ученые — школьнику»).

Мы, современное поколение людей, живем в эпоху научно-технической революции, когда темпы развития производства постоянно увеличиваются. Но источник ресурсов для многочисленных видов современного производства только один — природа нашей планеты. Природных материалов требуется теперь так много, что человек больше не может черпать пригоршнями из этого щедрого источника. Необходимо изучать, охранять природу, восстанавливать взятое у нее.

Прочитайте внимательно эту книгу. Она даст вам не только новые знания. Может быть, вы, юные читатели, по-новому будете относиться к природе — огромному богатству, за которое в ответе каждый из нас.

Г $\frac{60700-061}{005(01)-76}$ 52-76

57.04

УЧЕНИЕ В. И. ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ

Что такое биосфера? Пятьдесят лет назад выдающийся русский ученый академик В. И. Вернадский создал учение о биосфере. Но само понятие, а также и термин «биосфера» принадлежат не В. И. Вернадскому. Знаменитый австрийский геолог Э. Зюсс еще сто лет назад так назвал оболочку Земли, населенную живыми организмами («био» по-гречески — «живое»). По мнению В. И. Вернадского, Э. Зюсс высказал «новое, очень большое эмпирическое обобщение, всех последствий которого он не предвидел».

В 1924—1926 гг. В. И. Вернадский опубликовал свои первые труды о биосфере. В них он дал объяснение разнообразным фактам, наблюдениям над природой, наметил пути дальнейших исследований. Ученый обобщил все это, и в результате возникло целостное учение о биосфере. Сущность своей концепции В. И. Вернадский объяснил так: «На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Биологический круговорот. Основой науки о биосфере были геохимические исследования и, в первую очередь, изученные Вернадским круговороты самых распространенных на Земле химических элементов — кислорода и углерода. Эти круговороты в биосфере Земли происходят при участии организмов. Углерод нужен всему живому (конечно, вместе с другими химическими элементами) для построения разнообразных органических веществ, из которых состоит тело каждого организма. Кислород необходим для дыхания, которое обеспечи-

вают существование организмов. В процессе фотосинтеза, происходящего в листьях зеленых растений, углекислый газ и вода разлагаются, и образуется углерод и кислород. Для фотосинтеза растение использует энергию солнечных лучей, поглощенную зеленым пигментом — хлорофиллом (рис. 1). Углерод, освободившийся в результате фотосинтеза, используется в растении для создания живого органического вещества, а свободный кислород выделяется в атмосферу. Им дышат самые различные организмы. При их дыхании образуется углекислый газ, который вновь возвращается в атмосферу. Таким образом круговороты (циклы) углерода и кислорода замыкаются.

Круговороты кислорода и углерода — результат жизнедеятельности организмов. Но в этих круговоротах постоянно рождается новая жизнь. Круговороты веществ происходят путем взаимоотношений разных организмов, которые складываются в биологический цикл. Он состоит из трех звеньев:

создания в процессе фотосинтеза органических веществ зелеными растениями, т. е. так называемой **первичной продукции**;

превращения первичной (растительной) продукции во вторичную (животную), главным образом путем жизнедеятельности животных;

разрушения первичной и вторичной биологической продукции бактериями и грибами.

В полный биологический круговорот вовлекаются почти все распространенные на Земле химические элементы. А так как жизнь существует на поверхности Земли повсюду и в течение длительного времени, этот круговорот имеет важнейшее значение для нашей планеты.

В. И. Вернадский впервые высказал смелое предположение: кислород, содержащийся в современной зем-

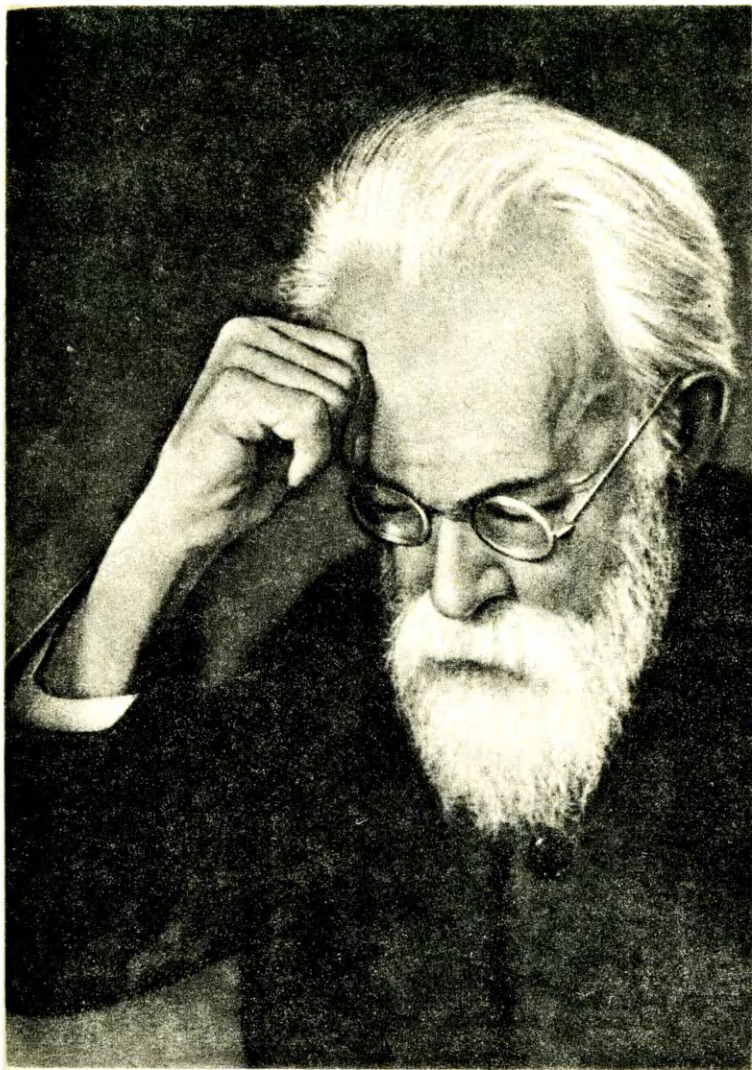
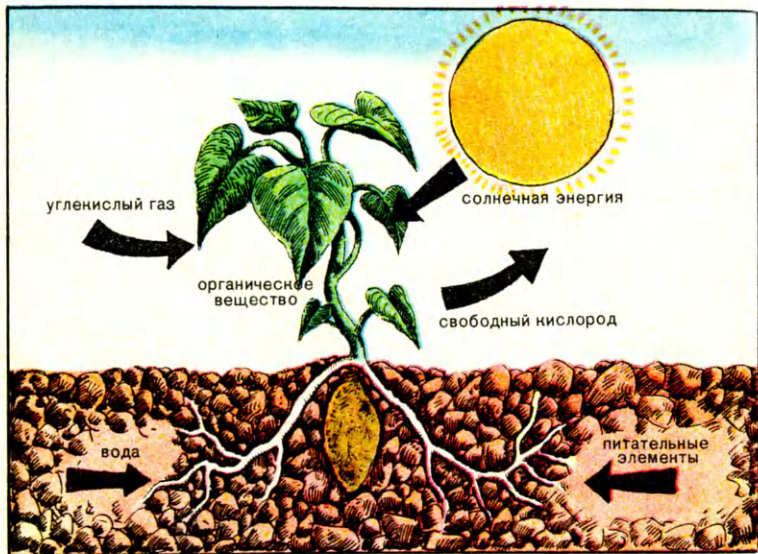


Рис. 1. Схема фотосинтеза
Круговороты углерода и

кислорода составляют основу жизнедеятельности организмов.



ной атмосфере, образовался в результате длительной фотосинтетической работы растительности в воде и на суше.

Работе зеленых растений было придано важнейшее геологическое значение. Благодаря фотосинтезу образовались почти все органические вещества на земной поверхности. Растения дали возможность всему живому дышать, они создали условия для существования и развития большинства организмов на Земле. Более того, **растения вместе с другими организмами коренным образом преобразовали весь облик нашей планеты.**

Из этой простой, но гениальной идеи были сделаны другие научные выводы, составляющие содержание

учения о биосфере. «Прилагая новую мерку изучения жизни, совершенно отличную от обычной, — пророчески писал В. И. Вернадский, — мы подходим к явлениям и перспективам, до сих пор невиданным».

Развитие учения о биосфере. Как часто бывало в истории науки, глубокие творческие возможности и важные последствия учения о биосфере выявились не сразу. Сначала лишь ученики В. И. Вернадского (А. П. Виноградов и др.) продолжали разрабатывать выдвинутые им идеи. Однако постепенно учение о биосфере все глубже проникало во многие ранее сложившиеся науки, и прежде всего в область геологии, географии, биологии. Все больше ученых — представителей этих наук — стали пересматривать прежние научные представления или выдвигать совершенно новые, основанные на учении о биосфере. Это учение оказало большое влияние на развитие географии и биологии, особенно в нашей стране. Несомненно, что одной из главных причин этого были прогрессивные исторические корни русской науки, заложенные еще в дореволюционное время.

В области географических наук учение о биосфере опиралось на почвоведение В. В. Докучаева, возникшее во второй половине прошлого столетия. Сам В. И. Вернадский считал себя учеником В. В. Докучаева. Докучаев дал научное определение почвы как минерального субстрата, глубоко преобразованного жизнью: микроорганизмами, растениями и животными. Среди наиболее крупных советских почвоведов, разрабатывавших докучаевское почвоведение на биогеохимической основе, много последователей В. И. Вернадского, например Б. Б. Полынов и его ученики.

Через докучаевское почвоведение к учению о биосфере пришли многие советские географы. Л. С. Берг, развив так называемое ландшафтоведение, очень близко подошел к современным взглядам на природные экосистемы как единство сообществ живых существ и

среды их обитания на определенной территории. Экосистема — это основной элемент земной биосферы.

Советский геоботаник В. Н. Сукачев был создателем так называемого биогеоценологического направления. Это направление изучает структуру природных группировок организмов — их сообществ, биологическую продуктивность этих группировок и ее связь с факторами среды. Советские зоологи Д. Н. Кашкаров и другие обогатили это направление научных исследований. Они изучали пищевые связи между растениями и животными, а также между самими животными.

Советский географ А. А. Григорьев развил представление о географической оболочке Земли. Решающую роль в формировании местных особенностей оболочки Земли он отвел балансам (соотношениям) тепла, поступающего с солнечной радиацией, и атмосферной влаги. А. А. Григорьев дополнил геохимический подход к изучению биосферы геофизическим подходом. Это был крупный шаг вперед в разработке учения о биосфере.

Итак, можно сделать вывод: основа современного учения о биосфере, а также и многие важные аспекты этого учения были созданы или намечены нашими учеными. Сейчас учение о биосфере приобрело огромное значение в мировой науке, и советские ученые идут в первых рядах исследователей, которые успешно развивают это учение дальше.

В последние годы в европейской и американской научной литературе выдвигается представление о мировой природной экосистеме как о едином целом или, что то же, учение о совокупности всех природных экосистем на земной поверхности, т. е. о биосфере. Советской науке они уже знакомы, и советские ученые рады соединить свои научные исследования с работой зарубежных исследователей. Но это не исключает законной гордости наших ученых за несомненный отечественный приоритет в создании и разработке учения о биосфере.

КАК ОБРАЗОВАЛАСЬ БИОСФЕРА

Границы биосферы

Биосфера — это земное пространство, в котором существует жизнь. Каковы же границы этого пространства?

По теории академика В. И. Вернадского, верхняя и нижняя границы биосферы определяются факторами земной среды, которые делают возможным или невозможным существование живых организмов. Верхней границей биосферы В. И. Вернадский считал озоновый экран — слой озона в атмосфере, расположенный в среднем на высоте 20 км от поверхности Земли. Озоновый экран задерживает большую часть ультрафиолетового излучения Солнца, губительно действующего на живые организмы.

Нижняя граница биосферы, по учению В. И. Вернадского, проходит на глубине 3—3,5 км ниже поверхности земной коры. Она определяется такой температурой земных недр, при которой жизнь невозможна. За такой предел Вернадский принял температуру $+100^{\circ}\text{C}$.

Толщина биосферы, таким образом, составляет немногим больше 20 км. Но в действительности жизнь на Земле не занимает даже этого пространства. Она долго не может существовать ни высоко в атмосфере, ни глубоко в земных недрах. Живые организмы только туда попадают и некоторое время там существуют. В современной биосфере жизнь в основном сосредоточена на земной поверхности и вблизи от нее. Наиболее густые скопления живого вещества Вернадский назвал «пленками жизни». На суше это, прежде всего, почвы и растительный покров нашей планеты, его животный мир, а в Мировом океане — так называемый планктонный приповерхностный слой.

Именно на поверхности суши, в прилегающих к ней слоях атмосферы и в приповерхностных слоях морей и океанов имеют место наиболее благоприятные условия для образования и развития организмов в тех формах, которые существуют на Земле.

Итак, живые организмы не заполняют сейчас всего земного пространства. Чтобы освоить новые участки этого пространства, необходима дальнейшая эволюция организмов. Они должны выработать такие новые особенности, которые дали бы им возможность еще шире распространяться на земном шаре.

Геологическая эволюция биосферы

Современная структура биосферы и границы обитания современных организмов сформировались не сразу. Они — результат долгой истории Земли, начиная от ее возникновения и до современного состояния.

Доказательства развития биосферы многочисленны и бесспорны. Это, прежде всего, ископаемые остатки древних организмов. Изучая такие остатки, ученые уже давно установили главные этапы — эры и периоды — в истории развития растительного покрова и животного населения Земли. Эти данные легли в основу общепринятой геологической хронологической шкалы (табл. 1).

В древнейшие архейскую и протерозойскую эры жизнь была представлена самыми примитивными, низшими формами. Эрой палеозоя (т. е. древней жизни) называют геологическое время, когда существовали уже разнообразные организмы в море, а на суше появилась развитая растительность.

В мезозойскую эру (т. е. эру средней жизни) на Земле пышно развивалась высшая растительность. Сушу заселили крупные пресмыкающиеся: динозавры, плезиозавры, летающие ящеры, древние крокодилы и др.

Таблица 1

Геологическая хронология и развитие
жизни на Земле

Периоды	Эры	Приблизитель- ный абсолют- ный возраст и продолжи- тельность (в млн. лет)		Развитие организмов
		начало и конец	продол- житель- ность	
1	2	3	4	
Архей	Ранний	Более 3000		Первичные организмы, существовавшие в бес- кислородной среде
	Поздний	3000— 1200	1800	Простейшие одноклеточ- ные организмы
Протерозой		1200— 500	700	Распространение бакте- рий, грибов и водорослей
Палеозой	Кембрий	500— 410	90	Широкое распростране- ние фито- и зоопланкто- на, появление беспозво- ночных морских живот- ных
	Ордовик	410— 350	60	Распространение низшей наземной растительности. Появление первых назем- ных беспозвоночных жи- вотных
	Силур	350— 310	40	Богатая фауна морских беспозвоночных живот- ных
	Девон	310— 275	35	Сосудистые наземные растения; насекомые, позвоночные

Периоды	Эры	Приблизительный абсолютный возраст и продолжительность (в млн. лет)		Развитие организмов
		начало и конец	продолжительность	
1	2	3	4	
	Карбон	275—225	50	Обильная наземная растительность из гигантских плаунов и папоротников. Обилие разнообразных земноводных
	Пермь	225—185	40	Появление голосеменных растений, вымирание папоротникообразных. Первая фауна крупных пресмыкающихся
Мезозой	Триас	185—150	35	Богатая флора голосеменных. Широкое распространение крупных наземных пресмыкающихся
	Юра	150—110	40	Расцвет флоры голосеменных. Появление непосредственных предков птиц
	Мел	110—70	40	Появление покрытосеменных. Вымирание крупных пресмыкающихся
Кайнозой	Палеоген	70—30	40	Расцвет покрытосеменных. Появление разнообразных древних млекопитающих
	Неоген	30—1	30	Развитие современной растительности. Появление современных млекопитающих. Появление древнего человека

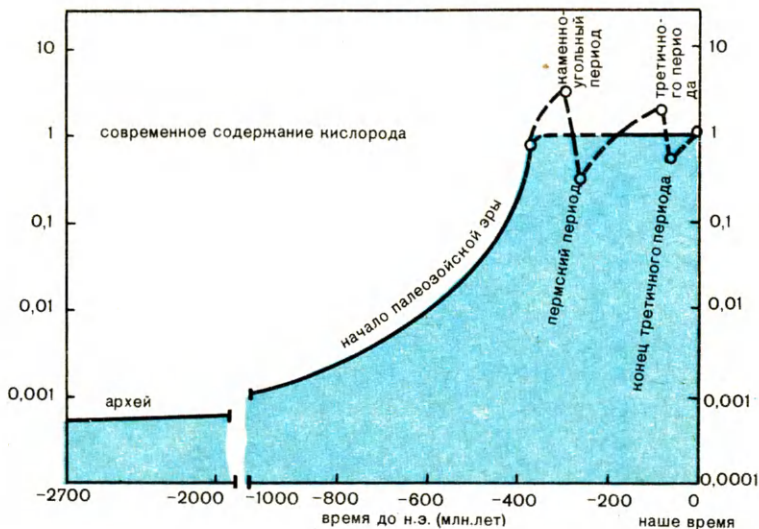
В кайнозое (т. е. в эру новой жизни) появилась разнообразная растительность, из которой развилась современная. Среди животного населения сформировались его высшие представители — млекопитающие. Во второй половине кайнозоя появились и предки современного человека. Несомненно, что все такие крупные изменения в составе земной флоры и фауны имели очень важное значение для развития биосферы.

Возникновение жизни на Земле. Основные компоненты среды, необходимые для возникновения и существования жизни, — это кислород, вода и углекислый газ. Солнечная энергия, несомненно, всегда имела в избытке. Углекислый газ поступал в атмосферу независимо от биосферы, например при извержениях вулканов. Но особое место в развитии биосферы занимал свободный кислород и его содержание в атмосфере.

Кислород необходим для дыхания большинства организмов. Поэтому от его количества в атмосфере зависит общая масса организмов. А между тем, согласно взглядам В. И. Вернадского, кислород в атмосфере Земли появился в результате фотосинтеза растений. Только благодаря его появлению смог образоваться и поддерживаться в стратосфере озоновый экран. Он задерживает ультрафиолетовое излучение Солнца. Без озонового экрана жизнь на земной суше не могла бы существовать. «Жизнь, создавая свободный кислород, тем самым создает и озон... и предохраняет биосферу от коротких излучений небесных светил», — писал В. И. Вернадский.

Вместе с тем, жизнь на Земле первоначально должна была возникнуть в бескислородных условиях. Лишь позднее, развившись и приобретя способность к фотосинтезу, растения стали вырабатывать свободный кислород, способствуя развитию биосферы. Это предположение было подтверждено геохимическими и геологическими данными (рис.2).

Рис. 2. Изменение содержания кислорода в биосфере в результате фотосинтеза.



По этим данным, абсолютный возраст Земли равен приблизительно 5—6 млрд. лет. Но самая ранняя история образования нашей планеты остается еще во многом не разгаданной. Новейшие исследования других планет дают основание считать, что Земля на первых порах своего развития была безжизненной. Атмосфера Земли состояла в основном из водяного пара, водорода, аммиака и метана. Кислорода в ней не было, а это исключало существование высших форм жизни: многоклеточных животных и растений.

Как же появились на Земле первые организмы? Теорию происхождения жизни на нашей планете разработал советский ученый академик А. И. Опарин. По его теории, жизнь на Земле возникла под воздействием

ультрафиолетовой радиации из компонентов первичной атмосферы — водяного пара, водорода, аммиака и метана. Это были первые органические соединения, наделенные способностью воспроизводства. Они возникли путем сложных химических реакций. Такие органические соединения образовали на поверхности Земли, а именно в гидросфере, так называемый «органический бульон». В нем и из него несколько миллиардов лет назад развились очень просто устроенные первичные организмы. Вероятно, они существовали некоторое время в бескислородной среде.

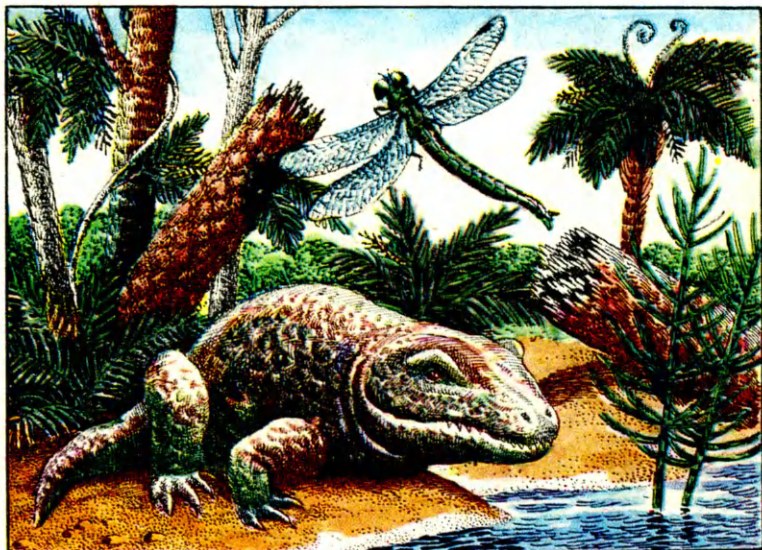
Потребовалось очень длительное время для того, чтобы у первичных организмов вместо простейших биохимических реакций, служивших источниками энергии, появилась **способность к фотосинтезу** — воспроизводству органических веществ путем прямого использования солнечной энергии. Это событие имело решающее значение для образования современной земной биосферы.

Развитие биосферы от протерозоя до наших дней. Протерозойская эра геологической истории Земли — начальный этап существования земной биосферы. Она продолжалась около миллиарда лет. Тогда существовали лишь примитивные организмы, отпечатки которых обнаруживают в древних горных породах. Сейчас еще невозможно сколько-нибудь достоверно представить биосферу того времени.

Палеозойская эра — следующий этап в развитии биосферы. Она характеризуется уже достаточно развитыми формами жизни. От первых периодов этой эры (кембрия и ордовика) до нас дошли ископаемые остатки в основном морских беспозвоночных животных. В силурийских и девонских горных породах находят уже отпечатки рыб и других более высокоорганизованных морских организмов. Все это говорит о былом развитии разнообразной жизни в морях и океанах, занимавших в

Рис. 3. Болотистые леса в конце палеозойской эры населяли земноводные:

двухметровый хищник мастодонзавр, стрекоза-меганевра. Размах ее крыльев был



эти периоды, как, впрочем, и сейчас, бóльшую часть земной поверхности.

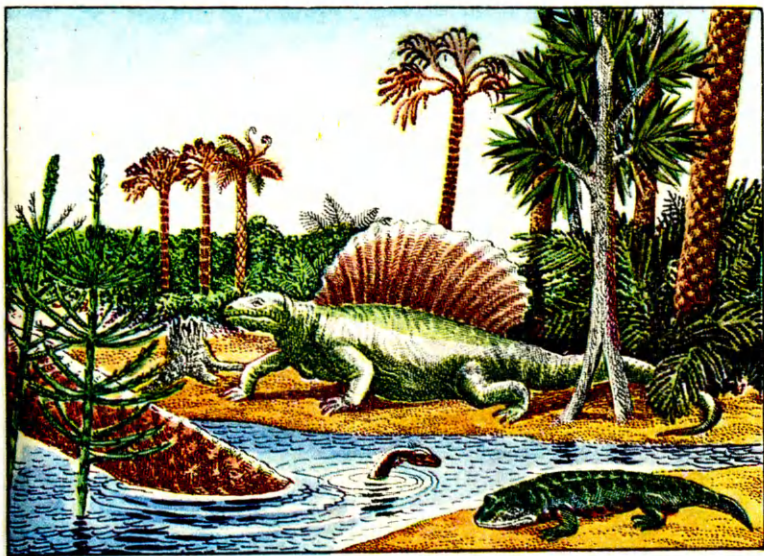
Создается представление, что развитая жизнь, формирующая основу земной биосферы, могла существовать тогда лишь в водной среде. Она была более надежно, чем на суше, защищена от неблагоприятных внешних воздействий.

Сообщества морских обитателей составляли уже более или менее сложно организованную экологическую систему, которая могла стать прочной основой для дальнейшего развития жизни.

А древняя суша того времени была, по-видимому, только частично заселена организмами, ее экологиче-

около 70 см. Справа:
ящер эдафозавр с
огромным гребнем на
спине и панцирного-

ловые земноводные:
голова змеевидной
долихосомы и
брахиозавр.



ские системы были более примитивными и более однообразными по составу в сравнении с морскими. Многие площади суши тогда были, вероятно, еще безжизненны.

Однако в предпоследнем периоде палеозойской эры (карбоне) на суше быстро развивается обильная растительность, продолжавшая существовать и в пермском периоде. О ее составе и особенностях говорят многочисленные месторождения каменного угля этого возраста. В период позднего палеозоя Земля была покрыта мощной, но удивительно однообразной растительностью (рис. 3).

Причина этому — сходные условия климата на всей территории суши в каменноугольном и пермском периодах. Это косвенно подтверждает современные теории о существовании в домезозойское время единого крупного земного материка — Пангеи.

Свидетелями древних (былых, по выражению академика В. И. Вернадского) биосфер являются залежи органических веществ, погребенные в геологических напластованиях. Это каменные и бурые угли, углистые породы, различные битуминозные образования: нефть, горючие газы, природный асфальт.

Интересно, что эти залежи формировались периодически, а предпоследний период палеозойской эры даже называется каменноугольным (карбоном) потому, что в осадочных горных породах этого периода залегают особенно большие залежи каменных углей. Другие крупные месторождения углей имеют среднемезозойский (юрский) возраст; а месторождения бурых углей (лигнитов) — главным образом раннекайнозойский (палеогеновый) возраст (табл. 1).

Весьма возможно, что периодичность в образовании залежей угля и нефти — результат особого явления — саморегулирования в развитии древних биосфер. Его суть в том, что когда в древней биосфере было «перепроизводство» растений, то их «излишки» выключались из существовавшего тогда биологического цикла, массами погибали и были погребены под слоями последующих осадков. В результате часть живого вещества превращалась в ископаемые органические накопления.

Почему же в прошлом было такое массовое «перепроизводство» растительности? Почему значительная часть ее была изъята из тогдашней биосферы? Определенные ответы на эти вопросы сейчас дать еще трудно, хотя достаточно ясно, что в такие периоды в наземной части биосферы оказывались несовершенными процессы превращения первичной растительной биологи-

ческой продукции во вторичную (в частности, в животную), а также процессы разрушения (деструкции) органических веществ.

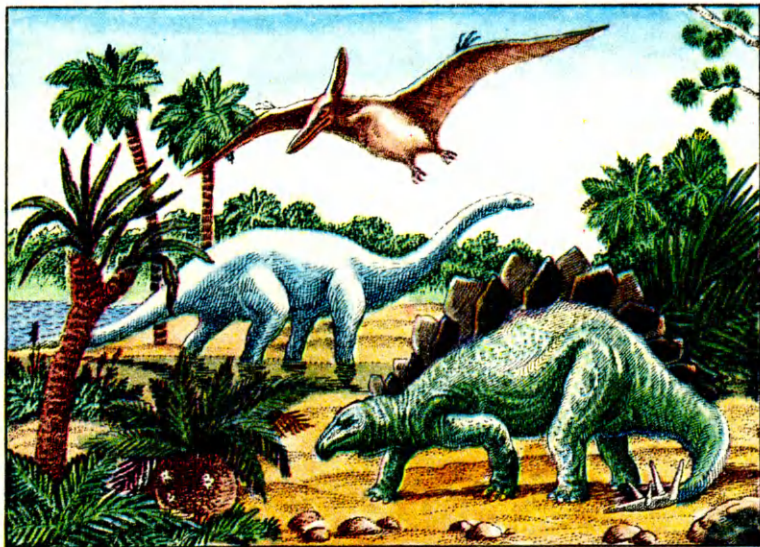
Таким образом, в геологическом развитии биосферы существовали тогда некоторые ограничивающие факторы. Несомненно, главным из них был общий уровень организации биосферы, достигнутый в тот или иной геологический период. В древние времена общий уровень организации биосферы был относительно невысоким, а структура биосферы — относительно простой. Но с течением времени биосфера развивалась и появлялись новые виды организмов, уровень организации биосферы становился все более высоким.

Мезозойская эра — начало формирования современной земной биосферы. В конце палеозоя и особенно в первый период мезозойской эры (в триасе) на Земле появилось много крупных животных. И возможно, что именно тогда в наземной биосфере установилось известное равновесие в создании, превращении и разрушении биологической массы. **Именно в этот период в геологической истории Земли возник сложный наземный биологический круговорот веществ.** Он дал, очевидно, новый толчок к развитию всей земной биосферы, которая приобрела целостную структуру не только в морской среде, но и на суше.

Одной из главных особенностей мезозойской фауны было обилие гигантских пресмыкающихся, или рептилий: динозавров, птерозавров, ихтиозавров и др. Никогда, ни ранее, ни позднее, эти животные не были так распространены на Земле (рис. 4). Пресмыкающиеся жили в условиях сравнительно однообразного теплого климата, без резких колебаний температуры и влажности зимой и летом. Они, по-видимому, почти не обладали способностью к регулированию температуры своего тела. И современные рептилии живут главным образом в тропических и субтропических областях с ровным климатом.

Рис. 4. В мезозойский период самой многочисленной группой животных были крупные пресмыкающи-

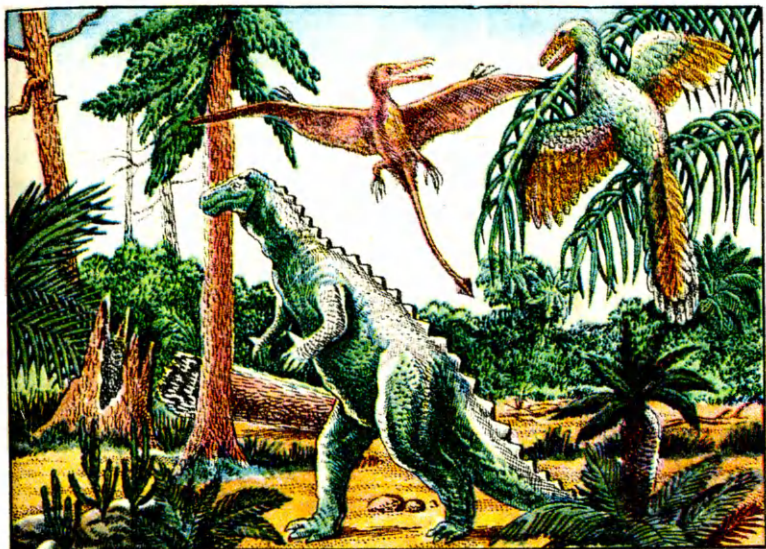
еся. На рисунке изображены гигантский диплодок, гигантский летающий ящер птеродон, панцирный



Во второй половине мезозойской эры и особенно в меловой период началось массовое вымирание этих крупных животных. В это время довольно сильно изменились условия их жизни: начались мощные горообразования, перераспределение морей и суши. Соответственно изменился и климат. Мезозойские животные не смогли приспособиться к этим переменам и погибли массами. Их захоронения (кладбища динозавров) можно встретить во многих районах суши. Конечно, не все те животные вымерли — рептилии, как и амфибии, не исчезли совсем. Но их число резко сократилось и изменилась их роль в экосистемах.

ящер стегозавр.
Справа: ящер
игуаподон,
передвигавшийся на
задних ногах, огромный

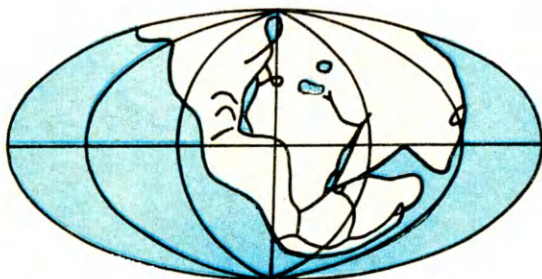
летающий ящер рамфор
и первоптица —
археоптерикс,
величиной примерно
с голубя.



В течение мезозойской эры, согласно новейшей теории, по-видимому, начался процесс раздробления единой земной суши (Пангеи) на крупные плиты — современные материки (рис. 5). Такие континентальные глыбы, увлекаемые движением расплавленного вещества мантии в земных недрах, расходились друг от друга. Между ними формировалось дно современных океанов с его особым геологическим строением, отличным от строения суши. Эта теория подтверждается новейшими научными данными. Дробление суши и привело к коренным изменениям всей природной среды, происшедшим на рубеже между мезозоем и кайнозоем.

**Рис. 5. Распад единой
земной суши — Пангеи**

— на крупные плиты,
современные материки.



**1. Единый
Проматерик в
палеозое.**



**2. Расположе-
ние плит
материков в
конце мезозоя —
начале
кайнозоя.**



**3. Современ-
ное
расположение
материков.**

Именно в это время, очевидно, были заложены главные черты современной земной биосферы — вся поверхность суши была освоена высшими растениями и высшими животными (прежде всего млекопитающими и птицами). Они стали играть значительную роль в круговороте веществ в экосистемах.

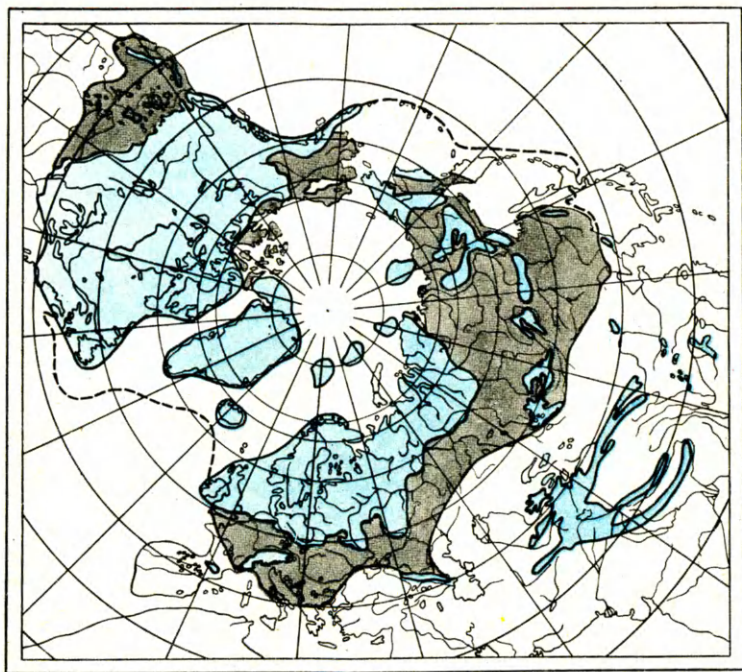
Кайнозойская эра — эра формирования современной биосферы. В конце мезозоя (в меловом периоде) и в начале кайнозойской эры природные условия сильно изменились. Появилось большинство представителей современной высшей растительности и млекопитающих (табл. 1). Именно эти растения и животные придают современной биосфере те черты природного многообразия и большой сложности структуры, которые говорят о высокой степени ее организации. Такая организация оказалась необходимой для сохранения устойчивости (равновесия) биосферы, ее саморегулирования, потому что в течение кайнозоя условия окружающей среды становились все более изменчивыми.

Важную роль в образовании современной структуры земной биосферы сыграли мощные оледенения в конце кайнозоя — в четвертичном периоде. Обширные массивы льда покрыли значительные части современных северных континентов. Широкие и суровые зоны вечной мерзлоты ограничили пространства, на которых могли сохраниться растения и животные доледниковой биосферы (рис. 6).

Но ледниковые покровы периодически уменьшались, иногда лед на материках даже полностью стаявал. Освободившиеся от ледников площади суши вновь заселяли животные, восстанавливался растительный покров. Волны холода в период четвертичного оледенения сменялись длительным потеплением. Это создавало изменчивую природную среду на поверхности Земли. Живым организмам приходилось приспосабливаться к новым условиям. Дальнейшая эволюция жизни ускоренно шла вперед.

Рис. 6. Границы распространения льдов в кайнозойской эре. Голубым цветом обозначена граница распространения льдов;

серым — зоны, примыкавшие к ледниковым покровам. Штриховая линия — древняя граница морских льдов.



Развитие животного мира в течение новейшей, кайнозойской эры привело к появлению группы человекообразных обезьян. Из этой группы млекопитающих несколько миллионов лет назад выделилось семейство гоминид.

Эволюция представителей этого семейства завершилась появлением современного человека.

Биосфера всегда была и остается жизненной средой обитания человека. Ее основные компоненты: климат, почвы и минеральные вещества, воды, растительный покров, животные — стали теми ресурсами, которые он использует для своей жизнедеятельности.

Человек появился в составе земной биосферы как один из представителей ее животного населения. Но он очень быстро занял в ней совершенно особое положение.

Сначала руководствуясь инстинктами, затем приобретенным жизненным опытом, а позднее вооружаясь научным осознанием процессов, происходящих в биосфере, человек быстро вырвался из плена естественных природных зависимостей.

Трудовая деятельность превратила человека в явление социальное, в совокупность людей, т. е. в человеческое общество. С течением времени человек, а точнее общество, все более и более усиливал свое воздействие на природную среду. В наше время воздействие человеческого общества на биосферу уже соизмеримо с действием самых мощных естественных сил.

Это, конечно, победа человека над природой. Но победа эта влечет за собой совершенно особую ответственность человечества по отношению к окружающей среде, т. е. к биосфере. Мощное воздействие современного человеческого общества на природу не должно приводить к разрушительным последствиям. Человечество обязано сохранять, преобразовывать и улучшать те свойства биосферы, которые обеспечат благополучие будущих поколений людей.

СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ

Самое активное вещество в биосфере — живое вещество. Количество живого вещества в биосфере очень невелико по сравнению с мертвым, неорганическим веществом. Однако именно живое вещество сыграло решающую роль в формировании современной биосферы, поскольку оно ежегодно воспроизводит около 10% своей общей массы.

Эта масса создается, преобразуется и разлагается. Находясь в постоянном круговороте, живое вещество вовлекает в этот круговорот большие массы минеральных веществ, которые оказываются поэтому биогенными — рожденными жизнью. Не только общий биологический круговорот в целом, но и круговороты отдельных химических элементов, будучи крайне быстрыми и мобильными, играют решающую роль во всей динамике биосферы. Основные из них: круговороты кислорода, углерода, азота.

Все биогенные круговороты (циклы) используют довольно ограниченную энергетическую базу — солнечный свет, обеспечивающий фотосинтез. В результате фотосинтеза образуется первичная биологическая продукция — живое тело растений. По проведенным подсчетам, зеленая растительность даже при условии максимального притока атмосферного углекислого газа усваивает не более 5% поступающей на земную поверхность солнечной энергии; обычно эта величина оказывается еще меньшей — от 0,1 до 1%.

Географическая структура биосферы: пояса и зоны

Вблизи земной поверхности, в областях наибольшей плотности биосферы, т. е. в «пленках жизни», условия для появления простейших форм жизни и ее развития были наиболее благоприятны. Но эти условия в некоторых географических зонах даже в настоящее время не всегда способствуют процветанию всех форм жизни. Это объясняется тем, что, кроме потока солнечной энергии и свободного доступа углекислого газа, для развития жизни, очень важны обеспеченность зеленых растений и других организмов теплом и влагой, а также соотношение между количествами тепла и влаги.

На земной поверхности и вблизи нее количества тепла и влаги сильно изменяются от места к месту, а их соотношение (много тепла и мало влаги; мало тепла и много влаги и т. д.) может быть очень разным. Советские ученые А. А. Григорьев и М. И. Будыко, изучая современную биосферу, сопоставили взаимосвязь теплового (радиационного) и водного балансов природных ландшафтов в географических поясах всего земного шара. Обобщенный результат этого изучения представлен в табл. 2.

Первый показатель этой таблицы — радиационный баланс земной поверхности. Он представляет собой разность величин поглощенной солнечной радиации и длинноволнового излучения, отраженного земной поверхностью. Радиационный баланс измеряется в килокалориях на квадратный сантиметр ($\text{ккал}/\text{см}^2$). Солнечная радиация — источник энергии для всех природных процессов.

В таблице выделены лишь четыре показателя радиационного баланса: меньше 0 — высокие широты, от 0 до 50 $\text{ккал}/\text{см}^2$ — умеренные широты, от 5 до 75 $\text{ккал}/\text{см}^2$ — субтропические широты и больше 75 $\text{ккал}/\text{см}^2$ — тропические широты.

Таблица географической зональности

Тепловая энергия — радиационный баланс (в ккал/см ² в год)	Условия увлажнения — радиационный индекс сухости								
	Меньше 0 (крайне избыточное увлажнение)	от 0 до 1 (избыточное увлажнение)				от 4/5 до 1 (оптимальное увлажнение)	от 1 до 2 (умеренно недостаточное увлажнение)	от 2 до 3 (недостаточное увлажнение)	более 3 (крайне недостаточное увлажнение)
		0—1/5	1/5—2/5	2/5—3/5	3/5—4/5				

Меньше 0
(высокие широты)

Вечный снег

От 0 до 50
(южноарктические, субарктические и средние широты)

Арктическая пустыня

Тундра (на юге островов с камнями редких колесий)

Северная и средняя тайга

Южная тайга и смешанный лес

Листовенный лес и лесостепь

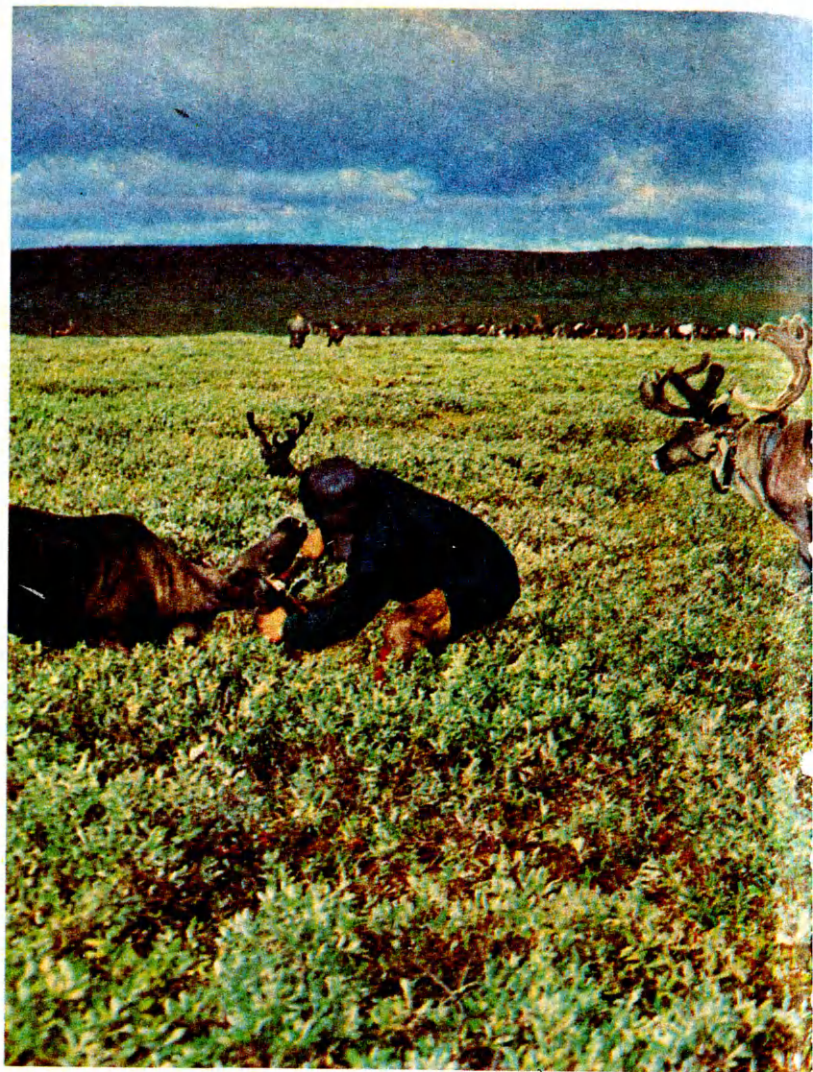
Степь

Полустепь умеренного пояса

Пустыня умеренного пояса

Условия увлажнения — радиационный индекс сухости

Тепловая энергия за радиационный баланс (в ккал/см ² в год)	от 0 до 1					Жестко-лиственный субтропический лес и кустарники, субтропическая степь	Субтропическая полупустыня	Субтропическая пустыня
	(избыточное увлажнение)				от 4/5 до 1 (оптимальное увлажнение)			
	Меньше 0 (крайне избыточное увлажнение)	0—1/5	1/5—2/5	2/5—3/5				
От 50 до 75 (субтропические широты)	—	—	Районы субтропической гемиги-леи	Дождевые субтропические леса		от 1 до 2 (умеренно недостаточное увлажнение)	от 2 до 3 (недостаточное увлажнение)	более 3 (крайне недостаточное увлажнение)
Больше 75 (тропические широты)	—	—	Районы преобладания экваториальных лесных работ	Сильно заболоченный экваториальный лес	Среднезаболоченный экваториальный лес, переходящий в светлые тропические леса и лесистые саванны	Сухая саванна	Опустыня	Тропическая пустыня



Тундра — южная зона
арктического пояса
Земли, северная часть
лесной зоны.



Тайга — обширные
пространства хвойных
лесов в северной части
лесной зоны.





Второй показатель — так называемый радиационный индекс сухости. Он представляет собой отношение радиационного излучения, полученного земной поверхностью, к затрате тепла на испарение годовой суммы атмосферных осадков.

В таблице даны 9 ступеней условий увлажнения по радиационному индексу сухости. По этим данным построены графы таблицы географической зональности на Земле, включающие 20 главных типов природных ландшафтов.

Масса растительности в различных географических поясах и прирост растительной продукции за год зависят от количества солнечного тепла (радиационного баланса) и атмосферной влаги (осадков). Эти зависимости показаны в таблице 3, составленной Н. И. Базилевич в 1974 г. на основе обобщения обширных данных, наблюдений и экспериментов.

Как видно из данных этой таблицы, для географических поясов (полярного, бореального, суббореального, субтропического, тропического), имеющих различные показатели радиационного баланса, характерны разные типы природных экосистем: **гумидные** — с избыточными атмосферными осадками, **семиаридные** — с ограниченными осадками и **аридные** — со значительным недостатком осадков. Эти экосистемы имеют различные запасы растительной массы. В целом общие запасы фитомассы равны $2,4 \cdot 10^{12}$ т и составляют около $2/3$ всей биомассы на Земле. Прирост растительной продукции за год достигает 10% от запасов фитомассы в биосфере Земли.

Средняя годовичная продукция растительности в различных типах ландшафтов была сопоставлена с величинами радиационного баланса и индекса сухости. Так были установлены количественные соотношения между образованием первичной биологической продукции — растительности — и солнечным теплом и атмосферной влагой. Оказывается, что в годовом приросте

Смешанные леса
занимают промежуточ-
ное положение между

хвойными и
широколиственными
лесами.



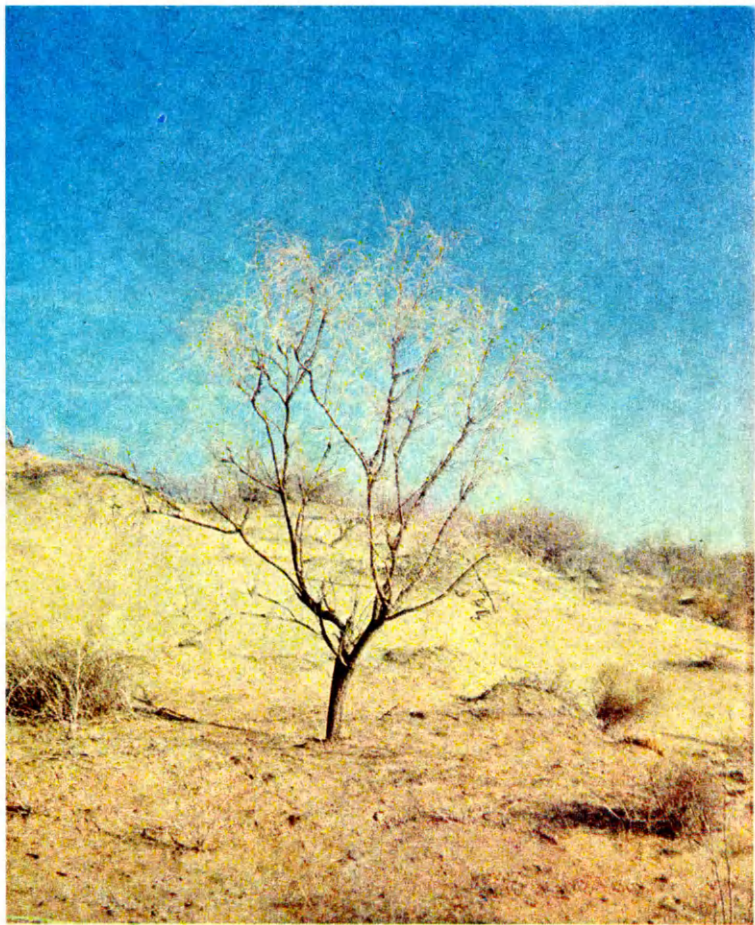
Степь — природная
зона умеренного
пояса. Климат

континентальный:
жаркое лето и
холодная зима.





Пустыня умеренного
пояса. Это крайне
засушливые области
земного шара.



**Высокогорья; выше
границы горных
лесов — ледники и
вечные снега.**



Растительная масса (фитомасса) и ее годовичная продукция на поверхности Земли

Географические пояса и области	Фитомасса		Годичная продукция	
	средняя (в т/г)	всего (10 ⁹ т)	средняя (в т/г)	всего (10 ⁹ т)
Бореальные гумидные и семигумидные	189	439,1	7	15,2
Суббореальные	124	278,5	8	17,9
В том числе: гумидные	342	253,5	13	9,3
семиаридные	21	16,8	8	6,6
аридные	12	8,2	3	2
Субтропические	134	323,9	14	34,5
В том числе: гумидные	366	228,4	26	15,9
семиаридные	99	81,9	14	11,5
аридные	14	13,6	7	7,1
Тропические	243	1347,2	19	102,5
В том числе: гумидные	440	1166,2	29	77,3
семиаридные	107	172	14	22,6
аридные	7	9	2	2,6
Ледники	0	0	0	0
Озера, реки	0,2	0,1	5	1
Суша	161	2402	11	172,5
Океан	0,005	0,2	2	60
Вся Земля	47	2402,7	5	232,5

органического вещества используется всего до 2% солнечной энергии, достигающей Земли. Эта величина солнечной энергии изменяется от 0,1—0,2% в пустынях до 1—1,2% в степях и лесах умеренного пояса. Эти цифры показывают, что современные экосистемы с энергетической точки зрения еще очень несовершенны. Во всяком случае они имеют большие возможности, чтобы увеличить свою продуктивность, например, в сельскохозяйственном производстве.

Понятие об экологических системах — одно из основных в учении о биосфере. Бельгийский ученый П. Дювиньо дал такое определение экосистеме: «Функциональная система, включающая в себя сообщество живых существ и их среду обитания, называется экологической системой».

Экосистема обычно представляет собой сложное единство взаимодействующих между собой растений и животных, существующих в определенных условиях внешней среды. Биосферу Земли можно рассматривать как совокупность всех экосистем, между которыми существуют различные взаимодействия.

Итак, под термином «экосистема» подразумеваются, во-первых, наземные экосистемы в виде природных ландшафтов и их частей; во-вторых, водные экосистемы рек, озер, морей. Долгое время понятие «природный ландшафт» было чисто описательным. Потом в него стали вкладывать представление о закономерном сочетании природных особенностей: рельефа, климата, вод, почв, растительного покрова, животного населения, «сливающихся в единое целое и типически повторяющихся на протяжении данной зоны Земли» (Л. С. Берг).

Однако в понятие «экосистема» включают и более крупные подразделения: географические пояса и зоны. Это тундра, тайга, тропические леса, саванны, пустыни.

Наконец, экосистемой, видимо, можно назвать всю биосферу, связанную воедино в результате взаимодействия между отдельными биологическими круговоротами.

Термин «биогеоценоз» предложил советский ученый В. Н. Сукачев в 1948 г. Это понятие близко к понятию «экосистема». Оно обозначает «совокупность... однород-

ных природных явлений: атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий, имеющих свою особую специфику взаимодействий этих ее компонентов и определенный тип обмена веществами и энергией их между собой и с другими явлениями природы и представляющих собой внутреннее противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии». Сейчас все чаще применяется термин «экосистема», хотя в нашей стране и в ряде других стран пользуются и термином «биогеоценоз».

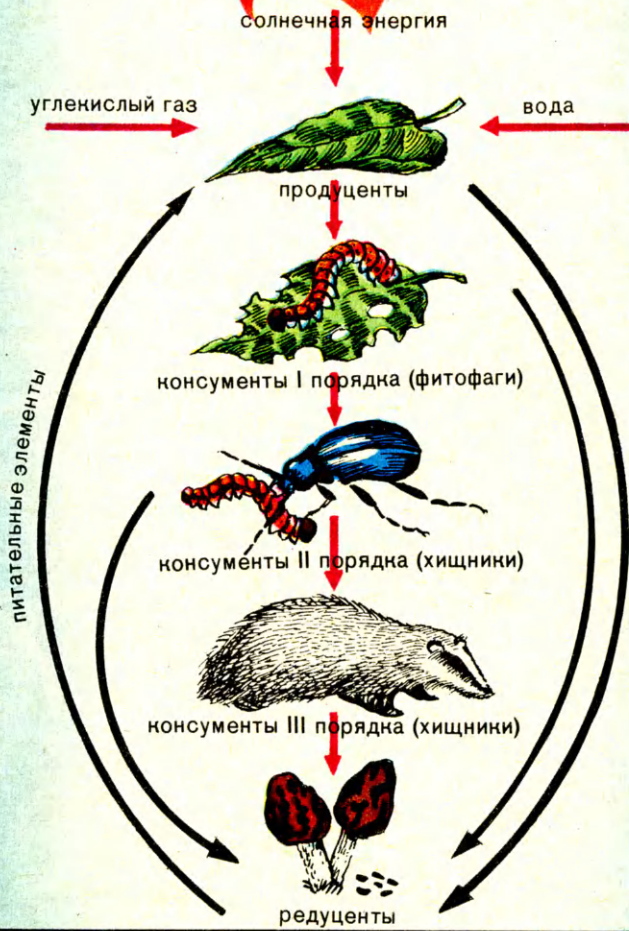
Основные звенья биологического круговорота. Процессы превращения первичной продукции (растительной) во вторичную (в частности, животную) и их распад — это основа биологического круговорота веществ в экосистемах, основа круговорота жизни на Земле.

Основными формами обмена веществами и энергией в экосистеме между ее компонентами: растениями, животными и микроорганизмами — и окружающей средой являются фотосинтез, дыхание живых организмов и разнообразные пищевые связи (рис. 7).

Перечислим теперь главные компоненты экосистем, обеспечивающие биологический круговорот:

1. **Продуценты** — это в основном растения. Они запасают солнечную энергию в виде первичной биологической продукции, образующейся в процессе фотосинтеза.

2. **Консументы** — это в основном животные. Они потребляют первичную продукцию и накопленную в ней энергию. Консументов делят на три главные группы: консументы первого порядка — растительноядные животные; консументы второго порядка — плотоядные



животные, питающиеся растительными; консументы третьего порядка — плотоядные животные, питающиеся другими плотоядными (рис. 7).

3. Редуценты — это в основном микроорганизмы и грибы. Они обеспечивают разрушение первичной и вторичной биологической продукции и завершают биологический круговорот веществ в экосистемах. Без них было бы невозможно воспроизводство жизни, повторение биологических круговоротов.

Степень совершенства экосистем. Чтобы изучить структуру природной экосистемы, очень важно выявить соотношение между результатами деятельности продуцентов, консументов и редуцентов. В развитой экосистеме эти соотношения должны быть полностью сбалансированы, т. е. органическое вещество, израсходованное животными, растениями и микроорганизмами, должно восполняться растениями в процессе фотосинтеза.

Состояние устойчивого равновесия экосистемы с внешней средой называется климаксом. Устойчивые экосистемы формируются постепенно. Состоянию климакса предшествуют малоустойчивые стадии развития экосистемы. Переходы от одной неустойчивой стадии к другой, вплоть до климаксного состояния, называют сукцессиями. Так, например, озеро со временем может превратиться в болото, образуется торф, на торфянике вырастет лес и т. д.

В ходе сукцессии увеличивается разнообразие видов организмов, входящих в экосистему. Такое разнообразие повышает устойчивость экосистемы. При сукцессиях могут накапливаться остатки первичной биопродукции, не потребляемой консументами (животными), функции которых еще не достигли необходимого развития в экосистеме.

Климаксовые экосистемы, конечно, могут с течением времени нарушаться; это может быть вызвано или естественным, стихийным изменением условий среды, или

же воздействием человека. Изменения природы под воздействием человека называют антропогенными.

Итак, равновесие, сбалансированность обмена веществом и энергией в экосистеме — важный признак ее совершенства.

Назовем признаки, характеризующие степень совершенства экосистемы. Во-первых, это тип внутреннего круговорота веществ. Он определяется источниками и общим характером поступления этих веществ в пределы экосистемы. По этому признаку все природные экосистемы делят на три главные группы: автономные (независимые), расположенные на водоразделах; транзитные (зависимые), расположенные на склонах и «подпитываемые» веществами из поверхностных и грунтовых вод, стекающих по склонам, и аккумулятивные (подчиненные), расположенные в понижениях рельефа и использующие вещества, которые сюда сносятся.

Во-вторых, это степень замкнутости оборота веществ. В автономных экосистемах необходимые организмам вещества в главной массе «включены» в круговорот и используются повторно. Высокая степень замкнутости оборота веществ характерна для большинства зональных природных экосистем, например для широколиственных лесов и луговой степи. Явно несовершенный оборот, с большими «потерями» (т. е. отдачей вовне и «выходом» из круговорота) своих биогенных элементов, свойствен экосистемам тундр и темнохвойной тайги.

В-третьих, экосистема тем совершеннее, чем интенсивнее в ней скорость оборота веществ. Она определяется отношением ежегодного прироста биологической продукции к общей биомассе экосистемы. Скорость оборота веществ велика в широколиственных лесах и в травянистых экосистемах — степях. В таких областях благоприятное сочетание тепла и влаги обеспечивает высокую жизнедеятельность растений, животных и микроорганизмов. Поэтому здесь очень быстро происхо-

дит синтез первичной биологической продукции и превращение ее во вторичную продукцию, а также распад органических веществ.

Способность природных экосистем достигать сбалансированного состояния — результат длительной геологической эволюции экосистем. Чем больше геологический период формирования экосистемы, тем она совершеннее. Например, широколиственные леса, несомненно, старше в геологическом смысле, чем тайга или тундра. Эти леса были уже широко распространены задолго до четвертичных оледенений, в меловом и третичном периодах. А тундра и тайга образовались, по видимому, под влиянием оледенений, т. е. во вторую половину четвертичного периода. Вероятно, поэтому структура экосистем широколиственных лесов функционально более совершенна, чем тайги и тундры.

Однако функциональная структура даже сравнительно «молодых» в геологическом смысле природных экосистем все же весьма сложна. Поэтому необходимо их изучать и беречь от разрушения стихией или человеком. Ведь любую разрушенную природную экосистему восстановить, как правило, очень трудно, а иногда и вообще невозможно. Чтобы экосистема восстановилась естественным путем, необходимы столетия. Конечно, восстановление можно ускорить, если хорошо знать всю структуру экосистемы и умело управлять ею. Но такой уровень научного познания сейчас еще не достигнут.

Биохимический круговорот веществ в биосфере

Рассмотрим теперь основные процессы, совершающиеся в биосфере с химической точки зрения. Это расширит наши знания о биологическом круговороте веществ.

Биосфера представляет собой единство «живых» (т. е. содержащихся в организмах) и «мертвых» (т. е.

находящихся вне организмов) химических элементов, вовлекаемых в сферу жизни. Наземными растениями включены в жизненные циклы 340 млрд. т различных химических элементов. Это огромное количество. Натрий, калий, кальций, марганец, железо, алюминий и многие, многие другие элементы участвуют в общем биологическом круговороте.

Содержание этих элементов в растительной массе Земли возрастает от высоких широт к низким и от ландшафтов с избытком влаги к засушливым ландшафтам. В растительности океана химических эле-

Т а б л и ц а 4

Запасы минеральных веществ в фитомассе

Географические пояса и области	Количество вещества		
	среднее (в кг/га)	всего (10 ⁶ т)	среднее содержание в 100 г (в %)
Полярные	142	115	0,8
Бореальные	1761	4086	0,9
Суббореальные	1113	2508	1,0
В том числе:			
гумидные	2244	1658	0,7
семиаридные	735	596	3,5
аридные	360	254	3,1
Субтропические	1836	4454	1,4
В том числе:			
гумидные	4148	2588	1,1
семиаридные	1548	1283	1,6
аридные	599	583	4,3
Тропические	4138	22 895	1,7
В том числе:			
гумидные	7188	19 051	1,6
семиаридные	2189	3503	2,6
аридные	266	341	3,8
Ледники	0	0	0
Озера, реки	20	4	10,0
Суша	2282	34 062	1,4
Океан	1	36	0,1
Вся Земля	668	34 098	1,4

ментов содержится сравнительно немного — $36 \cdot 10^6$ т, т. е. всего лишь 0,001% от количества, содержащегося в наземной растительности.

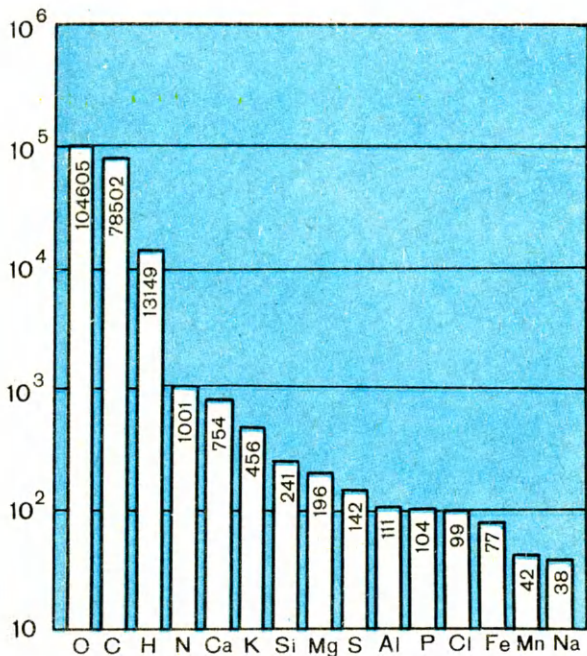
Интересные подсчеты количества минеральных веществ, содержащихся в растительности (фитомассе) различных географических поясов, приведены в таблице 4.

В океанах состояние биосферы сильно отличается от состояния ее на континентах. На суше оно зависит от географических широт, а в океане эта зависимость выражена значительно слабее. Это объясняется совершенно особыми условиями развития растительности в океанах и морях. Солнечный свет в достаточном для фотосинтеза количестве проникает здесь только на глубины до 100 м, а в мутных прибрежных водах — лишь на 50—60 м. Поэтому в основной толще воды океанов и морей первичная биологическая продукция — растительная — практически не образуется. Она здесь только испытывает различные превращения и распад.

Большое значение в образовании первичной биологической продукции в океанах и морях имеют течения. Они доставляют в поверхностный слой минеральные элементы, необходимые для создания живого вещества и создают определенные тепловой и газовый режимы. Благодаря этому во всех географических зонах Мирового океана создаются районы то богатые, то бедные жизнью. В целом биомасса Мирового океана в 30 раз меньше биомассы суши.

Круговороты основных химических элементов в биосфере. Основные химические элементы, из которых состоит биомасса, — это кислород, углерод и водород. На рисунке 8 показаны новейшие подсчеты химического состава биосферы. Как видно из этих данных, в состав биосферы входит 106 т кислорода, 78 т углерода и 13 т водорода на 1 гектар суши. Все остальные элементы, в том числе натрий, калий, кальций, марганец и др.,

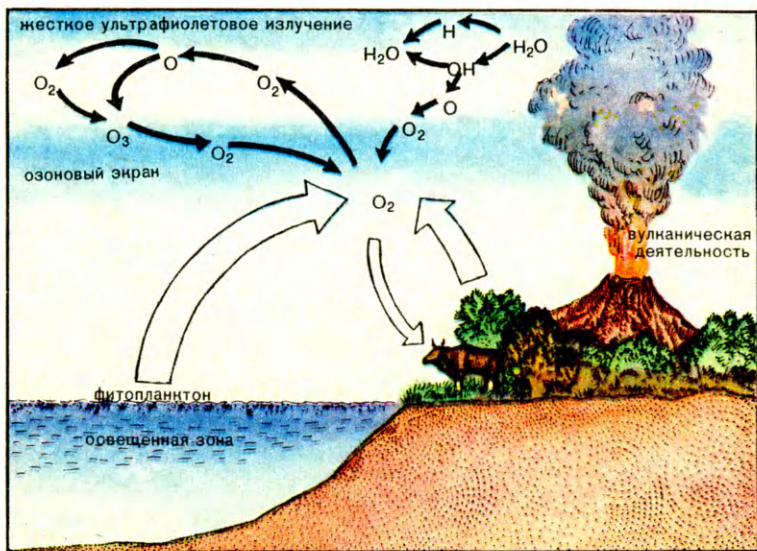
Рис. 8. Подсчеты химических элементов, входящих в состав биосферы, в тоннах на 1 гектар суши.



содержатся в биосфере в значительно меньших количествах. Общая схема **круговорота кислорода** в земной биосфере показана на рисунке 9.

Как видно из схемы, атмосферный кислород потребляют в основном на дыхание различные организмы. Кислород расходуется и на окислительные процессы простых веществ, образующихся при разложении сложных органических веществ микроорганизмами.

Рис. 9. Схема круговорота кислорода в биосфере.

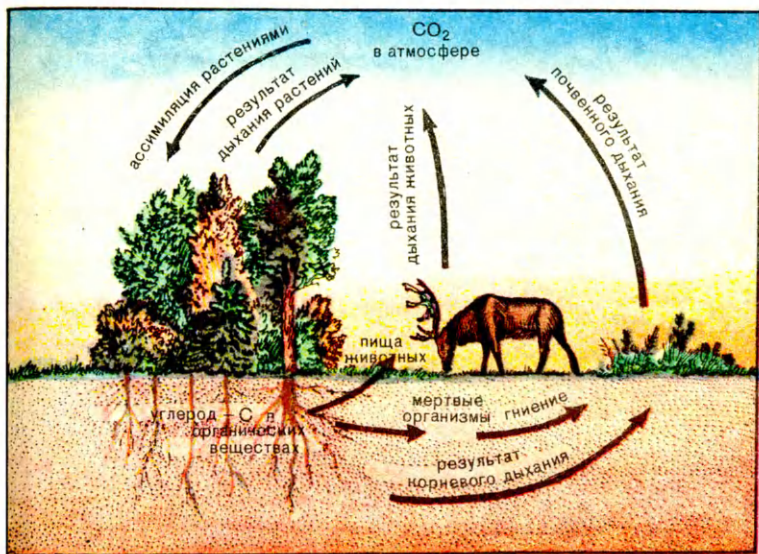


При вулканических извержениях в атмосферу попадает много окиси углерода. Она соединяется с атмосферным кислородом, образуя углекислый газ.

Главным источником атмосферного кислорода служат зеленые растения. На суше они производят в процессе фотосинтеза $53 \cdot 10^9$ т кислорода в год, а в океанах и морях — $414 \cdot 10^9$ т. Возможно, что очень небольшое количество кислорода поступает из ионосферы при разложении паров воды под действием ультрафиолетовых лучей.

В настоящее время в атмосфере содержится около 21% кислорода — $280000 \cdot 10^9$ т. Вероятно, он образовался в процессе фотосинтеза. Подсчитано, что весь кислород атмосферы мог бы образоваться в течение

Рис. 10. Схема круговорота углерода.



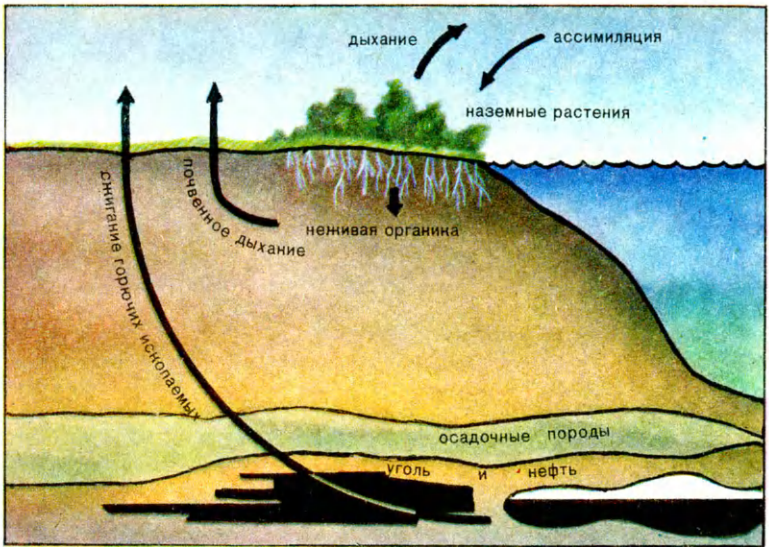
всего лишь 600 лет и что он проходит через живое вещество примерно за 2000 лет — это как раз и есть скорость круговорота кислорода в биосфере в современную эпоху.

Общая схема **круговорота углерода** изображена на рисунке 10. Его первое звено — поглощение зелеными растениями при фотосинтезе атмосферного углерода, содержащегося в углекислом газе.

Часть поглощенного углерода используется для образования органических веществ. При этом выделяется кислород. Другая часть в процессе дыхания снова возвращается в атмосферу.

Второе звено в круговороте углерода — это использование органических веществ животными при пита-

Рис. 11. Схема наземного и морского круговорота углерода.

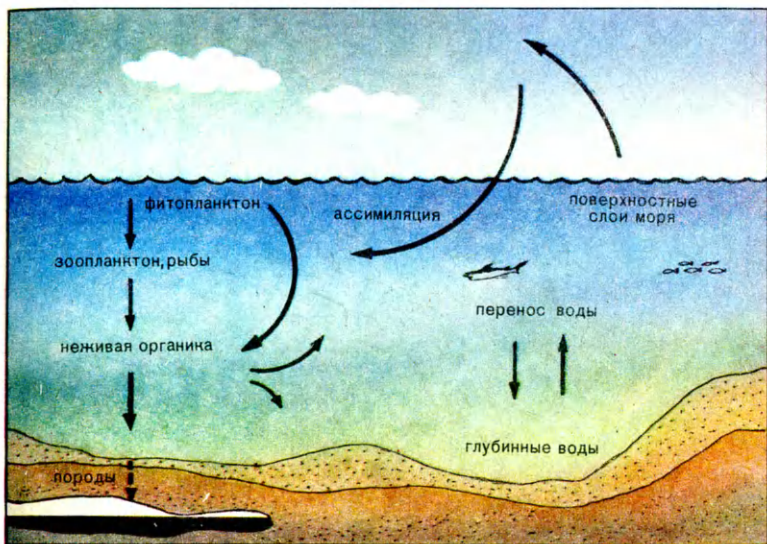


нии и частичное возвращение углерода в атмосферу при их дыхании. Третье звено — часть органических веществ растений уходит в почву, например, при листопаде, а животных — с отбросами. При этом мертвое органическое вещество разлагается микроорганизмами, и снова часть углерода возвращается в атмосферу.

Содержание углерода в современной атмосфере очень невелико — всего 0,03%. Поэтому биологический круговорот углерода значительно более интенсивен, чем кислорода. Рассчитано, что скорость оборота углерода равна 300 годам, т. е. почти в 7 раз быстрее, чем при круговороте кислорода.

Однако этот круговорот углерода несколько осложняется участием Мирового океана. Здесь также суще-

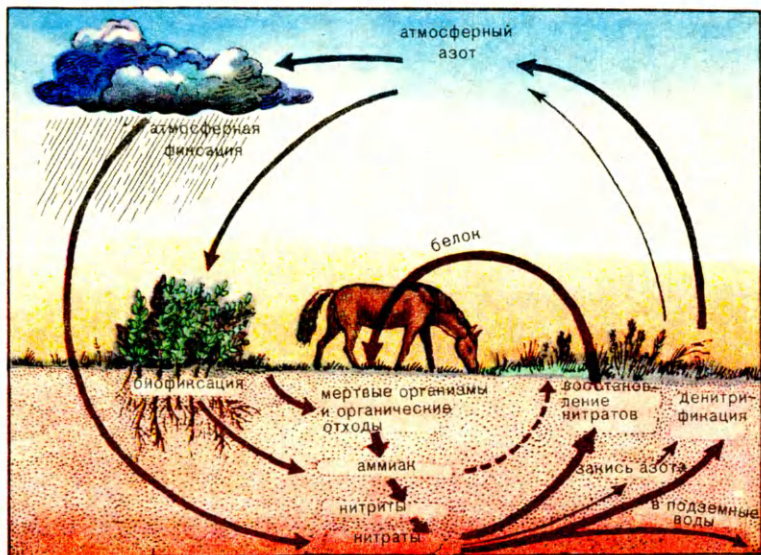
Часть углерода «уходит»,
в осадочные породы
и в круговороте не участвует.



ствуется та же трофическая (пищевая) цепь: продуценты (фитопланктон), консументы (зоопланктон, рыбы и другие морские животные), редуценты (микроорганизмы). Но некоторая часть углерода мертвого органического вещества в океане «уходит» в осадочные породы: известняки и пр. — и в круговороте не участвует. Кроме того, в морской воде содержатся растворенные соединения углерода, причем глубинные слои, бедные кислородом, более богаты углеродом, чем поверхностные.

Течения перемешивают глубинные и поверхностные воды, происходит циркуляция растворенного в морской воде углекислого газа, который находится в постоянном обмене с атмосферным. На рисунке 11 изображены схемы наземного и морского круговорота углерода.

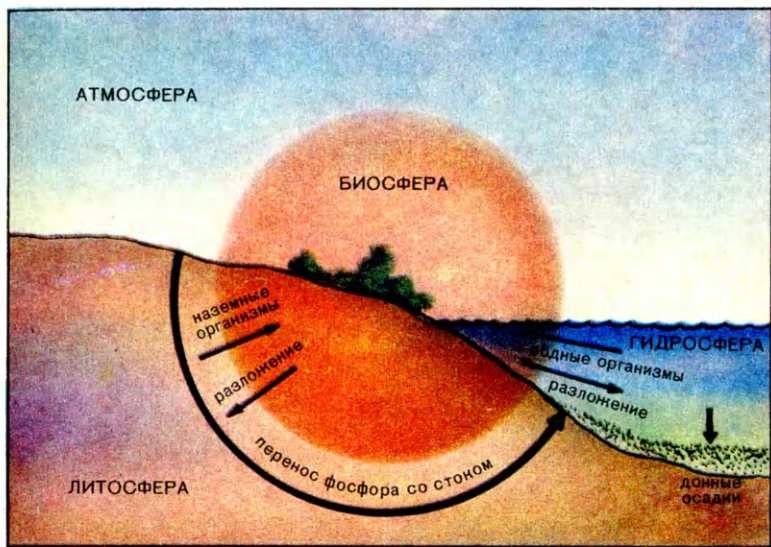
Рис. 12. Схема круговорота азота.



Круговорот водорода в биосфере тесно связан с круговоротом воды и кислорода. Круговорот других химических элементов, вовлеченных в общий биологический круговорот, имеет ряд особенностей, характерных для каждого химического элемента. Интересны с биогеохимической точки зрения особенности круговорота азота и фосфора, которые играют важную роль в создании живого органического вещества.

Биологический круговорот азота, так же как и кислорода и углерода, сложен. Хотя количество азота в составе атмосферы очень велико — 79%, тем не менее поглощение его растениями (создателями первичной биологической продукции) довольно ограничено. Это объясняется тем, что азот усваивается зелеными растениями только в форме соединений с водородом и кисло-

Рис. 13. Схема круговорота фосфора.



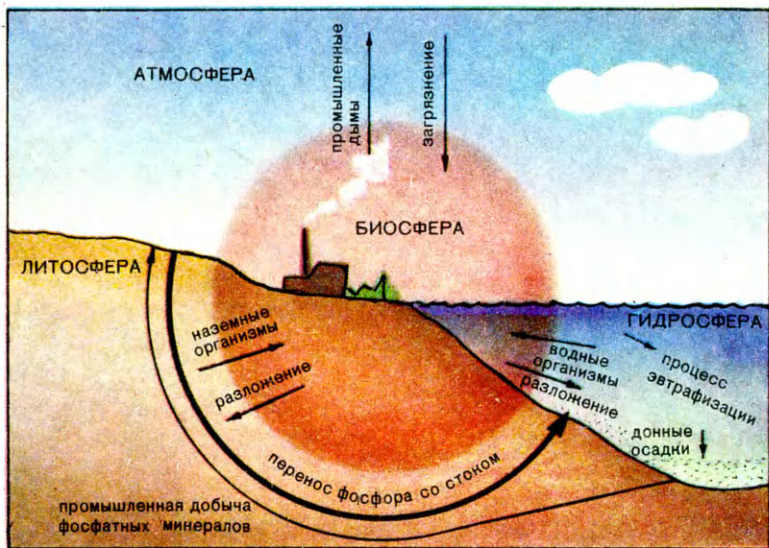
родом. Азот органических соединений (в основном аминокислот) при их разложении микроорганизмами переходит в аммоний и аммиак. При этом освобождается свободная энергия.

Во вторичной (животной) биологической продукции азотистых белковых соединений содержится еще больше. При разложении мертвых растительных и животных остатков в результате деятельности некоторых микроорганизмов образуются нитраты. В почвах под воздействием других микроорганизмов они восстанавливаются до нитритов, окиси азота и свободного азота. Однако в ходе этого круговорота (рис. 12) часть нитратов попадает в грунтовые воды.

Помимо этой биологической цепи часть атмосферного азота превращается в нитраты под воздействием

Рис. 14. Круговорот фосфора в биосфере изменился в результате

хозяйственной деятельности человека.



атмосферного электричества. Эти нитраты далее также поступают в почву и включаются в общий круговорот. Но в природный круговорот азота в настоящее время включены и аммиак, получаемый искусственно, и нитриты и нитраты, которые в виде минеральных удобрений широко применяются в сельском хозяйстве, а также и в бытовой химии. Усложнение круговорота азота, связанное с вмешательством человека, не всегда благоприятно для природы.

Содержание фосфора в биомассе современной биосферы значительно меньше, чем, например, кислорода, углерода и натрия. Но фосфор очень важен для создания живого вещества, без него невозможен синтез белков и других высокомолекулярных соединений углерода — этой важнейшей части живой биомассы.

Круговорот фосфора в биосфере очень своеобразен. Соединения фосфора растворимы (а следовательно, подвижны) лишь в кислых растворах и в бескислородных средах. В щелочных растворах и в кислородной среде фосфор сам по себе неподвижен, потому что находится в основном в нерастворимых соединениях с кальцием и железом. В природе, прежде всего в почвах, фосфора почти всегда не хватает. Поэтому внесение искусственных фосфорных удобрений резко увеличивает биологическую продуктивность экосистем.

На рисунке 13 изображена принципиальная схема общего круговорота фосфора. Она показывает, что источником фосфора в биосфере могут быть только горные породы. Круговорот фосфора совершается прежде всего в почвенно-растительном слое биосферы благодаря жизнедеятельности наземных организмов. Изогнутая стрелка в нижней части схемы показывает, что часть фосфора поверхностные и грунтовые воды сносят с суши в водные бассейны. Здесь, в водных бассейнах, под воздействием организмов возникает вторая арена круговорота фосфорных соединений, часть которых уходит в состав донных отложений. Из них фосфор «переходит» с течением времени в состав горных пород и вновь, таким образом, может вступить в глобальный биологический круговорот.

Но эта принципиальная схема резко изменяется под воздействием человека (рис. 14). Как мы видим, с появлением промышленности, производящей искусственные фосфаты, которые попадают потом в почвы, а также и в воды в составе промышленных и бытовых стоков, круговорот фосфора в биосфере резко усиливается. Нежелательное следствие этого — зацветание водоемов.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА НА БИОСФЕРУ

Биосфера — жизненная среда для человечества. Ее основные компоненты: почва и горные породы, воды, растительный покров, животные. Это естественные ресурсы, необходимые для жизни и хозяйственной деятельности человека. Человек и человечество возникли в ходе развития современной биосферы и органически связаны с нею. Но вместе с тем человечество занимает в биосфере совершенно особое место. Оно определилось на самых ранних этапах истории первобытного человека и утверждалось с течением времени.

Первобытный человек и природа

Человекообразные обезьяны — самые близкие родственники человека среди современного животного населения биосферы. Их представители (гориллы, шимпанзе, орангутаны, гиббоны) живут главным образом в тропических лесах. В этих природных экосистемах они занимают определенное экологическое место, будучи типичными консументами.

Остатки древнейших пралюдей — гоминид — обнаружены в Восточной Африке. Их возраст — 4—5 млн. лет. Ученые предполагают, что обитали древние пралюди не только в тропических лесах, среда их жизни была намного разнообразнее, чем человекообразных обезьян. Древние пралюди уже на самых ранних стадиях своего существования начали освобождаться от природной экологической зависимости. Причиной этого решающего эволюционного перелома была прежде все-

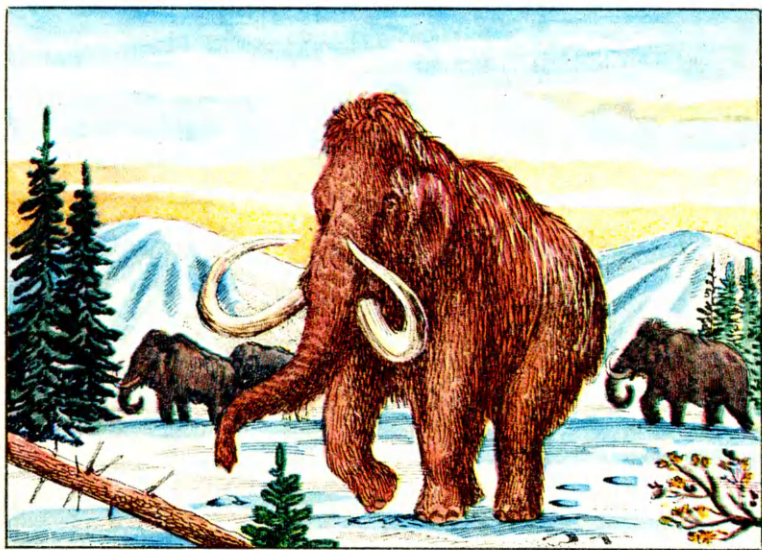
го всеядность человека, его способность использовать как первичную (растительную), как и вторичную (животную) биологическую продукцию. Кроме того, человек был вооружен, он мог использовать различные предметы (каменные ножи, стрелы и другие орудия) для охоты и добывания пищи.

Первые люди заняли совершенно особое положение среди всего животного населения суши. Территория их обитания необычайно сильно расширилась. Первый человек вышел из определенного типа экосистем (тропического леса) и вторгся в другие типы экосистем. Все это вывело людей из-под контроля биологических и экологических факторов, сложившихся в ходе эволюции биосферы. Так были сделаны первые шаги по пути покорения природы человеком, созданы предпосылки для быстрого развития социальной организации человеческого рода.

Многие сотни и десятки тысяч лет первобытное человеческое общество совершенствовало свою материальную культуру и социальную организацию. В течение очень долгого времени — от палеолита до среднего неолита (мезолита) — древние люди существовали, собирая плоды диких растений или охотясь на диких животных. Постепенно древний человек расселялся на новых территориях с девственной природой, преобразовывал ее. Он становился причиной значительных изменений в окружающей среде.

На северных континентах древний человек осваивал территории, которые освобождались от материкового льда в эпохи его стаивания, особенно в конце ледникового периода. Необыкновенно важен и значителен тот факт, что древние люди продвигались из благодатных южных тропических и субтропических областей в суровые северные районы. Он говорит о том, что первобытный человек, очевидно, испытывал уже некоторые жизненные трудности в районах своего первоначального обитания. В поисках новых источников природных

Рис. 15. Крупные
травоядные животные:
мамонт, шерстистый



ресурсов, прежде всего легкодоступной пищи, он расширял жизненное пространство.

Очень интересен вопрос о причинах исчезновения в конце четвертичного периода так называемой мамонтовой фауны. Эта фауна, как установлено палеонтологическими находками, была очень широко распространена у окраин ледников и на территориях, освобождающихся от материковых льдов последнего оледенения (рис. 15). Это были крупные травоядные животные: мамонт, шерстистый носорог, гигантский олень. Эти животные совершенно исчезли к концу верхнего палеолита, т. е. 12—15 тыс. лет назад. Многие ученые считают, что причиной их гибели был первобытный человек, ловкий и сильный охотник, который сравни-

носорог, гигантский
олень — исчезли 12—15
тыс. лет назад.



тельно легко добывал себе этих животных. Об этом свидетельствуют целые мамонтовые кладбища вблизи стоянок древнего человека. Кости мамонтов люди использовали для постройки первых жилищ, предметов домашнего обихода и украшений (рис. 16).

В этот период (последние 12—15 тыс. лет) происходят большие изменения в характере материальной культуры древних людей. Завершается древний каменный век (палеолит), и начинается новый каменный век — неолит, а затем эпоха железа и бронзы. В конце неолита (около 5—6 тыс. лет до н. э.) возникает примитивное земледелие и животноводство.

Естественно, хочется связать все эти важные события в один узел. Не исчерпал ли первобытный человек в

Рис. 16. Кости мамонтов древние люди использовали в домашнем хозяйстве.



конце четвертичного периода все те возможности существования, которые давали ему собирательство и охота? Не проявился ли в этом первый крупный экологический кризис в жизни человеческого общества? Не заставил ли именно он первобытного человека искать новые источники пищи: начать выращивать зерновые и плодовые растения и приручать диких животных?

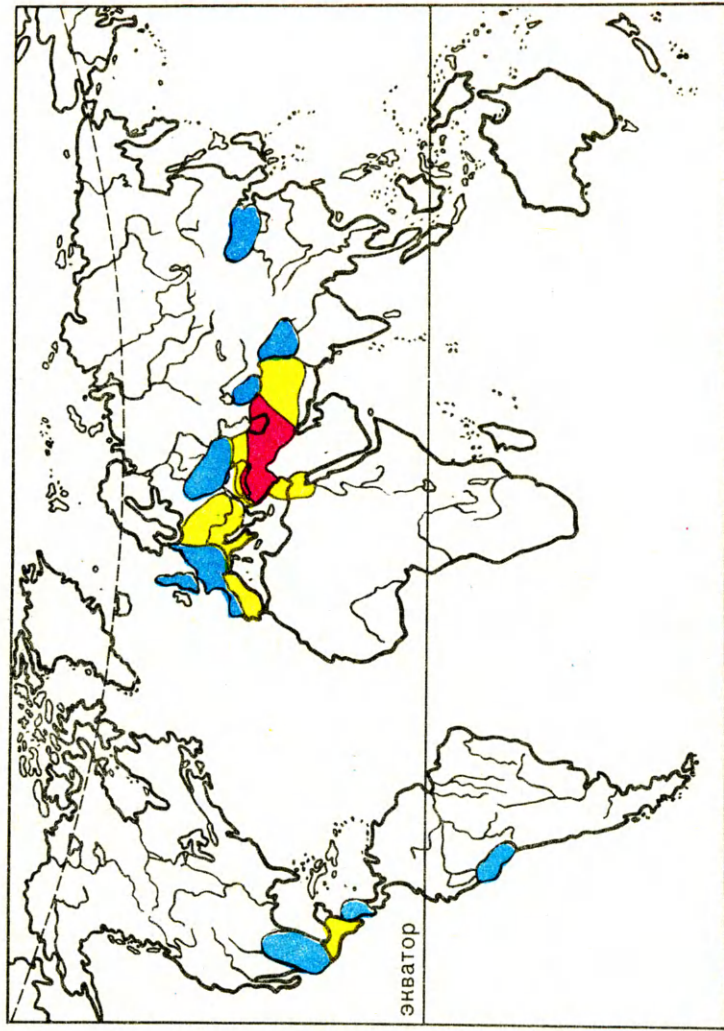
Вот какие интересные и важные вопросы стоят сейчас перед исторической наукой. Все эти вопросы касаются проблемы воздействия человека на биосферу. А еще шире — проблемы воздействия человеческого общества на окружающую природу уже на самых ранних этапах развития общества.

Воздействие человека на биосферу в историческое время

Переход первобытной общины, существовавшей на основе охоты и собирательства, к первым зачаткам земледелия и животноводства был переломным. В это время закончился доисторический период во взаимодействии природы и общества. Исторический период характеризуется уже совершенно новыми формами взаимодействия природы и общества.

При рабовладельческом и феодальном строе развились ремесла, земледелие (переложное и подсечное) и пастбищное животноводство (рис. 17). Своей хозяйственной деятельностью человек оказывал все большее влияние на природу. При подсечно-огневой системе земледелия крестьяне вырубали участки леса и на месте вырубок сжигали пни, ветви и кустарники. Зола была хорошим удобрением. Такие участки оставались плодородными 2—3 года. В степях почва истощалась медленнее, за 7—10 лет. Оскудевшие земли бросали и осваивали новые, целинные участки. Через несколько лет заброшенные земли — перелог — опять засевали. Это переложная система земледелия.

Все больше использовали люди и другие природные ресурсы. Ремесленной мануфактуре, кроме минерального сырья (строительного камня, руд и др.), требовались древесина для жилищного, хозяйственного и военного строительства, для кораблестроения, древесный уголь, различное сельскохозяйственное сырье для тканей, кожаных изделий и других материалов. Необходимее всего была древесина. Поэтому в течение древних и средних веков леса вырубали полностью и превращали в луга, особенно в сравнительно плотно заселенных районах, например в Средиземноморье. Большие лесные массивы превратились в луговые пастбища и пахотные земли в Древнем Риме, средневековой Европе, Древней Руси. Гибель лесов, конечно, очень сильно



изменяла природную среду и особенно глубоко сказалась на диких животных. Нарушались не только важные трофические (пищевые) связи между компонентами природных экосистем; изменялась вся экологическая обстановка жизни животных. С гибелью лесов резко уменьшилось количество диких животных: медведей, кабанов, лосей, пушных зверей, некогда распространенных почти повсеместно во всех лесных районах умеренного пояса. Многие виды животных позже полностью исчезли с лица Земли.

На вспаханных полях и пастбищах биологический круговорот веществ в основном не нарушался. Это объясняется прежде всего переложным характером земледелия. Хотя на многолетних залежах молодой лес развивался не везде и не всегда, тем не менее биологический круговорот значительно восстанавливался. Заменителями естественных травоядных животных был домашний скот, который удобрял пастбища. Конечно, на территориях, освоенных под сельское хозяйство, возникали новые агроприродные экосистемы, но они все же сохраняли большое сходство с первоначальными природными экосистемами.

Только при чрезмерной эксплуатации пастбищ и на избыточно орошаемых площадях возникали необратимые неблагоприятные изменения в природной среде. Такие сильные нарушения ухудшали условия жизни населения. В некоторых районах, например в Средней Азии и Центральной Америке, люди переселялись с обедневших земель, оставляя «мертвые» поселения и так называемые бросовые земли.

Между тем стали появляться крупные города с большим населением. В древних Фивах за 2 тыс. лет до н. э. было свыше 200 тыс. жителей; в Афинах в V в. до н. э.

проживало 120—180 тыс. человек; в Древнем Риме, возможно, около 1 млн. В феодальную эпоху в Западной Европе и на Руси существовали сотни крупных городов, которые были центрами ремесла и торговли. Городская среда уже тогда отличалась от сельской. Скопление людей и жилищ при низком санитарном уровне было опасным в те времена. В средневековых городах часто случались эпидемии холеры, чумы, оспы, губившие часть городского населения. Но с повышением санитарного уровня городов эта характерная особенность средневековых городов постепенно исчезала.

Феодальный строй сменился буржуазным, развитие капитализма и промышленная революция внесли глубокие изменения во взаимоотношения общества и природы. С переходом от ремесленного производства к промышленному резко увеличился спрос на минеральное сырье. В. И. Вернадский составил интересную таблицу, в которой показаны изменения в использовании человеком различных химических элементов.

Таблица 5

Использование человеком химических элементов

Эпохи	Число элементов	
	абсолютное число	в % к общему числу
Древние века	19	21,3
До XVIII в.	26	29,2
XVIII—XIX вв.	28—50	31,4—56,1
Начало XX в.	59	66,3

Эта таблица показывает, какой резкий скачок (от 31,4 до 56,1% произошел в XVIII—XIX вв. в использовании природных химических элементов обществом. Этот быстрый рост продолжался и в XX столетии.

Больше всего в это время требовались каменный уголь и руды металлов. Поэтому в развитых странах

возникают обширные районы горнопромышленных разработок с терриконами из пустой породы и отвалами шлаков. Площади таких районов быстро растут, и в конце концов в промышленных районах начинает ощущаться недостаток земель.

В городах и их пригородах возникают индустриальные зоны и районы. Концентрация тяжелой промышленности и рабочего населения резко ухудшает условия жизни в городах. Дым и грязь, промышленные отходы быстро превращают городские районы в трущобы, лишенные солнца, зелени, свежего воздуха и чистой воды.

Резко увеличивается потребность в древесине, в сельскохозяйственном сырье для промышленности, в продовольствии для растущего городского населения. Эксплуатация лесов приобретает хищнический характер.

Полное уничтожение леса на больших территориях усиливает и расширяет эрозию — разрушение плодородной почвы под действием воды и ветра. Во многих районах мира все больше увеличиваются площади истощенных земель.

Растущий спрос на древесину заставляет искать новые, более разумные пути использования лесных ресурсов. На территории промышленных стран возникает и развивается лесное хозяйство. На месте прежних естественных лугов создаются культурные лесные массивы, которые заселяют особые сообщества животных, лишь отчасти сходные с естественными.

Развивается сельское хозяйство. Переложное земледелие заменяется более интенсивными системами земледелия, при которых сельскохозяйственные культуры длительное время возделываются на одном и том же поле. Но если поле долгое время засеивать одной культурой, то почва истощается и урожайность падает. Поэтому в сельском хозяйстве начинают применять севообороты с бобовыми культурами, которые обога-

щают почву азотом, вносить в почву больше навоза, а затем и химических удобрений, прежде всего азотных, фосфорных и калиевых. Цифры таблицы 6 показывают, как с годами росли площади пахотных земель.

Таблица 6

Рост населения мира и пахотной земли

Годы	Население мира (млн.)	Пахотная земля (млн. га)
1650	595	250
1750	728	300
1800	906	370
1850	1171	490
1900	1608	720
1950	2650	1000
1970	3700	1290

В животноводстве, чтобы повысить его продуктивность, стали выводить новые породы скота, распространять стойловое содержание домашних животных. Для их питания используют полевые корма. Все это сильно изменяет природные экосистемы в сельских местностях. Здесь возникают и все более расширяются особые сельскохозяйственные экосистемы, которые сознательно создает человек, в корне преобразуя природные естественные экосистемы. Такие экосистемы лишь частично наследуют свойства и особенности естественных.

Таким образом, на земной поверхности, особенно на суше, почти повсеместно человек преобразовал природную среду, т. е. биосферу.

Быстро концентрировалось и росло городское население; число городов и их размеры увеличивались, причем большая часть городов превратилась в индустриальные центры. Городская среда стала сильно отличаться от сельской. Она приобрела новые особенности, в большинстве своем мало благоприятные для

жизни людей. Дым и пыль появились в городском воздухе, в поверхностных водах — промышленные и бытовые отходы.

Особенно сильно эксплуатировали природную среду на территориях обширных колониальных владений. Хищническая добыча полезных ископаемых, усиленная рубка леса для получения высокоценной древесины, широко распространенное здесь подсечно-огневое примитивное земледелие нанесли глубокие и неизгладимые раны очень чувствительным и сложным по своей структуре природным экосистемам тропиков и субтропиков. Число животных резко уменьшилось: изменились привычные условия их обитания и, кроме того, диких животных безжалостно истребляли. Лишенные защиты леса, почвы подверглись сильной эрозии, в результате образовались крупные массивы так называемых бювалей — бесплодных тропических пустошей, покрытых очень плотным панцирем. Ученые до сих пор не разработали эффективных методов вторичного освоения таких истощенных земель.

Во всех этих многообразных и иногда противоречивых изменениях природной среды в результате деятельности человека особенно важное значение имели **социально-экономические факторы**. Право частной собственности на природные ресурсы превратилось в условиях капитализма в страшного врага природы. В погоне за получением прибыли на капитал, вложенный в освоение новых территорий и их естественных ресурсов, была совершенно забыта ответственность человека за сохранение природной среды.

Капитализм рождал хищническое использование природных ресурсов, которое часто оборачивалось против общества. Поэтому во многих капиталистических странах возникало широкое общественное движение в защиту природы. Оно помогло организовать первые национальные природные заповедники, принять первые законы в защиту представителей животного мира,

которые оказывались под угрозой полного истребления. Однако эти частные меры не остановили и не изменили общего процесса стихийного преобразования земной биосферы. Ей были нанесены крупные разрушительные раны.

Потребовалось еще много времени в развитии общества, чтобы проблема разумного использования естественных ресурсов, охраны и защиты окружающей среды (биосферы) приобрела всемирное значение.

Биосфера Земли в эпоху научно-технической революции

Мы — современное поколение людей — непосредственные свидетели и участники величайших событий в новейшей истории общества: создания совершенно новой социально-экономической формации — коммунистической, которая приходит на смену капитализму, и развертывания современной научно-технической революции. Оба эти события глубоко изменяют взаимоотношения общества и природы и образуют принципиально новый этап в развитии этих взаимоотношений.

Современная научно-техническая революция не имеет никакой аналогии в истории человеческого общества. Она приводит к коренному преобразованию всех производительных сил общества. Невиданно широко используются все достижения науки для производственной деятельности людей. В этом ее главная особенность. Возникнув и развившись на основе новейших достижений математики и механики, физики, химии и биологии, научно-техническая революция превратила науку в важнейший фактор общественного развития. Можно сказать, что научно-техническая революция XX в. — это новый, современный путь развития производительных сил общества и прежде всего

дальнейшего использования естественных ресурсов природы. Она заставляет сейчас не только рассматривать, но и практически разрешать проблему взаимодействия природы и общества.

Современная научно-техническая революция противоречиво влияет на биосферу Земли. С одной стороны, рост производства материалов и энергии сопровождается усилением многообразного отрицательного воздействия человека на окружающую природу. С другой стороны, выдающиеся достижения науки и техники ставят на службу обществу все новые вещества и силы природы, обеспечивающие более полное удовлетворение потребностей людей, вооружают нас мощными средствами, позволяющими беречь и улучшать природные ресурсы.

Использование полезных ископаемых. Современное производство быстро растет и приобретает огромные масштабы. Оно использует достижения научно-технической революции. Потребление естественных ресурсов резко увеличилось. Во всем мире, по подсчетам специалистов, из природы извлекаются ежегодно несколько миллиардов тонн веществ — целая гора высотой с Монблан. Практически все химические элементы, входящие в периодическую систему, вовлечены в общественное производство. Они необходимы для развития индустрии. В нашей стране, например, доля минеральных ресурсов в составе природных веществ, потребляемых обществом, за 55 лет поднялась с 12,3% в 1913 г. до 63,3% в 1968 г.

Ведущее место в использовании минерального сырья занимают энергетические ресурсы: уголь, сланцы и др. В последнее время стремительно возросла добыча нефти и газа. Еще несколько десятков лет назад доля добываемых нефти и газа среди горючих ископаемых не достигала и 20%, теперь она достигает 60%. Это можно объяснить, во-первых, новейшими открытиями

нефтегазовых месторождений на Ближнем Востоке, в Центральной Америке, Западной Сибири, Средней Азии и других районах и, во-вторых, высокой технико-экономической эффективностью их использования. Благодаря такому дешевому и доступному топливу быстро развивается автомобильный транспорт. Газ стал источником энергии и сырья для крупных промышленных центров.

Становится проблемой недостаток минерального сырья для дальнейшего развития общества. Стала реальной угрозой энергетического кризиса, вызванного возможным истощением мировых запасов нефти и газа. Конечно, эти запасы ограничены, хотя пока еще продолжается открытие их новых месторождений, например на морском дне. Поэтому энергетический кризис в капиталистических странах в 1974 г. имел в первую очередь политический характер. Кризис возник потому, что столкнулись экономические интересы нефтедобывающих развивающихся стран, которые приобрели национальную независимость, с империалистическими и неокOLONиальными стремлениями крупнейших капиталистических стран — потребителей нефти и газа.

Неумеренно используя энергетические ресурсы, человек истощает их запасы и наносит урон окружающей среде. Стала недопустимой загрязненность атмосферы. Бесконтрольно используются горючие вещества в современной технике. Это грозит опасностью нарушения атмосферных процессов в местном и мировом масштабе.

Загрязнение воздуха. Самая сильная и опасная форма загрязнения воздуха — **фотосмог**. Так был назван особый городской туман (дымка), который все чаще и чаще образуется над крупными городами: Лондоном, Лос-Анджелесом, Нью-Йорком, Токио и др. — в результате воздействия солнечного света на определенные загрязнители воздуха. Эти загрязнители — окислы азота,

которые образуются при работе двигателя внутреннего сгорания, органические (углеводородные) бензиновые испарения и некоторые другие. Фотосмог оказался очень опасным для людей. Зафиксировано уже большое количество тяжелых заболеваний со смертельным исходом. Была поднята тревога и приняты некоторые меры против фотосмога, но фотосмог продолжает угрожать здоровью жителей больших городов.

Кроме фотосмога городской воздух загрязняют и другие вещества. Это двуокись серы, которая выделяется при сгорании горючих ископаемых, и продукты ее окисления, различная гарь из заводских труб, ртутные пары, разнообразные органические вещества — отходы многих производств. Еще не изучена прямая опасность этих веществ для здоровья человека. Но совершенно ясно одно: городской воздух везде потенциально опасен для благополучного физического состояния людей. Это одна из издержек, которые вносят в нашу жизнь современная научно-техническая революция, индустриализация и урбанизация.

Это важные, но все же локальные формы загрязнения атмосферы. Другие проявления воздействия человека на атмосферу всего земного шара еще недостаточно изучены, но многие ученые говорят о них с большой тревогой. Это, во-первых, все возрастающий приток в атмосферу дополнительного тепла от современных энергетических установок. Если сохранятся существующие темпы увеличения производства энергии, то через одно-два столетия климат на всей планете может значительно измениться.

Этот прогноз составлен из расчета дополнительного притока «индустриального» тепла в атмосферу: примерно 2—3 ккал/см² в год, т. е. около 1% солнечной радиации, поглощаемой Землей. Можно представить, насколько крупные климатические изменения могут произойти на земной поверхности (стаивание всех льдов, подъем уровня Мирового океана, уменьшение

площади суши, увеличение засушливых земель и т. д.) в результате такого дополнительного «отопления» нашей планеты к естественному. Однако, как справедливо отмечает сам автор этого прогноза — советский ученый М. И. Будыко, «весьма вероятно, что задолго до изменения климата, вызванного общим прогрессом энергетики, окажется возможным осуществить те или иные проекты активного воздействия на климат». Таким образом, этот процесс в будущем, вероятно, можно будет контролировать.

Во-вторых, угрожающими стали скопление пыли в атмосфере и увеличение углекислого газа в результате сжигания полезных ископаемых. Это также опасно для климата планеты. Ученые выясняют фактическое изменение содержания углекислого газа и делают прогнозы на будущее. В ближайшие 30 лет содержание этого газа в атмосфере может увеличиться до 0,038%. С увеличением в атмосфере пыли и углекислого газа неизбежно возникает «парниковый эффект»: излучение земного тепла в космос уменьшится, и поэтому атмосфера станет перегреваться. Может перестроиться весь естественный энергетический баланс современной атмосферы, а это повлияет на климат и природу планеты.

Может быть опасным воздействие сверхзвуковой авиации и ее отходов на состояние атмосферы и озонового экрана, который защищает все живое от ультрафиолетового излучения.

Свободный кислород атмосферы — необходимое сырье для дыхания (а следовательно, и существования) большинства организмов на Земле. Но запасы кислорода на Земле ограничены — около $280\,000 \cdot 10^9$ т — и пополняются в основном только путем фотосинтеза зеленой растительности. Современный расход и приход кислорода в биосфере сбалансированы, а потребление кислорода в технологических процессах на производстве все растет. Кислород необходим,

прежде всего для получения энергии при сжигании горючих ископаемых. Поэтому естественный баланс кислорода в биосфере нарушается. Советский ученый Ф. Ф. Давитая подсчитал, что при современных темпах развития промышленного производства и его энергетической базы, потребляющей в год 8—10 млрд. т кислорода, через 180—200 лет будет исчерпано более двух третей современного запаса свободного кислорода в атмосфере. Это уже угрожает благополучному существованию живых организмов, в том числе людей. Возникает угроза кислородного голода, вызванная деятельностью человека. И только человек может отвести эту угрозу.

Ученые ищут пути, чтобы предотвратить те опасности, которые грозят биосфере в результате хозяйственной деятельности человека. Но далеко не все эти опасности полностью выявлены и объяснены. Сейчас эти важные проблемы всесторонне изучают. Можно быть твердо уверенными, что наука найдет правильные пути их решения.

Проблема чистой воды. Такой же острой, как состояние воздуха, стала сейчас проблема чистой воды. Причина загрязнения поверхностных вод — отходы промышленного производства. Сток загрязненной воды часто превышает естественную способность воды к самоочищению. Сильнее всего загрязнены воды в крупных индустриальных районах и центрах. Реку Рейн, протекающую через многие промышленные центры, сейчас называют сточной канавой Западной Европы. Вода Рейна непригодна для питья, в ней нельзя купаться, в реке совершенно нет рыбы.

Трагична судьба Великих озер Северной Америки. На берегах одного из них — озера Эри — расположены крупные промышленные районы США. За последние 30—35 лет оно необычайно быстро «состарилось», его природные биологические системы, составляющие главную ценность озера, почти полностью погибли.

Быстро и сильно были загрязнены воды во Внутреннем Японском море — обширном морском заливе, на берегах которого расположены крупные промышленные предприятия.

В состав загрязнителей воды входят вредные для живых организмов вещества: ртуть, свинец, фенолы и др. Такие вещества обычны в стоках химической, целлюлозной и нефтеочистительной промышленности. Известны случаи отравления людей этими ядовитыми веществами через рыбу.

Кроме промышленных отходов в воду попадают искусственные химические моющие вещества — детергенты. За последние 20—30 лет эти вещества вытесняют мыло. Мыла, состоящие в основном из природных жиров, в природных водах сравнительно быстро разлагаются (ферментизируются). А искусственные детергенты обладают большой устойчивостью. Кроме того, при их производстве выделяются вредные вещества, а при распаде (который все-таки в конце концов происходит) освобождается большое количество фосфатов. Они, а также нитраты вызывают в озерных водах биологический взрыв в развитии водорослей. Вода зацветает.

Такие биологические взрывы в озерах вызывают многие неблагоприятные последствия, и прежде всего массовое гниение органических остатков в бескислородной среде. Это и случилось на озере Эри в США. В озере Эри промышленные стоки даже после очистки не совсем освобождались от избытка фосфатов и нитратов. Автору книги довелось видеть такой же процесс на озере Бодензее на юге ФРГ, вода в котором стала быстро зацветать и гнить. В озеро Бодензее химические вещества попадали с виноградников, расположенных в водосборном бассейне озера. Излишки ядохимикатов и химических удобрений, не использованные растениями, оказывались в озерной воде. Чтобы ликвидировать опасность, грозящую этому прекрасному озеру, имеющему большое оздоровительное зна-

чение, пришлось виноградники заменить лесонасаждениями.

Из-за быстрого развития промышленности в некоторых районах ощущается недостаток чистой воды. Промышленные стоки стали очищать механическими, химическими, биологическими методами. Но это все же не решает проблему чистой воды. Во-первых, способы очистки до сих пор несовершенны, а во-вторых, она требует дополнительных затрат, что не устраивает частных предпринимателей. По этой причине они отказываются от замкнутого, или оборотного, водоснабжения предприятий, при котором очистка сточных вод включается в само производство.

Очень важно предотвратить истощение водных ресурсов планеты. Ученые работают над решением этой проблемы. Намечается расширять и совершенствовать очистку сточных вод и использовать в производстве воду, которая уже была в производственном процессе. Очень трудно бороться с зацветанием воды в водоемах. Очевидно, нужно разработать способы более рационального применения удобрений и повысить способность почв удерживать их.

В последнее время появились грозные признаки загрязнения морской воды. В море попадают неочищенные речные воды. Но особенно опасна нефтяная пленка на поверхности моря. Нефть разливается тонкой пленкой на морской поверхности при промывании танкеров или в случаях их аварий. Но еще опаснее потери нефти на морских нефтяных месторождениях. Количество прибрежных и морских месторождений нефти быстро увеличивается; возрастает и количество нефти в морской воде. Известный путешественник Тур Хейердал сообщил, что встречал нефтяные пятна даже в срединных частях Атлантического океана. Нефтяные пленки на поверхности океанов, несомненно, разрушают сложившиеся природные морские экосистемы, а это чревато весьма неблагоприятными последствиями.

Воздействие радиоактивного излучения на окружающую среду. Уже давно ученые обратили внимание на естественную радиоактивность земных тел и ее значение для земной жизни. Но по-новому встала проблема воздействия радиоактивных веществ на современную биосферу и жизнь людей после применения американской армией атомных бомб в Японии в 1945 г.

Атомные взрывы над Хиросимой и Нагасаки показали смертельную опасность для жизни людей повышенной радиоактивности. Опасность радиации была многократно подтверждена при опытных наземных испытаниях атомного оружия на территории США, в Тихом океане и других районах до 1963 г. Было установлено, что некоторые радиоактивные изотопы (стронций-90, йод-131 и др.), образующиеся при атомных взрывах, распространяются в атмосфере, задерживаются в почвах и накапливаются в растениях и животных. Эти изотопы пагубно влияют на организм человека и животных, возбуждая особые болезни, нарушают наследственность организмов и ведут часто к смертельному исходу.

Международной комиссией по радиологической защите были определены в 1967 г. предельные нормы допустимого облучения. Общая доза излучения от всех искусственных источников, согласно этим нормам, не должна превышать 5 бэр на поколение в дополнение к естественному облучению, свойственному современной биосфере. Среднее время, в течение которого можно подвергнуть облучению в указанных пределах одного человека, принимается в 30 лет. Отсюда получаются пределы годовых доз облучения для людей.

Эти дозы могут быть от 0,1 до 0,5 бэра. Для сравнения укажем, что естественная солнечная радиация составляет около 125 миллибэр в течение года для каждого ныне живущего человека.

Вопрос о научной обоснованности этих международных норм радиоактивного излучения очень волнует

мировую общественность. Атомная энергия применяется во многих областях народного хозяйства, например в гидротехническом или горнорудном производстве, строительстве. Мирное использование атомной энергии будет увеличиваться. В атомной энергетике многие ученые видят наиболее вероятное спасение от энергетического кризиса.

Сейчас ученые и специалисты еще довольно по-разному оценивают опасность радиоактивного излучения при мирном использовании атомной энергии. Многие уверены, что малые дозы этого излучения безвредны, по крайней мере, для человека. Но есть и противоположные взгляды. Так, например, известный американский эколог Б. Коммонер в книге «Замыкающийся круг» пишет: «...существует распространенное мнение, что новые знания (об атомной энергии. — И. Г.) вполне обоснованы, что новая технология, построенная на них, обоснована и, следовательно, новый вид энергии непреодолим. Первые 25 лет атомного века, однако, говорят нам о том, что подобное представление глубоко и трагически ошибочно... И как только энергия расщепленного атома вторгается в окружающую среду... мы убеждаемся, что наши знания несовершенны, что применение новой технологии необоснованно и что поэтому мы должны научиться управлять новым видом энергии, если хотим и дальше жить на Земле».

Советские ученые также подчеркивают необходимость особых мер предосторожности там, где существует влияние радиоактивного излучения на людей и животных.

Еще в условиях буржуазного общества среди прогрессивных ученых и передовой общественности возникла тревога за состояние современной биосферы. Стихийно, хищнически капитализм использовал ресурсы природы: вырубались леса, безрассудно уничтожались дикие животные, опустошались земли, усиливалась эрозия почв, разрушались природные экосистемы. В таблице 7 приводятся данные, которые показывают урон, уже нанесенный человеком естественной фауне птиц и млекопитающих.

Широкое общественное движение за охрану природы возникло во многих странах мира. На основе международного сотрудничества были приняты меры по охране природы, т. е. биосферы. Они коснулись в первую очередь современной флоры и фауны. Ученые выяснили состояние исчезающих видов растений и диких животных, установили причины их исчезновения или вымирания. В 1949 г. Международный союз охраны природы учредил специальную Комиссию службы спасения исчезнувших видов и завел Красную книгу — международное издание, в котором опубликованы списки редких и исчезающих видов растений и животных и необходимые меры по их защите.

Государства ограничивают промысел и охоту на них. Сроки охоты ограничены, и для нее выдаются специальные разрешения. Ведется борьба с браконьерством.

Основой правильного использования природных богатств и их охраны является государственная социалистическая собственность на землю, ее недра, воды, леса.

**Причины исчезновения и современной редкости
различных видов птиц и млекопитающих
(в % от общего состава)**

Причины исчезновения	Птицы	Млекопитающие
Естественные	24	25
Антропогенные, вызванные:		
охотой	42	33
интродукцией хищников	15	17
интродукцией других животных	4	6
разрушением экосистем	15	19
	76	75
	100	100

Причины современной редкости

Естественные	32	14
Антропогенные, вызванные:		
охотой	24	43
интродукцией хищников	11	8
интродукцией других животных	3	6
разрушением экосистем	30	29
	68	86
	100	100

В СССР приняты законы об охране земли, водных и лесных ресурсов. Законы об охране природы приняты во всех союзных республиках. Все эти законы соблюдаются последовательно и систематически, а нарушение их карается.

Забота об охране природы — одна из важнейших задач Советского государства. Развитие промышленности на отдельных уникальных природных террито-

Рис. 18. Расположение заповедников на территории СССР:
Природные зоны:
1 — арктические пустыни; 2 — тундра;
3 — лесотундра;
4 — хвойные леса (тайга); 5 — смешанные леса; 6 — степи;

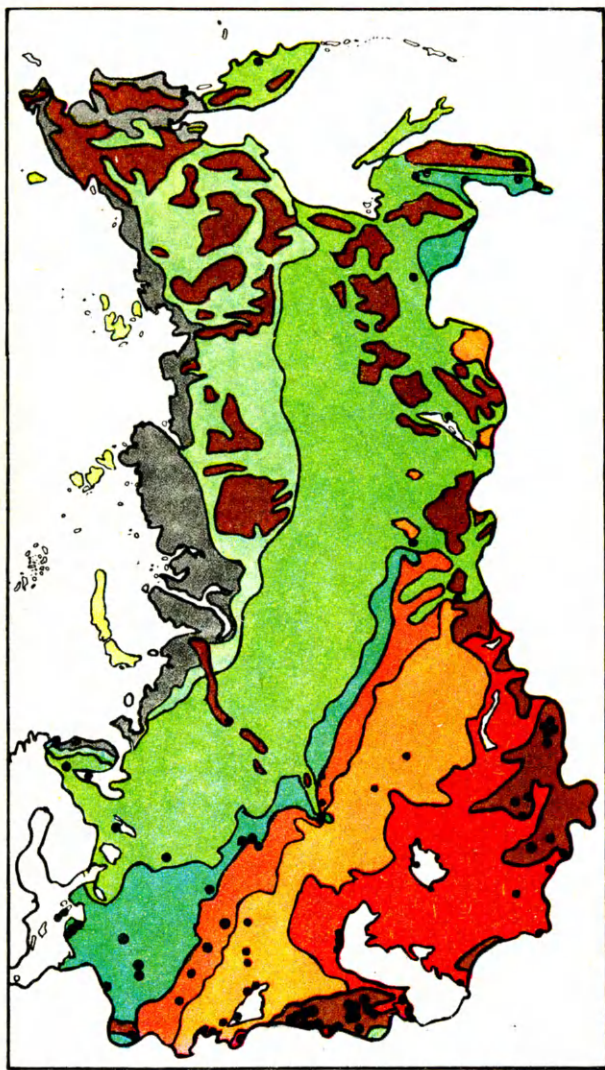
7 — лесостепи;
8 — полупустыни и пустыни;
9 — вечнозеленые леса и кустарники;
10 — горные области с вертикальной зональностью;
11 — ● заповедники.

риях, например в бассейне озера Байкал, предусматривает сохранение ландшафта, богатств и особенностей этого района.

В нашей стране взяты под охрану некоторые виды животных: это белый медведь, тигр, барс, джейран. Запрещена охота на таких птиц, как краснозобая и белощекая казарки, горный гусь, все виды лебедей и журавлей. Благодаря запрету были спасены от истребления сайгаки, лоси, бобры, сибирский соболь.

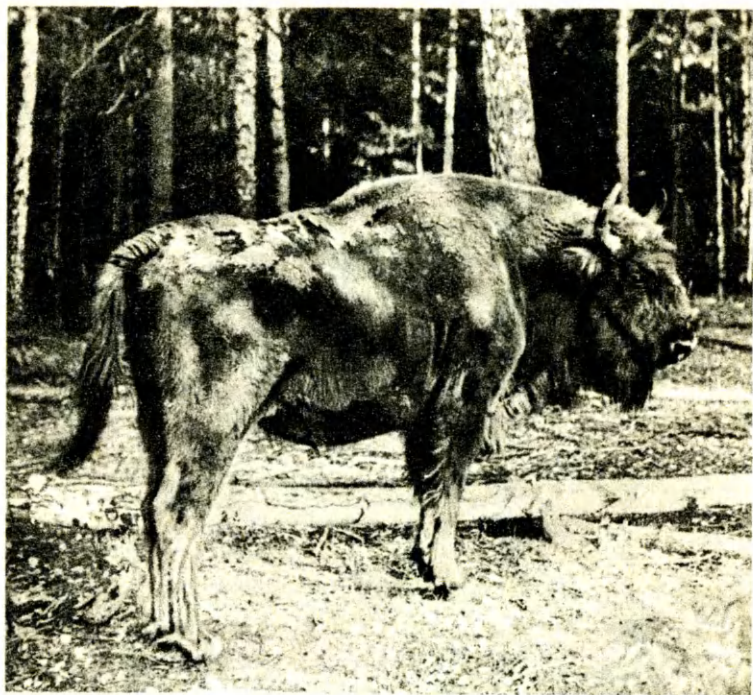
Важная мера по охране биосферы — создание в разных странах системы природных заповедников или национальных парков. Их основная задача — сохранить и обогатить естественную природу. На территории природных заповедников восстанавливают исчезающие виды растений и животных. Но национальные парки во многих странах, особенно в США и Европе, стали излюбленными местами отдыха населения и туризма, а это нарушает принцип заповедности. Популярность заповедников, национальных парков, например знаменитого Йеллоустонского парка в США, парка Банфф в Канаде, Тебердинского и Кавказского заповедников в нашей стране, неудержимо растет.

Площадь заповедных зон, конечно, очень невелика по сравнению с территорией стран. Например, в нашей стране общая площадь заповедников равна 7 млн. га — около 0,3% всей территории страны. Однако не общая площадь заповедников имеет значение для охраны биосферы. Важно общее число природных заповедников и, главное, их географическая репрезен-



Зубр — дикий лесной бык. К началу XX в. эти животные были почти полностью истреблены.

Численность вида была восстановлена в питомниках заповедников.



тативность: заповедники должны представлять типичные для данной страны природные пояса, зоны и экосистемы. На рисунке 18 показано географическое расположение природных заповедников на территории СССР. Около сотни наших природных заповедников более или менее полно представляют природу страны.

Решающее, важнейшее значение в охране биосферы имеет культурно-просветительная работа, и особенно

Пятнистый олень. Эти животные находятся под охраной государства. В нашей

стране на воле встречаются только в Приморском крае.

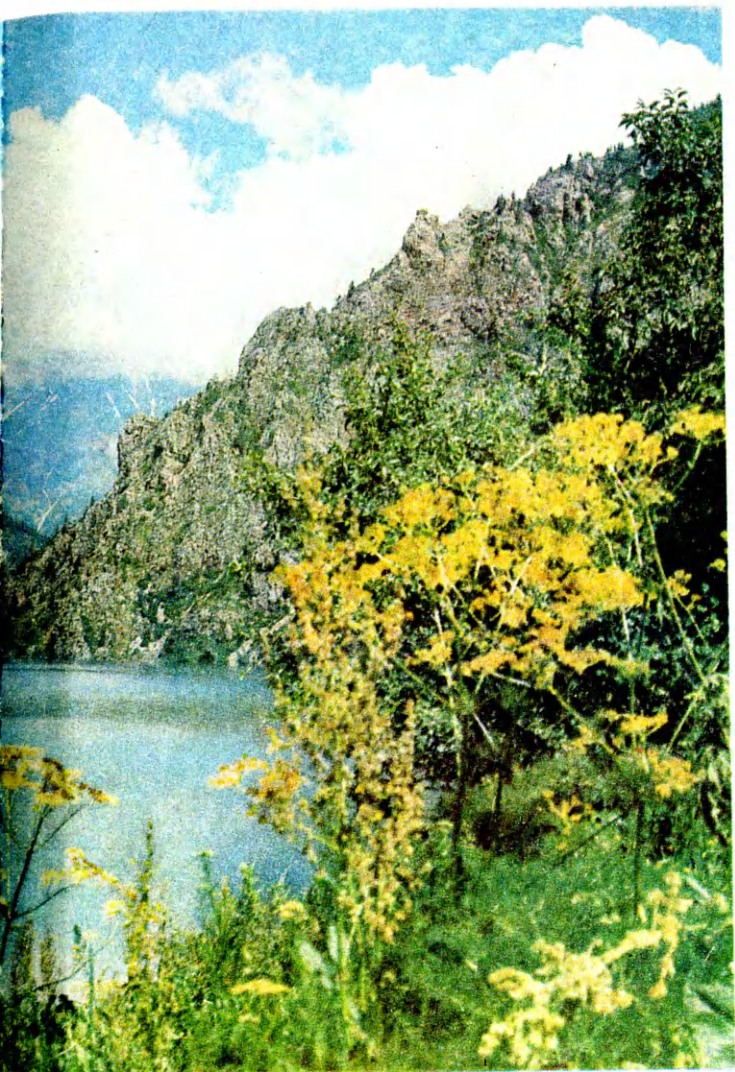


распространение знаний об использовании естественных ресурсов, о предотвращении загрязнения воздуха, вод и почв промышленными и бытовыми отходами.

Человек с самых ранних этапов своего развития был очень тесно связан с природой. Даже в наш век научно-технической революции, век высоких степеней индустриализации и урбанизации человеческого общества, стремление людей быть на лоне природы, общаться с

**Заповедник
Сары-Челек
в Казахстане.**





природой нисколько не ослабевает, даже усиливается. Однако сама природа, окружающая нас природная среда, становится все более и более чувствительной и ранимой к вторжению в нее современной цивилизации. Поэтому, чтобы сохранить все необходимые для жизни человека свойства природной среды, надо соблюдать величайшую осторожность в общении с природой и заботиться о ней. Все природные экосистемы, начиная с самой крупной — биосферы и кончая самой мелкой — элементарной природной экосистемой, или природным ландшафтом, тесно связаны между собой. Любое, даже случайное и небольшое нарушение человеком этих слаженных природных систем может оборвать длинную цепь взаимоотношений, состоящую из многих звеньев, временно или навсегда расстроить природный механизм.

Конечно, это не значит, что следует запретить человеку общаться с природой, использовать ее ресурсы, изменять ее. Весь смысл охраны биосферы заключается в рациональной эксплуатации современными и будущими поколениями людей ресурсов биосферы. Очень важно, чтобы природные запасы не оскудевали. Они должны не только восстанавливаться, но и увеличиваться, обогащаться. Для этого необходимо изучить все свойства биосферы, законы формирования и современные изменения.

Большая армия ученых работает в области наук о Земле. Но научные знания должны стать общественными, ими должен овладеть каждый ребенок и каждый взрослый человек.

Пути распространения научных знаний о биосфере разнообразны. Первые знания вы получаете уже в школе, на уроках природоведения. Получая высшее специальное образование (техническое, сельскохозяйственное, медицинское, гуманитарное и любое другое), молодой специалист должен усвоить научные представления о биосфере. Эти знания распространяют и добро-

Заповедник Кивач
расположен в зоне
смешанных лесов
европейской части СССР.



вольные организации, научные кружки в средних школах, юннаты, студенты, преподаватели. Наши научные и научно-технические общества рассказывают о проблемах биосферы. Очень велик масштаб просветительской работы обществ охраны природы Всесоюзного

общества «Знание», Географического общества СССР и других общественных организаций.

Итак, для охраны биосферы главное — рациональная эксплуатация ее ресурсов. Эта проблема имеет очень большое значение, но прежде всего она является социально-экономической. В различных социальных условиях человек по-разному относится к природе: хищнически или разумно использует ее богатства. В условиях научно-технической революции рациональный социально-экономический подход к проблеме охраны биосферы особенно важен. По существу, ведь речь идет об условиях жизни каждого из нас — представителей настоящего поколения людей — и в еще большей степени будущих поколений, наших детей и внуков.

БУДУЩЕЕ ЗЕМНОЙ БИОСФЕРЫ

Мы уже говорили, что в условиях современной научно-технической революции воздействие человека на природу непрерывно увеличивается, внося в биосферу многообразные, и в том числе необратимые, изменения. Быстро растет степень загрязнения атмосферы и гидросферы. Резко нарушены и общий биологический круговорот веществ, и круговороты важнейших химических элементов: кислорода и углерода, азота и фосфора — во всей земной биосфере. В эти естественные круговороты человек включил искусственные вещества: синтетические пластики, детергенты, гербициды и др., которые по своим свойствам несовместимы с природной средой. Растет угроза нарушения радиационного и теплового баланса нашей планеты, изменения газового состава атмосферы, нарушения озонового экрана.

Все эти факты дают основание многим ученым говорить о наступлении глобального экологического кризиса. Весьма вероятно, что экологические кризисы, т. е. определенные трудности в условиях жизни и деятельности людей, вызванные неблагоприятными явлениями в окружающей среде, бывали и раньше. Например, весьма серьезный экологический кризис, связанный с добыванием пищи людьми, был, по-видимому, в доисторическое время, в эпоху первобытного общества. Тогда, охотясь, люди истребили вымиравших в то время крупных животных мамонтовой фауны.

Позднее начинают возникать еще более глубокие экологические кризисы антропогенного происхождения, т. е. создаваемые деятельностью людей. Они стали совершенно новыми явлениями в биосфере и вызвали

последствия, которые имели важное значение не только для природы, но и для жизнедеятельности самих людей. Такие кризисы с точки зрения их масштабов и общего значения можно разделить на локальные, региональные и глобальные.

Вот несколько примеров локального, т. е. местного, экологического кризиса. Срубленный лес, стравленный домашними животными травяной покров, распаханная сплошь земля, измененное течение вод после устройства запруд — это простейшие примеры действий человека, которые нарушают естественную структуру природных экосистем или полностью уничтожают их. Часто такие изменения, вызванные стихийной деятельностью человека, сильно ухудшали условия его же жизни. Возникали местные экологические кризисы, и люди переселялись с таких «бросовых» земель на новые.

Экологические кризисы большего, т. е. регионально-го, масштаба на территории целых стран или больших областей возникали в условиях рабовладельческой и феодальной общественно-экономических формаций. Об этом мы говорили в кратком историческом обзоре воздействия человека на биосферу, который был изложен ранее.

Промышленная революция и развитие капиталистических форм хозяйства в корне изменили взаимоотношения человеческого общества и окружающей природной среды, придав локальным и региональным экологическим кризисам новый и более опасный для человечества характер.

Классики марксизма-ленинизма указывали, что стихийность в использовании природной среды, ведущая к расхищению природных богатств, обозначилась уже на ранних этапах исторического развития общества, усилилась в эпоху феодализма, но особенно резко проявилась в ходе развития капиталистического общества и в процессе перехода его в стадию империализма.

Подчеркивая разрушительный характер воздействия общества на природную среду в условиях капитализма, В. И. Ленин писал, что «капитализм создает крупное производство, конкуренцию, сопровождающиеся расхищением производительных сил земли». Основовоположники марксизма с замечательной прозорливостью предсказали коренные изменения во взаимоотношениях общества и природы в условиях новой коммунистической общественно-экономической формации.

Разнообразные научные данные свидетельствуют, что современная хозяйственная деятельность человека очень опасна для будущего земной биосферы. Если не касаться социально-общественных аспектов этой проблемы, то легко прийти к самым мрачным прогнозам на будущее. Именно таковы прогнозы многих современных буржуазных ученых. Они считают, что наступающий глобальный экологический кризис можно предотвратить только такими крайними мерами, как искусственное уменьшение численности населения, торможение дальнейшего технико-экономического развития и др.

Однако если мы учтем, что современное поколение людей живет не только в эпоху научно-технической революции, столь сильно обостряющей наши взаимоотношения с природой, но и в эпоху создания и развития совершенно новой социально-экономической формации — коммунистического общества, то прогнозы на будущее земной биосферы становятся совершенно другими.

Некоторые отрицательные черты многообразного воздействия на природу, связанные с современным научно-техническим прогрессом, проявляются не только в капиталистических, но и в социалистических странах. Но при социализме создаются благоприятные условия для регулирования взаимоотношений между обществом и природой.

В социалистических странах установлен постоянный государственный контроль над всеми формами загряз-

нения окружающей среды производственными и бытовыми отходами. На предприятиях внедряются новые формы промышленной технологии, чтобы ограничить и ликвидировать отходы. Преобразование природы на обширных территориях, использование естественных ресурсов, их воспроизводство, сохранение и улучшение природной среды планируются и разрабатываются на научной основе. Правительства социалистических стран расширяют зеленые зоны в городах. Чтобы оздоровить жизнь городского населения, вводятся более совершенные принципы и методы строительства новых и модернизации старых городов. Социалистические государства заботятся о сохранении заповедников, обогащают их растительный и животный мир. Природная среда и ее ресурсы считаются ценнейшим общенародным достоянием, которое требует к себе особо бережного отношения.

Сохранение частной собственности на природные ресурсы в капиталистическом обществе противоречит гуманным задачам сохранения и приумножения природных богатств. Частная собственность на природные ресурсы — потенциальная причина возникновения неустрашимых глобальных экологических кризисов.

Человеческое общество на протяжении всей своей истории, несмотря на трудности и потери, находило выход из природных и антропогенных экологических кризисов. Следует быть абсолютно уверенными, что оно найдет его и в будущем. Однако для этого надо основательно изучить причины наступающего кризиса и определить эффективные пути его предупреждения. «Принимая меры для ускорения научно-технического прогресса,— подчеркивал Л. И. Брежнев в Отчетном докладе XXIV съезду КПСС,— необходимо сделать все, чтобы он сочетался с хозяйским отношением к природным ресурсам, не служил источником опасного загрязнения воздуха и воды, истощения земли. Партия повышает требовательность к плановым, хозяйственным

органам и проектным организациям, ко всем нашим кадрам за дело проектирования и строительства новых и улучшения работы действующих предприятий под углом зрения охраны природы».

Проблеме охраны и улучшению окружающей среды было уделено большое внимание и на XXV съезде КПСС. В своем Отчетном докладе Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев особо подчеркнул, что «использовать природу можно по-разному. Можно — и история человечества знает тому немало примеров — оставлять за собой бесплодные, безжизненные, враждебные человеку пространства. Но можно и нужно, то-варищи, облагораживать природу, помогать природе полнее раскрывать ее жизненные силы. Есть такое простое, известное всем выражение «цветущий край.» Так называют земли, где знания, опыт людей, их привязанность, их любовь к природе поистине творят чудеса. Это наш, социалистический путь».

Таким образом, только в условиях социалистического и коммунистического общества создаются принципиально новые социальные предпосылки для дальнейшего рационального использования естественных ресурсов, сохранения и улучшения окружающей природной среды. Только так можно сохранить земную биосферу и обогатить ее новыми, еще более благоприятными для жизни и деятельности людей свойствами.





Биосфера Земли

Инокентий Петрович
Герасимов

Содержание

Ученые В. И. Вер-
надского о биосфере

3

Как образовалась
биосфера

9

Структура биосферы

26

Воздействие челове-
ка на биосферу

58

Охрана биосферы

80

Будущее земной
биосферы

91



Издательство
«Педагогика»

Художники:

Р. Варшамов,
М. Стребкова
Обложка:
Е. Урусова

Макет
В. Васина

Фотоиллюстрации
выполнили:

Гребенщиков О.
Константинов И.
Минкевич В.
Начинкин М.
Павленков В.
Панфилов Д.
Пастер Я.
Шандрин В.

Редактор
Л. Багрова

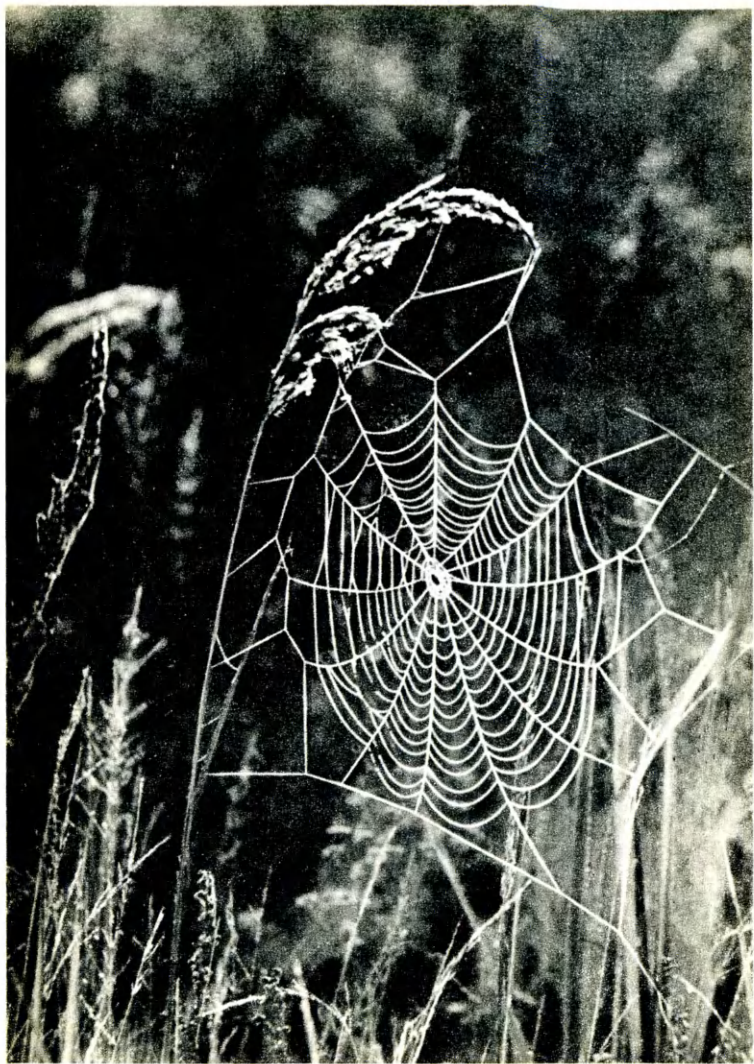
Художественные
редакторы
Б. Валит,
В. Мельников

Технические редакторы
Г. Качалова
О. Самойлова
Корректор
В. Рейбекель

A05764. Сдано в набор
15.03.76 г. Подписано в
печать 6.10.76 г. Формат
70 × 100/32. Бумага офсет-
ная № 2. Печ. л. 3,0.
Усл. печ. л. 3,87. Уч.-
изд. л. 4,26. Тираж 200 000
экз. (Т. п. 1976 г. № 52).
Заказ 1531. Цена 28 коп.

Издательство «Педагоги-
ка» Академии педагогиче-
ских наук СССР и Государ-
ственного комитета Совета
Министров СССР по делам
издательств, полиграфии и
книжной торговли.
Москва, 107066, Лефортов-
ский пер., 8.

Ордена Трудового Красно-
го Знамени Калининский
полиграфический комби-
нат Союзполиграфпрома
при Государственном ко-
митете Совета Министров
СССР по делам изда-
тельств, полиграфии и
книжной торговли.
г. Калинин, пр. Ленина, 5.



Читайте

следующую

книгу библиотечки

«Ученые — школьнику»



Сколько элементов может
быть в таблице

Д. И. Менделеева?

Как получают

искусственные элементы?

Как устроен циклотрон?

Знаете ли вы, как был
открыт 104-й элемент —
курчатовий?

Что такое сверхэлемент?

Можно ли обнаружить в
природе сверхтяжелые
ядра?

Что «умеет делать» ионный
луч?



На все эти вопросы вы
найдете ответ в книге
академика Г. Н. Флёрова и
кандидата физико-
математических наук
А. С. Ильинова «На пути к
сверхэлементам». Из книги
вы узнаете также о том,
как за последние 35 лет
ученые открыли 14
синтетических элементов.
Физики предполагают, что
должны существовать
тяжелые элементы,
настоящего «полюсизму»

енной.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ПЕДАГОГИКА»

ЗА СТРАНИЦАМИ УЧЕБНИКА
SHEVA.SPB.RU/ZA

ХОЧУ ВСЁ ЗНАТЬ (ТЕОРИЯ)

ЮНЫЙ ТЕХНИК (ПРАКТИКА)

ДОМОВОДСТВО (УСЛОВИЯ)