

Глава V. Биосфера

Переносы вещества и энергии идут не только внутри биогеоценоза, они могут связывать соседние биогеоценозы, но и по сути дела охватывать всю поверхность Земли. Поэтому можно говорить о единой, сложной и взаимосвязанной экосистеме высшего ранга - **биосфере** (греч. sphaira - шар).

§ 39. Биосфера и биомы

Биосфера в современном ее понимании - это оболочка Земли, охваченная деятельностью живого, в том числе и те части планеты, которые непосредственно зависят или зависели от нее в прошлом.

Верхняя граница биосферы соответствует озоновому слою стратосферы, т.е. располагается на высоте около 22-25 км. Нижняя проходит в основном по нижним горизонтам отложений осадочных пород, т.е. на глубине 5-7 км (рис. 39 - 1).

Часть биосферы, где сейчас живые существа встречаются постоянно, называют **зубиосферой** (греч. Ju - хорошо). Ее толщина существенно меньше - 5-6 км над поверхностью Земли и менее 1 км под ее поверхностью.

В каждой точке земной поверхности складываются уникальные условия, нигде больше точно не повторяющиеся. Именно поэтому разнообразие сообществ почти неисчерпаемо. Однако в биосфере можно выделить основные их типы - **биомы** (лат. окончание oma - обозначение совокупности), существование которых во многом определяется сходными физико-географическими условиями.

Большинство биомов имеют свои народные названия - тайга, степь, пустыня и т.д.

Общая биомасса биосферы (в сухом виде) оценивается в $2,5 \times 10^{12}$ т. Большая ее часть приходится на сушу (в основном на наземную растительность), а в водных экосистемах биомасса составляет всего около $0,003 \times 10^{12}$ т. Средняя же биомасса на один квадратный метр несколько превышает 1 кг.

Новейшие данные позволяют пересмотреть эти величины. Недавно в верхних слоях земной коры выявлены богатейшие сообщества анаэробных бактерий, заселяющих как осадочные, так и другие горные породы (например базальты), обычно нарушенные трещинами с водой. Они обнаружены даже на больших глубинах - глубже 3000 м. По самым скромным оценкам, возможная живая масса таких бактериальных сообществ достигает 2×10^{14} т.

Если попытаться оценить общую массу самой биосферы, т.е. сложить биомассу, все органическое вещество биогенного происхождения и присутствующие в биосфере косные вещества, то эта величина может быть оценена в $2,5-3 \times 10^{18}$ т. Это означает, что весовая доля живого вещества в биосфере относительно невелика.

Однако не следует забывать, что значительная (если не большая) часть биосферы создавалась миллионы лет в ходе деятельности живых существ, да и современное функционирование биосферы во многом определяется их активностью.

По некоторым оценкам, биомасса, произведенная за последние 1 миллиард лет, может составлять около 2×10^{20} т (при неизменном среднем уровне суммарной годовой продукции - $2,3 \times 10^{11}$ т). Эта величина в 10 раз больше массы всей земной коры.

Биосфера неоднородна. Меняется ее мощность, насыщенность живыми организмами и косным веществом. Это определяется многими причинами. Самые главные из них хорошо знакомы вам из физической географии. Это - основные географические факторы:

(1) **зональность**, связанная с шарообразной формой планеты, ее вращением вокруг оси и соответствующей неравномерной теплообеспеченностью;

(2) **секторность**, отражающая неравномерное распределение суши и моря и соответствующее неравномерное перемещение по континентам влажных воздушных масс;

(3) **тектоническая дифференциация**, связанная с развитием рельефа и создающая на поверхности Земли сложную мозаику экосистем, располагающихся на разных высотах, различных склонах и в неодинаковом положении по отношению к водному стоку. Именно это во многом определяет наблюдаемое многообразие природных и нарушенных экосистем.

На суше проявляется влияние всех этих факторов. Первый из них обуславливает существование на всех континентах более или менее правильно протягивающихся природных зон (рис. 39 - 2).

По их расположению Северное и Южное полушарие зеркально симметричны. Вместе с тем на всех континентах эта картина нарушена в результате развития секторности и тектонической дифференциации. Поэтому нередко природные зоны вытянуты не с запада на восток, а с северо-запада на юго-восток (как в Северной Америке). Во многом это определяет как общий характер распределения продукции и биомассы (рис. 39 - 3), так и особенности и разнообразие сообществ.

Биомы различаются не только по видовому составу организмов, но и по биомассе, продукции, по скорости сукцессионных процессов (таблица).

Биомасса, продукция и продолжительность сукцессионных процессов в различных биомах.

Биомы	Био- масса,	Зоо- масса.	Про- дукция.	Продолжи- тельность
-------	----------------	----------------	-----------------	------------------------

		т/га	кг/га	т/га х год	сукцессии, годы
Лесные	Экваториальные и тропические леса	350-650	100-150	15-30	50-200
	Леса средиземноморского типа	170-380	40-60	10-16	200-500
	Леса умеренного пояса	200-400	20-130	8-12	200-400
Травянистые	Саванны	20-40	15-50	7-15	100-200
	Степи, лесостепи, прерии	15-25	5-30	10-15	100
Аридные (пустыни, полупустыни)		1-5	1-3	0,5-3	1000
Тундры и лесотундры		5-6	5-20	1-6	1000-3000
Океанические и морские	Открытый океан	0,03	90	1,25	
	Мелководья	0-15	700	3-10	
	Коралловые рифы	20	1500	25	

Можно выделить несколько основных групп биомов.

Лесные биомы существуют в условиях хорошего увлажнения и достаточной теплообеспеченности (рис. 39 - 4). Для них характерно господство деревьев и связанных с ними животных. Их биомасса много больше годовой продукции. Темпы сукцессий можно оценить как средние.

При недостаточном увлажнении, но сравнительно хорошей обеспеченности теплом формируются **травянистые биомы** (рис. 39 - 5) - степи, прерии, саванны и т.п.

Здесь господствуют травы, а деревья и кустарники относительно редки или отсутствуют вовсе. Обильны травоядные животные - копытные, грызуны, саранчовые. Отношение биомасса - продукция близко к единице. Скорость сукцессионных смен высокая.

Аридные биомы - пустыни и полупустыни - типичны для районов с острым дефицитом влаги (рис. 39 - 6). Местные растения разрежены, а основная часть фитомассы находится под землей. Однако нередко хорошо представлены как различные фитофаги (в том числе и крупные копытные), так и редуценты. Отношение биомасса - продукция отчетливо зависит от конкретного типа пустынь, а вот сукцессионные процессы очень замедлены.

В условиях недостатка тепла и постоянной подземной мерзлоты развиваются **биомы приполярных районов**. Обычны мхи и лишайники, а также низкие кустарники и кустарнички. В Северном полушарии к числу типичных фитофагов относятся северные олени, лемминги, гуси. Запас биомассы превышает годовую

продукцию, но скорость сукцессионных смен крайне мала.

Своеобразны **горные биомы**. На низких высотах обычны экосистемы, близкие к местным равнинным. Выше же чаще всего появляются экосистемы, напоминающие биомы, характерные для более высоких широт. В высоких горных системах ряд обычно завершается аналогами равнинных тундр и полярных пустынь.

Наземные биомы отличаются большим разнообразием по сравнению с водными, где влияние основных географических факторов сглажено благодаря выравнивающим свойствам водной среды. Поэтому водные биомы не похожи на наземные. Им свойственна гораздо большая однородность.

В водоемах часто хорошо проявляются не только и не столько зональные особенности, сколько глубинное расчленение, связанное как с разделением слоев воды, так и с ограниченным проникновением света. Именно поэтому основная продукция здесь производится в верхних, хорошо освещаемых слоях.

Для водных биомов типичны замедленные изменения во времени.

Водные экосистемы находятся в самом нижнем положении на стоковой серии. Следовательно, они могут меняться из-за нарушения или изменения стока. Вообще говоря, значительная часть зафиксированной живыми существами энергии поступает в водные экосистемы с суши.

Все биомы неразрывно связаны друг с другом. Наиболее важные связи осуществляются за счет перемещения воздушных и водных масс.

Общий характер движения водных и воздушных масс (рис. 39 - 7) определяется, во-первых, тепловыми различиями экваториальных и приполярных широт, во-вторых, вращением Земли, а в-третьих, разнообразными препятствиями (континентами - для океанических течений, горными хребтами - для воздушных потоков).

У экватора дуют восточные ветры (пассаты) и господствуют восточные течения. В умеренных широтах преобладает перенос с запада на восток, а в приполярных областях - снова восточные. На циркуляцию воздушных масс влияет и сезонное изменение теплового режима на различных участках земной поверхности.

Циркуляция воды в океанах во многом напоминает общую циркуляцию воздушных масс: восточно-западный перенос в экваториальных широтах и западно-восточных - в умеренных. Часто хорошо прослеживается подъем холодных вод с глубин.

Нередко обмены веществом и энергией между отдельными экосистемами обеспечиваются миграциями животных. При массовых миграциях количество перемещаемой биомассы может превысить миллионы тонн.

Миграционные потоки характерны также для экосистем,

расположенных вдоль берегов морей и океанов. Здесь многие животные находят пропитание в океане, а большую часть жизни проводят на суше.

Вопросы

- Как соотносятся суммарная биомасса и масса биосферы?
- Оцените суммарную биомассу биосферы с учетом данных о бактериях, населяющих земную кору.
- Проанализируйте соотношение возможного прироста биомассы за последние 1, 2, 3 миллиарда лет и массы земной коры. Что характеризует это отношение? Что могло влиять на суммарный прирост биомассы в давние эпохи?
- Какие основные факторы определяют распределение биомов на поверхности Земли?
- Чем водные биомы отличаются от наземных?
- Чем определяются различия в распределении биомов на суше и в океанах?
- Как вы думаете, каковы причины различной длительности сукцессий в разных биомах (таблица)?

§ 40. Круговорот веществ в биосфере

Создание органического вещества и его распад обеспечивают постоянный обмен веществ и энергии между живыми организмами и средой их обитания. Эти перемещения названы **биогеохимическим (биотическим) круговоротом**, или **биогеохимическими циклами** (рис. 40 - 1). В ходе этих циклов атомы многих элементов рано или поздно проходят через живые организмы. Так, посчитано, что для кислорода этот цикл составляет около 2000 лет.

В круговороте постоянно находятся огромные массы органических и неорганических соединений. Однако циклы не замкнуты полностью. Так, в наземных экосистемах ежегодно выводится из оборота около 180 т углерода, накапливающегося в осадочных породах.

Биотический круговорот определяет судьбу многих жизненно важных химических элементов. Это в первую очередь относится к кислороду, углероду и азоту, а также к таким элементам, как водород (особенно в составе воды), фосфор, натрий, калий и кальций и др. Благодаря фотосинтезирующим организмам в атмосфере появился свободный кислород. Без живых организмов невозможно было бы образование почв и запасов органоминерального топлива. По выражению выдающегося русского естествоиспытателя Владимира Ивановича Вернадского, живое вещество биосферы является огромной геологической силой.

К числу ведущих биотических круговоротов в биосфере

принадлежат круговороты основных для живых существ химических элементов.

Так, основной источник газообразного кислорода в атмосфере - это деятельность фотосинтезирующих организмов (см. §§12, 14). Свободный кислород используется большинством живых существ при дыхании, а в неживом мире - в процессах окисления. Он включается в состав как органических, так и неорганических соединений, в том числе воды.

Часть кислорода накапливается при захоронении карбонатов, в том числе биогенных.

Разнообразны пути движения углерода в биосфере. В различных соединениях накоплено огромное количество этого элемента. Но для живых организмов главный его источник - углекислый газ атмосферы (всего 0,032% по объему) и его раствор в воде (рис. 40 - 1).

Углекислый газ включается живыми существами в разнообразные органические соединения. Растения захватывают его при фотосинтезе. У большинства живых организмов он выделяется при дыхании. Многочисленные редуценты перерабатывают органические вещества до неорганических, в том числе до углекислого газа.

Часть накопленного углерода может сохраняться на протяжении длительного времени. Так, в древесине связанный углерод (всего до 500×10^6 т) может сохраняться десятки, а иногда и сотни лет, а в биогенных известняках, каменных и бурых углях - десятки и сотни миллионов лет. То же можно сказать и о залежах нефти и газа.

Большое количество углерода в составе карбонатов растворено в морях и океанах, зафиксировано в донных отложениях и скелетных образованиях.

Для современного круговорота углерода крайне важна деятельность человека. При переработке многих природных ресурсов образуется поступающий в атмосферу углекислый газ. Считается, что увеличение содержания этого газа приводит к так называемому парниковому эффекту, выраженному в первую очередь в увеличении среднегодовых температур.

Основной источник азота - это атмосферный воздух, состоящий из него почти на 80% (по объему). Однако большинству эукариот в таком виде этот элемент не доступен. Необходимые для обеспечения жизнедеятельности его связанные формы поступают из нескольких источников (рис. 40 - 1): (1) образование окислов азота во время грозных разрядов; (2) фотохимическая фиксация азота; (3) биогенная фиксация азота (около 25 кг/га в год). Последний путь наиболее важен. В основном он связан с деятельностью различных прокариот, фиксирующих азот.

Следует сказать и о круговороте такого важнейшего для

существования жизни на Земле химического соединения, как вода (рис. 40 - 1). Пары воды в большом количестве содержатся в атмосфере. Часть осадков (иногда до четверти) перехватывается растениями и либо поглощается, либо перераспределяется в виде капель. Почвы обычно в той или иной степени накапливают влагу. Многие растения используют эту влагу для обеспечения своей жизнедеятельности. Значительная ее часть в итоге испаряется.

Так, в лесных биомах испаряется до 50 000 л в день с гектара. Создание орошаемых полей приводит к резкому изменению режима испарения в засушливых районах. При этом требуется все больше и больше воды для полива и в результате испарения обычно происходит подъем засоленных грунтовых вод.

Вода растворяет разнообразные химические соединения. Часто это приводит не только к появлению нарушений (например, размывов), но и обеднению одних экосистем и обогащению других.

В большинстве случаев сток оказывается в водоемах, сначала главным образом в ручьях и реках, а затем - в морях и океанах, а также в бессточных озерах. Все водоемы выступают своеобразными аккумуляторами как воды, так и растворенных в ней химических соединений. Однако часть воды испаряется с поверхности водоемов, а вот другие соединения накапливаются в них.

В биологическом круговороте часто хорошо проявляется **биогенная аккумуляция**, т.е. накопление каким-либо организмом того или иного химического элемента или его соединения (см. §2).

Вопросы

- Какие функции выполняют живые организмы в биосфере?
- Каков вклад в круговорот кислорода, углерода и азота продуцентов? Консументов? Редуцентов?
- Какие биохимические процессы в клетке участвуют в превращениях воды, кислорода и углекислого газа?
- Какова роль в круговороте веществ азотфиксирующих, нитрифицирующих и других хемосинтезирующих бактерий?
- Что собой представляет биологический круговорот кислорода?
- Охарактеризуйте особенности биологического круговорота углерода?
- Где и за счет каких процессов происходит биогенное накопление углерода и кислорода?
- Как выглядит биологический круговорот азота?
- Что собой представляет биологический круговорот воды?
- Какова роль водоемов в круговороте химических элементов?
- Какова роль человека в современных биологических круговоротах?

- Какие химические элементы находятся в организмах в относительно большем количестве, чем в окружающей среде? Почему?

§ 41. Биосфера и человек

Биосфера, как и любая экосистема, находится в постоянном развитии. Считается, что несколько миллиардов лет тому назад живое вещество биосферы было сконцентрировано преимущественно в водной среде, только позднее была освоена суша (подробнее - см. § 43), но, вероятно, общий уровень продукции и тогда был близок к современному. Неизменным оставался и набор основных функциональных блоков.

Развитие человеческой цивилизации привело к существенной перестройке биосферы. Развитие науки и техники и стремление удовлетворить все потребности постоянно увеличивающейся популяции людей привели не только к существенному изменению и даже исчезновению местных экосистем, но и сказались на функционировании и устойчивости всей биосферы. Часто подобное воздействие имело и имеет характер экологической катастрофы. Такую - перестроенную человеком - биосферу часто называют **техносферой** (греч. techne - мастерство).

Очевидные нарушения биосферы, и утрата ею (так же как и местными экосистемами) способности к самовоспроизводству, саморегуляции и самоорганизации подтолкнули человечество к обсуждению и разработке различных путей сохранения природы. В первую очередь речь идет о сохранении экосистем и биологического разнообразия - и о выработке подходов, обеспечивающих **устойчивое развитие** - то есть развитие, направленное на долговременное и взаимовыгодное сосуществование биосферы и человека в ней. Реализация этих подходов будет означать переход от техносферы к **ноосфере** (греч. noos - разум) - сфере разума.

Биосфера - это сложная, грандиозная эколо-географическая система, включающая в себя многочисленные системы низших рангов: биогеоценозы, популяции, организмы. Все они определенным образом взаимодействуют друг с другом и обеспечивают, с одной стороны, определенную устойчивость биосферы, а с другой, - ее развитие, эволюцию. Во многом и то, и другое определяется биологическим разнообразием, т.е. тем многообразием форм жизни и биологических систем, какое мы можем реально наблюдать ныне и реконструируем для прошлых эпох.

Современное представление о биосфере как уникальной саморегулируемой, самовоспроизводимой и самоорганизующейся системе восходит к работам французского философа и палеонтолога Пьера Тейяра де Шардена и В.И. Вернадского начала XX века. Английский исследователь Джеймс Лавлок, развивая их взгляды, образно описывает биосферу как

своеобразный сверхорганизм.

Палеонтологические (от греч. palaios - древний) находки свидетельствуют, что в ходе развития жизни на Земле одни группы организмов заменялись на другие, но при этом всегда существовали формы, выполняющие различные геохимические функции. Таким образом, постоянно поддерживались условия, необходимые для существования жизни. Количество живого вещества также было более или менее постоянно на протяжении каждого геологического периода. В этом заключается **закон константности живого вещества**, фактически обоснованный В.И.Вернадским.

Со становлением цивилизаций роль человека в биосфере существенно изменилась. Так, ежегодные энергетические потребности каждого первобытного человека оцениваются примерно в 2×10^4 кДж. С освоением огня, появлением земледелия и животноводства человек стал использовать около 5×10^4 кДж. Сейчас каждый житель планеты Земля потребляет не менее 30×10^4 кДж энергии в сутки. Естественно, удовлетворение этих потребностей требует значительных ресурсов. В основном это либо продукция современных живых организмов (в том числе специально культивируемых), либо та же продукция, но произведенная в предыдущие эпохи и зафиксированная в виде биогенных накоплений - угля, нефти, газа.

Если учитывать общую ограниченность ресурсов, очевидно, что существуют некоторые пределы роста и существования цивилизации. Земля не способна прокормить и поддерживать слишком большое население. По разным расчетам, на нашей планете с учетом современных научно-технологических разработок может жить от 10 до 17 миллиардов людей. Однако эта оценка весьма приближительна.

История человечества - это и история становления и распространения разных измененных и нарушенных экосистем. Ясно, что характер освоения природы во многом зависел и зависит, во-первых, от плотности населения, а во-вторых, от научно-технического прогресса. Можно говорить о том, что чем изощреннее становились достижения науки и техники, тем сильнее видоизменялись экосистемы, освоенные человеком.

Незначительное воздействие человека на блоки продуцентов и консументов типично для **собирательских** экосистем, когда местные жители собирают разные съедобные растения, охотятся и ловят рыбу. Этот тип экосистем начал распространяться вместе со становлением человечества. В начале роль человека в них была сравнимой с другими консументами. Но постепенно, с совершенствованием орудий охоты и рыболовства, у человека появилась возможность влиять на численность многих животных и растений.

Возможно, именно интенсивная охота древнего человека привела если не к полному вымиранию, то, по крайней мере, к значительному сокращению численности многих крупных млекопитающих, например, мамонтов в Евразии,

крупных видов лемуру на Мадагаскаре, больших сумчатых в Австралии.

Более мощное воздействие человека проявляется в **лесопользовательских** экосистемах. Обычно это изъятие деревьев. Но при вырубке страдают и верхние слои почвы, подстилка, травянистый покров и животное население.

Лесопользовательские экосистемы начали формироваться одновременно с полевыми и пастбищными. Но со временем, особенно в XIX-XX веках, рубки стали массовыми и начали охватывать большие площади. В результате во многих районах естественные лесные экосистемы не сохранились.

Пирогенные экосистемы (греч. руг - огонь) формируются после пожаров. Часто они связаны с естественными причинами, особенно грозами. Однако сейчас пожары - обычный результат небрежности (или недомыслия) человека. Палы, как правило, приводят к нарушению растительного покрова и подстилки, а также верхних слоев почвы.

Очень значительно воздействие человека в **земледельческих** экосистемах. В первую очередь оно проявляется в резком изменении блока продуцентов, безвозвратном изъятии части биомассы и нарушении почвенного слоя. Не сохраняются многие функциональные связи. Резко обедняется и меняется животное население. Экосистемы такого типа начали формироваться вместе с окультуриванием растений и появлением инструментов для обработки почвы.

Пастбищные экосистемы связаны с изменением состава видов, входящих в блок первичных консументов. Фактически одомашненные животные заменяют крупных диких копытных, однако при этом изымается часть созданной ими продукции. В результате интенсивного выпаса может нарушаться и почвенный покров (рис. 41 - 1).

Наиболее резкие изменения характерны для **техногенных** экосистем. Их появление связано с развитием промышленности. В этом случае происходят серьезные нарушения всех основных блоков.

Рекреационные экосистемы (лат. recreatio - восстановление) характерны в основном для густонаселенных районов и связаны с отдыхом людей. Нередко человек создает очень своеобразные по внешнему облику экосистемы, такие как парки и сады. Продукции изымается немного, но почвенно-растительный покров страдает от вытаптывания. Появляются различные специально или случайно завезенные виды животных и растений.

Для **урбанизированных** экосистем (лат. urbanus - городской) (т.е. экосистемы городов и иных поселений) (рис. 41 - 2) типично сочетание участков не только техногенных, но и пастбищных, земледельческих, рекреационных, лесопользовательских и даже собирательских экосистем.

Урбанизация связана со значительным преобразованием местных естественных экосистем, причем важно, что при этом обычно нарушается характер как горных пород, так и водного стока. Здесь сочетаются как местные виды, так и многочисленные привнесенные формы. В больших городах теплее, чем в пригородах, и нередко есть разнообразные источники пищи. Это позволяет существовать различным более или менее теплолюбивым видам.

Степень изменения экосистемы зависит не только от характера, но и от продолжительности воздействия. Последнее может быть сильным, но кратковременным. Когда такое воздействие прекращается, обычно начинается восстановительная сукцессия. В итоге формируется экосистема, очень близкая к

исходной либо даже ее точный аналог. Таковы, например, вырубки.

При длительном непрерывном воздействии, особенно достаточно интенсивном, может идти **деградация** (лат. *degradatio* - снижение) экосистемы. В ходе такой деградации структура экосистемы упрощается, а продуктивность падает. Это прослеживается при интенсивном выпасе на протяжении многих лет.

В случае, когда воздействие регулярно, но не столь интенсивно, экосистема может сохранять свои важнейшие свойства (саморегуляция, самоорганизация, самовоспроизведение). Фактически человек здесь становится одним из ключевых элементов. Устойчивые экосистемы подобного рода можно отнести к **антропогенному субклимаксу**. Это своеобразный аналог климакса, существование и устройство которого определяется как естественными свойствами, так и регулярным воздействием человека. Таковы, например, современные леса Европы, а также суходольные луга, лесопарковые леса и т.п.

Деятельность человека не всегда приводит к снижению продукции экосистемы. Иногда она значительно возрастает. Нередко такое наблюдается после осушения заболоченных участков, при эвтрофикации (т.е. при внесении большого количества легкоусваиваемых веществ) водоемов. Чаще всего подобное повышение продукции связано с отрицательными последствиями, например, снижением видового разнообразия. Поэтому к оценке результатов воздействия человека на экосистемы нужно подходить крайне осторожно.

В целом воздействие человека на биосферу и местные экосистемы вышло за рамки его биологических возможностей. Сейчас это влияние охватывает практически всю биосферу. Человек существенно изменяет строение многих экосистем, изымает или привносит разнообразные компоненты и элементы, воздействует на характер связей между различными биологическими системами, все активнее вмешивается в наследуемую изменчивость.

Кратко некоторые проблемы, связанные с деятельностью человека, будут обсуждаться в главе XI. Но всестороннее их обсуждение лежит за пределами учебника “Общей биологии”.

Надо отметить только, что очень лаконично все эти проблемы охарактеризованы в так называемых законах Коммонера:

- 1) все связано со всем;
- 2) все должно куда-то деваться;
- 3) природа "знает" лучше;
- 4) ничто не дается даром.

Фактически в небольшом пояснении нуждается лишь последний закон. Его суть состоит в том, что любое вмешательство человека в природу, даже с лучшими намерениями, обычно в конце концов приводит к каким-то негативным последствиям.

Один из важнейших результатов деятельности человека - утрата биологического разнообразия. Это существенно не только для поддержания устойчивости как отдельных экосистем, так и биосферы в целом, но и для сохранения эволюционного потенциала.

Ныне разрабатывается и уточняется **концепция устойчивого развития**, которая призвана переориентировать человека на бережное отношение к природе, ее разумное использование, совершенствование технологий и выработку более дорогих, но безотходных способов производства, на поддержание устойчивости экосистем и сохранение биологического разнообразия. Это концепция во многом соответствует теоретическим представлениям В.И. Вернадского и П. Тейяра де Шардена о перерастании биосферы в **ноосферу** - сферу разума.

Устойчивое развитие (может быть более точный перевод с английского - самоподдерживающееся развитие) - это улучшение качества жизни людей при их существовании в устойчиво развивающихся экосистемах - от местных до биосферы.

Это развитие должно быть основано на следующих принципах. Часть из них непосредственно связана с биологией и экологией:

- 1) Уважение и забота обо всех живых существах Земли.
- 2) Сохранение жизнеспособности биосферы и ее разнообразия. Этот принцип связан с поддержанием нормального функционирования экосистем, сохранением биологического разнообразия. Кроме того, необходимо и воспроизведение возобновимых ресурсов (почв, эксплуатируемых животных и растений и т.п.).
- 3) Замедление процесса истощения невозобновимых ресурсов.
- 4) Существование в пределах реальных возможностей биосферы и местных экосистем.

Остальные принципы связаны с необходимостью политических и экономических изменений:

- 5) Улучшение качества жизни людей.
- 6) Изменение этических норм и поведения людей.
- 7) Использование возможностей местного населения по поддержанию окружающей их природной среды.
- 8) Создание национальных программ для интеграции развития и охраны природы.
- 9) Объединение усилий на мировом уровне.

Вопросы

- Как можно охарактеризовать исторические изменения роли человека в биосфере?
- В чем выражается влияние человека на экосистемы?
- Какая доля солнечной энергии, попадающей на Землю, в настоящее время потребляется человеком (§36)?
- Обоснуйте законы Коммонера известными вам примерами.
- На каких принципах основана концепция устойчивого развития?
- Какие экосистемы труднее и дольше восстанавливаются?

- Предложите модель организации жизни на Земле в эпоху ноосферы (где располагать города, как организовать промышленное производство и производство продуктов питания и т.д.)