

Концепция биогеоценоза

Разнообразие видового состава биоценозов создается как абиотическими факторами, так и самими живыми организмами. Каждый вид создает условия для существования в биоценозе и других видов, связанных с ним трофическими и топическими взаимоотношениями. Например, суслики, осваивающие новые места обитания, могут привлечь туда хищников, для которых они являются добычей, около 50 видов паразитов и множество видов норových сожителей. Для животных дополнительное разнообразие создает растительность. Чем более она разнообразна, тем многообразнее микроклиматические условия в биоценозе, многообразнее источники питания, тем больше видов животных привлекается в биоценоз.

Важной характеристикой биоценоза является *видовое разнообразие*, количественное соотношение видов. Одни виды встречаются редко, другие настолько часто, что определяют внешний облик биоценоза. Например, ковыль в ковыльной степи, хвойные деревья в хвойном лесу, а лиственные - в лиственном.

Виды, преобладающие по численности, называются доминантными. Доминанты господствуют и составляют «видовое ядро» биоценоза. Удаление такого вида из биоценоза обычно вызывает изменение среды для всего сообщества. В наземных биоценозах такими видами чаще всего выступают растения: в еловых лесах - ель; в сосновых - сосна, в степях - злаки. Без этих видов в соответствующем сообществе существование большинства других видов невозможно.

Видовой состав сообщества и численность отдельных видов определяются условиями среды. Чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав и выше численность отдельных видов. В наиболее богатых видами биоценозах практически все виды малочисленны. В тропических лесах редко можно встретить рядом несколько деревьев одной породы. Такие биоценозы чаще всего отличаются высокой стабильностью. Для оценки роли отдельного вида в видовой структуре биоценоза используют разные показатели: обилие вида, частота встречаемости, степень доминирования.

Биомасса - это энергия всей совокупности особей биоценоза, выраженная в граммах или в килокалориях, исходя из того, что 1 г сухого органического вещества при сгорании дает в среднем 4,5 ккал энергии (1 г белка - 3,4 ккал; 1 г углеводов - 7,5 ккал; 1 г жиров - 9,7 ккал). Главными производителями биомассы являются аутоотрофные организмы - растения. Их называют продуцентами. В результате фотосинтеза солнечная энергия превращается в энергию химических связей и накапливается в растительной биомассе. Затем энергия, накопленная растениями, переходит в энергию гетеротрофных организмов (консументов) первого и последующих порядков.

Биологическая продуктивность - это скорость образования биомассы растениями (*первичная продуктивность*) и скорость образования биомассы животными (*вторичная продуктивность*). Биологическая продуктивность выражается в граммах или в ккал с единицы площади за год.

Биомасса и биологическая продуктивность значительно отличаются в различных биоценозах. Наибольшей первичной продуктивностью обладают леса Земного шара.

Среди огромного многообразия взаимосвязей живых существ в биоценозе можно выделить наиболее характерные, имеющие много общего у организмов разных систематических групп:

- *хищничество* - прямое уничтожение одного вида другим, укладываемое в отношения хищник - жертва;

- *конкуренция* - это отношения, складывающиеся между видами со сходными экологическими требованиями; формы конкуренции могут быть различными: от прямой физической борьбы до мирного сосуществования, но рано или поздно один конкурент вытесняет другого;

- *сожительство* (симбиоз); в симбиозе отношения организмов могут развиваться по-разному, в частности, к симбиозам относятся паразитизм, комменсализм и мутуализм.

Паразитизм - это форма сожительства организмов разных видов, при которой один организм (паразит) использует другой организм (хозяина) в качестве среды обитания и источника питания; при этом наносится прямой вред одной стороне.

Комменсализм - это взаимоотношения видов, при которых деятельность одного из них доставляет пищу или убежище другому. Комменсализм - это использование одного вида другим без нанесения ему вреда.

Мутуализм - это широко распространенные в природе взаимовыгодные отношения видов. Примером могут служить лишайники - взаимовыгодное сожительство гриба и водоросли.

Организмы в биоценозе образуют сообщества, которые отличаются тесной зависимостью друг от друга, чаще всего на основе пищевых связей как средства получения энергии для жизни.

В основе пищевых (трофических) связей лежит наличие двух основных типов питания - аутоτροφного и гетеротрофного.

Аутотрофы извлекают необходимые для жизни химические вещества из окружающей среды и при помощи солнечной энергии превращают их в органическое вещество.

Гетеротрофы разлагают органическое вещество до углекислого газа, воды, минеральных солей и возвращают их в окружающую среду. Этим обеспечивается круговорот веществ, который возник в процессе эволюции как необходимое условие существования жизни. При этом световая энергия солнца трансформируется организмами в другие формы энергии - химическую, механическую, тепловую. Определенная часть энергии солнца рассеивается в виде тепла. Деятельность и взаимоотношения всех живых существ в природе основываются на односторонне направленном потоке энергии и круговороте веществ.

Таким образом, в структуре любого биогеоценоза различают следующие обязательные компоненты:

- 1) абиотические вещества среды;
- 2) аутотрофные организмы - продуценты биотических органических веществ;
- 3) гетеротрофные организмы - консументы (потребители) готовых органических веществ первого и последующих порядков (растительноядные и плотоядные животные);
- 4) детритоядные организмы - деструкторы, разрушающие органическое вещество до простых минеральных соединений (микроорганизмы).

Схема цепи питания биотической части биогеоценоза приведена на рис. 1.4.

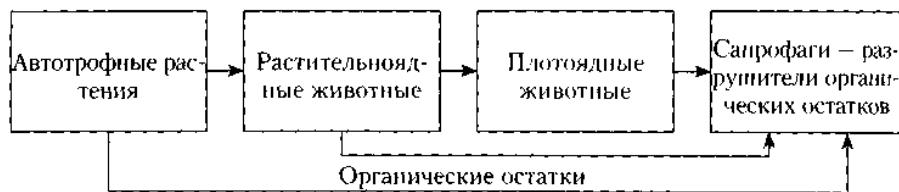


Рис. 1.4. Цепь питания биотической части биогеоценоза

Важная роль в экономике биогеоценоза принадлежит цепям питания, которые составляют трофическую структуру и по которым осуществляется перенос энергии и круговорот веществ.

Цепи питания - это устойчивые цепи взаимосвязанных видов, последовательно извлекающих материалы и энергию из исходного пищевого вещества, сложившиеся в результате эволюции.

Первичным источником энергии в цепи питания служит солнечное излучение, энергия которого составляет $4,6 \cdot 10^{26}$ Дж/сек. Поверхности Земли достигает 1/2 000 000 часть этого количества энергии, из которых 1-2% ассимилируется растениями. 30-70% поглощенной энергии используется растениями для обеспечения собственной жизнедеятельности и синтеза органических веществ.

Энергия, накопленная в растительной биомассе, составляет чистую первичную

продукцию биогеоценоза.

Фитобиомасса используется в качестве источника энергии и материала для создания биомассы потребителей первого порядка и далее по пищевой цепи. Обычно продуктивность последующего трофического уровня составляет не более 5-20% предыдущего. В целом, если суммарная биомасса всех организмов, обитающих на суше, составляет примерно $3 \cdot 10^{12}$ т, то на зообиомассу приходится лишь 1-3% этого количества, а масса живого вещества, приходящегося на людей, составляет около 0,0002% от суммарной массы живого вещества планеты. Это связано с тем, что объем энергии, необходимый для обеспечения жизнедеятельности, увеличивается с повышением уровня морфофункциональной организации.

Основные пути использования энергии в биоценозе проиллюстрированы рис. 1.5.

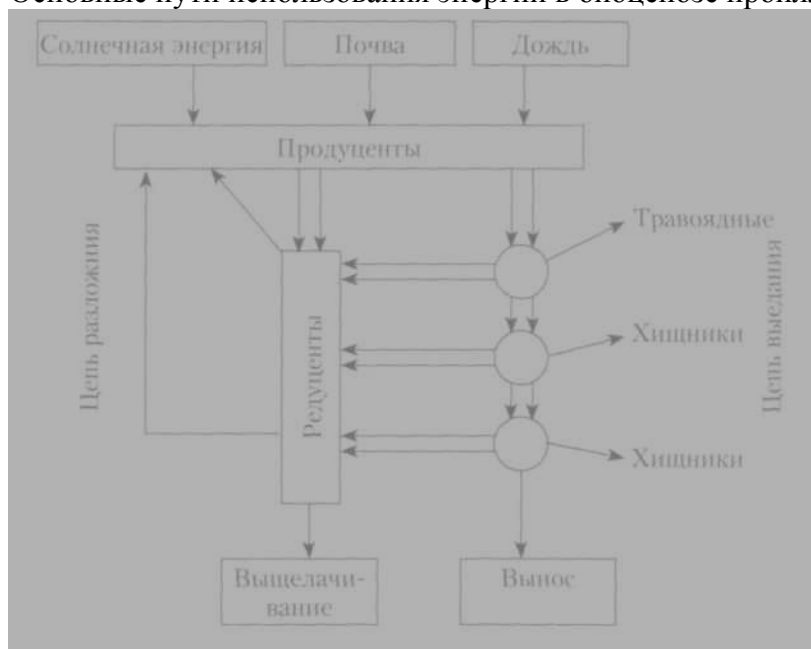


Рис. 1.5. Основные пути использования энергии в биоценозе

Прогрессивное снижение ассимилированной энергии в цепях питания отражается в структуре экологических пирамид.

Экологическая пирамида — это графическое изображение потерь энергии в цепях питания (рис. 1.6).

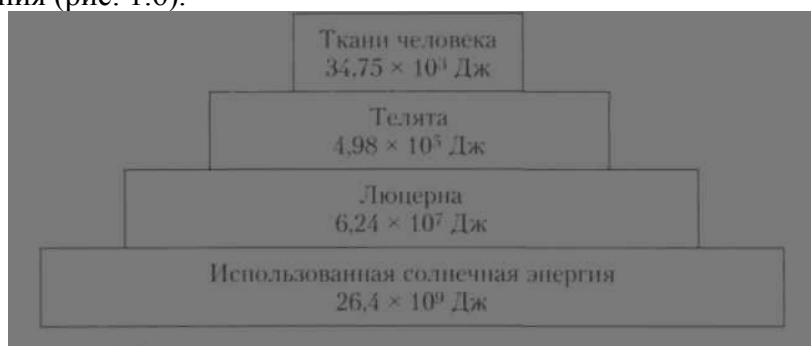


Рис. 1.6. Экологическая пирамида: расчеты выполнены исходя из допущения, что человек потребляет в пищу только телятину, а телята - только люцерну

Экосистемы очень разнообразны по относительной скорости создания и расходования, как чистой первичной, так и чистой вторичной продукции на каждом трофическом уровне. Однако всем без исключения экосистемам свойственны определенные количественные соотношения первичной и вторичной продукции. Всегда количество растительного вещества, служащего основой цепи питания, в несколько раз (~10) больше, чем общая масса растительных животных, а масса каждого последующего звена в пищевой цепи

соответственно пропорционально меняется.

Так как даже в наиболее продуктивных сообществах в реакциях биосинтеза используется всего 1-2% солнечной энергии, то они не дают достаточно продукции, чтобы прокормить растущее человечество. Обратные соотношения - относительно малая биомасса и высокая первичная продуктивность - свойственны агробиоценозам, которые являются экономически выгодными. Однако без постоянного ухода и защиты со стороны человека они быстро сменяются малопродуктивными природными биогеоценозами.

Агроценоз - это биоценоз, искусственно созданный человеком для своих целей, с определенным уровнем и характером продуктивности. В настоящее время агроценозами занято около 10% суши.

Несмотря на то, что в агроценозе, как и в любой природной экосистеме, существуют обязательные трофические уровни - продуценты, консументы, редуценты, образующие типичные трофические сети, между этими двумя типами сообществ (агроценозом и биоценозом) имеются очень большие различия:

- в агроценозах резко снижено разнообразие организмов, которое человек поддерживает специальной сложной системой агротехнических мер; культивируя на полях один вид растений, мы обедняем и животное население, и состав микроорганизмов почвы;
- виды, культивируемые человеком, поддерживаются искусственным образом и не могут выдерживать борьбу за существование без поддержки человека;
- агроэкосистемы получают дополнительную энергию благодаря деятельности людей, обеспечивающих дополнительные условия роста культивируемых растений;
- чистая первичная продукция агроценоза удаляется из экосистемы в виде урожая и не поступает в цепи питания. В результате почва обедняется минеральными веществами, необходимыми для жизнедеятельности растений;
- в агроценозах ослаблено действие естественного отбора и действует в основном искусственный отбор, направленный на максимальную продуктивность растений, нужных человеку, а не тех, которые лучше приспособлены к окружающим условиям.

Первичной ареной развития живого вещества на Земле была протобиосфера, охватывающая поверхностные слои гидросферы, часть литосферы. В ходе эволюции поверхность Земли приобрела главные черты своего современного биогеохимического облика, древняя протобиосфера сменилась постепенно современной биосферой.

Эволюция биоценозов. Биоценозы развиваются, эволюционируют, в них постоянно происходят изменения в состоянии и жизнедеятельности организмов и соотношении популяций. Все многообразные изменения, происходящие в любом биоценозе, можно разделить на циклические и поступательные.

Циклические изменения сообществ происходят под влиянием суточной, сезонной и многолетней периодичности внешних условий.

Суточные изменения в биоценозе обычно тем сильнее, чем значительнее разница температуры, влажности и других факторов среды в течение суток. Суточные изменения характерны для биоценозов всех климатических зон.

Сезонная изменчивость биоценозов выражается в изменении не только состояния и активности, но и количественного соотношения отдельных видов в зависимости от циклов их размножения, сезонных миграций, отмирания отдельных поколений в течение года и т.д. На определенное время года многие виды практически исключаются из жизни сообществ, переходя в состояние покоя (оцепенение, анабиоз, спячка) или переживая неблагоприятные условия на определенной стадии онтогенеза (яйцо, личинка, куколка, семечка) или мигрируя в другие климатические зоны.

Многолетняя изменчивость зависит от изменения в течение лет внешних условий, действующих на сообщество. Примером могут служить разливы рек, резко колеблющееся по годам количество осадков, понижение уровня грунтовых вод и т.д. Большое значение имеют так называемые *популяционные волны* - резкое изменение количества особей определенного вида в биоценозе в связи с изменением условий. Популяционные волны очень значимы для

дальнейшей эволюции организмов.

Поступательные изменения в сообществе приводят к смене одного сообщества другим. Причиной подобных смен могут быть факторы, длительное время действующие в одном направлении, например возрастающее в результате мелиорации иссушение болот, увеличивающее антропогенное загрязнение водоемов, усиленный выпас скота. Если при этом упрощается структура сообщества, обедняется видовой состав, снижается продуктивность, то такая смена сообщества называется *дигрессией*.

Если смена одного сообщества другим происходит без внешнего воздействия, а в результате внутренних процессов, - ее называют *эндогенной*.

Закономерно направленный процесс изменения сообществ в результате взаимодействия живых организмов между собой и с окружающей их абиотической средой называют *сукцессией*. Сукцессия как последовательный переход одного биоценоза в другой в пространстве или во времени, сопровождающийся сменой состояний и свойств всех его компонентов, может возникнуть как под воздействием природных факторов, так и под воздействием человека. С появлением человеческого общества и его массированного воздействия на окружающую среду, в целях выявления губительной роли этого воздействия в том или ином случае, на тот или иной участок биосферы, потребовалось классифицировать формы сукцессии.

В связи с этим различают: антропогенную, пирогенную, катастрофическую и другие виды сукцессии.

Антропогенная сукцессия - это последовательная смена биоценозов, преемственно возникающая на одном и том же биотопе в результате хозяйственной деятельности человека, его прямого или косвенного влияния на экосистему. Например, вырубка леса, распашка земли, строительство шахт и т.д.

Пирогенная сукцессия - это смена биоценозов в результате пожаров, вне зависимости от причины - природного характера или возникших по вине человека.

Катастрофическая сукцессия - это смена биоценоза, происходящая вследствие катастрофических для экосистемы происшествий: необычный паводок, массовое размножение вредителей, продолжительное выдувание сильными ветрами.

Биосфера

Биосфера - это часть оболочек земного шара, населенная живыми организмами и активно преобразующаяся ими.

Термин «биосфера» был предложен австралийским геологом Э. Зюссом в 1875 г. для обозначения оболочки Земли, образованной совокупностью живых организмов, что укладывается в биологическую концепцию биосферы.

Представление о широком влиянии жизни на природные процессы было сформулировано В.В. Докучаевым, который показал зависимость процессов почвообразования не только от климата, но и от совокупного влияния растительных и животных организмов.

Владимир Иванович Вернадский развил это направление и разработал учение о биосфере как глобальной системе нашей планеты, в которой основной ход геохимических и энергетических процессов определяется живым веществом. Он распространил понятие биосферы не только на сами организмы, но и на среду их обитания. Это придало концепции биосферы биогеохимический смысл. До этого все явления, меняющие в масштабе геологического времени облик Земли, рассматривались как чисто физические, химические или физико-химические (размыв, растворение, осаждение, выветривание пород и т.д.). В. И. Вернадский создал учение о геологической роли живых организмов и показал, что деятельность последних является важнейшим фактором преобразования минеральных оболочек Земли.

С именем Вернадского связано создание социально-экономической концепции биосферы, отражающей ее превращение на определенном этапе в *ноосферу*. Это связано с деятельностью человека, которая приобретает роль самостоятельной геологической силы.

Учитывая системный уровень организации биосферы, а также то, что в основе ее функционирования лежат круговороты веществ и энергии, современной наукой сформулированы биохимическая, термодинамическая, биогеоценотическая, кибернетическая концепции биосферы.

Согласно В. И. Вернадскому, биосфера - это такая оболочка, в которой существует и существовала в прошлом жизнь и которая подвергалась и подвергается воздействию живых организмов.

Эта оболочка включает:

- *живое вещество*, образованное совокупностью организмов;
- *биогенное вещество*, которое создается и перерабатывается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, нефть, сланцы, известняки и др.);
- *косное вещество*, которое образуется без участия живых организмов (продукты тектонической деятельности, метеориты);
- *биокосное вещество*, представляющее собой совместный результат жизнедеятельности организмов и абиогенных процессов (почвы).

В. И. Вернадский определил биосферу как термодинамическую оболочку с температурой от +50° до -50° С и давлением около 1 атм. Эти условия составляют границы жизни для большинства организмов. Все живые организмы образуют биомассу планеты и составляют около 0,01% массы земной коры, но, несмотря на незначительную общую биомассу, деятельностью живых организмов обусловлены химический состав атмосферы, концентрация солей в гидросфере, формирование почвенного слоя и горных пород в литосфере. Главная функция биосферы заключается в обеспечении *круговорота химических элементов* и осуществляется при участии всех населяющих планету организмов. Химические вещества циркулируют между почвой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами. Используя неорганические вещества, зеленые растения за счет энергии солнца создают органические вещества, которые другими живыми существами (гетеротрофами и деструкторами) разрушаются с тем, чтобы продукты этого разрушения были использованы растениями для новых органических синтезов.

Границы биосферы определяются областью распространения организмов в атмосфере, гидросфере, литосфере. Верхняя граница биосферы в атмосфере проходит на высоте 20 км, т.е. живые организмы расселены в основном в тропосфере и нижних слоях стратосферы. Лимитирующим фактором расселения в атмосфере является нарастающая с высотой интенсивность ультрафиолетовой радиации. Все живое, проникающее выше границы озонового слоя, погибает. В гидросферу биосфера проникает на всю глубину Мирового океана, что подтверждается обнаружением живых организмов и органических отложений до глубины 10-11 км. В литосфере живые организмы обнаруживаются на глубине примерно 7,5 км.

Литосфера - земная кора, внешняя твердая оболочка земного шара, образованная осадочными и базальтовыми породами. Это верхний плодородный слой почвы, населенный живыми организмами. Общий химический состав земной коры определяют немногие химические элементы. Всего лишь 8 элементов распространены в земной коре в весомом количестве (более 1%) - кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, натрий, калий. Наиболее распространенным элементом является кислород, составляющий почти половину массы земной коры (47,3%). Таким образом, земная кора - это царство кислорода, химически прочно связанного с другими элементами.

Исходным материалом для почвообразования служат поверхностные слои горных пород. Из них под воздействием микроорганизмов, растений и животных формируется почвенный покров. Организмы концентрируют в своем составе биогенные элементы. После отмирания животных и растений и их разложения эти элементы переходят в состав почвы, благодаря чему в ней аккумулируются биогенные элементы, а также могут накапливаться продукты разложения органических веществ. В почве накапливается огромное количество

микроорганизмов.

Таким образом, литосфера имеет биогенное происхождение, она состоит из органических и неорганических соединений и живых организмов.

Основная масса живых организмов, обитающих в литосфере, сосредоточена в почвенном слое, глубина которого не превышает нескольких метров.

Основная масса живых организмов, обитающих в литосфере, сосредоточена в почвенном слое, глубина которого не превышает нескольких метров.

Гидросфера - водная оболочка Земли, составленная Мировым океаном, который занимает примерно 70,8% поверхности земного шара. Вода является важной составной частью всех компонентов биосферы и одним из наиболее необходимых факторов существования живых организмов. Основная часть воды (95%) заключена в Мировом океане. Глубина Мирового океана в среднем около 4 км, наибольшая - 11 км. Вода содержится в виде паров и облаков в земной атмосфере, существует в виде ледников в замороженном состоянии, атмосферные воды проникают в толщу осадочных пород, формируя подземные воды.

Химический состав природных вод формируется под воздействием живых организмов непосредственно и косвенно. Живые организмы и продукты их жизнедеятельности способствуют разрушению горных пород и вымыванию из них различных веществ. С речным стоком эти вещества попадают в Мировой океан. В пресных и морских водах растворенные вещества концентрируются многими живыми организмами. Из газов, растворенных в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Количество кислорода в гидросфере значительно варьирует в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Концентрация углекислого газа также различна, но в целом количество его в океане приблизительно в 60 раз больше, чем в атмосфере.

Значение воды в биосфере огромно: вода является универсальным растворителем; большинство химических реакций осуществляется в водных растворах, в воде происходит диссоциация соединений, вода обладает

огромной теплоемкостью, тепло- и электропроводностью. В гидросферу биосфера проникает практически на всю глубину Мирового океана.

Атмосфера - воздушная оболочка Земли, состоящая из смеси газов, в которой преобладают кислород и азот. Наибольшее значение для биологических процессов имеют кислород атмосферы, используемый для дыхания организмов и минерализации омертвевшего живого вещества; углекислый газ, используемый при фотосинтезе, а также озон, экранирующий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения.

Атмосфера - наиболее легкая оболочка, граничащая с космическим пространством. Химический состав атмосферы многообразен, но основную массу в ней составляют азот и кислород. В меньших концентрациях присутствуют углекислый газ и аргон. Сухой воздух приземного слоя атмосферы - тропосферы - состоит из азота (78,084%), кислорода (20,946%), аргона (0,934%), и углекислого газа (0,033%). Из этих четырех газов только аргон не связан с жизнедеятельностью организмов, а поступление и расход кислорода, азота, углекислого газа регулируется живыми организмами.

В атмосфере различают: *тропосферу* - примыкающий к поверхности Земли нижний слой атмосферы высотой около 15 км, в который входят взвешенные в воздухе водяные пары; *стратосферу* - слой над тропосферой высотой около 100 км. В стратосфере под действием жесткого излучения Солнца из молекулярного кислорода образуется атомарный кислород, который затем, соединяясь с молекулярным кислородом, превращается в озон, образующий озоновый слой, задерживающий космические и ультрафиолетовые лучи, губительно действующие на живые организмы. Озоновый слой, или «экран», составляет верхнюю часть атмосферы - *ионосферу*.

Состояние атмосферы оказывает важное влияние на физические, химические и биологические процессы на поверхности Земли. Наибольшее значение для биологических процессов имеют кислород атмосферы, необходимый для дыхания организмов и

минерализации омертвевшего органического вещества; углекислый газ, расходуемый на фотосинтез, а также озон, экранирующий земную поверхность от жесткого ультрафиолетового излучения. Вне атмосферы существование живых организмов невозможно,

Основными органогенными веществами являются водород, углерод, кислород, азот, сера, фосфор. Эти вещества называют макроэлементами. К микроэлементам относятся калий, натрий, кальций, магний, железо, кремний и др. Остальные элементы входят в состав живой материи в ничтожно малых количествах, их называют следовыми элементами. Все элементы в определенной периодичности переходят из живой материи в неживую (косную), участвуя в биогеохимических циклах. Последние можно разделить на две группы: круговорот газов, в котором главным накопителем элементов является атмосфера, осуществляющая круговороты углерода, азота, кислорода, воды и круговорот осадочных элементов, которые в твердом состоянии находятся в составе осадочных пород почвы - фосфор, железо, сера и др.

«Вихрь жизни», как говорил Вернадский, захватывает освобожденные при гниении органических веществ элементы, поступающие в литосферу, гидросферу и атмосферу и снова включает их в круговорот веществ.

В качестве примера ниже приводится схема круговорота одного из важнейших элементов живого вещества - углерода. Главным и единственным источником углерода, используемого аутоотрофными организмами (растениями) для синтеза органического вещества служит углекислый газ, который входит в состав атмосферы или находится в растворенном состоянии в воде.

Круговорот углерода начинается с фиксации углекислого газа атмосферы растениями в процессе фотосинтеза. Фотосинтез - сложный многоступенчатый процесс, в ходе которого выделяют две фазы - световую и темновую. В результате световой фазы происходит превращение солнечной энергии в энергию химических связей и накопление энергии, а также образуется вода и свободный кислород. В темновую фазу накопленная энергия расходуется на образование органических веществ (углеводов) из углекислого газа и воды.

Часть образовавшихся углеводов расходуется самим растением для получения энергии, необходимой для обмена веществ, роста и развития, другая часть (около 10%) идет на формирование биомассы самого растения, которая затем потребляется организмами второго уровня питания (консументами). Часть углерода поступает в окружающую среду при дыхании растений и животных. Мертвые животные и растения разлагаются микроорганизмами почвы (редуцентами), при этом углерод их тканей снова возвращается в атмосферу в виде углекислоты. Благодаря круговороту веществ содержание углекислоты в атмосфере не уменьшается, так как ее запасы постоянно пополняются за счет дыхания, брожения, горения. Напротив, существует реальная опасность увеличения концентрации CO_2 в атмосфере в результате нарастания темпов развития промышленного производства, что может привести к нарушению постоянства состава атмосферы и равновесия в биосфере.

Другой важнейшей функцией живого вещества, а следовательно, биосферы является *газовая функция*. Благодаря деятельности живого вещества изменился состав атмосферы, в частности в результате процесса фотосинтеза в ней появился в значительных количествах кислород. Большинство газов верхних горизонтов планеты порождено жизнью. В верхних слоях тропосферы и в стратосфере под влиянием ультрафиолетового излучения из кислорода, как уже говорилось, образуется озон. Существование озонового экрана - также результат деятельности живого вещества, которое, по выражению В. И. Вернадского, «как бы само себе создает область жизни».

Диоксид углерода поступает в атмосферу в результате дыхания всех живых организмов. Весь азот атмосферы имеет органогенное происхождение. К газам органического происхождения относятся также сероводород, метан и множество других летучих соединений, образующихся в результате разложения органических веществ растительного происхождения, ранее захороненных в осадочных толщах.

Живое вещество способно перераспределять атомы в биосфере. Одной из функций

живого вещества является *концентрационная*. Многие организмы обладают способностью накапливать в себе определенные элементы, несмотря на незначительное их содержание в окружающей среде. На первом месте стоит углерод. Многие организмы концентрируют кальций, кремний, алюминий, натрий, йод и т.д. Отмирая, они образуют скопление этих веществ. Возникают залежи угля, известняков, бокситов, фосфоритов, осадочных железных руд и т.п. Многие из них человек использует как полезные ископаемые.

Окислительно-восстановительная функция живого вещества заключается в его возможности осуществлять окислительные и восстановительные химические реакции, почти невозможные в неживой природе. В результате жизнедеятельности микроорганизмов в биосфере в больших масштабах происходят такие химические процессы, как окисление и восстановление элементов с переменной валентностью (азот, сера, железо, марганец и др.). Микроорганизмы-восстановители (гетеротрофы) используют в качестве источника энергии органические вещества. К ним относятся денитрифицирующие и сульфатредуцирующие бактерии, восстанавливающие из окисленных форм азот до элементарного состояния и серу до сероводорода. Микроорганизмы-окислители могут быть как аутотрофами, так и гетеротрофами. Это бактерии, окисляющие сероводород и серу, нитрифицирующие микроорганизмы, железные и марганцевые бактерии, концентрирующие эти металлы в своих клетках.

Эволюция биосферы на протяжении большей части ее истории осуществлялась под влиянием двух главных факторов: естественных геологических и климатических изменений на планете и изменений видового состава и количества живых существ в процессе биологической эволюции. На современном этапе в третичном периоде к ним присоединился третий фактор - развивающееся человеческое общество.

Человек занимает особое место в биосфере. Разумная деятельность его в масштабах биосферы способствует превращению последней в ноосферу. На этом этапе эволюция биосферы происходит под определяющим воздействием человеческого сознания в процессе производственной деятельности людей, что переводит биосферу на новый этап эволюции - период *ноогенеза*.

Разумная по своим намерениям деятельность людей в масштабе биосферы способствует превращению последней в ноосферу. Однако во второй половине XIX в. начинается интенсивный рост промышленности, железнодорожного транспорта, возрастает потребление полезных ископаемых, в том числе потребление топлива и, соответственно, человек все в большей степени вмешивается в круговорот вещества в биосфере.

В связи с развитием производительных сил возникают новые по качеству круговороты вещества в биосфере, которые составляют основные *признаки превращения ее в ноосферу*:

- возрастание механически извлекаемого материала земной коры, рост разработки месторождений полезных ископаемых;
- массовое потребление (сжигание) продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох;
- процессы антропогенеза приводят к рассеиванию энергии, а не к ее накоплению, что было характерно для биосферы до появления человека;
- в биосфере в массовом количестве появляются (создаются) вещества, ранее в ней отсутствовавшие, в том числе чистые материалы; происходит антропогенная металлизация биосферы;
- в связи с развитием ядерной технологии и ядерной энергетики в биосфере появляются, хотя и в ничтожном количестве, трансураниевые элементы; разработка новых и совершенствование существующих способов получения ядерной энергии позволит снизить добычу горючих ископаемых;
- ноосфера выходит за пределы Земли в связи с научно-техническим прогрессом и вторжением человека в космическое пространство.

Ноосфера - это не что-то внешнее по отношению к биосфере, а новый этап в ее развитии, заключающийся в разумном регулировании отношений человека и природы.

Стабильное состояние биосферы обусловлено деятельностью самого живого вещества, обеспечивающего определенную степень фиксации солнечной энергии и уровень биогенной миграции атомов. Однако необходимо учитывать, что стабильность биосферы, как и любой другой системы, имеет определенные пределы.

Основные экологические законы, регулирующие взаимодействие в системе «общество - природа»

Главным условием в направлении хозяйственной деятельности является постижение и соблюдение *основных экологических законов*.

Закон внутреннего динамического равновесия, суть которого состоит в наличии ответных реакций отдельных или взаимосвязанных природных систем и их иерархий при воздействии на них вещества, энергии или информации. Любое изменение среды неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер. Даже слабые изменения одного из показателей системы могут вызвать сильные изменения в других, а также во всей системе в целом. Производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы. Переходя по иерархии снизу вверх - от места воздействия до биосферы в целом - они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень. При достижении существенных значений перемен в природной среде, соответствующих понятию «критические», происходят существенные сдвиги в природных системах и в соответствии с законом внутреннего динамического равновесия во всей биосфере.

Закон толерантности - это величина выносливости организма или популяции к воздействию на него лимитирующему фактору в диапазоне между минимумом и максимумом. Применение закона толерантности необходимо при оценке возможности акклиматизации диких видов, успешности культивирования растений, выращивания сельскохозяйственных животных и других случаях. Закон толерантности определяет положение, по которому любой избыток вещества или энергии оказывается загрязняющим окружающую среду.

Закон максимизации энергии говорит о том, что выживание или сохранение одной системы в соперничестве с другими определяется наилучшей организацией поступления в нее энергии и использование ее максимального количества наиболее эффективным способом. Для реализации этого закона необходимо соблюдение следующих положений:

- обязательное создание накопителей высококачественной энергии;
- использование накопленной энергии на обеспечение поступления новой энергии;
- обеспечение круговорота веществ;
- создание механизмов регулирования, поддерживающих устойчивость системы и ее способность приспособления к изменяющимся условиям;
- налаживание обмена энергией с другими системами для обеспечения в потребности энергией других видов.

Закон максимизации энергии справедлив и в отношении информации: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, которая в наибольшей степени способна получать, вырабатывать и эффективно использовать энергию и информацию.

Закон минимума гласит: выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. В соответствии с этим законом жизненные возможности организма или системы лимитируют экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому организму или экосистеме минимуму. При дальнейшем снижении их уровня происходит гибель организма или деструкция экосистемы. Закон минимума дополняется правилом взаимодействия факторов, согласно которому организм или система в определенной мере способны заменить дефицитное вещество или действующий фактор иным функционально близким веществом или фактором. Выявление

слабого звена является очень важным в оптимизации взаимоотношений между обществом и средой, в прогнозировании развития *нообиогеоценозов*, при экологической экспертизе проектов, позволяет рационально производить замену веществ и воздействий на менее дефицитные, что важно в природопользовании.

Закон обеднения разнородного вещества в островных его сгущениях. Индивидуальная система, существующая в среде с более низким уровнем организации, постепенно теряет свою структуру, как бы растворяется в окружающей среде. Из этого закона следует, что любые сложные биотические сообщества, сохраненные на незначительных пространствах, обречены на деградацию. В практике природопользования этот закон диктует необходимость создания так называемых буферных зон, то есть полос земли, в пределах которых запрещаются любые действия, способные нарушить в них установившиеся природные режимы. Буферные зоны создаются как при ведении интенсивного хозяйства, так и при создании заповедников, долгосрочных заказников и других охраняемых территорий для обеспечения высокой надежности их функционирования. В целом закон обеднения дает ключ для разработки целенаправленной стратегии управления живой природой без ее количественного и качественного обеднения.

Закон ограниченности природных ресурсов (правило одного процента) говорит о том, что все природные ресурсы Земли являются конечными. Этот закон базируется на том, что, если планета Земля представляет собой естественное ограниченное целое, то на ней не могут существовать бесконечные части. В связи с этим говорить о наличии «неисчерпаемых» природных ресурсов, по меньшей мере, некорректно. Например, ошибочно говорить о неисчерпаемости солнечной энергии, так как необходимо учитывать ограничения, накладываемые самой энергетикой биосферы. Антропогенные изменения в биосфере сверх допустимого предела по правилу 1% выводят ее из равновесного состояния. Все крупномасштабные изменения на поверхности Земли (мощные циклоны, извержения вулканов, процесс глобального фотосинтеза), как правило, имеют суммарную энергию, не превышающую 1% от энергии солнечного излучения, падающего на поверхность нашей планеты. Искусственное внесение энергии в биосферу не должно превышать этого предела.

Закон пирамиды энергий (правило десяти процентов). В соответствии с правилом экологической пирамиды каждый последующий трофический уровень ассимилирует не более 10% энергии предыдущего. Этот закон позволяет делать расчеты необходимой земельной площади для обеспечения населения продовольствием и другие эколого-экономические расчеты. Превышение этой величины недопустимо, так как может произойти полное исчезновение популяций. Закон пирамиды энергий и правило 10% служат общим ограничением для практических целей в хозяйственной деятельности человека и природопользования.

Правило обязательности заполнения экологических ниш гласит: пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена. Положение вида, которое он занимает в общей системе биоценоза, комплекс его биоценологических связей и требований к абиотическим факторам среды называют экологической нишей вида. Примером может служить предсказанное учеными появление вируса СПИДа. Победа над многими инфекционными болезнями человека высвободила экологические ниши, которые неминуемо должны были быть заполнены. Поскольку при заполнении ниши исчезнувший или уничтоженный вид заменяется функционально близким или экологически аналогичным видом и замена происходит от более крупных по размерам и высокоорганизованных форм к менее крупным и организованным, то предположили, что одна из экологических ниш будет заполнена вирусом с высокой степенью изменчивости. Частота мутаций вируса СПИДа 1:10⁴ (вируса гриппа 1:10⁶).

Правило «мягкого» управления природой заключается в опосредованном, направляющем, восстанавливающем экологический баланс управлении природными ресурсами, в организации желательных природных цепных реакций. Это правило называется также целесообразным преобразованием | природы, базирующимся на восстановлении

утраченной естественной продуктивности экосистем или ее повышении путем целенаправленной, согласующейся с экологическими законами деятельности.