

**Министерство внутренних дел Республики Казахстан  
Карагандинская академия им. Баримбека Бейсенова**

Юридический институт

Кафедра общеобразовательных дисциплин

ЛЕКЦИЯ

по дисциплине

«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ»

на тему

Экология сообществ-синэкология. Биосфера и ее устойчивость

Подготовил:  
Преподаватель кафедры  
общеобразовательных дисциплин,  
магистр экологии,  
капитан полиции Асатаев С.А.

Обсуждено и одобрено на  
заседании кафедры  
22.05. 2018 г.  
Протокол №19

Караганды 2018 г.

## ВВЕДЕНИЕ

*Биоценоз* – (от греч. *bios* – жизнь, *koínos* – вместе) включает все популяции разных видов, характеризующихся определенными отношениями, как между собой, так и неорганической средой на определенной территории, называемой *биотопом* (например, сообщества озера, рощи и т. д.).

*Биоценоз* – совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих участок среды с более или менее однородными условиями существования, который образовался естественно или под влиянием человека.

Биогеоценозы (от греч. *bios* – жизнь, *geo* – земля, *koínos* – вместе) – экологические системы или экосистемы – самые сложные естественные (природные) системы.

*Экосистема* – любая совокупность взаимодействующих живых организмов, условий среды, функционирующих как единое целое за счет обмена веществом, энергией и информацией.

Термин "Экосистема" введен в экологию английским ботаником А. Тенсли (1935 г.), а "биогеоценоз" – русским ученым В.Н.Сукачевым (1942 г.).

Экосистема – это взаимосвязанный комплекс живых и неживых компонентов Земли. Живыми компонентами экосистемы являются растения, животные, грибы, большинство бактерий и вирусы (*биоценоз* экосистемы); неживыми компонентами экосистемы являются атмосфера, солнечная энергия, вода, почва (*биотоп* экосистемы).

Экосистемы не изолированы друг от друга: процессы в одной экосистеме неизбежно затрагивают и другую, соседнюю экосистему. Так, частицы почвы и элементы питания, вымываемые водой из почвы, могут влиять на жизнь в водоемах. Все экосистемы взаимосвязаны и взаимозависимы.

Ю. Одум выделяет три группы природных экосистем: наземные, пресноводные и морские.

Наземные экосистемы – это тундра, пустыня, лесостепи и т. д. Пресноводные экосистемы включают стоячие воды, текущие воды, заболоченные угодья; морские экосистемы включают: открытый океан, прибрежные воды, глубоководные зоны и т. д.

Экосистемы – основной объект изучения экологии (синэкология). Синэкология рассматривает состав и структуру сообществ, а также закономерности их функционирования. Главная теоретическая и практическая задача синэкологии заключается в том, чтобы не только вскрыть закономерности функционирования экосистем, но и научиться управлять ими в условиях все возрастающего влияния человека на окружающую природную среду.

**Экологические пирамиды.** Функциональные взаимосвязи, т.е. трофическую структуру, можно изобразить графически, в виде так называемых *экологических пирамид*. Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а последующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды.

Известны три основных типа экологических пирамид:

1) **пирамида чисел**, отражающая численность организмов на каждом уровне (пирамида Элтона);

2) **пирамида биомассы**, характеризующая массу живого вещества – общий сухой вес, калорийность и т. д.;

3) **пирамида продукции (или энергии)**, имеющая универсальный характер, показывающая изменение первичной продукции (или энергии) на последовательных трофических уровнях.

**Пирамида чисел** отображает отчетливую закономерность, обнаруженную Ч. Элтоном: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается (рис. 2.1). В основе этой закономерности лежит, **во-первых**, тот факт, что для уравнивания массы большого тела необходимо много маленьких тел; **во-вторых**, от низших трофических уровней к высшим теряется количество энергии (от каждого уровня до предыдущего доходит лишь

10% энергии) и **в-третьих** – обратная зависимость метаболизма от размера особей (чем мельче организм, тем интенсивнее обмен веществ, тем выше скорость роста их численности и биомассы).

Однако пирамиды численности будут сильно различаться по форме в разных экосистемах, поэтому численность лучше приводить в табличной форме, а вот биомассу – в графической. Она четко указывает на количество всего живого вещества на данном трофическом уровне, например, в единицах массы на единицу площади – г/м<sup>2</sup> или на объем – г/м<sup>3</sup> и т. д.

Кроме того, что для нормального развития организмов необходимо наличие различных факторов строго определенного качества, каждый из них должен быть еще и в определенном количестве. В соответствии с **з а к о н о м т о л е р а н т н о с т и** (закон толерантности Шелфорда) *избыток какого-либо вещества может быть так же вреден, как и его недостаток, т. е. все хорошо в меру*. Например, урожай может погибнуть как при засушливом, так и при слишком дождливом лете.

При этом **з а к о н у м и н и м у м а**, (Закон минимума Ю.Либиха, 1840 г.) *недостаток какого-либо одного вещества не компенсируется избытком всех остальных*. Если в почве много азота, калия и других питательных веществ, но не хватает фосфора (или наоборот), растения будут нормально развиваться только до тех пор, пока не усвоят весь фосфор. Факторы, сдерживающие развитие организмов из-за недостатка или их избытка по сравнению с потребностями, называются *лимитирующими*.

Пренебрежение законами «лимитирующего фактора» (законом минимума и законом толерантности) ведет к двойным потерям – экологическим и экономическим.

Еще более серьезные последствия может иметь превышение максимально допустимых величин некоторых веществ, так называемых ПДК, в окружающей среде, что ведет к росту заболеваний и даже гибели людей и других организмов.

Крайние границы выживаемости определяются толерантностью, но внутри них каждый вид лучше всего развивается в тех условиях, к которым он адаптирован. *Адаптация* означает приспособление строения и функционирования организма к большему или меньшему воздействию тех или иных экологических факторов. Соответственно этому отдельные виды расселяются в лесах или полях, в воде или на суше, на юге или на севере.

Вся совокупность жизненных условий, необходимых для существования того или иного вида, а также его роль в биологическом сообществе представляют собой *экологическую нишу*. Каждый вид занимает свою собственную нишу, отвоеванную у других в ходе конкурентной борьбы. В случае исчезновения вида по каким-либо причинам, его экологическую нишу рано или поздно занимает другой вид, способный выполнять те же обязанности (функции) в сообществе, что и исчезнувший вид, т. е. происходит **э к о л о г и ч е с к о е д у б л и р о в а н и е**.

Одна из причин, позволяющих экосистемам длительное время сохранять постоянный видовой состав, заключается в том, что отношения между всеми их компонентами находятся в динамическом равновесии.

Равновесие экосистемы – это равновесие популяций. Стабильность экосистемы предполагает, что численность популяции каждого входящего в нее вида остается более или менее неизменной. Устойчивое увеличение или уменьшение популяции приводит к изменению экосистемы. Стабильность популяции означает, что рождаемость и смертность находятся в равновесии, а они зависят от биотического потенциала и сопротивления среды.

*Видовое разнообразие обеспечивает стабильность экосистемы*. Высокая плотность одного вида повышает вероятность гибели значительного числа его особей при вспышке численности вредителей, что может привести к гибели экосистемы.

Отсюда следует, что наиболее *устойчивой* будет экосистема со многими относительно малочисленными видами.

Изменение условий воздействует на некоторые виды неблагоприятно: они снижают численность, а иногда и вовсе исчезают из экосистемы. Другие виды от этого могут выиграть, и их численность увеличивается. Изменившиеся условия могут позволить включиться в экосистему новым видам. Процесс вытеснения одних видов другими называется *сукцессией*. В результате сукцессии происходит постепенное превращение одних экосистем в другие.

Различают *первичную и вторичную сукцессии*.

*Первичная сукцессия* – процесс развития и смены экосистем на незаселенных ранее участках, начинающийся с их колонизации (пример: обрастание голой скалы мхом и впоследствии – развитие на ней леса).

*Вторичная сукцессия* – восстановление экосистемы, когда-то уже существовавшей на данной территории (например, восстановление экосистемы после пожара).

*Климаксовая экосистема*. Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы сохраняют относительно постоянную численность и дальнейшей смены ее состава не происходит. Такое равновесное состояние называется климаксом, а экосистема – *климаксовой* (пример – Ясневая роща в Казахстане). Основные биомы Земли – климаксовые экосистемы.

Экологические нарушения возникают при вторжении в экосистему новых, *интродуцированных* видов (например, при интродукции кролика в Австралию) или непродуманном воздействии человека на природу (например, сброс биогенов в водоем). Изменения экосистемы могут быть такими резкими, что практически ни один ее исходный компонент не сохраняется. Тогда говорят о гибели данной экосистемы (Аральское море).

Сокращение видового разнообразия и ускоряющееся резкое изменение окружающей среды снижают *устойчивость биосферы*.

### Тема лекции 3. Экология сообществ-синэкология. Биосфера и ее устойчивость

**Цель лекции** – сформировать представление об экологической системе как неразрывном единстве живой и неживой природы, закономерностях ее функционирования и устойчивости и сформировать представление о структуре биосферы, роли живого вещества, эволюции биосферы и механизмах её устойчивого развития.

**Ключевые слова** – биоценоз, биогеоценоз, экосистема, пищевая цепь, трофический уровень, автотрофы, гетеротрофы, продуцент, консумент, редуцент, продуктивность, экологические пирамиды, климаксное сообщество, экологическая сукцессия, гомеостаз экосистемы . биосфера, ноосфера, живое вещество, геологический и геохимический фактор, глобальные экологические проблемы.

#### *Вопросы*

1. Экология сообществ: понятие о биоценозе, биогеоценозе; механизмы устойчивости (гомеостаз и экологическая сукцессия), основные формы межвидовых связей в экосистемах.

2. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере.

**1. Экология сообществ: понятие о биоценозе, биогеоценозе; механизмы устойчивости (гомеостаз и экологическая сукцессия), основные формы межвидовых связей в экосистемах.**

*Биоценоз* — совокупность популяций разных видов, обитающих на определенной территории. Растительный компонент биоценоза называется *фитоценозом*, животный — *зооценозом*, микробный — *микробиоценозом*. Ведущим компонентом в биоценозе является фитоценоз. Он определяет каким будет зооценоз и микробиоценоз.

Различают видовую, пространственную и экологическую структуры биоценоза.

*Видовая структура* — число видов, образующих данный биоценоз, и соотношение их численности или массы. То есть видовая структура биоценоза определяется видовым разнообразием и количественным соотношением числа видов или их массы между собой.

*Видовое разнообразие* — число видов в данном сообществе. Встречаются бедные и богатые видами биоценозы. Видовое разнообразие зависит от возраста сообщества (молодые сообщества беднее, чем зрелые) и от благоприятности основных экологических факторов — температуры, влажности, пищевых ресурсов (биоценозы высоких широт, пустынь и высокогорий бедны видами).

Различают  $\alpha$  - и  $\beta$  -разнообразие.  $\alpha$  -разнообразие — видовое разнообразие в данном местообитании,  $\beta$ -разнообразие — сумма всех видов всех местообитаний в данном районе.

Высоким видовым разнообразием отличаются *эктоны* — переходные зоны между сообществами, а увеличение здесь видового разнообразия называется *краевым эффектом*.

В сообществе различают следующие виды: *доминантные*, преобладающие по численности, и «*второстепенные*», малочисленные и редкие. Среди доминантов особо выделяют *эдификаторов* (строителей) — это виды, определяющие среду (микроклимат) всего сообщества. Как правило, это растения.

О значимости отдельного вида в видовой структуре биоценоза судят по нескольким показателям: обилие вида, частота встречаемости и степень доминирования. *Обилие вида* — число или масса особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого им пространства. *Частота встречаемости* — процентное отношение числа проб или учетных площадок, где встречается вид, к общему числу проб или учетных площадок. Характеризует равномерность или неравномерность распределения вида в биоценозе. *Степень доминирования* — отношение числа особей данного вида к общему числу всех

особей рассматриваемой группировки.

**Пространственная структура** — распределение организмов разных видов в пространстве (по вертикали и по горизонтали). Пространственная структура образуется прежде всего растительной частью биоценоза. Различают *ярусность* (вертикальная структура биоценоза) и *мозаичность* (структура биоценоза по горизонтали).

**Экологическая структура** — соотношение организмов разных экологических групп. Биоценозы со сходной экологической структурой могут иметь разный видовой состав. Это связано с тем, что одни и те же экологические ниши могут быть заняты сходными по экологии, но далеко не родственными видами. Такие виды называются *замещающими* или *викарирующими*.

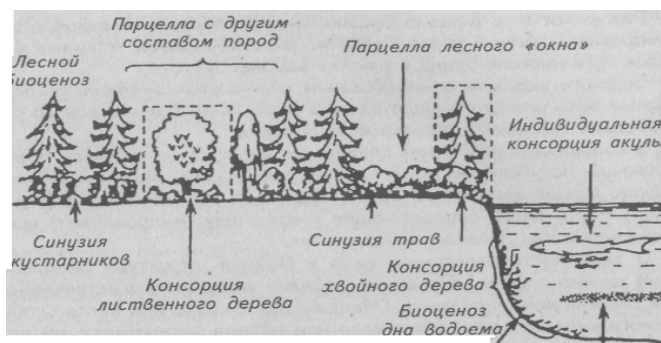
Важными характеристиками структуры биоценоза являются консорция, синузия и парцелла (рисунок 11). **Консорция** — структурная единица биоценоза, объединяющая автотрофные и гетеротрофные организмы на основе пространственных (топических) и пищевых (трофических) связей вокруг центрального члена (ядра). Например, отдельно стоящее дерево или группа деревьев (растение-эдификатор) и связанные с ним организмы. Биоценоз — это система связанных между собой консорций. **Синузия** — структурная часть в вертикальном расчленении биоценоза, ограниченная в пространстве (или во времени). Пространственно синузия может совпадать с горизонтом, пологом, слоем, ярусом биогеоценоза. Например, в сосновом лесу можно выделить синузию сосны, синузию брусники, синузию зеленых мхов и т.д.

**Парцелла** — структурная часть в горизонтальном расчленении биоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойствами компонентов. Парцеллу выделяют (ограничивают) по ведущему элементу растительности. Например, участки широколиственных деревьев в хвойном лесу.

#### **Местообитание и экологическая ниша**

Любая популяция (вид) занимает определенное местообитание и определенную экологическую нишу.

**Местообитание** — это территория или акватория, занимаемая популяцией (видом), с комплексом присущих ей экологических факторов. Местообитание вида является компонентом его экологической ниши. Применительно к наземным животным местообитание вида называется *станция*, местообитание сообщества — *биотоп*.



Синузия донных Синузия организмов парящих в воде мелких организмов (планктона)  
Рисунок 1. Консорция, парцелла и синузия (Н.Ф. Реймерс, 1990)

**Экологическая ниша** — совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. То есть экологическая ниша — это место вида в природе, включающее не только его положение в пространстве и отношение к абиотическим факторам, но и его функциональную роль в сообществе (прежде всего

трофический статус). Местообитание — это как бы «адрес» организма, а экологическая ниша — это его «профессия».

Для характеристики экологической ниши обычно используют два важных показателя: *ширина ниши* и *степень перекрытия* ее с соседними. Экологические ниши разных видов могут быть разной ширины и перекрываться в различной степени.

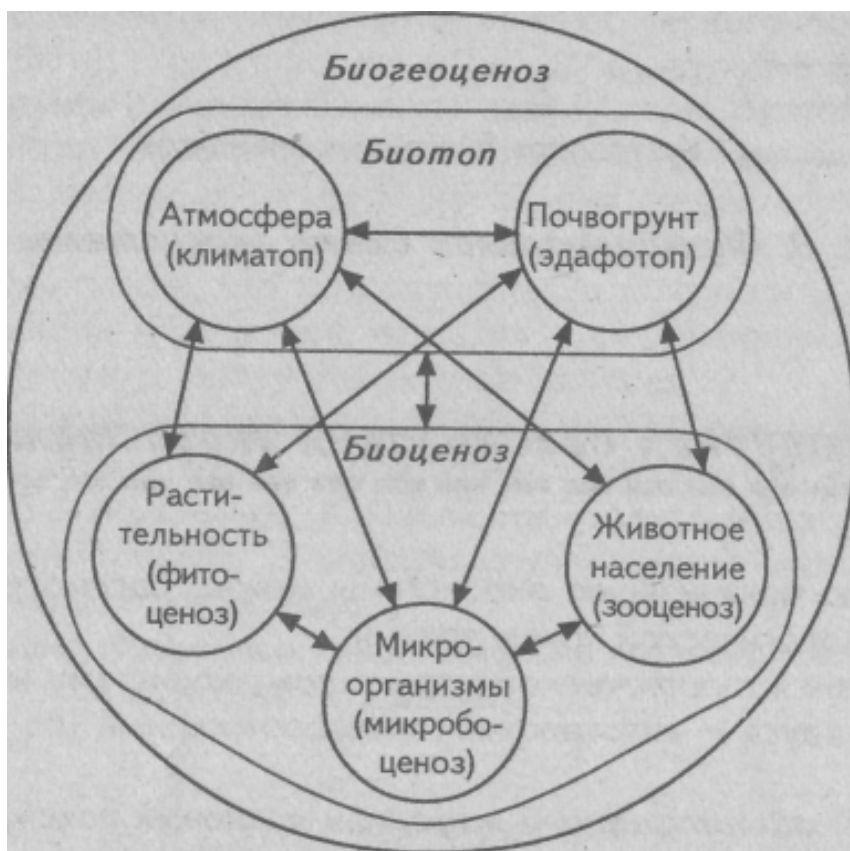
Разделение экологических ниш между видами происходит за счет приуроченности разных видов к разным местообитаниям, разной пищи и разному времени использования одного и того же местообитания. *Принцип конкурентного исключения (принцип Гаузе)* гласит: «Два вида не могут сосуществовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны. Такие виды обязательно должны быть разобщены в пространстве или во времени».

Группы видов в сообществе, обладающие сходными функциями и нишами одинакового размера, т.е. роль которых в сообществе одинакова или сравнима, называются *гильдиями*. Например, лианы тропического леса представлены многими видами растений. Между видами внутри гильдии наблюдается особенно острая конкуренция.

Виды, занимающие одинаковые ниши в разных географических областях, называются *экологическими эквивалентами*. Например, крупные кенгуру Австралии, бизоны Северной Америки, зебры и антилопы Африки и т.д. являются экологическими эквивалентами. В настоящее время они значительно замещены коровами и овцами.

#### **Понятия «биотоп», «биогеоценоз» и «экосистема»**

Живые организмы находятся между собой и абиотическими условиями среды обитания в определенных отношениях, образуя, так называемые, экологические системы.



**Рисунок 2. Структура биогеоценоза (по В.Н. Сукачеву)**

**Биотоп** — определенная территория со свойственными ей абиотическими

факторами среды обитания (климат, почва). **Биогеоценоз** — совокупность биоценоза и биотопа (рисунок 11)

**экосистема** — система живых организмов и окружающих их неорганических тел, связанных между собой потоком энергии и круговоротом веществ (рисунок 12). Термин «экосистема» был предложен английским ученым А. Тенсли (1935), а термин «биогеоценоз» — российским ученым В.Н. Сукачевым (1942). «Экосистема» и «биогеоценоз» — понятия близкие, но не синонимы. Биогеоценоз — это экосистема в границах фитоценоза. Экосистема — понятие более общее. Каждый биогеоценоз — это экосистема, но не каждая экосистема — биогеоценоз. Единая экосистема нашей планеты называется биосферой. Биосфера — экосистема высшего порядка.



Рисунок 3. Функциональная схема экосистемы

## 1.2. Основные формы межвидовых связей в экосистемах (нейтрализм, комменсализм, протокооперация, мутуализм, хищничество, паразитизм, конкуренция).

**Типы связей между организмами.** Живые организмы определенным образом связаны друг с другом. Различают следующие типы связей между видами (В.Н. Беклемешев, 1951): трофические, топические, форические, фабрические. Наиболее важными являются трофические и топические связи, так как именно они удерживают организмы разных видов друг возле друга, объединяя их в сообщества.

*Трофические связи* — возникают между видами, когда один вид питается другим (живыми особями, мертвыми останками, продуктами жизнедеятельности).

*Топические связи* появляются в изменение одним видом условий обитания другого вида.

*Форические связи* связываются, когда один вид участвует в распространении другого вида. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называется зоохория, а мелких особей — форезия.

*Фабрические связи* заключается в том, что один вид использует для своих сооружений продукты выделения, мертвые останки или даже живых особей другого вида.

**Типы отношений между организмами.** Воздействие одного вида на другой может быть положительным, отрицательным и нейтральным. При этом возможны разные комбинации типов воздействия. Различают нейтрализм, протокооперацию, мутуализм, комменсализм, хищничество, паразитизм, конкуренцию, аменсализм.

*Нейтрализм* — сожительство двух видов на одной территории, не имеющее для них ни положительных, ни отрицательных последствий. Например, белки и лоси не оказывают друг на друга значительных воздействий.

*Протокооперация* — взаимовыгодное, но не обязательное сосуществование



организмов, пользу из которого извлекают все участники. Например, раки-отшельники и актинии. На раковине рака может поселиться коралловый полип актиния, который имеет стрекательные клетки, выделяющие яд. Актиния защищает рака от хищных рыб, а рак-отшельник, перемещаясь, способствует распространению актиний и увеличению их кормового пространства.

*Мутуализм (облигатный симбиоз)* — взаимовыгодное сожительство, когда -либо один из партнеров, либо оба не могут существовать без сожителя. Например, травоядные копытные и целлюлозоразрушающие бактерии. Целлюлозоразрушающие бактерии обитают в желудке и кишечнике травоядных копытных. Они продуцируют ферменты, расщепляющие целлюлозу, поэтому обязательно нужны травоядным, у которых таких ферментов нет. Травоядные копытные со своей стороны предоставляют бактериям питательные вещества и среду обитания с оптимальной температурой, влажностью и т.д.

*Комменсализм* — взаимоотношения, при которых один из партнеров получает пользу от сожительства, а другому присутствие первого безразлично. Различают две формы комменсализма: *синойкия (квартирантство)* и *трофобиоз (нахлебничество)*. Примером синойкии являются взаимоотношения некоторых актиний и тропических рыбок. Тропические рыбки укрываются от нападения хищников среди щупалец актиний, которые имеют стрекательные клетки. Примером трофобиоза служат взаимоотношения крупных хищников и падальщиков. Падальщики, например гиены, грифы, шакалы, питаются останками жертв, убитых и частично съеденных крупными хищниками — львами.

*Хищничество* — взаимоотношения, при которых один из участников (хищник) умерщвляет другого (жертва) и использует его в качестве пищи. Например, волки и зайцы. Состояние популяции хищника тесно связано с состоянием популяции жертв. Однако при сокращении численности популяции одного вида жертв, хищник переключается на другой вид. Например, волки могут использовать в качестве пищи зайцев, мышей, кабанов, коз, лягушек, насекомых и т.д.

Частным случаем хищничества является *каннибализм* — умерщвление и поедание себе подобных. Встречается, например, у крыс, бурых медведей, человека.

*Паразитизм* — взаимоотношения, при которых паразит не убивает своего хозяина, а длительное время использует его как среду обитания и источник пищи. К паразитам относятся: вирусы, патогенные бактерии, грибы, простейшие, паразитические черви и др. Различают облигатных и факультативных паразитов. *Облигатные паразиты* ведут исключительно паразитический образ жизни и вне организма хозяина либо погибают, либо находятся в неактивном состоянии (вирусы). *Факультативные паразиты* ведут паразитический образ жизни, но в случае необходимости могут нормально жить во внешней среде, вне организма хозяина (патогенные грибы и бактерии).

*Конкуренция* — взаимоотношения, при которых организмы соперничают друг с другом за одни и те же ресурсы внешней среды при недостатке последних. Организмы могут конкурировать за пищевые ресурсы, полового партнера, убежище, свет и т.д. Различают прямую и косвенную, межвидовую и внутривидовую конкуренции.

*Косвенная (пассивная) конкуренция* — потребление ресурсов среды, необходимых обоим видам. *Прямая (активная) конкуренция* — подавление одного вида другим.

*Внутривидовая конкуренция* — это соперничество между особями одного вида двух видов, либо *замещение* популяцией одного вида популяции другого вида, который переселяется на другое место, переключается на другую пищу или вымирает. экологических различий между конкурирующими видами и образованию ими разных экологических ниш.

*Тенденция к экологическому разделению видов получила название принципа конкурентного исключения Г.Ф.Гаузе (1934г.): если два вида с близкими требованиями к среде вступают в конкурентные отношения, то один из них должен либо погибнуть, либо изменить свой образ жизни. Если близкородственные виды живут в одном месте,*

то они, как правило, либо используют разные ресурсы, например, питаются в разных ярусах леса, либо активны в разное время. В любом случае их жизнедеятельность не должна пересекаться.

**Теорема Гаузе:** два вида, обитающие на одной и той же территории, не могут иметь совершенно одинаковую экологическую нишу. Термин «**экологическая ниша**» был предложен в 1910 г. Р. Джонсоном. Над развитием концепции «экологической ниши» работали Дж. Гринелл, Ч. Элтон, Ю. Одум и другие. По их представлениям, несмотря на конкуренцию и другие типы антагонистических отношений, в природе многие виды могут спокойно уживаться, поскольку каждый вид обладает собственной экологической нишей.

Иногда наряду с этим термином употребляют понятия «местообитание», «среда обитания». Смысл этих терминов различен, так как, по выражению Ю. Одума, «местообитание - это адрес вида, тогда как экологическая ниша - его занятие».

**Аменсализм**— взаимоотношения, при которых один организм воздействует на другой и подавляет его жизнедеятельность, а сам не испытывает никаких отрицательных влияний со стороны подавляемого. Например, ель и растения нижнего яруса. Плотная крона ели препятствует проникновению солнечных лучей под полог леса и подавляет развитие растений нижнего яруса.

Частным случаем аменсализма является **аллелопатия (антибиоз)** — влияние одного организма на другой, при котором во внешнюю среду выделяются продукты жизнедеятельности одного организма, отравляя ее и делая непригодной для жизни другого. Аллелопатия распространена у растений, грибов, бактерий. Например, грибок пеницилл продуцирует вещества, подавляющие жизнедеятельность бактерий. Пеницилл используют для получения **пенициллина**. Это первый открытый в медицине антибиотик. В последнее время в понятие «аллелопатия» включают и положительное воздействие.

**Таблица 1 Взаимодействия между видами (по Ю. Одуму, 1986)**

Тип взаимодействия		Вид		Общий характер взаимодействия
		1-й	2-й	
1	2	3	4	5
1	Нейтрализм	0	0	Ни одна из популяций не оказывает влияния на другую
2	Конкуренция, непосредственное взаимодействие	-	-	Прямое взаимное подавление обоих видов
3	Конкуренция, взаимодействие из-за ресурсов	-	-	Опосредованное подавление, возникающее, когда появляется недостаток в каком-либо факторе, используемом обоими видами
4	Аменсализм	-	0	Одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния
5	Паразитизм	+	-	Популяция паразита обычно меньше, чем популяция хозяина
6	Хищничество	+	-	Особь хищника обычно больше особей добычи
7	Комменсализм	+	0	Популяция комменсала (1) получает пользу от объединения с популяцией хозяина (2), для которой это объединение безразлично
8	Протокооперация	+	+	Взаимодействие друг с другом полезно для обеих популяций, но не является облигатным
9	Мутуализм	+	+	Облигатное взаимодействие, полезное для обеих популяций

**Примечание.** (0) — существенное взаимодействие между популяциями отсутствует; (+) — благоприятное действие на рост, выживание или другие характеристики популяции; (—) — ингибирующее действие на рост или другие характеристики популяции.

Типы 2—4 можно считать «отрицательными взаимодействиями», 7—9 — «положительными взаимодействиями», а типы 5 и 6 можно отнести к обеим группам.

### 1.3. Поток энергии в экосистеме. Первое и второе начало термодинамики. Правила 1% и 10% энергии Линдемана.

Живые организмы могут использовать только две формы энергии - световую и химическую. По источнику энергии все живые организмы подразделяются на фототрофные и хемотрофные. К фототрофным относятся организмы, которые синтезируют все необходимые им органические вещества за счет энергии света (фотосинтез), к ним относятся все растения и сине-зеленые водоросли. Хемотрофные организмы синтезируют органические вещества за счет энергии химических связей различных веществ. К ним относятся все животные и бактерии. В результате фотосинтеза все зеленые растения улавливают 1% солнечной энергии, от всей падающей на поверхность Земли солнечной энергии, и эта энергия обеспечивает жизнедеятельность всех живущих на планете организмов (закон 1% энергии). При переходе энергии с предыдущего трофического уровня на последующий 90 % энергии затрачивается на процессы жизнедеятельности и энтропию. Поэтому при переходе с одного трофического уровня экологической пирамиды на другой потребляется в среднем 10% энергии биомассы или вещества в энергетическом выражении (закон Линдемана).

Биогеоценоз и экосистема — понятия сходные, но не тождественные. Понятие «экосистема» не имеет ранга и размерности, поэтому оно применимо как к простым (муравейник, гниющий пень) и искусственным (аквариум, водохранилище, парк), так и к сложным естественным комплексам организмов с их средой обитания. Биогеоценоз, согласно российскому ученому В. Н. Сукачеву, отличается от экосистемы определенностью объема. Если экосистема может охватывать пространство *любой протяженности* — от капли прудовой воды с содержащимися в ней микроорганизмами до биосферы в целом, то биогеоценоз — это экосистема, границы которой обусловлены характером растительного покрова, т. е. определенным фитоценозом. Следовательно, любой биогеоценоз является экосистемой, но не всякая экосистема есть биогеоценоз.

Химические превращения в природе и все биологические процессы в экосистемах подчиняются законам термодинамики. Согласно **первому закону, называемому законом сохранения энергии**, для любого химического процесса общая энергия в замкнутой системе всегда остается постоянной. Энергия не создается заново и никуда не исчезает. Свет как одна из форм энергии может быть превращен в работу, теплоту или потенциальную энергию химических веществ пищи. Из этого следует, что если какая-либо система (как неживая, так и живая) получает или затрачивает энергию, то такое же количество энергии должно быть изъято из окружающей ее среды. Энергия может лишь перераспределяться либо переходить в другую форму в зависимости от ситуации, но при этом она не может возникнуть ниоткуда или бесследно исчезнуть. Согласно второму закону термодинамики, называемому законом энтропии, процессы, связанные с превращением энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную (деградирует). И действительно, теплота не передается самопроизвольно от более холодного тела к более горячему (хотя первый закон такой переход не запрещает!). В природе масса примеров односторонних процессов: газы перемешиваются в сосуде, но сами не разделяются; кусок сахара растворяется в воде, но не выделяется обратно в виде куска.

**Второй закон термодинамики** можно сформулировать иначе: поскольку некоторая часть энергии всегда рассеивается в виде не доступных для использования тепловых потерь энергии, эффективность превращения энергии света в потенциальную энергию химических соединений всегда меньше 100% . Согласно **третьему закону термодинамики**, при стремлении абсолютной температуры простых кристаллических тел к нулю абсолютное значение их энтропии также стремится к нулю. Энтропия

определяется количеством теплоты, необходимой для изменения температуры от абсолютного нуля (максимальная упорядоченность) до наблюдаемой температуры, определяемой по шкале Кельвина. Энергия характеризуется не только ее количеством, но и качеством. Чем более «концентрирован» энергетический поток, тем выше его качество — способность превращаться в другую форму энергии (или соотношение части энергии, способной сконцентрироваться, и рассеиваемой части энергии). В пищевой цепи и цепи получения электроэнергии, включающей этап фоссилизации, количество энергии всегда уменьшается, а ее качество — увеличивается.

Особое значение для выделения экосистем имеют трофические, т.е. пищевые взаимоотношения организмов, которые по своему трофическому статусу в биотических сообществах подразделяются на:

- *автотрофные* - используют для своего существования неорганические источники, создавая органическую материю из неорганической (фотосинтезирующие растения, водоросли, хемосинтезирующие бактерии и др.);

- *гетеротрофные* - потребляют только готовые органические вещества (животные, человек, грибы);

- *миксотрофные* - тип питания смешанный.

#### **1.4. Экосистема как структурно-функциональная единица биосферы.**

Структурную организацию экосистемы можно рассмотреть с трофической и биологической точек зрения.

С точки зрения *трофической структуры* экосистему можно разделить на два яруса — автотрофный и гетеротрофный (по Ю. Одуму, 1986).

**1. Верхний автотрофный ярус**, или «зеленый пояс», включающий растения или их части, содержащие хлорофилл, где преобладают фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений и накопление сложных органических соединений.

**2. Нижний гетеротрофный ярус**, или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней и т.д., в котором преобладают использование, трансформация и разложение сложных соединений.

С биологической точки зрения в составе экосистемы удобно выделить следующие компоненты (по Ю. Одуму, 1986):

- 1) неорганические вещества;
- 2) органические соединения;
- 3) воздушную, водную и субстратную среду;
- 4) продуцентов;
- 5) макроконсументов;
- 6) микроконсументов.

**1. Неорганические вещества** ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , минеральные соли и др.), включающиеся в круговороты.

**2. Органические вещества** (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части.

**3. Воздушная, водная и субстратная среда**, включающая абиотические факторы.

**4. Продуценты** — автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и автотрофные бактерии).

**5. Консументы** (макроконсументы, фаготрофы) — гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов (животные, гетеротрофные растения, некоторые микроорганизмы). Консументы бывают первого порядка (фитофаги, сапрофаги), второго порядка (зоофаги, некрофаги) и т.д.

**6 Редуценты** ( микроконсументы, деструкторы, сапротрофы, осмот-рофы) — гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ (сапротрофные бактерии и грибы).

Следует учитывать, что и продуценты, и консументы частично выполняют функции редуцентов, выделяя в окружающую среду минеральные вещества — продукты их метаболизма.

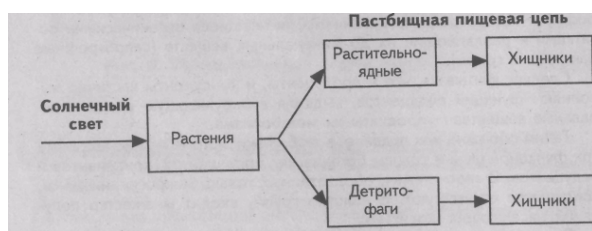
Таким образом, как правило, в любой экосистеме можно выделить три функциональные группы организмов: продуцентов, консументов и редуцентов. В экосистемах, образованных только микроорганизмами, консументы отсутствуют. В каждую группу входит множество популяций, населяющих экосистему.

В экосистеме пищевые и энергетические связи идут в направлении: продуценты —> консументы — редуценты.

Питаясь друг другом, живые организмы образуют цепи питания. **Цепь питания** — последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника. Каждое *звено цепи* называется **трофическим уровнем**. Первый трофический уровень — *продуценты* (автотрофные организмы, преимущественно зеленые растения). Второй трофический уровень — *консументы первого порядка* (растительноядные животные). Третий трофический уровень — *консументы второго порядка* (первичные хищники, питающиеся растительноядными животными). Четвертый трофический уровень — *консументы третьего порядка* (вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными). В пищевой цепи редко бывает больше 4—5 трофических уровней. Последний трофический уровень — *редуценты* (сапротрофные бактерии и грибы). Они осуществляют *минерализацию* — превращение органических остатков в неорганические вещества.

Различают два типа пищевых цепей (рисунок 13) **Цепи выедания (или пастбищные)** — пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например, фитопланктон—> зоопланктон —> рыбы микрофаги —> рыбы макрофаги —> птицы ихтиофаги. **Цепи разложения (или детритные)** — пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Например, детрит —> детритофаги —> хищники микрофаги — хищники макрофаги. Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, разбивается как бы на два основных направления. Энергия к консументам поступает через живые ткани растений или через запасы мертвого органического вещества. Цепи выедания преобладают в водных экосистемах, цепи разложения — в экосистемах суши.

В сообществах пищевые цепи сложным образом переплетаются и образуют **пищевые сети**. В состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов, каждый из которых в свою очередь может служить пищей нескольким видам. С одной стороны, каждый трофический уровень представлен многими популяциями разных видов, с другой стороны, многие популяции принадлежат сразу к нескольким трофическим уровням. В результате благодаря сложности пищевых связей выпадение какого-то одного вида часто не нарушает равновесия в экосистеме.



**Детритная пищевая цепь**

Рисунок 4. Y-образная модель потока энергии, показывающая связь между пастбищной и детритной пищевыми цепями (Ю. Одум, 1986)

### ***Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме***

Любой экосистеме свойственен круговорот веществ и прохождение через нее потока энергии.

В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) подвергаются минерализации, т.е. превращению в неорганические вещества. Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ. Так осуществляется **биологический круговорот веществ**.

В то же время, энергия не может циркулировать в пределах экосистемы. **Поток энергии** (передача энергии), заключенной в пище, в экосистеме осуществляется однонаправленно от автотрофов к гетеротрофам.

#### ***Экологическая пирамида и ее типы***

В экосистеме при передаче энергии с одного трофического уровня на другой большая часть энергии рассеивается в виде тепла (в соответствии со вторым законом термодинамики), и только около 10 % от первоначального количества передается по пищевой цепи.

В результате, пищевые цепи можно представить в виде *экологических пирамид*. Различают три основных типа экологических пирамид (рисунок 14).

**Пирамида чисел** (пирамида Элтона) отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

**Пирамида биомасс** показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для экосистемы океана — имеет перевернутый характер, что связано с быстрым потреблением фитопланктона консументами.

**Пирамида энергии (продукции)** имеет универсальный характер и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

Пирамида чисел (*a*) показывает, что если бы мальчик питался в течение одного года только телятиной, то для этого ему потребовалось бы 4,5 телят, а для пропитания телят необходимо засеять поле в 4 га люцерной, что составит  $2 \times 10^7$  растений. В пирамиде биомасс (*b*) число особей заменено их биомассой. В пирамиде энергии (*в*) учтена солнечная энергия. Люцерна использует 0,24 % солнечной энергии. Для накопления продукции телятами в течение года используется 8 % энергии, аккумулированной люцерной. На развитие и рост ребенка в течение года используется 0,7 % энергии, аккумулированной телятами. В результате чуть более одной миллионной доли солнечной энергии, падающей на поле в 4 га, используется для пропитания ребенка в течение одного года.

#### ***Биологическая продукция (продуктивность) экосистемы***

Биологическая продукция (продуктивность) экосистемы — прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени. В данном контексте более правильно пользоваться понятием «продуктивность». Однако вместо этого чаще используют понятие «продукция», все равно учитывая при этом и фактор времени. Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

**Первичная продукция** — биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Она делится на валовую и чистую. **Валовая первичная продукция** (общая ассимиляция) — это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений — траты на дыхание (40—70 %). Оставшаяся часть составляет **чистую первичную продукцию** (чистая ассимиляция), которая в дальнейшем используется консументами и редуцентами, или накапливается в экосистеме.

**Вторичная продукция** — биомасса, созданная за единицу времени консументами. Она различна для каждого следующего трофического уровня.

Масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом называется **биомассой**. Самой высокой биомассой и продуктивностью обладают тропические дождевые леса, самой низкой — пустыни и тундры.

Если в экосистеме скорость прироста растений (образования первичной продукции) выше темпов переработки ее консументами и редуцентами, то это ведет к увеличению биомассы продуцентов. Если при этом присутствует недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения, то происходит накопление мертвого органического вещества. Это ведет к заторфовыванию болот, образованию мощной лесной подстилки и т.п. В стабильных экосистемах биомасса

### **1.5. Естественное развитие экосистем: первичная и вторичная сукцессия.**

Изменения в сообществах могут быть циклическими и поступательными.

*Циклические изменения* — периодические изменения в биоценозе (суточные, сезонные, многолетние), при которых биоценоз возвращается к исходному состоянию.

*Суточные циклы* связаны с изменением освещенности, температуры, влажности и других экологических факторов в течение суток и наиболее резко выражены в условиях континентального климата. Суточные ритмы проявляется в изменении состояния и активности живых организмов.

*Сезонная цикличность* связана с изменением экологических факторов в течение года и наиболее сильно выражена в высоких широтах, где велик контраст зимы и лета. Сезонная изменчивость льных видов. На определенный период многие виды выключаются из жизни сообщества, впадая в спячку, оцепенение, перекочевывая или улета в другие районы.

*Многолетняя изменчивость* связана с флуктуациями климата или другими внешними факторами (степень разлива рек), либо с внутренними причинами (особенности жизненного цикла растений-э дификаторов, повторения массового размножения животных).

#### ***Сукцессии***

Изменения в сообществах могут быть циклическими и в конечном счете, приводящие к смене этого сообщества другим. **Сукцессия** -последовательная смена биоценозов (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества (рисунок15).

Последовательный ряд сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется **сукцессионной серией**. К сукцессиям относятся опустынивание степей, зарастание озер и образование болот и др.

В зависимости от причин вызвавших смену биоценоза, сукцессии Делят на природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные.

**Природные сукцессии** происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека. **Антропогенные сукцессии** обусловлены деятельностью человека.

Числа в прямоугольниках — колебания в длительности прохождения фаз сукцессии (в скобках указан срок их окончания). Биомасса и биологическая продуктивность показаны в произвольном масштабе. (Кривые отражают качественную и количественную стороны процесса.) (Н.Ф. Реймерс, 1990.)

**Аутогенные сукцессии** (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин (изменения среды под действием сообщества). **Аллогенные сукцессии** (порожденные извне) вызваны внешними причинами (например, изменение климата).

В зависимости от первоначального состояния субстрата, на котором развивается сукцессия, различают первичные и вторичные сукцессии. **Первичные сукцессии** развиваются на субстрате, не занятом живыми организмами (на скалах, обрывах, сыпучих песках, в новых водоемах и т.п.). **Вторичные сукцессии** происходят на месте уже

существующих биоценозов после их нарушения (в результате вырубки, пожара, вспашки, извержения вулкана и т.п.).

В своем развитии экосистема стремится к устойчивому состоянию. Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется стабильная экосистема, производящая максимальную биомассу на единицу энергетического потока. Сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой, называется **климаксным**.

## **2. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере.**

Учение о биосфере. Начало учения о биосфере связывают с именем знаменитого французского натуралиста Ж.Б. Ламарка (1744-1829). Однако сам термин биосфера впервые был введен австрийским геологом Э. Зюссом в 1875 году в работе по геологии Альп. Однако он не раскрывал содержания самого понятия биосферы. И только В.И. Вернадский создал стройное учение о биосфере, именно он развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания. Большое влияние на В.И. Вернадского оказали работы В.В. Докучаева о почве как о естественно-историческом теле. Основы учения о биосфере, изложенные В.И. Вернадским в 1926 г. в книге «Биосфера» и разрабатывавшиеся им до конца жизни, сохраняют свое значение в современной науке.

По современным научным представлениям жизнь на Земле возникла рано. Считается, что возраст Вселенной примерно 20-13 млрд. лет, Солнечной системы - 8 млрд лет, Земли 4,6 млрд лет, и уже в самых древних геологических породах, возраст которых 3,5 млрд лет, обнаружены останки микроорганизмов. Возможно, простейшие живые организмы были занесены на Землю из Космоса с других планет. Об этом косвенно свидетельствуют находки таких же окаменелых останков микроорганизмов в некоторых метеоритах - углистых хондритах, возраст которых еще древнее - 4,2 млрд лет.

Под биосферой В.И. Вернадский понимал тонкую оболочку Земли на стыке трех геологических сфер - литосферы, атмосферы и гидросферы, в которой все процессы протекают под прямым воздействием живых организмов.

*Атмосфера* (греч. «атмос» — пар) — воздушная оболочка Земли.

*Гидросфера* {греч. «гидора» — вода) — водная оболочка Земли.

*Литосфера* (греч. «литое» — камень) — твердая оболочка земного шара.

*Педосфера* (лат. «педис» — нога, стопа) — оболочка Земли, образуемая почвенным покровом.

**Атмосфера** — сплошная воздушная оболочка Земли. Атмосфера окружает Землю до высоты 3 тыс. км. Она состоит из смеси газов и пылевидных частиц. В сухом чистом воздухе в объемных процентах содержится 78 % азота, 21 % кислорода, 0,9 % аргона, 0,03 % углекислого газа и около 0,003 % смеси неона, гелия, криптона, ксенона, оксидов азота, метана, водорода, паров воды и озона (табл. 10). На долю водяного пара приходится до 3 % объема атмосферы. Большая часть пыли в составе атмосферы поднята с поверхности Земли, но также присутствует космическая и бактериальная пыль.

Состав и свойства атмосферы на разных высотах неодинаковы, поэтому ее подразделяют:

*Тропосфера* (от 0 до 7 км у полюсов и до 18 км у экватора). В тропосфере сосредоточен весь водяной пар и 4/5 массы атмосферы. Здесь развиваются все погодные явления. Погода и климат на Земле зависят от распределения тепла, давления и содержания водяного пара в атмосфере. Водяной пар поглощает солнечную радиацию, увеличивает плотность воздуха и является источником всех осадков. Температура тропосферы с высотой уменьшается и на высоте 10—12 км достигает минус 55°C.

*Стратосфера* (до 40 км). Температура постепенно возрастает до 0°C. На высоте 22—24 км наблюдается максимальная концентрация озона (озоновый слой). Он поглощает большую часть губительного для живых организмов жесткого излучения Солнца.

*Мезосфера* (до 80 км). Температура падает до минус 60—80°C. Наблюдается



высокое содержание ионов газов, являющихся причиной возникновения полярных сияний.

*Термосфера* (до 800 км). Характеризуется ростом температуры. Увеличивается содержание легких газов — водорода и гелия — и заряженных частиц.

*Экзосфера* (до 1500—2000 (3000) км). Здесь происходит рассеивание (диссипация) атмосферных газов в космическое пространство.

**Гидросфера** — прерывистая водная оболочка Земли. Располагается между атмосферой и литосферой и включает в себя все океаны, моря, озера, реки, а также подземные воды, льды, снега полярных и высокогорных районов. Гидросферу делят на поверхностную и подземную.

По отношению к объему земного шара общий объем гидросферы не превышает 0,13 %. Основную часть гидросферы (96,53 %) составляет Мировой океан (табл. 11). На долю подземных вод приходится 1,69 % от общего объема гидросферы, остальное — воды рек, озер и ледников.

Более 98 % всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и др., пресных вод — около 2 %. Основная часть пресных вод сосредоточена в ледниках, воды которых пока используются очень мало. На долю остальной части пресных вод, пригодных для водоснабжения, приходится всего лишь 0,3 % объема гидросферы.

**Литосфера.** Во внутреннем строении Земли выделяют три основных слоя: земную кору, мантию и ядро (табл. 12).

*Земная кора* располагается в среднем до глубины 35 км (до 5—15 км под океанами и до 35—70 км под континентами). В состав земной коры входят все известные химические элементы. Преобладают O (49,1 %), Si (26 %), Al (7,4 %), Fe (4,2 %), Ca (3,3 %), Na (2,4 %), K (2,4 %), Mg (2,4 %).

*Мантия* располагается между земной корой и ядром и распространяется до глубины 2900 км. Здесь преобладают O, Si, Fe, Mg, Ni. Внутри мантии с глубины 50—100 км под океанами и 100—250 км под континентами начинается слой вещества по состоянию близкого к плавлению, так называемая *астеносфера*. Земная кора вместе с верхним твердым слоем мантии над астеносферой называется *литосферой*. *Литосфера* — внешняя твердая оболочка земного шара. Это относительно хрупкая оболочка. Она разбита глубинными разломами на крупные блоки — *литосферные плиты*, которые медленно перемещаются по астеносфере в горизонтальном направлении.

*Ядро* располагается ниже мантии на глубине от 2900 км до 6371 км. Оно состоит из Fe и Ni.

**Педосфера** (почвенный покров) — оболочка Земли, образуемая почвенным покровом; верхняя (дневная) часть литосферы на суше. **Почва** — это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой. Она формируется в результате взаимодействия, так называемых факторов почвообразования: климата, организмов, почвообразующих пород, рельефа местности, возраста страны (времени), хозяйственной деятельности человека. Так как эти факторы почвообразования и их сочетания неодинаковы в различных частях Земли, то и мир почв также отличается широким разнообразием. Каждая почва отличается особым строением и отражает местные природные условия.

Академик В.И. Вернадский назвал почвы «благородной ржавчиной Земли». Это тончайшая поверхностная оболочка суши. Верхняя граница почвы поверхность раздела между почвой и атмосферой, нижняя граница глубина проникновения почвообразовательных процессов. Мощность (толщина) современных зональных почв около 80—150 см, с колебаниями от нескольких сантиметров до 2,5—3,0 метра.

Почва является неотъемлемым компонентом наземных биогеоценозов. Она осуществляет сопряжение (взаимодействие) большого геологического и малого биологического круговоротов веществ. Важнейшее свойство почв - **плодородие** - способность почв удовлетворять потребность растений в элементах питания и воде,

обеспечивать их корневые системы достаточным количеством тепла и воздуха для нормальной деятельности и создания урожая.

## 2.1. Понятие «ноосфера» и его специфика

### *Ноосфера как стадия эволюции биосферы*

В современную эпоху наступил качественно новый этап развития биосферы, когда деятельность человека, преобразующая поверхность Земли, по своим масштабам стала соизмеримой с геологическими и стала значительно превосходить роль других, даже наиболее активных в биогеохимическом отношении организмов. При этом использование природных ресурсов происходит без учета закономерностей развития и механизмов функционирования биосферы. В результате хозяйственной деятельности из биотического круговорота изымаются или существенно преобразуются большие территории (сведение и насаждение лесов, осушение болот, строительство городов, дорог, плотин, распашка целинных земель, создание водохранилищ и т.д.). Добыча полезных ископаемых, сжигание огромных количеств топлива, создание новых, не существовавших ранее в биосфере веществ, интенсифицируют круговорот веществ, изменяют состав и структуру слагающих его компонентов. Антропогенные воздействия на биосферу, принявшие глобальный характер (на Земле не осталось ни одного участка суши или моря, где нельзя было бы обнаружить следов деятельности человека), ставят под угрозу возможность поддержания гомеостаза в биосфере.

В 1944 г. В.И. Вернадский развил представление о переходе биосферы в ноосферу, т.е. в такое ее состояние, когда развитие биосферы будет управляться разумом человека. Сам термин «биосфера» предложен Э. Леруа (1927) и П. Тейяром де Шарденом (1930).

**Ноосфера** — сфера разума, высшая стадия развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором ее развития.

По убеждению В.И. Вернадского, биосфера вступает в новую стадию своего развития стадию ноосферы. На этой стадии человек разумный выступает как геохимическая сила невиданного масштаба. Особенность этой силы ее разумность.

Кроме понятия «ноосфера», часто употребляют такие понятия как «антропосфера», «техносфера» и др.

**Антропосфера** — сфера Земли, где живет и куда временно проникает (с помощью спутников и т.п.) человечество. Понятие «антропосфера» употребляют для характеристики пространственного положения человечества и его хозяйственной деятельности.

**Техносфера** — часть биосферы (со временем, по-видимому, вся биосфера), преобразованная технической деятельностью человека. Понятие «техносфера» используют, когда хотят подчеркнуть вещественную сторону отношений человек—природа, а также то, что на настоящем этапе хозяйственная деятельность людей не настолько разумна, чтобы говорить о ноосфере.

Надо отметить, что единства в терминологии по данному вопросу нет. Понятие «ноосфера» является самым общим, а другие понятия используют, когда хотят оттенить тот или иной аспект.

Сравнение важных характеристик, отличающих биосферу и техносферу, представлено в таблица 1.

Таблица 1. Сравнение биосферы и техносферы (Т.А. Акимова, В.В. Хаскин, 2001)

Сравниваемые показатели	Биосфера	Техносфера
Сферообразующее число биологических видов	$10^7$	1
Число контролируемых видов	все $10^7$	$10^4$
Масса сферы, Гт *	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$

в том числе активное вещество, Гт	$10^4$	15
неактивное, произведенное вещество, Гт	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
Кратность обновления активного вещества, год	0,10	0,10
Годовая нетто-продукция, Гт	625	1,5
Годовой расход органического вещества, Гт	212	24
Годовой расход энергии, ЭДж**	12000	450
Годовой расход воды, км <sup>3</sup>	$3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^3$
Степень замкнутости круговорота веществ, %	99,9	<10
Запас генетической информации, Гбит***	106	7
Запас сигнальной информации, Гбит	-	8
Скорость переработки информации, бит/с	$10^{36}$	$10^{16}$
Информационная скорость эволюции, бит/с	0,1	$10^7$

**Примечание:**

\* 1 Гт — 1 гигатонна =  $10^9$  т.

\*\* 1 ЭДж - 1 эксаджоуль =  $10^{18}$  Дж.

\*\*\* 1 Гбит =  $10^9$  бит.

Можно выделить ряд основных признаков превращения биосферы в ноосферу:

Возрастание количества механически извлекаемого материала земной коры (рост разработки месторождений полезных ископаемых). Геохимическая деятельность человека становится сравнимой по масштабам с биологическими и геологическими процессами. В геологическом круговороте резко возрастает звено денудации.

Массовое потребление (сжигание) продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох (нефти, газа, каменного угля и пр.). Следствием является усиление парникового эффекта и глобальное потепление климата.

Рассеивание энергии, в отличие от ее накопления в биосфере до появления человека. Основным следствием является энергетическое загрязнение биосферы.

Образование в больших количествах веществ, ранее в биосфере отсутствовавших (чистые металлы, пластмассы и др.). В результате наблюдается химическое загрязнение биосферы ее металлизацией, загрязнение промышленными и другими отходами и т.д.

Создание, хотя и в ничтожно малых количествах, трансурановых химических элементов (плутония и др.). Освоение ядерной энергии за счет деления тяжелых ядер и (в обозримом будущем) термоядерной энергии за счет синтеза легких ядер. Возникает опасность теплового загрязнения биосферы и загрязнения радиоактивными отходами ядерной энергетики.

Расширение границ ноосферы за пределы Земли в связи с научно-техническим прогрессом. Возникновение космонавтики обеспечило выход человека за пределы родной планеты. Ноосфера в будущем займет большее пространство, чем биосфера до появления человека. Создается принципиальная возможность создания искусственных биосфер на других планетах.

## **2.2. Свойства биосферы**

Биосфера обладает рядом свойств.

**Целостность и дискретность.** Целостность биосферы обусловлена тесной взаимосвязью слагающих ее компонентов. Она достигается круговоротом вещества и

энергии. Изменение одного компонента неизбежно приводит к изменению других и биосферы в целом.

**Централизованность.** Центральным звеном биосферы выступают живые организмы (живое вещество). Это свойство, к сожалению, часто недооценивается человеком и в центр биосферы ставится только один вид — человек (идеи антропоцентризма).

**Устойчивость и саморегуляция.** Биосфера способна возвращаться в исходное состояние, гасить возникающие возмущения, создаваемые внешними и внутренними воздействиями, включением определенных механизмов.

**Ритмичность.** Биосфера проявляет ритмичность развития — повторяемость во времени тех или иных явлений. В природе существуют ритмы разной продолжительности. Основные из них — суточный, годовой, внутривековые и сверх вековые.

**Круговорот веществ и энергозависимость.** Биосфера — открытая система. Ее существование невозможно без поступления энергии извне. Основная доля приходится на энергию Солнца. В отличие от количества солнечной энергии, количество атомов вещества на Земле ограничено. Круговорот веществ обеспечивает неисчерпаемость отдельных атомов химических элементов. При отсутствии круговорота, например, за короткое время был бы исчерпан основной «строительный материал» живого — углерод.

**Горизонтальная зональность и высотная поясность.** Общебиосферной закономерностью является *горизонтальная зональность* — закономерное изменение природной среды по направлению от экватора к полюсам.

**Большое разнообразие.** Биосфера — система, характеризующаяся большим разнообразием. Это свойство обусловлено следующими причинами: разными средами жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной); разнообразием природных зон, различающихся по климатическим, гидрологическим, почвенным, биотическим и другим свойствам; наличием регионов, различающихся по химическому составу (геохимические провинции); биологическим разнообразием живых организмов.

### 2.3. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере.

#### Учение В.И. Вернадского о биосфере

По современным представлениям, биосфера – это особая оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Эти представления базируются на учении В.И. Вернадского о биосфере, являющимся крупнейшим из обобщений в области естествознания в XX веке. Исключительная значимость его учения во весь рост проявилась лишь во второй половине прошлого века. Этому способствовало развитие экологии, и прежде всего глобальной экологии, где биосфера является основополагающим понятием.

Учение В.И. Вернадского о биосфере – это целостное фундаментальное учение, органично связанное с важнейшими проблемами сохранения и развития жизни на Земле, знаменующее собой принципиально новый подход к изучению планеты как развивающейся саморегулирующейся системы в прошлом, настоящем и будущем. По представлениям В.И. Вернадского, биосфера включает живое вещество (т. е. все живые организмы), биогенное (уголь, известняки, нефть и др. ), косное (в его образовании живое не участвует, например магматические горные породы), биокосное (создается с помощью живых организмов), а также радиоактивное вещество, вещество космического происхождения (метеориты и др. ) и рассеянные атомы. Все эти семь различных типов веществ геологически связаны между собой. Сущность учения В.И. Вернадского заключена в признании исключительной роли «живого вещества», преобразующего облик планеты. Вторым главнейшим аспектом учения является разработанное им представление об организованности биосферы, которая проявляется в согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды. «Организм, - писал

Вернадский, - имеет дело со средой, к которой он не только приспособлен, но которая приспособлена и к нему» (В.И. Вернадский, 1934). В.И. Вернадский обосновал также важнейшие представления о формах превращения вещества, путях биогенной миграции атомов, т. е. миграции химических элементов при участии живого вещества, накоплении химических элементов, о движущих факторах развития биосферы и др. Важнейшей частью учения о биосфере В.И. Вернадского являются представления о ее возникновении и развитии. Современная биосфера возникла не сразу, а в результате длительной эволюции в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов. Первые формы жизни, по-видимому, были представлены анаэробными бактериями. Однако созидательная и преобразующая роль живого вещества стала осуществляться лишь с появлением в биосфере фотосинтезирующих автотрофов – цианобактерий и сине-зеленых водорослей (прокариотов), а затем и настоящих водорослей и наземных растений (эукариотов), что имело решающее значение для формирования современной биосферы. Деятельность этих организмов привела к накоплению в биосфере свободного кислорода, что рассматривается как один из важнейших этапов эволюции. Параллельно развивались и гетеротрофы, и прежде всего – животные. Главными датами их развития являются выход на сушу и заселение материков (к началу третичного периода) и, наконец, появление человека. В сжатом виде идеи В.И. Вернадского об эволюции биосферы могут быть сформулированы следующим образом:

1. Вначале сформировалась литосфера – предвестник окружающей среды, а затем после появления жизни на суше – биосфера.
2. В течение всей геологической истории Земли никогда не наблюдались азойные геологические эпохи (т. е. лишённые жизни). Следовательно, современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох.
3. Живые организмы – главный фактор миграции химических элементов в земной коре, «по крайней мере, 90% по весу массы вещества в своих существенных чертах обусловлено жизнью» (В.И. Вернадский, 1934).
4. Грандиозный геологический эффект деятельности организмов обусловлен тем, что их количество бесконечно велико и действуют они практически в течение бесконечно большого промежутка времени.
5. Основным движущим фактором развития процессов в биосфере является биохимическая энергия живого вещества.

### **Учение о ноосфере**

Венцом творчества В.И. Вернадского стало учение о ноосфере, т. е. сфере разума.

Оценив масштабы вмешательства человека в ход биосферных процессов, В.И. Вернадский пришел к заключению, что человеческий разум уже стал на Земле фактором геологического значения. Еще в 1927 г. французские ученые Леруа и Тейяр де Шарден ввели понятие ноосфера – сфера разума. Считая разум абстрактной субстанцией, они рассматривали ноосферу как некую «надбиосферную» оболочку Земли, область материального проявления его деятельности. Иной смысл придал этому термину Вернадский. Обсуждая роль человеческого разума как геологического фактора, в 30-е и 40-е годы в ряде работ он развил представление о ноосфере как таком состоянии биосферы, в котором проходящие в ней процессы будут не только осмысливаться, но и управляться разумом.

И до наших дней сохраняются два понимания ноосферы. Часть ученых считает, что сам факт сильного влияния разумной деятельности человека на биосферные процессы позволяет говорить о том, что биосфера уже перешла в состояние ноосферы. Другие,

последовательно развивая концепцию Вернадского, указывают на то, что до тех пор, пока вся мощь человеческого разума направлена преимущественно на достижение «сиюминутного» благополучия ценой разрушения будущего биосферы, и разум играет главным образом деструктивную роль в биосферных процессах, можно говорить о технобиосфере, о стадии ноогенеза, то есть зарождения ноосферы, но еще не о существовании ноосферы.

Реализация любого проекта глобального масштаба требует объединения усилий всего человечества. Хотя в большинстве случаев практическое решение проблем основывается на принципе «мыслить глобально, действовать локально», любые локальные действия могут привести к глобальному эффекту с наибольшим успехом лишь в том случае, если они будут согласованными. Решение тех проблем, которые уже сейчас осознаны как глобальные, определит переход человечества и биосферы в состояние ноосферы и тем самым создаст основу для нового этапа его развития. Неспособность людей объединиться для решения этих важных задач будет, по-видимому, означать наступление эпохи биосферных катастроф антропогенного происхождения, сопровождающихся грандиозными и небывалыми по массовости человеческими трагедиями. Накопив огромный научный багаж об эволюции биосферы в течение геологических периодов, обобщенный с биогеохимических, а также с социальных и философских позиций, ученый незадолго до своей кончины пишет теоретическую работу «Несколько слов о ноосфере» (1944), которой суждено было сыграть важную роль в прогнозе и экологической оценке последствий существующих и, главным образом, потенциальных техногенных трансформаций в структуре и функционировании биосферы. Под ноосферой естествоиспытатель понимал «такого рода состояние биосферы, в котором должны проявляться разум и направляемая им работа человека как новая небывалая на планете геологическая сила». Через ноосферу устанавливается связь между геологическими процессами и историей человечества. В новейшей литературе предложены и другие названия для современного этапа развития биосферы – нообиосфера, технобиосфера, антропобиосфера и др. Все они отображают качественно новое состояние биосферы, образовавшееся в результате техногенного влияния человека. М.А. Голубец ввел в экологическую литературу новое понятие – интеллектосфера.

Начало развития [ноосферы Вернадский](#) связывал с периодом формирования мощных античных государств, с относительно развитым земледелием и большими городами. Эта экономическая основа способствовала быстрому размножению человека и росту «культурной биогеохимической энергии человечества», а следовательно, росту и проявлению в общественной жизни научной мысли. В.И. Вернадский как естествоиспытатель-гуманист, включавший в сферу своего познания и человека, всегда верил в силу научных знаний. Он утверждал, что наука есть проявление в человеческом обществе действия совокупности человеческой мысли. Закономерное развитие этой мысли, хотя и различными темпами, сопровождало человечество всю его сложную историю. В нашем веке, выражаясь словами ученого, наблюдается «взрыв научного творчества», который был подготовлен всем геологическим прошлым биосферы. Двадцатый век Вернадский считал переломным и исключительно важным в роли человечества, новой эпохой в его истории, т. к. впервые человек охватил своим техногенным влиянием всю верхнюю оболочку планеты. Научная мысль как геологическая сила, проявляется в биосфере не только в трансформации ее в ноосферу, но и в тех возможностях, которыми она обладает сейчас, при регулировании техногенного воздействия на жизненную среду. «Перед учеными, - писал по этому поводу Вернадский, - стоят для ближайшего будущего небывалые для них задачи сознательного направления организованности ноосферы, отойти от которого они не могут, так как к этому направляет их стихийный ход роста научного знания». Решение этих задач стало жизненно необходимым в наше время, когда отрицательные

геохимические последствия индустриально-промышленного потенциала, ощутимые в глобальном масштабе и предвиденные в определенной степени Вернадским, явились причиной возникновения необратимых процессов в функционировании биосферы. Экологами установлено, что существует угроза разрушения озонового горизонта, защищающего органический мир от ультрафиолетового облучения. Обусловленное глобальным «парниковым эффектом» повышение температурного режима планеты может привести к смещению границ природно-климатических зон и повышению уровня вод Мирового океана со всеми непредвиденными экологическими последствиями. Загрязнение биосферы мутагенными веществами создает угрозу для процесса эволюции органического мира и генетической структуры самого человека. Поэтому столь актуальны идеи Вернадского о роли научной мысли в сознательном направлении организованности биосферы и ноосферы и создании системы глобального экологического контроля. [Учение Вернадского](#) о биосфере, его мысли о сознательном направлении организованности ноосферы и необходимости создания научного аппарата фактов, в котором была бы сосредоточена научная память человечества о природе, чрезвычайно актуальны в наше время в деле организации международной сети биосферных заповедников(БЗ), являющихся своеобразным «научным экологическим аппаратом» слежения за природными и антропогенными изменениями в биосфере и ноосфере. Идея создания глобальной сети заповедников (Biosphere reserves) зародилась в 1973 году в координационном комитете [ЮНЕСКО](#) «Человек и биосфера» (МАБ) и была поддержана Организацией по охране окружающей среды ООН (ЮНЕП), ФАО, МСОП и другими международными организациями.

В свете учения Вернадского о роли живого вещества в эволюции биосферы конструктивные интегральные природоохранные мероприятия должны быть направлены в первую очередь на поддержание биогеохимических функций живого вещества и тем самым на поддержание организованности всей биосферы, сформировавшейся в течение геологических периодов и являющейся экологической основой ее динамической стабильности.

Классические труды Вернадского о биосфере и трансформации ее в качественно новое состояние – ноосферу – выдающееся обобщение научных знаний в области естественных, социальных и философских наук и убедительный пример дальновидности ученого, логически увязавшего общие закономерности природных явлений с социальными процессами в стремлении воплотить теоретические разработки в общественно полезную сферу оптимизации жизненной среды человечества. Именно поэтому они являются научной платформой для развития геосозологических наук, изучающих сложные процессы взаимодействия общества и природы. Своим учением Вернадский подтвердил силы возможности разума в гармонизации отношений общества и природы. То есть необходимо оптимизировать взаимоотношения общества и природы в таком направлении, чтобы жизненная среда удовлетворяла все возрастающие потребности современного и будущих поколений.

Классическое учение Вернадского о биосфере и ноосфере всегда будет служить экологической основой такой оптимизации. Учение великого естествоиспытателя-мыслителя, заботящегося об экологической судьбе всего человечества, свидетельствует не только о его научном таланте и предусмотрительности, но и о научном таланте и предусмотрительности, но и о научном гуманизме и высоком гражданском долге.

#### **2.4. «Учение о биосфере», как закономерный этап развития наук о Земле.**

##### ***Взгляды В. И. Вернадского о происхождении и сущности жизни и биосферы***

В.И. Вернадский провел глубокий анализ проблемы происхождения жизни. Его теоретические положения основываются на бесспорных непротиворечивых тезисах — эмпирических обобщениях, которые вытекают из многократно доказанных фактов, не

подлежащих сомнению, и могут быть сведены к следующему.

Начала жизни в том космосе, который мы наблюдаем, не было, поскольку не было начала этого космоса. Жизнь вечна, поскольку вечен космос, и всегда передавалась путем биогенеза.

Жизнь, извечно присущая Вселенной, явилась новой на Земле, ее зародыши приносились извне постоянно, но укрепились на Земле лишь при благоприятных для этого возможностях.

Жизнь на Земле была всегда. Время существования планеты — это лишь время существования на ней жизни. Жизнь геологически (планетарно) вечна. Возраст планеты неопределим.

Жизнь никогда не была чем-то случайным, уютящимся в каких-то отдельных оазисах. Она была распространена всюду и всегда живое вещество существовало в образе биосферы.

Древнейшие формы жизни — дробянки — способны выполнять все функции в биосфере. Значит, возможна биосфера, состоящая из одних прокариот. Вероятно, что такова она и была в прошлом.

Живое вещество не могло произойти от косного. Между этими двумя состояниями материи нет никаких промежуточных ступеней. Напротив, в результате воздействия жизни происходила эволюция земной коры.

Выводы парадоксальные. Они противоречат традиционному миропониманию и находятся в стороне от господствующей научной парадигмы о последовательном образовании Земли как космического тела, затем появлении на ней жизни с последующим образованием биосферы.

Теоретические положения В.И. Вернадского основываются на шести эмпирических обобщениях, с которых начинается его «Биосфера»:

- 1) никогда не наблюдалось в условиях Земли зарождение живого от неживого;
- 2) в геологической истории нет эпох, в которые отсутствовала организмам;
- 3) современное живое вещество генетически родственно всем прошлым организмам;
- 4) в современную эпоху живое вещество так же влияет на химический состав земной коры, как и в прошлые эпохи;
- 5) существует константное количество атомов, захваченных в данный момент живым веществом;
- 6) энергия живого вещества есть преобразованная, аккумулированная энергия Солнца.

Очень важным представляется второе эмпирическое обобщение: в земной коре нельзя отыскать слоев, свободных от влияния живого вещества. Именно отсюда вытекает парадокс о невозможности измерения возраста Земли как космического тела, ибо мы будем находить в конце наших усилий только структуры, переработанные живым веществом. Анализ древнейших отложений земной коры — архейских пород — показал, что это измененные осадочные породы, отлагавшиеся в среде, где уже существовала жизнь.

Геологи и радиометристы определяют не возраст планеты, а возраст пород, выпавших из жизненного круговорота, которые ушли вглубь, в осадок и более не входили в жизненные процессы. Поэтому сколько бы ни старались нащупать предельные возрасты, мы будем лишь определять тот срок, который существовала данная структура молекул, входившая ранее в живые тела.

Теоретический тезис В.И. Вернадского о всегдашней «оживленности» поверхности планеты напоминает Лаелевский принцип актуализма, успешно перенесенный из геологии в область явлений жизни: сегодняшнее состояние биосферы свидетельствует о ее прошлом.

Земля была «оживлена» всегда и всегда жизнь существовала в форме биосферы.



Древнейшие живые организмы — дробянки, несмотря на примитивное строение, способны выполнять все функции живого вещества. Они настолько вездесущи, что «встроены» почти в каждую химическую реакцию, происходящую на поверхности (в почве и коре выветривания), в недрах, в горячих источниках, в воде, в вулканических выбросах. А поскольку скорость деления прокариот огромна, то и плоды их биохимической работы ошеломляющи (например, запасы руд Курской магнитной аномалии). Значит, в принципе возможна биосфера, состоящая из одних прокариот. И вполне возможно, что такова она и была в прошлом. Прокариоты символизируют собой некий особый путь эволюции, где организм нельзя рассматривать отдельно от среды, так как они изменяют ее своей жизнедеятельностью.

Идея о «всегдашней оживленности планеты» связана с идеей о «всюдности жизни». Жизнь не могла возникнуть только в каких-то отдельных оазисах (вулканических областях, морских лагунах, в океанических глубинах). Это противоречит расчетам, сделанным В.И. Вернадским о скорости захвата организмами пространства: для бактерий она сравнима со скоростью звука в воздушной среде. Известно, что они способны нарастить массу, равную по весу земному шару, за несколько суток.

Вся загадочность тезиса о «всегдашней оживленности планеты» связана со словом «всегда», т.е. с понятием времени. В.И. Вернадский подчеркивал, что все характеристики жизни и времени совпадают: и жизнь, и время необратимы, они всегда направлены одинаковым образом из прошлого в будущее. В.И. Вернадский считал делящиеся бактерии. Он утверждал, что мы не имеем права говорить о времени до создания биосферы. «Всегда» без жизни нет, а есть другие формы времени, которые нам, существам, принадлежащим к биологическому миру, не столь близки и понятны.

### Вопросы для самоконтроля

1. Кто является автором учения о биосфере
2. Что подразумевал под биосферой В.И. Вернадский
3. Каковы отличительные особенности биосферы от геологических сфер Земли
4. Какова мощность биосферы и чем обусловлены ее границы
5. Что такое живое вещество биосферы и каковы его функции
6. В чем заключается планетарная (геологическая) роль живого вещества биосферы
7. Что является движущей силой глобальных биогеохимических циклов
8. Что собой представляет ноосфера
9. Что понимается под биоразнообразием?
10. Почему видовое разнообразие является основой биологического разнообразия в живой природе?
11. Что такое экотон и каковы причины краевого эффекта?
12. Какие существуют показатели оценки биоразнообразия биологических сообществ?
13. Как отражается биоразнообразие в пространственной структуре биоценоза?
14. Что такое экологическая ниша?
15. В чем причина конкурентной борьбы за экологическую нишу и суть принципа Гаузе?
16. Почему дифференциация ниш ведет к снижению конкуренции?
17. Что понимается под экосистемой?
18. Что понимается под биоразнообразием?
19. Почему видовое разнообразие является основой биологического разнообразия в живой природе?
20. Что такое экотон и каковы причины краевого эффекта?
21. Какие существуют показатели оценки биоразнообразия биологических сообществ?
22. Как отражается биоразнообразие в пространственной структуре биоценоза?
23. Что такое экологическая ниша?
24. В чем причина конкурентной борьбы за экологическую нишу и суть принципа Гаузе?
25. Почему дифференциация ниш ведет к снижению конкуренции?
26. Что понимается под экосистемой?
27. Пищевые взаимоотношения организмов и трофическая структура экосистемы.
28. Какие трофические системы являются проводниками энергетических потоков в экосистемах?
29. Какое экологическое значение имеют продуцирование и разложение в природе?
30. В чем состоит экологическое значение принципа биологического накопления?
31. Что такое продуктивность экосистемы и уровни продуцирования?
32. Что такое биомасса экосистемы и каковы экологические последствия ее неустойчивости?
33. Как отражается трофическая структура экосистем экологическими пирамидами численности? биомассы? продукции (энергии)?
34. Что такое цикличность экосистем, как и какими факторами она обусловлена?
35. Что такое сукцессия и причины ее возникновения?
36. В чем сущность первичной и вторичной сукцессии? Эвтрофирование.
37. Что понимается под сукцессионной серией и как возникает климаксное сообщество?
38. Чем обусловлена целостность биосферы? Сформулируйте закон целостности биосферы.
39. Почему возникает «цепная реакция» в биосфере?
40. К чему приводят циклические и ациклические процессы в биосфере?

## ВЫВОДЫ

Биосфера (с греч. «Bios» - жизнь, «sphaïra» - шар, сфера) - сложная наружная оболочка Земли, включающая в себя нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, с которой связана жизнедеятельность организмов. Впервые термин «биосфера» был введен в науку геологом из Австрии Э. Зюссом в 1875г. Он понимал под биосферой тонкую пленку жизни на земной поверхности.

Биосфера - внешняя оболочка Земли, в которую входят часть атмосферы до высоты 25-30 км (до озонового слоя), практически вся гидросфера и верхняя часть литосферы примерно до глубины 3 км. Особенностью этих частей является то, что, они населены живыми организмами, составляющими живое вещество планеты. Взаимодействие абиотической части биосферы: воздуха, воды, горных пород и органического вещества биоты обусловило формирование почв и осадочных пород. Последние, по В.И. Вернадскому, несут на себе следы деятельности древних биосфер, существовавших в прошлые геологические эпохи

Учение В.И. Вернадского о биосфере это целостное фундаментальное учение, органично связанное с важнейшими проблемами сохранения и развития жизни на Земле, знаменующее собой принципиально новый подход к изучению планеты как развивающейся саморегулирующейся системы в прошлом, настоящем и будущем.

По представлениям В.И. Вернадского, биосфера включает семь различных, геологически связанных типов «живого вещества». Это биогенные (уголь, известняки, нефть и т.д.), косные (неживое, например магматические горные породы), биокосные (почва), радиоактивные, космические (метеориты и др.), рассеянные атомы.

Основных круговоротов веществ в природе два: большой (геологический) и малый (биогеохимический). Большой круговорот веществ в природе (геологический) обусловлен взаимодействием солнечной энергии с глубинной энергией Земли и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими горизонтами Земли.

Большой круговорот - это круговорот воды между сушей и океаном через атмосферу. Влага, испарившаяся с поверхности Мирового океана, переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока. Круговорот воды происходит и по более простой схеме: испарение влаги поверхностного океана - конденсация водяного пара - выпадение осадков на эту же водную поверхность океана.

Малый круговорот веществ в биосфере (биогеохимический), в отличие от большого, совершается лишь в пределах биосферы. Сущность его заключается в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращение органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения. Этот круговорот для жизни биосферы главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое вещество поддерживает жизнь, на нашей планете обеспечивая биогеохимический круговорот веществ.

Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. Эта энергия довольно неравномерно распределяется по поверхности земного шара. Круговорот отдельных веществ В.И. Вернадский назвал биогеохимическими циклами.

### *Рекомендуемая литература*

№ п/п	Автор, наименование	Год, место издания
<b>1. Нормативные правовые акты</b>		
1	Конституция Республики Казахстан.	Конституция принята на республиканском референдуме 30 августа 1995 года. Ведомости Парламента Республики Казахстан, 1996 г., N 4, ст. 217. 10.03.2017
2	<a href="#">Экологический кодекс Республики Казахстан</a> . Кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212.	Ведомости Парламента Республики Казахстан, 2007 г., N 1, ст. 1; "Казахстанская правда" от 23 января 2007 года N 12 (25257). 24.05.2018
3	Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577	"Казахстанская правда" 01.06.2013 г. № 186-188 (27460-27462); "Егемен Қазақстан" 01.06.2013. ж. № 139 (28078); САПП Республики Казахстан, 2013 г., № 34, ст. 504. Подписано в печать 22.08.2013 г. 30.05.2013
<b>2. Основная литература</b>		
4	Колумбаева С.Ж., Бильдебаева Р.М., Шарипова М.А. Экология и устойчивое развитие.	Алматы, «Қазақ университеті», 2011.
5	Бродский А.К. Краткий курс общей экологии.	С-П, 2000.
6	Алинов М.Ш. Экология и устойчивое развитие. Учебное пособие.	Алматы.2012.618 с.
7	М.С. Тонкопий, Н.П. Ишкулова, Н.М. Анисимова, Г.С. Сатбаева. Экология и устойчивое развитие. Учебное пособие.	Алматы. 2010 г. 394 с.
8	С.Ж. Колумбаева., Р.М. Білдебаева., М.Ә. Шәріпова. Экология және тұрақты даму. Оқу құралы.	Алматы. «Қазақ университеті». 2012.
9	Башова А.Қ. Экология және тұрақты даму. Оқу құралы.	Алматы. «Қазақ университеті». 2013.
10	Алишева К.А. Экология.	Алматы, 2006.
11	Саданов А.К., Сүлейменова Н.Ш., Дәменова Н.С., Махамедова Б.Я. Экология және тұрақты даму. Оқулық.	Алматы. Қазақ ұлттық аграрлық университеті. 2010. 385 б.
<b>3. Дополнительная литература</b>		
12	М.Ш. Әлинов. Экология менеджменті. Оқу құралы.	Алматы: Бастау. -2014. 272 б.
13	М.Ш. Алинов. Основы устойчивого развития. Курс лекций: Учебное пособие.	Алматы: Бастау. -2013.200 с.
14	Баймуханов Е.М., Асатаев С.А. Экология и устойчивое развитие. Учебное пособие.	Караганда. 2012. 96 с.
15	Ежегодное Послание Президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А. народу Казахстана «Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее».	Астана, 17 января 2014 г.
16	Ежегодное Послание Президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А. народу Казахстана «Нұрлы жол – путь в будущее».	Астана, 11 ноября 2014 г.
17	Статья Главы государства «Взгляд в будущее: модернизация общественного сознания».	Астана, 12 апреля 2017 г.
18	Послание Президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А. народу Казахстана «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции».	Астана, 10 января 2018 г.
<b>4. Интернет-источники</b>		
19	Вопросы экологии	

	<a href="http://www.libl.ssau.ru/library/tbbd/eko">http://www.libl.ssau.ru/library/tbbd/eko</a>	
20	Экологические новости со всего мира <a href="http://www.battery.ru/theme/ecology">http://www.battery.ru/theme/ecology</a>	
21	Экология и окружающая среда <a href="http://www.list.ru/catalog">http://www.list.ru/catalog</a>	
22	Книги по экологии и охране окружающей среды <a href="http://www.prometeus.nsc.ru:8080/biblio/spravka/newecol/ssi">http://www.prometeus.nsc.ru:8080/biblio/spravka/newecol/ssi</a>	
23	Беседы об экологии <a href="http://www.boumerang.ru/book.asp">http://www.boumerang.ru/book.asp</a>	
24	Что такое Глубинная экология <a href="http://www.post.net.ge/eco21/deepr">http://www.post.net.ge/eco21/deepr</a>	
25	Экология <a href="http://www.istu.irk.ru/istu/biblioteka/bases/ecol">http://www.istu.irk.ru/istu/biblioteka/bases/ecol</a>	
26	Физические проблемы экологии <a href="http://www.foroff.phys.msu.ru/gazeta/koi/ecology">http://www.foroff.phys.msu.ru/gazeta/koi/ecology</a>	
27	Правовая информация в области охраны природы <a href="http://www.ecology.samara.ru/Bibl/ECO.asp">http://www.ecology.samara.ru/Bibl/ECO.asp</a>	
28	Учебники по экологии <a href="http://www.phvstech.glasnet.ru/PHP/bookinfo/ecology">http://www.phvstech.glasnet.ru/PHP/bookinfo/ecology</a>	