

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

Юридический институт

Кафедра общеобразовательных дисциплин

ЛЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС

по дисциплине

«ЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ»

на тему

«Синэкология-экология сообществ»

Подготовил:

Преподаватель кафедры
общеобразовательных дисциплин,
магистр экологии,
старший лейтенант полиции
Асатаев С.А.

Обсуждено и одобрено на
заседании кафедры
24.05. 2016 г.
Протокол №19

Караганды 2016 г.

ВВЕДЕНИЕ

Биоценоз – (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – 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, *koinos* – 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/м² или на объем – г/м³ 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 **закон о 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 по **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 *экологическое дублирование*.

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 голых скал 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*.

Лекция 4

Тема. Синэкология-экология сообществ.

Цель лекции – сформировать представление об экологической системе как неразрывном единстве живой и неживой природы, закономерностях ее функционирования и устойчивости.

Ключевые слова – биоценоз, биогеоценоз, экосистема, пищевая цепь, трофический уровень, автотрофы, гетеротрофы, продуцент, консумент, редуцент, продуктивность, экологические пирамиды, климаксное сообщество, экологическая сукцессия, гомеостаз экосистемы .

Вопросы

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

2. Экосистема как структурно-функциональная единица биосферы.

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 α - и β -разнообразие. α -разнообразие — видовое разнообразие в данном местообитании, β -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 микросреду (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.

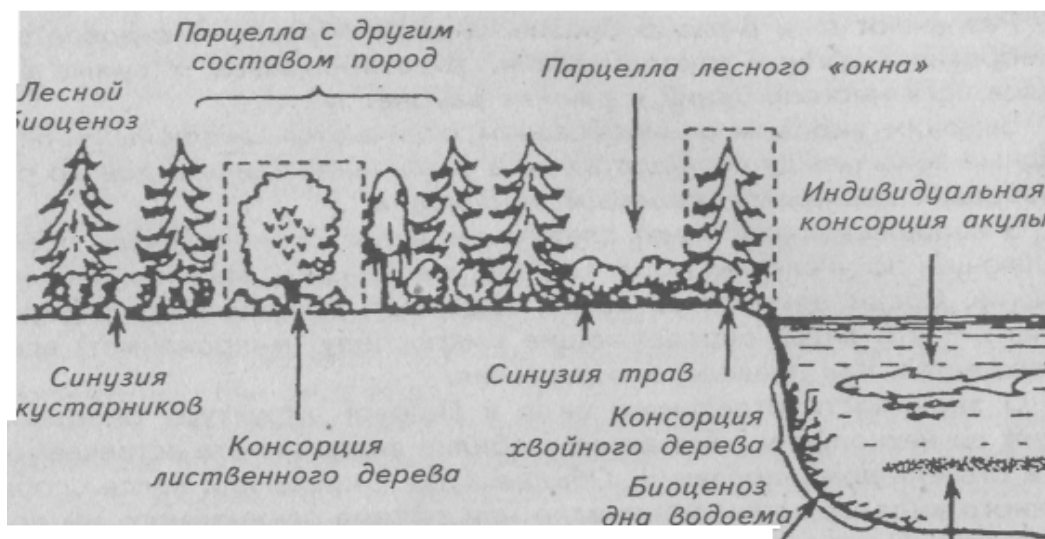
Парцелла — структурная часть в горизонтальном расчленении биоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойствами компонентов. Парцеллу выделяют (ограничивают) по ведущему элементу растительности. Например, участки широколиственных деревьев в хвойном лесу.

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 организмов *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.

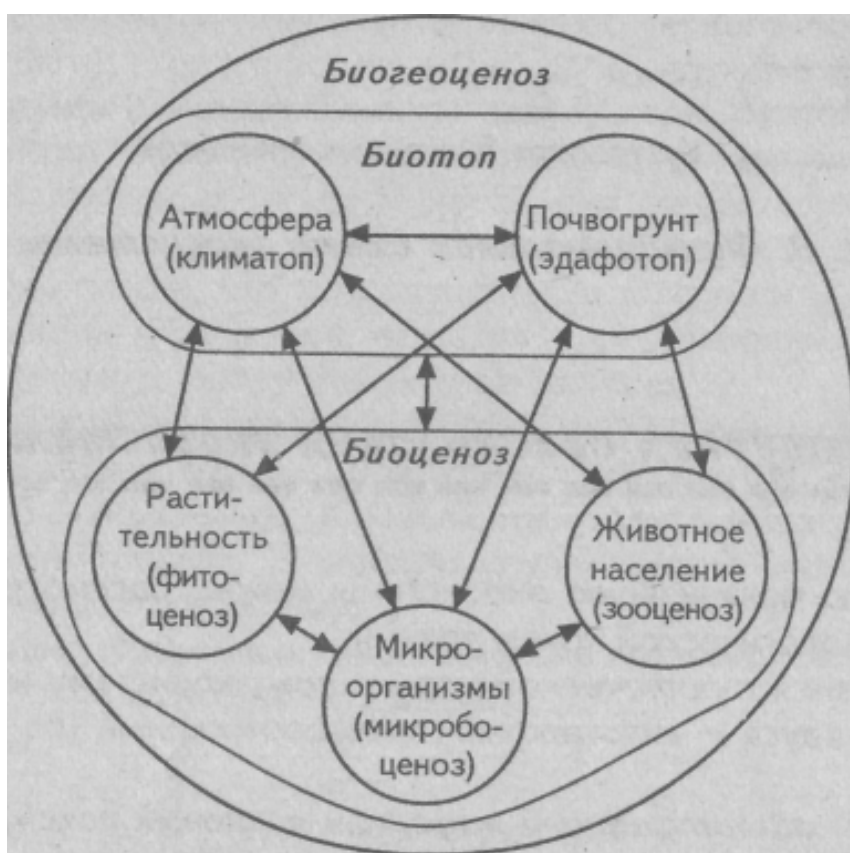


Рисунок 2. Структура биогеоценоза (по В.Н. Сукачеву)

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.

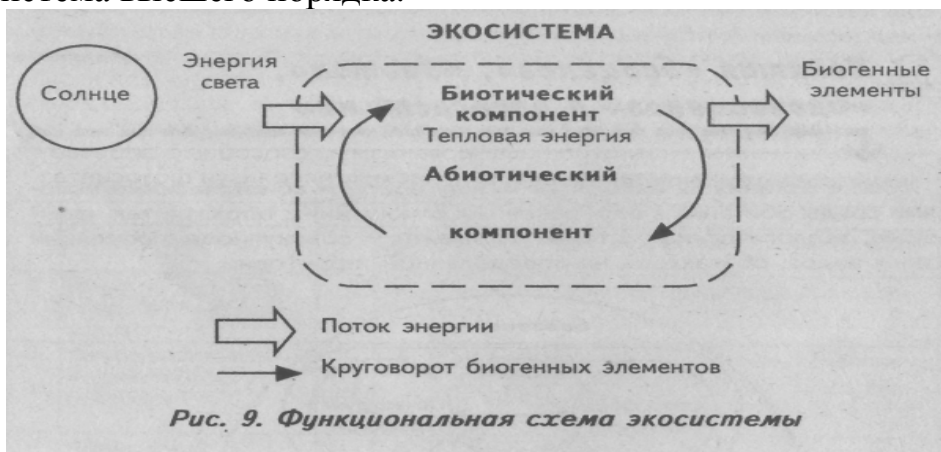


Рисунок 3. Функциональная схема экосистемы

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, косуль, 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, гриб-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 однонаправленных 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.

2. Экосистема как структурно-функциональная единица биосферы.

2.1. Структурная и функциональная организация экосистем (трофическая структура биоценоза, пищевые цепи, трофические уровни, пищевые сети, экологические пирамиды, продуктивность экосистем).

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 (CO_2 , H_2O , N_2 , 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, осмотрофы) — 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.

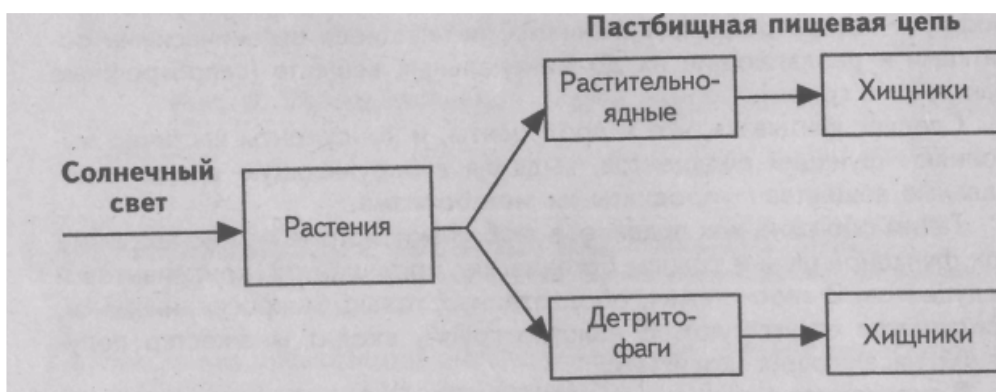
В экосистеме пищевые и энергетические связи идут в направлении: продуценты —> консументы — редуценты.

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 (*а*) 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 2×10^7 растений. В пирамиде биомасс (*б*) 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

2.2. 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 проявляются 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 улетаая 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**.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под биоразнообразием?
2. Почему видовое разнообразие является основой биологического разнообразия в живой природе?
3. Что такое экотон и каковы причины краевого эффекта?
4. Какие существуют показатели оценки биоразнообразия биологических сообществ?
5. Как отражается биоразнообразие в пространственной структуре биоценоза?
6. Что такое экологическая ниша?
7. В чем причина конкурентной борьбы за экологическую нишу и суть принципа Гаузе?

8. Почему дифференциация ниш ведет к снижению конкуренции?
 9. Что понимается под экосистемой?
 10. Что понимается под биоразнообразием?
 11. Почему видовое разнообразие является основой биологического разнообразия в живой природе?
 12. Что такое экотон и каковы причины краевого эффекта?
 13. Какие существуют показатели оценки биоразнообразия биологических сообществ?
 14. Как отражается биоразнообразие в пространственной структуре биоценоза?
 15. Что такое экологическая ниша?
 16. В чем причина конкурентной борьбы за экологическую нишу и суть принципа Гаузе?
 17. Почему дифференциация ниш ведет к снижению конкуренции?
 18. Что понимается под экосистемой?
 19. Пищевые взаимоотношения организмов и трофическая структура экосистемы.
 20. Какие трофические системы являются проводниками энергетических потоков в экосистемах?
 21. Какое экологическое значение имеют продуцирование и разложение в природе?
 22. В чем состоит экологическое значение принципа биологического накопления?
 23. Что такое продуктивность экосистемы и уровни продуцирования?
 24. Что такое биомасса экосистемы и каковы экологические последствия ее нестабильности?
 25. Как отражается трофическая структура экосистем экологическими пирамидами численности? биомассы? продукции (энергии)?
 26. Что такое цикличность экосистем, как и какими факторами она обусловлена?
 27. Что такое сукцессия и причины ее возникновения?
 28. В чем сущность первичной и вторичной сукцессии?
- Эвтрофирование.
29. Что понимается под сукцессионной серией и как возникает климаксное сообщество?
 30. Чем обусловлена целостность биосферы? Сформулируйте закон целостности биосферы.
 31. Почему возникает «цепная реакция» в биосфере?
 32. К чему приводят циклические и ациклические процессы в биосфере?

ВЫВОДЫ

Каждый организм живет в окружении множества других организмов, вступает с ними в самые разнообразные отношения, как с отрицательными, так и положительными для себя последствиями и, в конечном счете, не может существовать без этого живого окружения. Связь с другими организмами - необходимое условие питания и размножения, возможность защиты, смягчения неблагоприятных условий среды, а с другой стороны - это опасность ущерба и часто даже непосредственная угроза существования индивидуума. Всю сумму воздействий, которые оказывают друг на друга живые существа, объединяют названием *биотические факторы среды*. Непосредственное живое окружение организма составляет его *биоценологическую среду*.

Представители каждого вида способны существовать лишь в таком живом окружении, где связи с другими организмами обеспечивают им нормальные условия жизни. Иными словами, многообразные живые организмы встречаются на Земле не в любом сочетании, а образуют определенные сожительства, или сообщества, в которые входят виды, приспособленные к совместному обитанию. Группировки совместно обитающих и взаимно связанных организмов называют *биоценозами* (от лат. биос - жизнь, ценоз – *общий*). Приспособленность членов биоценоза к совместной жизни выражается в определенном сходстве требований к важнейшим абиотическим условиям среды и закономерных отношениях друг с другом.

Масштабы биоценологических группировок организмов очень различны, от сообществ подушек лишайников на стволах деревьев или разлагающегося пня до населения целых ландшафтов: лесов, степей, пустынь и т. п. Термин «биоценоз» в современной экологической литературе чаще употребляют применительно к населению территориальных участков, которые на суше выделяют по относительно однородной растительности (обычно по границам растительных ассоциаций), например биоценоз ельника-кисличника, биоценоз суходольного луга, сосняка-беломошника, биоценоз ковыльной степи, пшеничного поля и т. д.

Сообщества часто имеют расплывчатые границы, иногда неуловимо переходя одно в другое. Тем не менее, они вполне объективно, реально существуют в природе. Та часть экологии, которая изучает закономерности сложения сообществ и совместной жизни в них живых организмов, получила название *синэкология* или *биоценология*. Тот участок абиотической среды, которую занимает биоценоз, называют *биотопом*, т. е., иначе, биотоп - место обитания биоценоза (от лат. *биос* - жизнь, *топос* - место). Структура любой системы - это закономерности в соотношении и связях ее частей. Структура биоценоза многопланова, и при изучении ее выделяют различные аспекты.

Под *видовой структурой* биоценоза понимают разнообразие в нем видов

и соотношение их численности или массы, различают бедные и богатые видами биоценозы.

Пространственная структура биоценоза определяется, прежде всего, сложением его растительной части - фитоценоза, распределением наземной и подземной массы растений. При совместном обитании растений, разных по высоте, фитоценоз часто приобретает четкое *ярусное сложение*: ассимилирующие надземные органы растений и подземные их части располагаются в несколько слоев, по-разному используя и изменяя среду. Ярусность особенно хорошо заметна в лесах умеренного пояса.

Разные типы биоценозов характеризуются определенным соотношением экологических групп организмов, которое выражает *экологическую структуру* сообщества. Биоценозы со сходной экологической структурой могут иметь разный видовой состав, так как в них одни и те же экологические ниши могут быть заняты сходными по экологии, но далеко не родственными видами.

Основу возникновения и существования биоценозов представляют отношения организмов, их связи, в которые они вступают друг с другом, населяя один и тот же биотоп. Эти связи определяют основные условия жизни видов в сообществе, возможности добывания пищи и завоевания нового пространства.

По классификации В.Н. Беклимишева, прямые и косвенные межвидовые отношения по тому значению, которое они могут иметь для занятия видом в биоценозе определенной экологической ниши, подразделяются на четыре типа: трофические, топические, форические, фабрические. *Трофические связи* возникают, когда один вид питается другим - либо живыми особями, либо их мертвыми остатками, либо продуктами жизнедеятельности. И стрекозы, ловящие на лету других насекомых, и жуки-навозники, питающиеся пометом крупных копытных, и пчелы, собирающие нектар растений; вступают в прямую трофическую связь с видами, предоставляющими им пищу. *Топические связи* характеризуют любое, физическое или химическое, изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Эти связи крайне разнообразны. Они заключаются в создании одним видом среды для другого (например, внутренний паразитизм или норный комменсализм), в формировании субстрата, на котором поселяются или, наоборот; избегают селиться представители других видов.

Форические связи - это участие одного вида в распространении другого. В роли транспортировщиков выступают животные. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называют *зоохорией*, перенос других, более мелких животных - *форезией* (от лат. *форас* - наружу, вон). Перенос осуществляется обычно с помощью специальных и разнообразных приспособлений.

Фабрические связи - это такой тип биоценологических отношений, в которые вступает вид, использующий для своих сооружений (фабрикации)

продукты выделения, либо мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида. Так, птицы употребляют для постройки гнезд ветви деревьев, шерсть млекопитающих, траву, листья, пух и перья других видов птиц и т. п.

Биотические факторы. Среди огромного многообразия взаимосвязей живых существ можно выделить определенные типы отношений, имеющие много общего у организмов самых разных систематических групп.

Отношения типа хищник - жертва, паразит - хозяин это прямые пищевые связи, которые для одного из партнеров имеют отрицательные, а для другого - положительные последствия. По существу, к этому типу экологических взаимодействий можно отнести все варианты пищевых связей. Хотя пасущуюся на лугу корову и дятла, добывающего личинок из-под коры дерева, обычно не называют хищниками, тот тип взаимоотношений, в которые они вступают с организмами, служащими им пищей, имеет много общего с отношениями хищника и его жертв. Пищевые взаимосвязи - основные в сообществах. Любой гетеротрофный организм может существовать лишь за счет других гетеротрофных или автотрофных организмов. *Хищниками* обычно называют животных, питающихся другими животными, которых они ловят и умерщвляют. для хищников характерно специально охотничье поведение. Если размеры жертв намного меньше размеров питающихся ими животных, то численность объектов питания высока и сами они легкодоступны - в этом случае деятельность плотоядного вида превращается в поиск и простой сбор добычи.

Паразитизм - такая форма связей между видами, при которой организм-потребитель использует живого хозяина не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного обитания. По существу, типичный паразитический характер имеют связи насекомых-вредителей с растениями. Паразиты обычно намного мельче своего хозяина. Во взаимоотношениях хищник - жертва, паразит - хозяин наиболее ярко проявляется эволюционная и экологическая роль пищевых связей организмов. Хищничество, связанное с активным поиском и энергичными способами овладения сопротивляющейся и убегающей добычей, ведет к выработке разнообразных экологических адаптаций, как у жертв, так и у их потребителей. При активном способе защиты от врагов естественный отбор способствует развитию у жертв органов чувств, быстроты реакции, скорости бега, инстинктов обманного поведения что сопровождается совершенствованием нервной системы и ведет к прогрессивной эволюции группы.

Комменсализм - это такая форма взаимоотношений между двумя видами, когда деятельность одного из них доставляет пищу или убежище другому (*комменсалу*). Иными словами, комменсализм - одностороннее использование одного вида другим без принесения ему вреда. Комменсализм, основанный на потреблении остатков пищи хозяев, называют еще *нахлебничеством*. Таковы, например, взаимоотношения львов и гиен,

подбирающих остатки недоеденной львами добычи. Комменсалами крупных акул являются сопровождающие их рыбы-прилипалы и т. д.

Мутуализм. В природе широко распространены взаимовыгодные отношения видов, для обозначения которых часто применяют термин *мутуализм*. Мутуалистические связи могут возникать на основе предшествующего паразитизма или комменсализма. Степень развития взаимовыгодного сожительства может быть самой различной - от временных, необязательных контактов до такого состояния, когда присутствие партнера становится обязательным условием жизни каждого из них. Такие неразделимые полезные связи двух видов получили название симбиоза.

Классический пример симбиотических отношений лишайники, представляющие тесное сожительство гриба и водоросли.

Нейтрализм, аменсализм Нейтрализм - это такая форма биотических отношений, при которой сожительство двух видов на одной территории не влечет для них ни положительных, ни отрицательных последствий. При нейтрализме виды не связаны друг с другом непосредственно, но зависят от состояния сообщества в целом. Например, белки и лоси, обитая в одном лесу, практически не контактируют друг с другом. Отношения типа нейтрализма особенно развиты в насыщенных видами сообществах, включающих разных по экологии сочленов.

При *аменсализме* для одного из двух взаимодействующих видов последствия совместного обитания отрицательны, тогда как другой не получает от них ни вреда, ни пользы. Такая форма взаимодействия чаще встречается у растений. Например, светолюбивые травянистые виды, растущие под елью, испытывают угнетение в результате сильного затенения ее кроной, тогда как для самого дерева их соседство может быть безразличным.

Конкуренция - это взаимоотношения, возникающие между видами со сходными экологическими требованиями. Когда такие виды обитают совместно, каждый из них находится в невыгодном положении, так как присутствие другого уменьшает возможности в овладении пищевыми ресурсами, убежищами и прочими средствами к существованию которыми располагает местообитание. Конкуренция - единственная форма экологических отношений, отрицательно сказывающаяся на обоих взаимодействующих партнерах. Формы конкурентного взаимодействия могут быть самыми различными: от прямой физической борьбы до мирного совместного существования. Тем не менее, если два вида с одинаковыми экологическими потребностями оказываются в одном сообществе, рано или поздно один конкурент вытесняет другого. Это одно из наиболее общих экологических правил, которое получило название «закона конкурентного исключения» и было сформулировано Г.Ф. Гаузе.

Сообщества организмов связаны с неорганической средой теснейшими

материально-энергетическими связями. Растения могут существовать только за счет постоянного поступления в них углекислого газа, воды, кислорода, минеральных солей. Гетеротрофы живут за счет автотрофов, но нуждаются в поступлении таких неорганических соединений, как кислород и вода. В любом конкретном местообитании запасов неорганических соединений, необходимых для поддержания жизнедеятельности населяющих его организмов, хватило бы ненадолго, если бы эти запасы не возобновлялись.

Любую совокупность организмов и неорганических компонентов, в которой может осуществляться круговорот веществ, называют *экосистемой*. Термин был предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли, который подчеркивал, что при таком подходе неорганические и органические факторы выступают как равноправные компоненты, и мы не можем отделить организмы от конкретной окружающей их среды. Тенсли рассматривал экосистемы как основные единицы природы на поверхности Земли, хотя они и не имеют определённого объема и могут охватывать пространство любой протяженности.

Для поддержания круговорота веществ в системе необходимо наличие запаса неорганических молекул в усвояемой форме и трех функционально различных экологических групп организмов: продуцентов, консументов и редуцентов.

Продуцентами выступают автотрофные организмы, способные строить свои тела за счет неорганических соединений.

Консументы - гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и трансформирующие его в новые формы.

Редуценты живут за счет мертвого органического вещества, переводя его вновь в неорганические соединения.

В принципе круговорот атомов может поддерживаться в системе и без промежуточного звена - консументов, за счет деятельности двух других групп. Однако такие экосистемы встречаются скорее как исключения, например на тех участках, где функционируют сообщества, сформированные только из микроорганизмов. Роль консументов выполняют в природе в основном животные, их деятельность по поддержанию и ускорению миграции атомов в экосистемах сложна и многообразна.

Параллельно с развитием концепции экосистем успешно развивается учение о биогеоценозах, автором которого был академик В.Н. Сукачев (1942). Экосистема и биогеоценоз - близкие по сути понятия, но если первое из них приложимо для обозначения систем, обеспечивающих круговорот любого ранга, то биогеоценоз понятие территориальное, относимое к таким участкам суши, которые заняты определенными единицами растительного покрова - фитоценозами. Наука о биогеоценозах - *биогеоценология* - выросла из геоботаники и направлена на изучение функционирования экосистем в конкретных условиях ландшафта в зависимости от свойств почвы, рельефа, характера окружения биогеоценоза в составляющих его первичных

компонентов - горной породы, животных, растений, микроорганизмов. Биогеоценология рассматривает поверхность Земли как сеть соседствующих биогеоценозов, связанных между собой через миграцию веществ, но, тем не менее, хотя и в разной степени, автономных и специфичных по своим круговоротам. Конкретные свойства участка, занятого биогеоценозом, придают ему своеобразие, выделяя из других, исходных по типу. Обе концепции экосистем и биогеоценозов - дополняют и обогащают друг друга, позволяя рассматривать функциональные связи сообществ и окружающей их неорганической среды в разных аспектах в с разных точек зрения.

Поддержание жизнедеятельности организмов и круговорот вещества в экосистемах возможны только за счет постоянного притока энергии. В конечном итоге вся жизнь на Земле существует за счет энергии солнечного излучения, которая переводится фотосинтезирующими организмами в химические связи органических соединений. Гетеротрофы получают энергию с пищей. Все живые существа являются объектами питания других, т. е. связаны между собой энергетическими отношениями. Пищевые связи в сообществах - это механизмы передачи энергии от одного организма к другому. В каждом сообществе трофические связи переплетены в сложную сеть.

На самом деле путь каждой конкретной порции энергии, накопленной зелеными растениями, короток. Она может передаваться не более чем через 4-6 звеньев ряда, состоящего из последовательно питающихся друг другом организмов. Такие ряды, в которых можно проследить пути расходования изначальной дозы энергии, называют *цепями питания*.

Место каждого звена в цепи питания называют трофическим уровнем. Первый трофический уровень: это всегда продуценты, создатели органической массы; растительноядные консументы относятся ко второму трофическому уровню; плотоядные, живущие за счет растительноядных форм к третьему; потребляющие других плотоядных соответственно к четвертому и т. д. Таким образом, различают консументов первого, второго и третьего порядков, занимающих разные уровни в цепях питания. Естественно, что основную роль при этом играет пищевая специализация консументов. Виды с широким спектром питания могут включаться в пищевые цепи на разных трофических уровнях. Так, например, человек, в рацион которого входит как растительная пища, так и мясо травоядных и плотоядных животных, выступает в разных пищевых цепях в качестве консумента первого, второго и третьего порядков.

Экосистемы очень разнообразны по относительной скорости создания и расходования, как чистой первичной продукции, так и чистой вторичной продукции на каждом трофическом уровне. Однако всем без исключения экосистемам свойственны определенные количественные соотношения первичной и вторичной продукции, получившие название *правила пирамиды продукции*: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем.

Графически это правило выражают в виде пирамид, суживающихся кверху и образованных поставленными друг на друга прямоугольниками равной высоты, длина которых соответствует масштабам продукции на соответствующих трофических уровнях. Пирамида продукции отражает законы расходования энергии в пищевых связях.

Скорость создания органического вещества не определяет его суммарные запасы, т. е. общую биомассу всех организмов каждого трофического уровня. Наличная биомасса продуцентов или консументов в конкретных экосистемах зависит от того, как соотносятся между собой темпы накопления органического вещества на определенном трофическом уровне и передачи его на вышестоящий, т. е. насколько сильно выедание образовавшихся запасов. Немаловажную роль при этом играет скорость оборота поколений основных продуцентов и консументов.

В большинстве наземных экосистем действует также *правило пирамиды биомасс*, т. е. суммарная масса растений оказывается больше, чем биомасса всех фитофагов и травоядных, а масса тех, в свою очередь, превышает массу всех хищников. Отношение годового прироста растительности к биомассе в наземных экосистемах сравнительно невелико. Отношение первичной продукции к биомассе растений определяет те масштабы выедания растительной массы, которые возможны в сообществе без подрыва его продуктивности. Относительная доля потребляемой животными первичной продукции в травянистых сообществах выше, чем в лесах. Копытные, грызуны, насекомые-фитофаги в степях используют до 70 % годового прироста растений, тогда как в лесах в среднем не более 10%. Однако возможные пределы отчуждения растительной массы животными в наземных сообществах не реализуются полностью и значительная часть ежегодной продукции поступает в опад.

В океанах, где основными продуцентами являются одноклеточные водоросли с высокой скоростью оборота поколений, их годовая продукция в десятки и даже сотни раз может превышать запас биомассы. Вся чистая первичная продукция так быстро вовлекается в цепи питания, что накопление биомассы водорослей очень мало, но вследствие высоких темпов размножения небольшой их запас оказывается достаточным для поддержания скорости воссоздания органического вещества.

Для океана правило пирамиды биомасс недействительно, она имеет перевернутый вид. На высших трофических уровнях преобладает тенденция к накоплению биомассы, так как длительность жизни крупных хищников велика, скорость оборота их поколений, наоборот, мала и в их телах задерживается значительная часть вещества, поступающего по цепям питания.

Правило пирамиды чисел было замечено еще в 1927 г. Ч. Элтоном, который отметил также, что оно неприменимо к цепям питания паразитов, размеры которых с каждым звеном уменьшаются, а число особей возрастает.

Все три правила пирамид - продукции, биомассы и чисел - выражают в

конечном итоге энергетические накопления в экосистемах, и если первые два проявляются в сообществах с определённой трофической структурой, то последнее имеет универсальный характер.

Рекомендуемая литература

№ п/п	Автор, наименование	Год, место издания
1. Нормативные правовые акты		
1	Конституция Республики Казахстан.	Алматы, 2008 г.
2	Экологический кодекс РК.	Астана 2007 г.
3	Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577	Астана, 2013 г.
2. Основная литература		
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	Хандогина Е.К, Герасимова Н.А., Хандогина А.В.. Экологические основы природопользования.	М., «Форум», 2007.
9	С.Ж. Колумбаева., Р.М. Білдебаева., М.Ә. Шәріпова. Экология және тұрақты даму. Оқу құралы.	Алматы. «Қазақ университеті». 2012.
10	Баешова А.Қ. Экология және тұрақты даму. Оқу құралы.	Алматы. «Қазақ университеті». 2013.
11	Алишева К.А. Экология.	Алматы, 2006.
12	Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: Учебник для студентов вузов/-60-е изд., доп и прераб.	Ростов н/Феникс 2007-575с.
13	Саданов А.Қ., Сүлейменова Н.Ш., Дәменова Н.С., Махамедова Б.Я. Экология және тұрақты даму. Оқулық.	Алматы. Қазақ ұлттық аграрлық университеті. 2010. 385 б.
3. Дополнительная литература		
14	М.Ш. Әлинов. Экология менеджменті. Оқу құралы.	Алматы: Бастау. -2014. 272 б.
15	Г.С. Оспанова., Г.Т. Бозшатаева. Экология. Оқулық.	Алматы. Экономика. 2002 ж.
16	Қуатбаев А.Т. Жалпы экология.	Алматы. 2008. 342 б.
17	М.Ш. Алинов. Основы устойчивого развития. Курс лекций: Учебное пособие.	Алматы: Бастау. -2013.200 с.
18	Бейсеннова Ә.С., Самақова А.Б., Есполов Т.И., Шілдебаев Ж.Б. «Экология және табиғатты тиімді пайдалану». Оқулық.	Алматы.2004.328 б.
19	Баймуханов Е.М., Асатаев С.А. Экология и устойчивое развитие. Учебное пособие.	Караганда. 2012. 96 с.
4. Интернет-источники		
20	Вопросы экологии http://www.libl.ssau.ru/library/tbbd/eko	
21	Экологические новости со всего мира http://www.battery.ru/theme/ecology	
22	Экология и окружающая среда http://www.list.ru/catalog	
23	Книги по экологии и охране окружающей среды http://www.prometeus.nsc.ru:8080/biblio/spravka/newecol/ssi	
24	Беседы об экологии http://www.boumerang.ru/book.asp	
25	Что такое Глубинная экология http://www.post.net.ge/eco21/deep	
26	Экология http://www.istu.irk.ru/istu/biblioteka/bases/ecol	
27	Физические проблемы экологии http://www.foroff.phys.msu.ru/gazeta/koi/ecology	
28	Правовая информация в области охраны природы http://www.ecology.samara.ru/Bibl/ECO.asp	
29	Учебники по экологии http://www.phvstech.glasnet.ru/PHP/bookinfo/ecology	

