

Лекция 4

Экосистемы (2 часть)

4.1. Биотические связи организмов в биоценозах

Среди огромного многообразия взаимосвязей живых существ в биоценозе можно выделить наиболее характерные, имеющие много общего у организмов разных систематических групп. Классификация биотических взаимодействий популяций двух видов приведена в таблице 1.

Конкуренция – это тип взаимодействия, при котором организмы соперничают друг с другом, пытаясь лучше и быстрее достичь какойлибо цели.

Отношения между хищниками и жертвами относятся к **хищничеству** (взаимодействие волка и зайца).

Нейтрализмом называется тип взаимодействия, при котором ни одна популяция не оказывает влияния на другую (взаимодействие белки и лося).

Межвидовые взаимодействия, при которых один вид использует других как среду жизни и как источник пищи, называется **паразитизмом**. Паразитизм характерен для представителей всех царств организмов. Паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызывать его гибель.

Таблица 1

**Классификация биотических взаимодействий популяций двух видов
(по Ю.Одуму)**

Тип взаимодействия	Виды		Общий характер взаимодействия
	1	2	
1. Нейтрализм	0	0	Ни одна популяция не влияет на другую
2. Конкуренция, непосредственное взаимодействие	-	-	Прямое взаимное подавление обоих видов
3. Конкуренция, взаимодействие из-за ресурсов	-	-	Непрямое подавление при дефиците внешнего ресурса
4. Аменсализм	-	0	Популяция 2 подавляет популяцию 1, но сама не испытывает отрицательного воздействия

5. Паразитизм	+	-	Популяция паразит 1 состоит из меньших по величине особей, чем популяция 2
6. Хищничество	+	-	Особь хищника 1 обычно крупнее, чем особь жертвы 2
7. Комменсализм	+	0	Популяция 1, комменсал, получает пользу от объединения; популяции 2 это объединение безразлично
8. Протокооперация	+	+	Взаимодействие благоприятно для обоих видов, но не обязательно
9. Мутуализм	+	+	Взаимодействие благоприятно для обоих видов и обязательно

Примечание. «0» означает, что на популяцию не оказывается никакое влияние при взаимодействии видов; «+» – что популяция получает пользу от взаимодействия видов; «-» – что популяция испытывает отрицательное влияние от такого взаимодействия.

Комменсализм – тип межвидовых отношений, сожительства, при котором в совместной среде организмы одного вида односторонне получают пользу от присутствия организмов другого вида (например, «картирование», «транспортировка», «нахлебничество»). Мальки рыб, живущие среди щупалец актиний, питающиеся остатками их пищи, являются **комменсалами**.

Симбиоз (гр. *symbiosis*– сожительство) – тесное сожительство двух и более видов, полезное для партнёров (симбионтов). Взаимодействие бобовых растений и клубневых бактерий является примером симбиоза.

Аллелопатией называется взаимодействие растений путем введения во внешнюю среду биологически активных веществ (фитонцидов, антибиотиков и др.).

Аменсализм – один вид, аменсал, испытывает от другого угнетение роста и размножения.

Протокооперация (содружество) оба вида образуют сообщество, но могут существовать и отдельно, хотя сообщество приносит им обоим пользу.

Мутуализм – виды не могут существовать друг без друга.

4.2. Трофические взаимодействия в экосистемах

Перенос энергии пищи от ее источника – автотрофов – через ряд организмов, происходящий путем поедания одних организмов другими, называется **трофической (пищевой) цепью**.

По своему положению в трофической цепи организмы делятся на следующие классы.

Продуценты (лат. *producens* – создающий, производящий) – автотрофные организмы, продуцирующие органическое вещество из неорганического при помощи реакций **фотосинтеза и хемосинтеза**. Зеленые растения, водоросли, цианобактерии и пурпурные бактерии по типу питания являются продуцентами. То есть группа организмов, представители которой в биогеоценозе начинают преобразование солнечной энергии, называется продуцентами.

Консументы (лат. *consume* – потреблять) – гетеротрофные организмы, питающиеся готовым органическим веществом, созданным продуцентом, но не доводящие разложения поглощенных органических веществ до простых минеральных (неорганических).

Выделяют:

консументы 1-го порядка – растительноядные животные;

консументы 2-го порядка – плотоядные животные (хищники).

Бурый медведь, использующий пищу растительного происхождения, является консументом 1-го и 2-го порядка.

Редуценты (лат. *reducens* – возвращающий) – гетеротрофные организмы, перерабатывающие отходы жизнедеятельности продуцентов и консументов в простые минеральные компоненты (бактерии, грибы).

Пример трофической цепи:

трава – корова – человек.

Продуценты, редуценты, консументы – основные компоненты функциональной группы экосистемы. Передача энергии в экосистемах происходит последовательно от продуцентов через консументы к редуцентам.

Трофической структурой биоценоза называется совокупность пищевых связей между видами. Отдельное звено в пищевой цепи называется **трофическим уровнем**.

В водных экосистемах 1-й трофический уровень занимают **водоросли**.

Трофические цепи, которые начинаются с фотосинтезирующих организмов, называются **пастбищными цепями**. Пастбищная и детритная пищевые цепи переплетаются.

Детрит – мертвое органическое вещество (растительные остатки), продукты выделения и распада организмов. Трофические цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных, называются **цепями разложения**.

Организмы, питающиеся растениями и занимающие второй трофический уровень пищевой цепи, называются **фитофагами**.

4.3. Продукция и энергия в экосистемах. Экологические пирамиды

Биосфера получает энергию от Солнца. Световая энергия Солнца может переходить в тепловую энергию земной поверхности и потенциальную энергию пищи организмов.

Зелёные растения и некоторые бактерии непосредственно усваивают солнечную энергию и используют её для получения органического вещества (биомассы) из неорганических веществ.

Процесс превращения солнечной энергии в химическую (т.е. в энергию химических связей) путём синтеза органических соединений из неорганических веществ называется **фотосинтезом** (от греч. *photos* – свет, *synthesis* – соединения). Зеленые растения поглощают углекислый газ и воду и преобразуют их путём фотосинтеза в органическую массу и кислород.

На Земле в год продуцируется (лат. *producti* – создание, производство) зелёными растениями 100 млрд т биомассы, что соответствует $18 \cdot 10^{17}$ кДж энергии. Поглощается $17 \cdot 10^7$ т углекислого газа, выделяется $12 \cdot 10^7$ т кислорода.

Явление, приводящее к активизации процесса фотосинтеза в результате действия антропогенного фактора, называется **«парниковым эффектом»**.

Некоторые бактерии способны к синтезу органического вещества из неорганического, но используют для этого не солнечную энергию, а энергию окислительно-восстановительных реакций.

Процесс преобразования бактериями химической энергии реакций окисления в энергию синтеза органических веществ называется **хемосинтезом**.

В зависимости от вида химического элемента, энергия реакции окисления которого используется бактериями при хемосинтезе, выделяют **нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии** и т.д. (табл. 2). Железобактерии и серобактерии относятся к группе бактерий, которые получили название **«хемосинтетики»**.

Таблица 2

Группы хемосинтезирующих бактерий и их роль в природе

Группа бактерий	Роль в природе
1. Нитрифицирующие бактерии	Нитрификация происходит в почве и воде. Это основной путь образования нитрата в природе, играет первостепенную роль в круговороте азота в биосфере. Чрезмерное накопление нитратов в почве нежелательно, т.к. они легко вымываются и загрязняют воду
2. Серобактерии	Используют соединения серы как источники энергии и роста в автотрофных условиях. Они широко распространены в воде и грунтах морей, озер, серных источников и других водоемов, содержащих сероводород, встречаются в почвах, месторождениях серы и сульфидных минералов. Серные бактерии участвуют в образовании в почве доступных для растений сульфатов
3. Метанобразующие бактерии	Используются для получения из органических отходов сельского хозяйства биогаза (утилизация этих отходов предотвращает также загрязнение ими окружающей среды). Эффективно применение удобрений, получаемых после метанового брожения навоза
4. Железобактерии	Жизнедеятельность некоторых железобактерий может создавать серьезные проблемы. В протоплазме своих клеток они превращают Fe^{2+} в нерастворимый $Fe(OH)_3$, который выделяется на поверхности их клеток и затрудняет обмен веществ, поэтому у железобактерий время от времени происходит «линька» - сбрасывание $Fe(OH)_3$, который превращается в ржавчину, нанося вред трубопроводам водоснабжения и канализации. Например, бактерии рода Лептотрикс (нитчатые бактерии, обычно встречаются в ручьях выхода железистых источников на болотах, образуя скопления в виде ржавых пятен)

В процессе жизнедеятельности живых организмов в экосистеме создаётся и расходуется живое (органическое) вещество. Поэтому каждая экосистема обладает определённой продуктивностью.

Продуктивностью (лат. *production* – создание, производство) экосистемы называется общее количество органического вещества (биомассы), производимое популяцией или сообществом за единицу времени на единицу площади. **Продуктивность** – это скорость образования биомассы в экосистеме.

Продуктивность различных экологических систем неодинакова. Наиболее продуктивны прибрежные мелководные зоны, коралловые

рифы, заливные луга и плодородные поля. Высокой продуктивностью характеризуются тропические леса (леса умеренной зоны, пустыни, степи).

Органическое вещество, создаваемое в экосистемах в единицу времени, называют **биологической продуктивностью** или скоростью образования органического вещества.

Продукция экосистемы при переходе от низших трофических уровней к высшим резко убывает.

Количество живого вещества, приходящееся на единицу площади или объема пространства, выраженное в единицах массы, называется **биомассой**.

Продукцию растений (продуцентов) называют **первичной**. Скорость образования продукции гетеротрофами обозначается как вторичная продуктивность. То есть **вторичная продуктивность** – это скорость продуцирования биомассы гетеротрофами, продукцию животных (консументов) называют **вторичной**.

Графическое изображение структуры трофической цепи, показывающее численное, массовое или энергетическое соотношение между продуцентами, консументами и редуцентами, называется экологической **пирамидой**.

Пирамиды биомассы – выраженные в единицах массы.

Пирамиды численности – показывающие соотношение числа особей.

Пирамиды энергии – учитывающие соотношение заключенной в особях энергии.

Согласно **правилу пирамиды энергии**, с предшествующего трофического уровня экологической пирамиды на последующий передается в среднем 10 % энергии (правило 10 %).

4.4. Динамика экосистем

Природные экосистемы являются самоуправляемыми. Самоуправление (саморегуляция) осуществляется с помощью **гомеостатических механизмов**, или **гомеостаза** (греч. *homos* – подобный, одинаковый, *stasis* – состояние), поддерживающих одинаковое, равновесное состояние.

Гомеостазом называется состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы. Это способность экосистемы поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменившихся условиях среды.

Пример гомеостатического механизма поддержания в экосистеме определенного соотношения численности популяций хищника и растительноядного животного, служащего ему основной пищей. Так, численность совместно обитающих популяций волков и оленей будет поддерживаться на определенном уровне. При увеличении численности популяции оленей увеличивается и численность популяции волков.

Устойчивостью экосистемы называется способность противостоять внешним воздействиям и сохранять свою структуру и функциональные особенности.

Различают резистентную и упругую устойчивость.

Резистентная устойчивость (лат. *resistentia* – сопротивляемость) – это способность экосистемы сопротивляться нарушениям, поддерживая неизменными свою структуру и функцию.

Упругая устойчивость – способность экосистемы быстро восстанавливаться после нарушения структуры и функции.

Системе трудно одновременно развить оба типа устойчивости. Например, калифорнийский лес из секвойи устойчив к пожарам (высокая резистентная устойчивость), но если сторит, то восстанавливается очень медленно или вовсе не восстанавливается (низкая упругая устойчивость). Наоборот, заросли вереска очень легко выгорают (низкая резистентная устойчивость), но быстро восстанавливаются (высокая упругая устойчивость).

Луг более устойчивая экосистема, чем пшеничное поле, так как в нём большое биоразнообразие видов.

С увеличением размеров и сложности строения устойчивость экосистемы повышается.

Деградация окружающей природной среды сказывается в первую очередь на состоянии растений. Природные экосистемы по сравнению с искусственными более устойчивы. Молодые экосистемы по сравнению к климаксовыми (зрелыми) неустойчивы.

Со временем экосистемы испытывают медленные, но постоянные изменения, в первую очередь затрагивающие биоценозы. Последовательная необратимая смена биоценозов под действием природных и антропогенных факторов называется **сукцессией** (лат. *succesio* – преемственность, последовательность). То есть процесс развития экосистем от неустойчивого состояния к устойчивому

называется сукцессией. Например, на заброшенных полях сначала появляется трава, затем кустарник, позже деревья.

Сукцессия, вызванная деятельностью человека, называется **антропогенной** (изменение лесных экосистем после вырубки леса).

Различают сукцессии:

– **первичные** – начинающиеся на незатронутых процессами почвообразования субстратах (скальных породах, песчаных дюнах, вулканической лаве);

– **вторичные** – происходящие на месте сформировавшихся биоценозов после их нарушения (после лесных пожаров, вырубки леса, засухи, эрозии и др.).