

## Материал по экологии для группы ИС-11

### Тема №12: Популяции и характеристики

В жизни любого живого существа большую роль играют отношения с другими представителями собственного вида. Отношения эти осуществляются в популяциях. «Популюс» по-латыни-«народ», и в точном переводе слово «популяция» означает «население вида на какой-либо территории».

- Популяция — это группа особей одного вида, занимающих определенную территорию.
- Любой вид — это большая популяция и, в свою очередь, состоит из более мелких популяций, так как вид неоднородно распределен в пространстве.

#### **Взаимосвязь отдельных популяций.**

В пределах занимаемой видом общей территории — ареала — встречаются места как более пригодные, так и малоподходящие для жизни. Поэтому возникает некоторая ограниченность одной популяции от другой. Соседние популяции сообщаются друг с другом в процессах расселения, переноса семян и зачатков, сезонных миграций. У некоторых видов такая связь соседних популяций постоянная, у других — эпизодическая.

- Например, у озерных окуней — островной тип распределения, когда одно пригодное для жизни пространство (озеро) резко отделено от другого, как острова в море. У них связь популяций возникает только изредка, в половодья или наводнения. У семиточечной божьей коровки, свободно перелетающей из одного местообитания в другое, границы между отдельными популяциями сильно размыты.

#### **Взаимоотношения особей внутри популяции.**

Члены одной и той же популяции — это соседи, вынужденные осваивать занимаемую территорию и размножаться на ней, поэтому у них много общего в приспособительных особенностях и возникает разная степень взаимодействий. По характеру этих взаимодействий популяции разных видов чрезвычайно различны.

У некоторых видов все особи живут поодиночке, независимо друг от друга, лишь изредка встречаясь для размножения (например, жуки, жужелицы или некоторые пауки). Другие образуют в неблагоприятные периоды скопления, вместе переживают зиму или засуху в подходящих условиях (божья коровка). У третьих создаются временные или постоянные семьи, объединяющий родителей и потомство. Есть виды, у которых в пределах популяций особи объединяются в крупные группы, — стаи, стада, колонии, где совершают совместные действия (защиту, миграции, добывание пищи).

Отношения в популяциях — это внутривидовые взаимодействия. В популяциях встречаются все типы биотических связей, характерные для разных видов, но наиболее распространены два прямо противоположных: конкурентные и взаимовыгодные (мутуалистические) отношения.

- Например, всем известно, что грачи при прилете сначала устраивают драки из-за пригодных мест для гнезда, а затем сообща защищают свою колонию и совместно кормятся на пашнях. В стаях собак или обезьян более сильные особи имеют первое право на пищу (результат конкурентных отношений), но они же в наибольшей мере защищают всю стаю (взаимовыгодные связи).

Численность, плотность и структура популяций. Главная характеристика любой популяции — это ее численность. Она сразу говорит нам о том, хорошо или плохо чувствует себя вид в данных условиях. Однако не всегда легко получить эту характеристику, так как для этого надо пересчитать всех особей популяции. Поэтому чаще используют другой показатель — плотность популяции.

Плотность — это число особей, приходящихся на единицу пространства, которую мы выбираем для учёта, например число растений пшеницы или одуванчика на квадратный метр или число рачков-дафний в литре воды из данного водоема. Таким образом, можно количественно сравнивать разные популяции, независимо от общего размера занимаемой ими территории. Соотношение особей разного пола или разного возраста — показатели структуры популяции.

Структура — это соотношение частей в любой системе. Популяции можно сравнивать и по распределению особей в пространстве, т. е. по их пространственной структуре, и по другим признакам. Все эти признаки — количественные. Следовательно, популяции характеризуются прежде всего количественными показателями. Ведя наблюдение за отдельными популяциями, мы должны уметь учитывать и рассчитывать, оценивать и прогнозировать их численность.

Основные процессы, происходящие в популяции. Основные процессы, происходящие в популяциях, — это рождение и смерть отдельных особей, их частичное расселение за пределы данной территории или появление вселенцев из других популяций. Эти процессы отражаются в соответствующих характеристиках: рождаемость, смертность, вселение (иммиграция) и выселение (эмиграция).

Указанные характеристики отражают скорость, интенсивность происходящих процессов и включают в себя единицы времени, т. е. это временные показатели. Так, рождаемость — это число особей, родившихся в популяции за месяц, год или десятилетие, смертность — число особей погибших за это же время. Эти характеристики можно выражать в долях или процентах от общей численности.

Например, рождаемость в 20% за год означает, что за это время на каждые 100 особей популяции появилось 20 новых.

Соотношение процессов рождаемости, смертности, вселения и выселения определяет численность конкретных популяций.

Приспособленность вида к условиям занимаемой территории отражается в её численности. Между членами популяции возникают закономерные связи, поэтому популяция — надорганизменная система.

### **Демографическая структура популяций**

Описание полового и возрастного состава популяции называют демографией («демос» — народ, население, «графо» — пишу, описываю).

Популяции состоят из особей разного пола и возраста. Соотношение возрастных и половых групп определяет многое в общей жизнеспособности и темпах роста популяции и является важной характеристикой ее структуры.

Возрастная структура популяции, т. е. соотношение в ней разных возрастных групп, зависит от двух причин: от особенностей жизненного цикла вида и от внешних условий.

Есть виды с очень простой возрастной структурой популяций, которые состоят практически из представителей одного возраста. Например, все однолетние растения весной находятся в проростках, затем примерно одновременно зацветают, дают семена и к осени отмирают. Среди животных также есть виды с однородными по возрасту популяциями, например, многие виды саранчи весной представлены личинками, ранним летом — бескрылыми неполовозрелыми особями, затем — крылатыми формами, а глубокой осенью — только яйцами, запрятанными в почве в кубышки.

У таких видов представители разных поколений никогда не встречаются друг с другом. Численность их очень изменчива в зависимости от внешних условий. Если в уязвимый период развития наступают заморозки или засуха, происходит массовая гибель. В благоприятной же ситуации популяция может дать взрыв численности. Для видов с простой возрастной структурой изменения плотности популяции в сотни и тысячи раз — нормальное экологическое явление.

Сложная возрастная структура популяций возникает тогда, когда в ней представлены все возрастные группы, одновременно живут несколько поколений, взрослые особи размножаются многократно и имеют достаточно большую продолжительность жизни.

В стадах слонов или обезьян-павианов, например, есть и новорожденные, и подростки, и молодые крепнущие животные, и размножающиеся самки и самцы, и старые особи. Такие популяции не подвержены резким колебаниям численности. Критические внешние условия могут изменить их возрастной состав за счет гибели наиболее слабых, но самые устойчивые возрастные группы выживают и затем восстанавливают структуру популяции.

Соотношение возрастных групп в популяциях можно наглядно выразить через пирамиду возрастов. Характер этой пирамиды может предсказать нам ближайшую судьбу конкретной

популяции. Если в ней широкое основание, т. е. много молодых особей, узкая вершина — мало старых и достаточно представлена средняя часть, т. е. взрослые размножающиеся особи, то общая конфигурация такой пирамиды характеризует растущую популяцию. Если же основание заужено, а вершина расширена, то ждать в ближайшее время увеличения численности такой популяции не следует, в ней смертность превышает рождаемость.

Анализ возрастного и полового состава популяций — необходимое условие для прогноза численности тех видов, которые мы используем в дикой природе, разводим или с которыми боремся: в сельском и лесном хозяйстве, в рыбном промысле, в биологических технологиях.

### **Рост численности и плотность популяций**

Рост численности популяций любого вида в природе никогда не бывает бесконечным. Рано или поздно популяция сталкивается с ограничениями, не позволяющими ей наращивать далее свое обилие. Ресурсы, за счет которых существуют виды (пища, убежища, подходящие места для размножения и т. п.), на любой территории имеют пределы. Эти пределы называют емкостью среды для конкретных популяций.

Например, еловый лес — более емкая среда для белок, чем смешанный, с березами, так как основная пища белок в наших лесах — семена хвойных. В пригородных лесах и парках емкость среды для белок можно увеличить, размещая подкормку. В природных условиях численность популяций обычно колеблется вокруг определенного уровня, соответствующего емкости среды, хотя размах этих колебаний у всех видов разный.

Каким образом численность популяции приходит в соответствие с емкостью среды? Ведь совершенно очевидно, что, если популяция переразмножится и выйдет за пределы, предоставляемые имеющимися ресурсами, это грозит ей катастрофой.

Безграничный рост численности губелен для любого вида, так как приводит к подрыву его жизнеобеспечения.

В природе, прошедшей длительный путь эволюции, мы наблюдаем самые разнообразные способы ограничения численности видов. Среди них не только внешние воздействия на популяцию, о которых уже шла речь (неблагоприятные условия, конкуренты, хищники, паразиты, возбудители болезней и проч.), но и те изменения, которые происходят внутри самих популяций в ответ на рост плотности, т. е. числа особей, приходящихся на единицу пространства.

Внутривидовые отношения и есть тот механизм, посредством которого обеспечивается саморегуляция численности популяций у пределов емкости среды, а у более высокоорганизованных видов даже иногда задолго до действительного исчерпания ресурсов.

У разных видов это происходит по-разному. У растений, например, с возрастанием плотности усиливается прямая конкуренция за свет, воду, минеральное питание, в результате чего происходит самоизреживание: более сильные растения подавляют слабые.

Подвижные животные обладают иными способами реагировать на возрастающую плотность популяций. У них часть особей выселяется за пределы занятой территории и ведет поиск новых мест обитания.

Очень распространенным способом регуляции населения у животных является особое территориальное поведение, при котором особь или семья не пускают других на свой участок. У обитателей замкнутых водоемов, рыб и головастиков, рост и развитие могут тормозиться продуктами обмена веществ, когда их концентрация достигает критических пределов. Отравление среды продуктами обмена — обычный результат интенсивного размножения микроорганизмов, вследствие чего деление клеток замедляется.

Каждый вид реагирует на повышение плотности по-своему. Но результат при этом возникает один и тот же: снижение численности на занимаемой территории в данном или следующих поколениях, если популяции угрожает перенаселение. Следовательно, если вся эволюция видов шла в таком направлении, что выработались механизмы реакции на собственную плотность, это явление чрезвычайно важно. Высокая плотность популяции является сигнальным фактором, свидетельствующим об ухудшении условий.

Популяции, таким образом, могут рассматриваться как сложные системы с элементами саморегуляции. При этом возникает так называемая отрицательная обратная связь: повышение плотности популяции усиливает действие механизмов, снижающих эту плотность.

Экологически грамотно управлять численностью популяций конкретных видов можно, только хорошо изучив особенности их роста и способы саморегуляции, иначе может быть получен прямо противоположный результат.

### **Численность популяций и её регуляция в природе**

Численность любой популяции чрезвычайно динамична, т. е. подвержена постоянным изменениям. Кривая роста численности популяции, показывающая, что она со временем достигает стабильного состояния, — это крайне идеализированная схема событий. На самом деле численность популяции не застывает на одном месте, а постоянно колеблется вокруг некоторого среднего уровня в соответствии с изменяющимися условиями. Размах этих колебаний может быть очень различным.

- Выделяют три типа популяционной динамики: стабильный, изменчивый и взрывной.
- Стабильным считается ход численности при изменениях всего в несколько раз, изменчивым — при колебаниях в десятки раз, а взрывная динамика характеризуется периодическим превышением обычной численности в сотни и тысячи раз.

Какие причины определяют размах изменчивости популяции на занимаемой ею территории?

На численность популяций влияют самые разнообразные факторы: и погода, и обеспеченность пищей, и хищники, и болезни, и возрастной состав, и соотношение полов и возрастных групп в самой популяции, и многие другие.

В этом многообразии, однако, можно четко выделить две группы факторов. Действие одних односторонне. Они влияют на популяцию, но сами не зависят от ее численности и плотности. Такковы в основном все абиотические факторы, например все погодные условия: температура, Дожди, ветры, солнечная радиация, давление и т. п. Они могут обусловить значительную смертность или, наоборот, благоприятствовать размножению. Эти факторы не регулируют плотность популяции, а просто отклоняют ее в ту или иную сторону. Их изучение важно для прогноза численности вида на данной территории.

Вторая группа факторов относится к регуляторам численности популяций. Регуляция — это двустороннее взаимодействие. Она возникает по принципу отрицательной обратной связи, когда рост численности популяции вызывает все увеличивающееся противодействие этому росту. Действие регулирующих факторов зависит от плотности популяции. Чем выше становится численность вида, тем сильнее растет противодействие. При падении численности действие регуляторов ослабевает. По этому принципу на популяцию действуют как другие виды, так рост собственной плотности.

### **Задание по теме:**

1. Написать конспект.

2. Ответить на вопросы:

- По каким показателям сравнивают между собой разные популяции?
- Приведите примеры видов с простой и сложной возрастной структурой популяции.
- Какие изменения происходят в популяциях разных видов в ответ на увеличение плотности?
- Что может служить причинами, ограничивающими численность популяции в молодом лесу?
- У всех ли видов можно ожидать взрыв численности популяций при отсутствии врагов?

3. Выучить материал, быть готовым к тестированию по данной теме.

### Тема №13: Биоценоз и его устойчивость

- *Биоценоз - сложная природная система.*

Весь комплекс совместно живущих и связанных друг с другом видов называют *биоценозом* («биос» — жизнь, «ценоз» — сообщество).



В природе биоценозы бывают разного масштаба. Это, например, биоценоз моховой кочки, разрушающегося пня, луга, пруда, болота, леса. Существуют рукотворные биоценозы — аквариум, террариум, теплица, оранжерея. Во всех случаях мы выделяем такое сообщество организмов, в котором совместно живущие виды оказываются приспособленными к определенному комплексу абиотических условий и поддерживают свое существование через связи друг с другом.

Более мелкие биоценозы являются в природе частями более крупных, как, например, все обитатели лесной поляны или ствола упавшего дерева — часть общего биоценоза леса, а прибрежные и донные биоценозы — части общего речного или озерного сообщества.

Биоценозы — не случайные собрания разных организмов. В сходных природных условиях и при близком составе фауны и флоры возникают сходные, закономерно повторяющиеся биоценозы. Мы с уверенностью можем предполагать, что в разных дубравах в полосе широколиственных лесов мы можем встретить также липу, клен, лещину, среди трав — сныть, ветреницу дубравную и другие совершенно определенные виды растений, среди животных — белку, кабана, желтогорлую мышь, синицу-лазоревку, мухоловку-пеструшку, сойку, желудевого долгоносика. В еловых лесах — другой набор видов, при этом часть из них может быть общей с другими сообществами а часть — встречается только в ельниках.

## Биоценоз дубравы:



- Таким образом, вся живая природа состоит не только из отдельных организмов и видов, но и из разнообразных биоценозов, в которые группируются представители различных видов. Биоценозы, как и популяции — это надорганизменный уровень организации жизни.

Общее число видов, способных ужиться в одном биоценозе, в природе очень велико. Самые богатые видами — тропические леса. Их разнообразие до сих пор не описано достаточно полно. Приблизительно считают, что на площади в квадратный километр в тропическом лесу обитает несколько сотен тысяч видов растений и животных, не считая микроорганизмов и грибов. Но и в тех природных сообществах, которые формируются в достаточно суровых условиях, например в тундрах или высокогорьях, вместе живут тысячи видов организмов.

Члены биоценоза связаны прямыми или косвенными пищевыми отношениями, создают среду обитания друг для друга и взаимно ограничивают численность. Виды приспособились к совместному обитанию в ходе длительной эволюции. В биоценозах идут процессы борьбы за существование и естественного отбора. Любой биоценоз — это сложная природная система, которая поддерживается за счет связей между видами и имеет сложную внутреннюю структуру.

### **Видовая структура биоценоза.**

Виды, входящие в биоценоз, очень неравноценны по численности. Одни из них массовые, другие малочисленны, третьи — совсем редки. Наиболее массовые виды биоценоза называют доминантами или доминирующими видами. Например, в ельнике-черничнике среди деревьев постоянно доминирует ель, среди наземных растений — черника, зеленые мхи, среди птиц — пеночка-теньковка, синица-гаичка, из куриных птиц — рябчик, а среди мышевидных грызунов преобладает рыжая полевка.

Массовые виды составляют основное ядро биоценоза. Ряд видов достигает высокой численности лишь периодически, временами включаясь в состав массовых. В еловых лесах это зяблики, клесты-еловики, лесные мыши. Наиболее разнообразны в биоценозах редкие и малочисленные виды.

Если построить график, отражающий долю видов с разной численностью, то для большинства биоценозов в той части шкалы, где представлены редкие виды, кривая резко уходит вверх. Это означает, что в устойчивом биоценозе редких видов много, а очень многочисленных — мало.

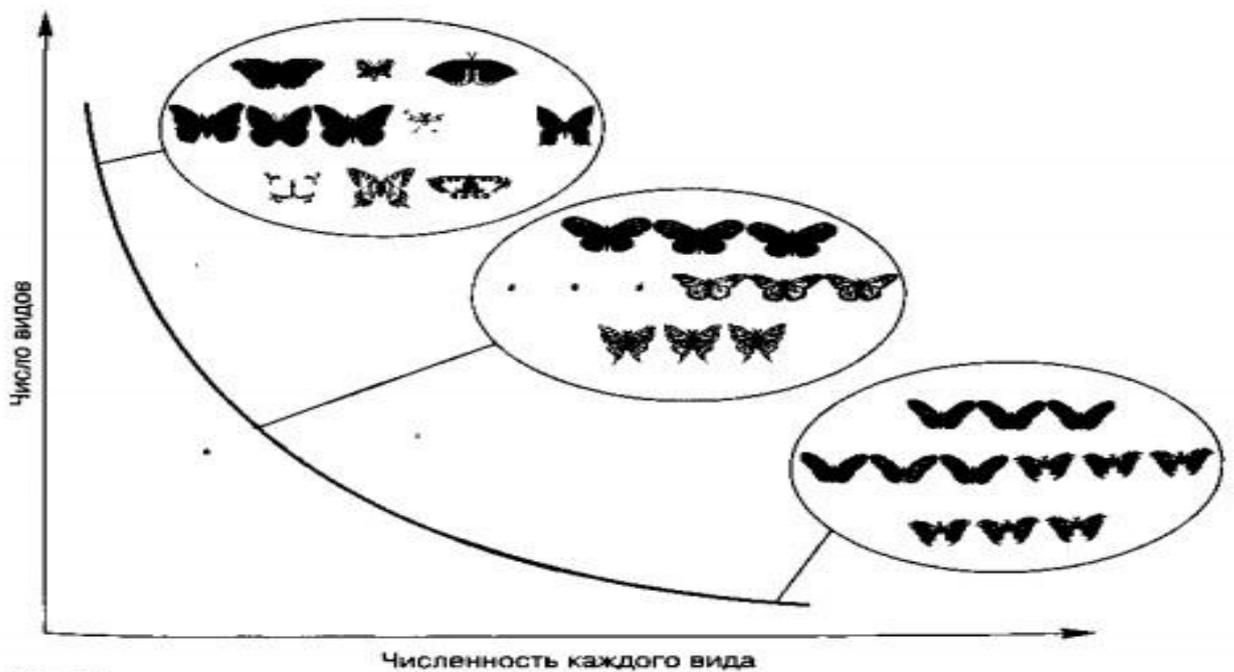


Рис. 66.  
Кривая соотношения видов по численности в биоценозе

В тропическом лесу, например, так велико разнообразие деревьев, что на площади в  $1 \text{ км}^2$  иногда с трудом можно найти несколько деревьев одного вида.

*Какую же роль играют в биоценозах массовые и малочисленные виды? Виды-доминанты определяют главные связи в сообществе. Они создают его основную структуру и внешний облик.*

Часть массовых видов — важные средообразователи, сильно влияющие на условия жизни для других. В еловых лесах распределение света и осадков, микроклимат, мозаика почвенных условий — все определяется елью. От состояния елового древостоя зависит жизнь многих наземных растений и тысяч видов животных от белок и синиц до многочисленных мелких членистоногих в лесной подстилке.

Малочисленные виды составляют как бы резерв сообщества. В существующей обстановке они не могут реализовать свои возможности размножения, но в изменившихся условиях в состоянии включиться в состав доминантов или даже занять их место. Среди множества малочисленных видов всегда найдутся такие, для которых отклонение условий от средней нормы окажется благоприятным.

Таким образом, биоценоз сохраняет свою устойчивость и не разрушается при разных погодных колебаниях и других внешних воздействиях, включая умеренные антропогенные.

Соотношение видов по численности создает видовую структуру биоценоза. Для каждого типа биоценозов она вполне закономерна.

### **Распределение видов в пространстве.**

Для биоценозов характерно также закономерное распределение видов в пространстве. Основу этого распределения формирует растительность. Растения создают в биоценозах ярусность, располагая друг под другом листву в соответствии со своей формой роста и светолюбием. В лесах умеренного климата может быть до 5—6 ярусов растений.

Животные также живут в отдельных ярусах растительности, но в силу своей подвижности разные виды животных могут осваивать и сразу несколько ярусов. Белки, например, строят гнезда и выводят бельчат на деревьях, а собирать орехи, грибы, ягоды могут на земле.

Для видового разнообразия биоценозов важно также, однородно или мозаично распределена растительность на территории. В лесах, где много полян и опушек, видовой состав и растений, и птиц, и насекомых намного богаче, чем в обширных однотонных насаждениях. Это явление

называется опушечным эффектом и часто используется при создании парков и других искусственных лесных насаждений, где хотят восстановить видовое разнообразие.

### **Экологическая ниша вида.**

Как уже обсуждалось, виды уживаются в одном биоценозе в тех случаях, когда они расходятся по экологическим требованиям и ослабляют тем самым конкуренцию друг с другом. Таким образом, каждый вид использует ресурсы по-своему и имеет свои особенности связей с другими видами.

Положение, которое вид занимает в составе биоценоза, называется его экологической нишей. Экологическую нишу вида характеризуют и границы выносливости его по отношению к разным факторам, и характер связи с другими видами, и образ жизни, и распределение в пространстве.

Экологические ниши совместно живущих видов могут частично перекрываться, но полностью никогда не совпадают, так как при этом вступает в действие закон конкурентного исключения и один вид вытесняет другой из данного биоценоза.

### **Устойчивость биоценозов.**

Изменения, возникающие в биоценозах, по-разному связаны с их устойчивостью. Если, например, один конкурирующий вид вытеснит другой, существенных изменений в биоценозе не произойдет, особенно если этот вид не относится к числу массовых. Соответствующая экологическая ниша просто окажется занятой другим видом.

- Например, соболь, живущий в хвойных лесах Сибири, — многоядный хищник, питающийся мелкими грызунами, птицами, орешками кедровой сосны, ягодами и насекомыми, добывая свою пищу как на земле, так и на деревьях. Такую же роль в северных европейских лесах играет лесная куница. Поэтому, если вместо куниц в лесу будут жить соболи, лесной биоценоз сохранит все свои основные черты.

Малочисленные виды — наиболее уязвимая часть биоценоза. Их популяции часто находятся на пределе выживаемости. Поэтому они в первую очередь исчезают из сообществ при антропогенных влияниях, ухудшающих условия существования биоценоза.

Потери редких и малочисленных видов также до определенного времени не меняют существенно основных биоценологических связей. Так, еловый лес или дубрава возле большого города могут долго сохраняться и даже возобновляться несмотря на то, что из-за постоянного посещения людьми, вытаптывания, сбора плодов и цветов и т. п. из них исчезают многие виды растений, птиц, насекомых. Состав таких лесов беднеет, а устойчивость ослабевает постепенно и незаметно. Ослабленный, обедненный лесной биоценоз может разрушиться внезапно, за короткий срок из-за внешне, казалось бы, незначительных причин.

- Например, начинает накапливаться опад из-за недостатка или малой активности почвенных обитателей, деревья истощают запасы минерального питания, ослабевают, подвергаются нападению массовых вредителей и гибнут.

Выпадение из состава биоценоза основных видов-средообразователей ведет к разрушению всей системы и смене сообществ. Такие изменения в природе часто производит человек, вырубая леса, создавая перевыпас скота в степях и на лугах или перевылов рыб в водоемах.

Внезапное разрушение прежде устойчивых сообществ — свойство всех сложных систем, у которых постепенно ослабевают внутренние связи. Знание этих закономерностей важно для создания искусственных сообществ и поддержания природных биоценозов. При восстановлении степей, лесов, посадке лесопарков стремятся создать сложную видовую и пространственную структуру сообществ, подбирая дополняющие друг друга и уживающиеся вместе виды, добиваются появления разнообразного круга малочисленных форм для стабилизации складывающегося сообщества.

### **Задание по теме:**

1. Написать конспект.
2. Ответить на вопросы:

- Назовите доминирующие и малочисленные в виды в птичьем населении : 1 (городских территорий; 2) сельских поселков.
  - Чем отличается по набору видов растений, птиц и млекопитающих биоценозы естественной дубравы и городского парка?
  - Перечислите группы организмов, из которых можно сформировать устойчивый аквариумный биоценоз.
3. Выучить материал, быть готовым к тестированию по данной теме.

### **Тема №14: Экосистемы. Законы организации экосистем. Законы биологической продуктивности**

#### *Законы организации экосистем*

В биоценозах живые организмы теснейшим образом связаны не только друг с другом, но и с неживой природой. Связь эта выражается через вещество и энергию.

Обмен веществ, как известно, одно из главных проявлений жизни. Говоря современным языком, организмы представляют собой открытые биологические системы, так как они связаны с окружающей средой постоянным потоком вещества и энергии, проходящим через их тела. Материальная зависимость живых существ от среды была осознана еще в Древней Греции. Философ Гераклит образно выразил это явление в таких словах: «Текут наши тела, как ручьи, и материя постоянно обновляется в них, как вода в потоке». Вещественно-энергетическую связь организма со средой можно измерить.

Поступление пищи, воды, кислорода в живые организмы — это потоки вещества из окружающей среды. Пища содержит энергию, необходимую для работы клеток и органов. Растения напрямую усваивают энергию солнечного света, запасают ее в химических связях органических соединений, а затем она перераспределяется через пищевые отношения в биоценозах.

*Потоки вещества и энергии* через живые организмы в процессах обмена веществ чрезвычайно велики. Человек, например, за свою жизнь потребляет десятки тонн еды и питья, а через легкие — многие миллионы литров воздуха. Многие организмы взаимодействуют со средой еще более интенсивно. Растения на создание каждого грамма своей массы тратят от 200 до 800 и более граммов воды, которую они извлекают из почвы и испаряют в атмосферу. Вещества, необходимые для фотосинтеза, растения получают из почвы, воды и воздуха.

При такой интенсивности потоков вещества из неорганической природы в живые тела запасы необходимых для жизни соединений — *биогенных элементов* — давно были бы исчерпаны на Земле. Однако жизнь не прекращается, потому что биогенные элементы постоянно возвращаются в окружающую организмы среду. Происходит это в биоценозах, где в результате пищевых отношений между видами синтезированные растениями органические вещества разрушаются в конце концов вновь до таких соединений, которые могут быть снова использованы растениями. Так возникает *биологический круговорот веществ*.

Таким образом, биоценоз является частью еще более сложной системы, в которую, кроме живых организмов, входит и их неживое окружение, содержащее вещество и энергию, необходимые для жизни. Биоценоз не может существовать без вещественно-энергетических связей со средой. В итоге биоценоз представляет с ней некое единство.

- ***Любую совокупность организмов и неорганических компонентов, в которой может поддерживаться круговорот вещества, называют экологической системой или экосистемой.***

Природные экосистемы могут быть разного объема и протяженности: небольшая лужа с ее обитателями, пруд, океан, луг, роща, тайга, степь — все это примеры разномасштабных экосистем. Любая экосистема включает живую часть — биоценоз и его физическое окружение. Более мелкие экосистемы входят в состав все более крупных, вплоть до общей

экосистемы Земли. Общий биологический круговорот вещества на нашей планете также складывается из взаимодействия множества более частных круговоротов.

- **Экосистема может обеспечить круговорот вещества только в том случае, если включает необходимые для этого четыре составные части: запасы биогенных элементов, продуценты, консументы и редуценты.**
- *Продуценты* — это зеленые растения, создающие из биогенных элементов органическое вещество, т. е. биологическую продукцию, используя потоки солнечной энергии.
- *Консументы* — потребители этого органического вещества, перерабатывающие его в новые формы. В роли консументов выступают обычно животные. Различают консументы первого порядка — растительноядные виды и второго порядка — плотоядных животных.
- *Редуценты* — организмы, окончательно разрушающие органические соединения до минеральных. Роль редуцентов выполняют в биоценозах в основном грибы и бактерии, а также другие мелкие организмы, перерабатывающие мертвые остатки растений и животных.

Жизнь на Земле продолжается уже около 4 млрд лет, не прерываясь именно потому, что она протекает в системе биологических круговоротов вещества. Основу этого составляет фотосинтез растений и пищевые связи организмов в биоценозах.

Однако биологический круговорот вещества требует постоянных затрат энергии.

В отличие от химических элементов, многократно вовлекаемых в живые тела, энергия солнечных лучей, задержанная зелеными растениями, не может использоваться организмами бесконечно.

По первому закону термодинамики, энергия не исчезает бесследно, она сохраняется в окружающем нас мире, но переходит из одной формы в другую.

По второму закону термодинамики, любые превращения энергии сопровождаются переходом части ее в такое состояние, когда она уже не может быть использована для работы. В клетках живых существ энергия, обеспечивающая химические реакции, при каждой реакции частично превращается в тепловую, а тепло рассеивается организмом в окружающем пространстве.

Сложная работа клеток и органов сопровождается, таким образом, потерями энергии из организма. Каждый цикл круговорота веществ, зависящий от активности членов биоценоза, требует все новых поступлений энергии.

- Таким образом, жизнь на нашей планете осуществляется как постоянный *круговорот веществ*, поддерживаемый *потоком солнечной энергии*. Жизнь организуется не только в биоценозы, но и в экосистемы, в которых осуществляется тесная связь между живыми и неживыми компонентами природы.

Разнообразие экосистем на Земле связано как с разнообразием живых организмов, так и условий физической, географической среды. Тундровые, лесные, степные, пустынные или тропические сообщества имеют свои особенности биологических круговоротов и связей с окружающей средой. Водные экосистемы также чрезвычайно различны. Экосистемы отличаются по скорости биологических круговоротов и по общему количеству вовлекаемого в эти циклы вещества.

- *Основной принцип устойчивости экосистем — круговорот вещества, поддерживаемый потоком энергии, — по сути дела обеспечивает бесконечное существование жизни на Земле.*

По этому принципу могут быть организованы и устойчивые искусственные экосистемы, и производственные технологии, в которых сберегается вода или другие ресурсы. Нарушение согласованной деятельности организмов в биоценозах обычно влечет за собой серьезные изменения круговоротов вещества в экосистемах. Это главная причина таких экологических катастроф, как падение почвенного плодородия, снижение урожая растений, роста и продуктивности животных, постепенное разрушение природной среды.

- Экосистемы формируются из биоценозов и их неживого окружения. В них возникает и поддерживается биологический круговорот веществ за счет взаимодействия между запасом биогенных элементов, продуцентами, консументами и редуцентами. Для поддержания экосистем и круговорота веществ в них необходим поток энергии.

### Законы биологической продуктивности

Сети питания в биоценозах на самом деле состоят из множества коротких рядов, в которых организмы передают друг другу вещество и энергию, сконцентрированные зелеными растениями. Такие ряды, в которых каждый предыдущий вид служит пищей последующему, называют *цепями питания*. Отдельные звенья цепей питания называют *трофическими уровнями*.

- Цепи питания всегда начинаются с растений или их остатков, прошедших через кишечники животных. Это первый трофический уровень. Их потребители представляют второй трофический уровень и т. д.
- Примерами цепей питания могут служить ряды: растения - гусеницы — насекомоядные птицы — хищные птицы; растительный опад — дождевые черви — землеройки — горностаи; коровий помет — личинки мух — скворцы — ястребы-перепелятники.

Многие виды могут входить в разные цепи питания. Например, медведи питаются и животной, и растительной пищей, и падалью. Различают цепи выедания (начинаются с живых растений) и цепи разложения (начинаются с мертвого растительного опада или помета животных). Цепи питания в природе сложно переплетены.

В конкретных цепях питания можно проследить и рассчитать передачу энергии, которая заключается в растительной пище. Растения связывают в ходе фотосинтеза в среднем лишь около 1% энергии света. Животное, съевшее растение, получает запасенную им энергию не полностью.

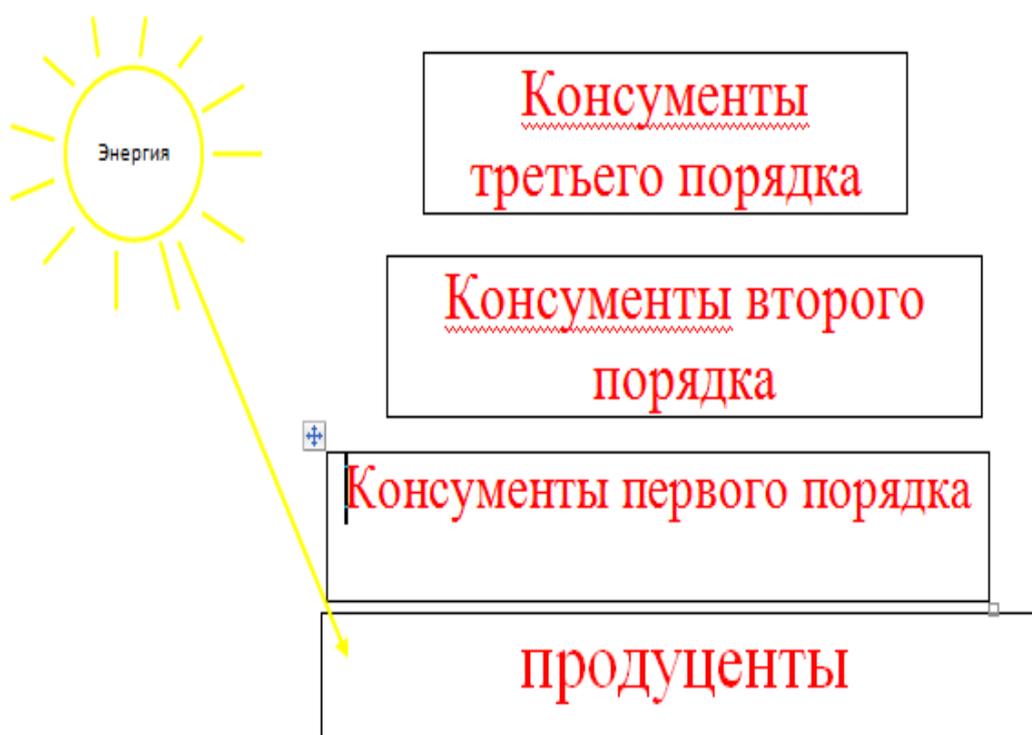
Часть пищи не переваривается и выделяется в виде экскрементов. Обычно усваивается от 20 до 60% растительного корма. Усвоенная энергия идет на поддержание жизнедеятельности животного. Работа клеток и органов сопровождается выделением тепла, поэтому значительная доля энергии пищи вскоре рассеивается в окружающем пространстве. Лишь небольшая часть усвоенной пищи идет на рост, т. е. на построение новых тканей, на запасы в виде отложения жиров. У молодых эта доля несколько больше, чем у взрослых.

- Следовательно, уже на первом этапе происходит значительная потеря энергии из пищевой цепи. Хищник, съевший растительное животное, представляет третий трофический уровень. Он получает только ту энергию из накопленной растением, которая задержалась в теле его жертвы в виде прироста.
- *Подсчитано, что на каждом этапе передачи вещества и энергии по пищевой цепи теряется примерно 90%, и только около одной десятой доли переходит к очередному потребителю. Это правило передачи энергии в пищевых связях организмов называют правилом десяти процентов.*
- Представителям четвертого трофического уровня (например, хищнику, поедающему другого хищника) достанется только около одной тысячной доли той энергии, усвоенной растением, с которого начиналась пищевая цепь. Поэтому отдельные цепи питания в природе не могут иметь слишком много звеньев, энергия в них быстро иссякает.
- Органическое вещество, создаваемое в экосистемах в единицу времени (год, месяц и т. п.), называют *биологической продукцией*. Масса тела живых организмов называется *биомассой*. Биологическая продукция экосистем — это скорость создания в них биомассы.
- Продукцию растений называют *первичной*, продукцию животных или других консументов — *вторичной*, потому что она создается за счет энергии, связанной

растениями. Понятно, что вторичная продукция не может быть больше первичной или даже равной ей.

- Если оценить продукцию в последовательных трофических уровнях в любом биоценозе, мы получим убывающий ряд чисел, каждое из которых примерно в 10 раз меньше предыдущего. Этот ряд можно выразить графически в виде пирамиды с широким основанием и узкой вершиной. Поэтому закономерности создания биомассы в цепях питания экологи называют *правилом пирамиды биологической продукции*.

## ПИРАМИДА ПРОДУКЦИИ И ПОТОК ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМАХ.



Например, вес всех трав, выросших за год в степи, значительно больше, чем годовой прирост всех растительноядных животных, а прирост хищников меньше, чем растительноядных. Из правила пирамиды биологической продукции нет исключений, потому что оно отражает законы передачи энергии в цепях питания.

Соотношение биомасс может быть различным, потому что биомасса — это просто запас имеющихся в данный момент организмов. Например, в океанах одноклеточные водоросли делятся с большой скоростью и дают очень высокую продукцию. Однако их общее количество меняется мало, потому что с меньшей скоростью их поедают различные фильтраторы. Образно говоря, водоросли еле успевают размножаться, чтобы выжить.

Рыбы, головоногие моллюски, крупные ракообразные растут и размножаются медленнее, но еще медленнее поедаются врагами, поэтому их биомасса накапливается. Если взвесить все водоросли и всех животных океана, то последние перевесят. *Пирамида биомасс* в океане оказывается, таким образом, перевернутой. В наземных экосистемах скорость выедания растительного прироста ниже и пирамида биомасс в большинстве случаев напоминает пирамиду продукции.

- Среднее значение первичной продукции по всему земному шару составляет около 3 т сухого вещества на 1 га в год. В большинстве типов экосистем разные ограничивающие факторы снижают возможности фотосинтеза. Наименее продуктивны экосистемы жарких и холодных пустынь и центральных частей океанов. Среднюю продукцию дают леса умеренного климата, луга и степи. Самый высокий прирост растительной массы

— в тропических лесах, в травянистых зарослях устьев рек в жарких районах, на коралловых рифах в океане.

Продуктивность сельскохозяйственных угодий обычно несколько ниже, чем природных экосистем в той же зоне. Поля часть года пустуют, и на них обычно выращивают всего один какой-либо вид, который не в состоянии полностью использовать все имеющиеся ресурсы. Однако при интенсивном земледелии продуктивность полей может приближаться к максимальной, хотя человеку приходится вкладывать в это Много дополнительных средств. Знание законов биологической продуктивности и потерь энергии в цепях питания имеет большое практическое значение. На их основе можно сознательно и грамотно строить хозяйственную деятельность таким образом, чтобы не подрывать воспроизводительные способности природных и антропогенных систем и получать возможно большую первичную и вторичную продукцию.

Для человека энергетически выгоднее растительное питание, а наиболее дорого — использование в пищу хищных видов. Так, по энергии, затраченной на рост, 1 кг окуня или щуки обходится природе в 7 раз дороже, чем 1 кг говяжьего мяса. Поэтому плотоядные животные разводятся людьми в редких случаях, например в пушном звероводстве. Широкое одомашнивание нашими предками таких видов, как свиньи и куры, не случайно. Они характеризуются высоким коэффициентом использования энергии на рост, т. е. перевода пищи в собственную биомассу.

Одна растительная пища, как правило, для людей недостаточно полноценна, так как подавляющее большинство растений не обеспечивает людей некоторыми незаменимыми аминокислотами, входящими в состав животных белков.

- Производство вторичной продукции через выращивание животных, а также добыча диких видов (в основном путем рыболовства) — очень важное условие благополучия общества. Одна из самых злободневных для современного человечества проблем — это так называемое *белковое голодание*, недостаток животной пищи в рационах людей во многих районах мира.

**Задание по теме: (По окончании карантина предоставить конспект и быть готовым к тестированию)**

1. Написать конспект.

2. Ответить на вопросы:

- Перечислите состав редуцентов в лесной экосистеме.

- Как проявляется круговорот веществ в аквариуме? Насколько он замкнут? Как сделать его более устойчивым

- Приведите примеры цепей питания, начинающихся с мертвых растительных остатков.

- Чем понятие биологической продукции отличается от понятия биомассы?