

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**  
(ТУСУР)

**КАФЕДРА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА (РЭТЭМ)**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«Общая экология»  
Лекции по общей экологии**

для подготовки бакалавров по направлениям  
**05.03.06(022000) - «Экология и природопользование»**

Разработчик:

Доцент кафедры РЭТЭМ  
Е.Г.Незнамова

Томск, 2014

## **Содержание**

Лекция 1. Уровни организации живой материи. Принцип эмерджентности....	3
Лекция 2. Закономерности воздействия экологических факторов.....	5
Лекция 3. Влияние температур на растения.....	9
Лекция 4. Понятие и основные свойства популяции.....	15
Лекция 6. Понятие, основные свойства и основные показатели сообщества..	30
Список использованной литературы.....	43

## **Лекция 1**

### **Уровни организации живой материи. Принцип эмерджентности.**

Подобно тому, как сложная механическая установка состоит из отдельных деталей, живое вещество имеет свои составляющие или уровни организации. Согласно современным представлениям на «лестнице жизни» выделяют восемь уровней – ступеней иерархии.

1. *Молекулярный.* Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, состоит из макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов и др. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма – обмен веществ, передача наследственной информации. Основой всего является ДНК, ядро генетических систем, служит для хранения и воспроизведения генетической информации.

2. *Клеточный.* Клетка – структурная и функциональная единица существования живого вещества. А также единица размножения и развития всех живых организмов Земли. Существование вирусов не является противоречием данному высказыванию, поскольку вирусы проявляют жизненную активность только в клетках.

3. *Тканевой.* Ткань представляет собой совокупность сходных по строению клеток, объединенных выполнением общей функции.

4. *Органный.* Орган – структурно-функциональное объединение нескольких типов тканей. Например, кожа человека включает эпителиальную и соединительную ткани, выполняющих совместно ряд функций (основная из которых – защитная).

5. *Организменный.* Многоклеточный организм представляет собой систему органов, специализированных для выполнения различных функций.

6. *Популяционно-видовой.* Совокупность организмов одного вида, объединенная общим местом обитания, создает систему надорганизменного порядка, именуемую популяцией.

7. *Биогеоценотический (экосистемный)*. Биогеоценоз – совокупность организмов различных видов со всеми факторами среды обитания.

8. *Биосферный*. Самый высокий уровень организации живых систем на планете. Наблюдаем интеграцию экосистем.

Важное следствие иерархической организации живой природы состоит в том, что по мере объединения систем в более крупные функциональные единицы у этих новых систем возникают уникальные свойства, которых не было на предыдущем уровне. В экологии эти качественно новые свойства называют эмерджентными (англ. – неожиданно появляющиеся). Эти свойства нельзя предсказать на основании свойств подсистем низшего порядка.

*Принцип эмерджентности заключается в том, что биологические системы обладают свойствами, которые нельзя свести к сумме свойств составляющих их подсистем.*

Конечно, данные, полученные при изучении какого-либо уровня, помогают раскрыть закономерности функционирования следующих уровней. Тем не менее, с их помощью не всегда возможно объяснить явления, происходящие в более высокоорганизованной системе. Эмерджентные свойства возникают в результате взаимодействия компонентов системы, свойства которых в результате взаимодействия компонентов системы интегрируются, обуславливая появления уникальных новых свойств целого.

Иллюстрирует принцип эмерджентности пример из химии. Водород и кислород, соединяясь в определенном соотношении, образуют воду, жидкость, совершенно непохожую на исходные газообразные вещества.

## **Лекция 2. Закономерности воздействия экологических факторов**

*Важные для жизни организма компоненты окружающей среды, с которыми он прямо или косвенно сталкивается, называются экологическими факторами.*

В общем случае фактор—это движущая сила какого-либо процесса или влияющее на организм условие. Окружающая среда характеризуется огромным разнообразием экологических факторов, под воздействием которых в течение всей своей жизни находится организм. *Таким образом, окружающая среда—это фактически набор воздействующих на организм экологических факторов.*

Экологические факторы различаются происхождением, качеством, количеством, временем воздействия, т. е. режимом. В классическом варианте воздействие отдельно взятого фактора на жизнедеятельность организма (организмов) описывается колоколообразной кривой, расположенной в пределах толерантности вида по отношению к данному фактору. Но, из предыдущих рассуждений очевидно, что факторы воздействуют на организм в комплексе, поэтому любая реакция организма на них многофакторно обусловлена. При исследовании встает задача вычленения каких – либо ведущих факторов, определяющих состояние организма или популяции. Для успешного решения этой непростой задачи можно опираться на ряд выявленных закономерностей.

### **Толерантность живых организмов**

По сравнению со всеми остальными абиотическими факторами температура является наиболее важным. Любой вид организмов способен жить в условиях только определенного температурного интервала. Такое наследственное свойство выработано в процессе естественного отбора и эволюции. Данный интервал температур ограничен максимальным и минимальным летальными значениями. За пределами этих значений организм погибает либо от жары, либо от холода. По мере приближения к критическим

значениям жизнь становится все более трудной. На границе с ними жизнедеятельность еще не прекращается, но настолько замедляется, что организм впадает в состояние замедленной жизни. Такое лимитирующее влияние температурного фактора, видимо, периодически или эпизодически испытывает каждый живой организм. Между минимальным и максимальным значениями находится оптимальная температура среды, при которой жизненные функции организма осуществляются наиболее активно.

В зависимости от ширины интервала температуры, в которой данный вид может существовать, организмы делятся на *эвритермные* и *стенотермные*. Эвритермные организмы выдерживают широкие колебания температуры, стенотермные — живут лишь в узких пределах.

К эвритермным относится большинство организмов районов с континентальным климатом. Многие из них имеют покоящиеся стадии, переносящие особенно широкий диапазон температуры (покоящиеся яйца, цисты, куколки насекомых, находящиеся в состоянии анабиоза, взрослые животные, споры бактерий, семена растений).

Виды, предпочитающие холод, относят к экологической группе *криофилов*. Они могут сохранять активность при температуре клеток до -8, -10 °С, когда жидкости их тела находятся в переохлажденном состоянии. Криофилия характерна для представителей разных групп: бактерий, грибов, червей, членистоногих, моллюсков, рыб, обитающих в природе в условиях низких температур в тундрах, арктических и антарктических пустынях, в высокогорьях, холодных морях и т. п. Виды, оптимум жизнедеятельности которых приурочен к области высоких температур, относят к группе *термофилов*. Термофилией отличаются многие группы микроорганизмов, встречающихся в горячих источниках, на поверхности почвы в аридных районах, в разлагающихся органических остатках при их саморазогревании, а также ряд многоклеточных животных, например нематод, личинок насекомых, клещей, населяющих те же самые места обитания. Некоторые термофильные

организмы в активном состоянии могут выдерживать до +80 °С и даже более, например водоросли из рода *Oscillatoria* в горячих источниках Исландии [4].

Это преимущественно обитатели жарких, тропических районов Земли. Среди многочисленных беспозвоночных (насекомые, паукообразные, моллюски, черви), холодно- и теплокровных позвоночных имеется много видов и целый отряд, обитающих исключительно в тропиках. Настоящими термофилами являются растения жарких тропических районов. Они не переносят низких температур и нередко гибнут уже при 0 °С, хотя физического замораживания их тканей и не происходит. Причинами гибели здесь обычно называют нарушение обмена веществ, подавление физиологических процессов, приводящих к образованию в растениях не свойственных им продуктов, в том числе и вредных, вызывающих отравление [5].

Таблица 1.2.1. Примеры видов, обладающих различной устойчивостью к температуре

Стенотермные теплолюбивые	Стенотермные холодолюбивые
Рачок живет при температуре +45...+48 °С и погибает, если температура падает ниже +30 °С.	Ногохвостки, долгоножки активны при температуре ниже 0 °С и вплоть до -10 °С.
Насекомые-эктопаразиты млекопитающих и птиц зависят от температуры тела животных.	Двукрылые активны при температуре между +5 и +10 °С в солнечные часы дня. Эти виды очень чувствительны к повышению температуры. Животные — обитатели больших глубин способны переносить температуры, близкие к 0 °С.

Приостановка всех жизненных процессов организма называется *аннабиозом*. Из анабиоза живые организмы возвращаются к нормальной жизни при условии, если не была нарушена структура макромолекул в их клетках.

Также и человек обладает способностью приспосабливаться к условиям окружающей среды и все его важнейшие физиологические системы (нервная, гуморальная, иммунная) направлены на решение стратегической задачи — адаптации.

В целом температурные условия Земли, за исключением кратеров вулканов, вполне благоприятны для практически повсеместного существования живых организмов. Естественное видовое разнообразие и численность организмов на той или иной территории определяются ее температурными условиями. В зависимости от теплового режима земной поверхности, закономерно изменяющегося от полюсов к экватору, различают холодную полярную зону Земли, умеренно холодную, умеренно-теплую, субтропическую и тропическую зоны. Каждой из них свойственна растительность, видовой состав которой приспособлен к изменениям температуры в определенных пределах. Жизнедеятельность организмов, в природе обычно подвергающихся воздействию переменных температур (в большинстве районов с умеренным климатом), подавляется частично или полностью при воздействии постоянно низкой температуры .

Объективная зависимость скорости реакций от температуры уже исходно определяет, что жизненные функции могут протекать лишь в определенном интервале температур. Имеется ряд дополнительных обстоятельств, определяющих температурные пороги, выше и ниже которых жизнь невозможна. Видовая специфика ферментных систем приводит к тому, что эти пороги неодинаковы для разных видов живых организмов .

## Лекция 3. Влияние температур на растения

### Значение температур для растений

Тепло является необходимым фактором существования растений, поскольку все процессы их жизнедеятельности (прорастание, цветение, созревание, фотосинтез, дыхание и др.) осуществляются при определенном температурном режиме. Явление **термопериодизма – реакции растений на смену суточных, сезонных температур** – одно из древнейших приспособлений живых организмов к существованию на планете. Поэтому временные изменения температур – также обязательное условие их нормальной жизнедеятельности.

### Формирование теплового режима местообитания и распространение растений

Тепловой режим местообитания характеризуется общеклиматическими параметрами - среднегодовой температурой, абсолютным максимумом и абсолютным минимумом (соответственно самая высокая и низкая температура) за длительный период наблюдений, среднемесячными температурами, средними максимальными и средними минимальными температурами месяцев, соотношением продолжительности теплого и холодного сезонов года.

*Радиационный баланс* - сумма прихода и расхода лучистой энергии, поглощаемой и излучаемой земной поверхностью и атмосферой за определенный промежуток времени.

В каждом типе местообитаний формируется особый радиационный баланс. На планете выделено пять типов термических поясов – *экваториальный, тропические, субтропические, умеренные, арктический и антарктический*. Каждый из них характеризуется определенными показателями радиационного баланса и суммами эффективных температур.

Эти показатели определяют усредненные характеристики тепловых условий жизни растений на Земле. В каждом местообитании своеобразие в тепловой режим приносят местные особенности, например, микро- и

мезорельеф, особенности ветрового режима, эффекты «теплых островов» урбанизированных территорий и т.д.

Формирование теплового режима конкретных местообитаний в значительной степени зависит и от особенностей фитоценозов. Если растительный покров низкий и сильно разреженный, то основной теплообмен происходит у поверхности почвы. Поверхность почвы выполняет роль аккумулятора, накапливающего тепло днем и отдающего его ночью. В сомкнутых растительных сообществах значительная часть солнечной радиации не доходит до поверхности почвы, а отражается и поглощается надземными частями растений.

Надземная масса фитоценоза создает своеобразный экран, препятствующий не только нагреванию, но и испарению влаги почвой, что заметно снижает расход тепла местообитания. Кроме того, сомкнутая надземная растительная масса замедляет движение воздуха и тем самым создает местный микроклимат, ослабляя теплообмен фитоценоза с окружающей средой.

**Некоторые закономерности распространения растений.** В 1918 г. А. Хопкинс сформулировал **биоклиматический закон**. Он установил, что существует закономерная, довольно тесная связь развития фенологических явлений с широтой, долготой и высотой над уровнем моря. Он подсчитал, что по мере продвижения на север, восток и в горы время наступления периодических явлений в жизнедеятельности организмов запаздывает на 4 дня на каждый градус широты, 5 градусов долготы и примерно на 100 м высоты.

Некоторые исследователи связывают границы распространения растений и животных с числом дней в году, имеющих определенную среднюю температуру. Например, изолинии со среднесуточной температурой свыше 7 С в течение более 225 дней в году совпадают с границей распространения бука в Европе. Подобные эколого-географические изолинии высчитаны для многих растений и животных. Однако при этом большое значение имеют не

среднесуточные температуры, а колебание их в комплексе с другими экологическими факторами, некоторые из них обсуждались выше.

Сильные холода и чрезвычайная жара нередко ограничены во времени, и растения избегают их воздействия, сбрасывая чувствительные части, или редуцируют свое вегетативное тело до подземных многолетних органов. При наступлении благоприятных условий они вновь образуют надземные органы. Здесь важно знать и устойчивость к температуре различных органов с учетом их функций. Особенно чувствительны к низким температурам (холоду) *репродуктивные органы* — зачатки цветков в зимующих почках и завязи в цветках.

При изучении распространения растений необходимо учитывать устойчивость к температурам наиболее чувствительных стадий развития растений (цветков в почках, самих цветков, семян и незащищенных молодых растений), которые часто ограничивают сохранение и расселение вида. Это так называемое **правило Тинеманна**.

### **Эффективные температуры – показатель активной жизнедеятельности растений**

Все процессы развития растений определяется значением показателя *эффективных температур*. Температуры, лежащие выше нижнего порога развития и не выходящие за пределы верхнего, получили название *эффективных температур*. Для оценки количества тепла, получаемого растением за вегетационный период или за какую-то часть его, используют показатель *суммы эффективных температур* за определенный отрезок времени. Зная нижний порог развития растения, легко определить эффективную температуру по разности наблюдаемой и пороговой температур. Так, если нижний порог развития изучаемого вида равен 10°C, а наблюдаемая в течение трех суток температура воздуха 25°C, то сумма эффективных температур будет определена по формуле:

$$C=(t - t_1)*n$$

где  $C$  — сумма эффективных температур ( $^{\circ}\text{C}$ );  $t$  — температура окружающей среды (реальная, наблюдаемая);  $t_1$  — температура порога развития;  $n$  — продолжительность наблюдаемого периода в днях, часах.

$$C = (25^{\circ} - 10^{\circ}) * 3; C = 45^{\circ}.$$

Сумма эффективных температур для каждого вида растений, как правило, величина постоянная, при условии отсутствия осложняющих факторов. В Северо-Западном регионе России цветение мать-и-мачехи начинается при сумме эффективных температур равной  $77^{\circ}\text{C}$ , кислицы -  $453^{\circ}\text{C}$ , земляники -  $500^{\circ}\text{C}$ , желтой акации -  $700^{\circ}\text{C}$ . Именно сумма эффективных температур, которую нужно набрать для завершения жизненного цикла, нередко является ограничивающим фактором распространения видов. Для некоторых групп растений существуют значения температур, определяющие нижний порог их развития : 1) для холодостойких растений высоких и умеренных широт эффективными считаются среднесуточные температуры выше  $+5^{\circ}\text{C}$ ; 2) для теплолюбивых растений низких широт - выше  $+15^{\circ}\text{C}$ ; 3) для большинства культурных растений умеренных широт- выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

### **Экологические группы растений по отношению к температурам**

Современная классификация растений по отношению к температурному фактору предусматривает распределение растений на группы: мегатермофиты, микротермофиты, гекистотермофиты, мезотермофиты

**1. Мегатермофиты** – жаростойкие растения, переносят в состоянии активной вегетации температуры выше  $45^{\circ}\text{C}$ . Произрастают на открытых местообитаниях тропических и субтропических поясов, в степях и пустынях умеренных широт.

*Анатомо-морфологические приспособления:*

а) густое бело-серебристое опушение, блестящая поверхность листьев, отражающая солнечную радиацию

б) уменьшение площади поверхности листьев, поглощающих солнечную радиацию (редукция листьев, изменение ориентации листьев в пространстве)

в) мощное развитие покровных тканей, изолирующих внутренние ткани растения от высоких температур среды

*Этологические особенности:*

- избегание воздействия максимально высоких температур в периоды определенных стадий жизненного цикла (активность в утренние, вечерние часы, ускоренное развитие – эфемеры, эфемероиды – в нежаркие сезоны )

*Физиологические особенности:*

- жаропрочность протоплазмы,

- способность к анабиозу

**2.Микротермофиты** – холодостойкие растения, приспособленные к перенесению неблагоприятных температур в покоем состоянии. Произрастают в лесной зоне умеренных широт планеты.

**3.Гекистотермофиты** – крайне холодостойкие растения тундры и высокогорий. Переносят постоянно низкие температуры при высокой амплитуде их суточных колебаний.

В зависимости от влажности биотопов гекистотермофиты подразделяются на психрофитов – растений относительно влажных местообитаний и криофитов – растения засушливых и холодных местообитаний.

Гекистотермофиты обладают рядом приспособлений, защищающих их от холода. Это *физиологические механизмы:*

а) понижение температуры замерзания клеточного сока, что достигается за счет повышения концентрации растворимых углеводов клеточного сока, повышением доли коллоидносвязанной воды, снижением общего содержания воды в растениях в холодные периоды.

б) проявлением льдоустойчивости – способности растений без вреда переносить образование льда в тканях. Характерно для озимых растений, ранневесенних эфемероидов, полярных снежных водорослей.

в) переходом в состояние покоя. Характерно для растений умеренных широт.

*Анатомо-морфологические признаки приближают растение к ксероморфной структуре:* уменьшается общая площадь листовой поверхности, появляется опушение как у листьев, так и у почечных чешуй, восковое покрытие, листьям присуще зимнее осмоление, утолщение пробкового слоя свойственно стеблям. Кроме того, растениям, обитающим в холодных зонах, свойственна миниатюризация размеров как надземной, так и подземной частей; полимеризация – образование большого количества побегов, образующих компактные формы, обладающие собственным микроклиматом внутри; геофитизация – предпочтение растениями в качестве места произрастания относительно укрытых микроместообитаний.

**4. Мезотермофиты-** теплолюбивые, но не жароустойчивые растения. Это растения влажного тропического пояса, живущие в узком диапазоне температур от 20 до 30°C с оптимальными температурами 25°C. Часто не имеют приспособлений к изменчивости температурного режима. Например, почки лишены кроющих чешуй. Растения Средиземноморья, также не прерывающие вегетации в периоды похолоданий, имеют некоторые из вышеперечисленных приспособлений к пониженному температурному режиму. К мезотермофитам умеренных широт относятся, прежде всего, широколиственные древесные породы: липа, граб, каштан, бук, а также травянистые растения широколиственных лесов.

#### **Динамика холодостойкости растений**

Холодостойкость растений изменяется в течение года. Это фото-термопериодическая реакция. Повышение устойчивости растений к низким температурам начинается осенью и достигает максимума в зимний период. В общем, он подразделяется на 3 стадии.

1. Подготовительная стадия. Начинается при воздействии на растение низких положительных температур, сопровождающихся уменьшением длины светового дня. Выражается это в потере клетками части воды, распадом крупных вакуолей на мелкие, накоплением крахмалов и других органических

соединений, прекращением роста. Продолжительность этой стадии – несколько недель.

2. Вторая стадия закаливания происходит в период регулярных понижений температуры от -3 до -10 °С. Происходит перестройка в химизме протоплазмы и клетка приобретает льдоустойчивость. Продолжительность этой стадии – также несколько недель.

3. Заключительная стадия протекает при дальнейшем понижении температуры до -15 °С. Все ферментативные перестройки в растительных клетках завершаются и они приобретает максимальный уровень морозостойкости.

После прохождения растением третьей стадии уровень его холодостойкости не изменяется. Примерно к концу февраля у растений заканчивается стадия глубокого покоя, без прохождения которой невозможна их весенняя вегетация. Поскольку в этот период воздействие низких температур еще продолжается, растения находятся в стадии вынужденного покоя.

Таким образом, период зимнего покоя, присущий растениям умеренных и полярных широт, делится на период глубокого покоя и период вынужденного покоя. Оттепели в середине, а особенно в конце зимы вызывают быстрое снижение устойчивости растений к морозам. После окончания зимнего покоя закалка утрачивается. Весенние заморозки, наступившие внезапно, могут повредить тронувшиеся в рост побеги, а особенно цветы даже у морозоустойчивых видов растений.

#### **Лекция 4. Понятие и основные свойства популяции**

*Популяция. Структура популяций. Динамика численности популяции. Экологические стратегии различных видов.*

Основные положения теории популяций нами рассматриваются на примере животных объектов, поскольку разработка этой теории, в первую очередь, проводилась зоологами.

Легко отличит собаку от кошки любой ребенок, собаку и волка различит любой взрослый человек, лисицу и песца различит знающий человек, но не всякий, кто впервые сталкивается с этими видами, относящимися к разным родам. Во многих случаях вопрос определения вида становится сложной научной проблемой. Часто это касается таких групп организмов как насекомые или простейшие. Тем не менее, виды в природе реально существуют. Общеизвестным является следующее определение вида.

***Вид – группа особей, имеющая общую, возникшую в ходе эволюции генетическую программу, обособленная в экологическом, морфофизиологическом, репродуктивном отношениях. Эта группа, согласно своим экологическим особенностям, занимает в природе определенную территорию (ареал).***

Ареал обычно представляет собой сочетание в той или иной степени разобщенных территорий, населенных группировками какого - либо вида. Такие группировки и называются *популяциями* («народ» (лат.)). Таким образом, в природе вид существует в форме популяций.

***Под популяцией понимается совокупность особей определенного вида, в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений) населяющих определенное пространство, внутри которого осуществляется скрещивание и нет заметных изоляционных барьеров, которая отделена от соседних таких же совокупностей особей данного вида той или иной степенью давления изоляции.***

Вид, как правило, состоит из множества популяций. Редко они бывают полностью изолированными друг от друга. Степень изоляции зависит от способности вида к расселению, географических преград, характера местообитания (сплошной лесной массив или колки, свойственные лесостепной зоне), показателя численности вида (вспышка численности может привести к временному слиянию популяций).

**Биологическое информационное поле популяции.** Одним из основных свойств популяции является ее *целостность*. Особи, составляющие

популяцию, непрерывно обмениваются информацией. К этому их толкает наследственно детерминированный стереотип поведения, стимулирующий животное к поиску и поддержанию контактов с себе подобными. Информационные процессы представляют собой специфический механизм формирования и поддержания целостности популяции как системы, во времени и пространстве. Информация о присутствии особей своего вида обширна и многообразна. В нее входят как личные сигналы, воспринимаемые визуально, на слух и по запаху, так и различные опосредованные формы информации: следы, тропы, поеди, норы, гнезда, экскременты, электрические разряды у водных, эхолокация, механические колебания воды.

Популяция характеризуется общим ритмом биологических циклов (например, период размножения или период спячки происходит более-менее синхронно у всех членов популяции).

**Структура популяции.** Популяция структурирована функционально и пространственно. *Структура популяции – это ее подразделенность на части и соотношение этих частей.*

***Функциональное структурирование предусматривает разнокачественность особей, составляющих популяцию.***

В чем выражается разнокачественность особей? На этот вопрос отвечают следующие типы структур:

1. **Половая структура.** Соотношение самцов и самок. Соотношение самцов и самок возможно определять на трех этапах. Первичное соотношение полов – определяется в момент оплодотворения и составляет 1:1.

Процесс развития эмбрионов и роды определяют вторичную половую структуру популяции, подсчитываемую среди новорожденных. Третичная половая структура определяется среди молодых и взрослых особей. Половая структура зависит от видовых особенностей, в редких случаях определяется влиянием каких-либо факторов (избирательность эпизоотий, меньшая устойчивость к фактору по половому признаку).

2. **Возрастная структура.** Соотношение в популяции особей различных возрастных групп. Рождаемость и смертность, колебания численности, напрямую связаны с возрастной структурой популяции. Для описания возрастной структуры выделяют возрастные группы, состоящие из особей одного возраста, и оценивают численность каждой из этих групп. Если в популяции размножение происходит постоянно, то по возрастной структуре можно установить, сокращается или увеличивается численность популяции. Если основание диаграммы широкое, значит, рождается больше потомства, чем в предыдущий период, рождаемость превышает смертность и численность растет. Если же особей младших групп меньше, то численность сокращается. У видов с периодическим размножением возрастной структуры имеет резкие сезонные отличия. Поэтому при рассмотрении возрастной структуры необходимо учитывать видовые особенности популяции.

3. **Генетическая структура.** Соотношение в популяции особей с различными генотипами. В принципе, любая популяция обладает определенной степенью своеобразия генофонда в пределах общего генофонда вида. Особенности генофонда, с сочетанием необычности условий обитания, может привести к резким отличиям генофонда популяции и запустить процессы видообразования. Так проявляется, например, «островной эффект», связанный с занесением на изолированную территорию особей новых видов, впоследствии образующих популяцию.

***Пространственная структура. Особенности размещения особей в пространстве.***

Пространственная структура популяции зависит от свойства местообитания и от биологических особенностей вида. Часто особи одного вида образуют скопления или группы. Они образуются вследствие фактора пригодности местообитаний или вследствие территориального поведения семейных групп.

Численность и плотность - основные параметры популяции.  
***Численность популяции – это общее количество особей на данной***

*территории или в данном объеме.* Численность популяции зависит от процессов рождаемости, смертности, эмиграции и иммиграции.

*Плотность – это численность популяции, отнесенная к единице занимаемого ею пространства или среднее число особей на единицу площади или объема. Плотность измеряется особь на га, ос/м<sup>2</sup>, ос/см<sup>3</sup> – в зависимости от вида.*

Очень важно отслеживать характер изменения численности во времени – ее динамику. Потому что в первую очередь, именно эта характеристика позволяет судить о состоянии популяции.

Все живые организмы теоретически способны к очень быстрому увеличению численности. При неограниченных ресурсах и отсутствии воздействия болезней, хищников, экстремальных климатических условий и др. популяция любого вида за сравнительно короткий промежуток времени покрывает весь земной шар. Естественно, что скорость прироста численности на душу населения, значит и скорость роста популяции, у разных видов будет различна (наименьшая у крупных млекопитающих, наибольшая у бактерий). Тем не менее, во всех случаях численность растет в геометрической прогрессии, как функция времени. Такой рост называют экспоненциальным.

Таков случай человеческой популяции, зависимость численности которой время от времени описывается экспонентой. Экспоненциальным может быть рост лабораторных популяций микроорганизмов (дрожжей, хлореллы) на начальной фазе их роста. В природе экспоненциальный рост наблюдается при вспышках саранчи, непарного шелкопряда и других насекомых.

Экспоненциально может расти численность популяций, вселенных в новую местность, где у них мало врагов и много пищи (примером служит рост численности кроликов, завезенных в Австралию). Во всех случаях экспоненциальный рост наблюдается в течение коротких промежутков времени, после чего скорость роста численности снижается. Причина тому – ограниченные объемы ресурсов среды или *емкости среды*. Именно емкость

среды определяет предельную плотность, которую может достичь популяция в данных условиях.

Например, животным при высокой плотности популяций может не хватать пищи. Растения начинают затенять друг друга или им не хватает влаги. В пробирке с культурой микробов накапливаются продукты обмена, замедляющие темп деления клеток.

Следовательно, емкость среды зависит от количества ресурсов для данного вида. Например, где пищи больше, популяция может достигнуть более высокой плотности. Иногда емкость среды определяется не возобновляющимися ресурсами. Это, например, пригодные для поселения участки или места для гнездования. Как только все такие места заняты, плотность популяции больше не может расти. При плотности популяции, равной емкости среды, скорость потребления ресурсов равна скорости их возобновления. Если плотность популяции становится больше емкости среды, то ресурсов становится слишком мало, в популяции возрастает смертность или снижается рождаемость, возрастают процессы эмиграции особей и ее плотность начинает понижаться. Напротив, если ресурсов в избытке, работают обратные процессы. Таким образом, популяция способна самостоятельно регулировать свою плотность в зависимости от степени воздействия факторов среды. Поэтому в природе численность популяции, как правило, колеблется возле некоего среднего уровня. Амплитуда и период таких колебаний зависят от особенностей вида и от условий среды обитания. Известны случаи удивительной стабильности численностей популяций. Стрижи поселка Селбори на юге Англии – 200 лет сохраняли примерно один уровень численности. Серая цапля, гнездящаяся на Британских островах, снижала свою численность, но после холодных зим, в короткий срок восстанавливала прежний уровень - (амплитуда колебаний не превышала 2-3 раза). В популяциях многих насекомых наблюдаются ежегодные колебания численности в 40-50 раз, в периоды вспышек – до десятков тысяч и миллионов раз (пример - саранча). Численность грызунов также в большей степени, чем численность крупных

позвоночных, подвержена резким колебаниям. Биологи, и просто внимательные люди давно обратили внимание на это явление. Свидетельства неожиданных нашествий вредных насекомых и грызунов фиксировались в летописях, в трудах древних историков и путешественников. Динамике численности животных и растений посвящено много работ. Эта проблема, по мнению многих специалистов, считается одной из главных и сложных в экологии. Причины здесь разные. Одной из них является проблема охраны. Скольких особей будет достаточно для сохранения популяции в природе? Где заканчивается тот безопасный для жизнедеятельности популяции уровень минимума ее численности? Существенной причиной также является проблема долгосрочного прогнозирования особо опасных видов – насекомых и грызунов. Предотвращение вспышек численности необходимо для защиты населения от зоонозных инфекционных заболеваний или сохранения урожая сельхозкультур. Третьей причиной можно считать необходимость грамотной эксплуатации популяции в случае, если она используется человеком (рыбная ловля, охота и т.п.).

Мы с вами остановились на том, что рост численности (плотности) популяции ограничивает емкость среды или объемы ресурсов среды. Это могут быть, в первую очередь, пищевые, топливные ресурсы.

Ответ на вопрос, почему численность той или иной популяции изменяется так, а не иначе, один из значимых вопросов для ученого, занимающегося исследованиями популяций. Сложность этой проблемы, кроется в уникальности биологических систем. Несмотря на существующие географические, фитоценологические классификации и подразделения, условия существования каждой популяции в природе уникально. Кроме того, практически невозможно учесть весь набор действующих факторов, оценить воздействие каждого фактора в отдельности. Пожалуй, наиболее эффективен поиск ключевого, или лимитирующего фактора, воздействие которого определяет численность популяции.

В общем, факторы, оказывающие воздействие на динамику численности популяций, разделяют на *зависимые* и *независимые* от плотности самой популяции.

*К зависимым от плотности факторам относятся различные формы межвидовых и внутривидовых отношений. Сводятся эти отношения к борьбе за тот или иной ресурс.*

***Общий принцип действия плотностно-зависимых факторов – принцип отрицательной обратной связи.***

Ситуация, когда увеличение первой величины (плотности, численности) вызывает рост второй величины (силы воздействия фактора), а этот рост, в свою очередь, приводит к уменьшению первой величины, называется действием по принципу отрицательной обратной связи. Например, по пищевым ресурсам: при росте плотности популяции снижается обеспеченность ее особей пищей. Следовательно, снижается плодовитость, что предотвращает дальнейший рост численности популяции.

Эти факторы (пищевой, топический ресурсы) действуют на уровне как внутривидовых так и межвидовых отношений.

Действие плотностно-зависимых факторов на уровне межвидовых отношений демонстрирует пример: инфекционные заболевания (отношения типа «паразит-хозяин»). Вероятность передачи инфекции возрастает с ростом плотности популяции. По мере возрастания эпидемии часть животных гибнет, плотность снижается, а это в свою очередь, снижает меру давления фактора инфекции. Подобную цепь отношений можно привести на отношениях типа «хищник-жертва».

Внутривидовые отношения проявляются, например, через поведенческие (этологические) факторы. Рост агрессивности особей в условиях повышенной плотности. Существует так называемая гипотеза стресса. Частые столкновения приводят к гормональным расстройствам особей и снижению их плодовитости. Рост агрессивности особей в условиях повышенной плотности также приводит к снижению плодовитости. Во-первых, энергия тратится не

туда, куда надо. Во-вторых, особи с менее агрессивным генотипом вследствие подавленности, тоже отстраняются от процессов размножения.

Известно, что животным свойственно территориальное поведение. Здесь имеет место внутривидовая конкуренция в самом ярком ее проявлении. При территориальном поведении плотность особей может быть значительно ниже емкости среды. Для самой популяции значение территориальности заключается в том, что особи, занимающие индивидуальный участок, обычно имеют какие – то этологические, морфологические, физиологические преимущества. Обладают лучшим гено - или фенотипом. Особи, которым не удалось занять индивидуальный участок, часто не вносят никакого вклада в следующее поколение. Таким образом, важным следствием территориальности является, с одной стороны, регуляция численности популяции, а с другой – отбор лучших в гено - (фено)типическом отношении особей для продолжения рода.

Во всех случаях факторы, действие которых усиливается при увеличении плотности, снижает рождаемость или повышает смертность, усиливает миграционные процессы. Ситуация, когда увеличение первой величины (плотности) вызывает рост второй величины (силы воздействия фактора), а этот рост, в свою очередь, приводит к уменьшению первой величины, называется действием по принципу отрицательной обратной связи.

*К независящим от плотности факторам относят абиотические факторы.* Это, например, метеорологические условия. Например, суровая зима, продолжительная засуха, сильный шторм могут вызвать резкое снижение численности популяции. При этом фактор, вызывающий изменение численности, сам не испытывает влияния этих изменений. Такого рода факторы могут стать элиминирующими для популяции, например, пожар, селевый поток, вулканическая лава.

*Итак, популяция – форма существования вида в природе, целостная, структурированная группировка, характеризующаяся общностью биологических циклов, своеобразием динамики численности.*

## Популяции растений, животных, микроорганизмов

Вышесказанное относилось, преимущественно к популяциям животных организмов. В числе особенностей этих популяций по сравнению с другими группами организмов следует отметить наибольшую степень подвижности особей – членов популяции. Следовательно, относительную размытость ее границ, что определяется, также биологическими особенностями конкретных видов

Рассмотренные выше принципиальные подходы к изучению популяционных систем в общих чертах приложимы и к популяциям растений, хотя изучены на этих объектах не столь подробно. Объясняется это не только биологической спецификой растений, отличающей их от животных, но и историческими особенностями развития популяционных подходов в ботанике. Начало развития популяционной экологии растений связано в первую очередь с ролью видовых популяций в функционировании фитоценозов. Поэтому в фитоценологии принят термин «ценопопуляции», подчеркивающий место и роль населения определенного вида в функционировании фитоценоза. Соответственно главная цель изучения ценопопуляции — установление закономерностей жизни растительного вида в составе конкретного фитоценоза в связи с его строением и динамикой.

Растительная ценопопуляция включает все особи вида в пределах данного фитоценоза независимо от их фенетического состояния и экотопических и генетических особенностей. Такой подход соответствует функциональному аспекту изучения популяций животных и включает аналогичные проблемы структуры и функции ценопопуляции. Современные исследования показывают, что популяции у растений, как и у животных, представляют собой сложные системы разновозрастных, фенетически и генетически неоднородных особей, закономерно размещенных по площади ценоза.

Синэкологический базовый подход к характеристике популяций растений определил собой достаточно четкий принцип выделения конкретных

ценопопуляций - их размер и границы определяются границами фитоценоза, которые, хотя и нелинейны, но морфологически выражены более четко, нежели границы популяций у животных. Сложности с выделениями границ популяций имеются и в этом случае они связаны не со специфическими популяционными проблемами, а с проблемами классификации растительности и методов выделения фитоценозов.

Специфика популяции растений заключается в том, что они составлены прикрепленными формами. Это, с одной стороны, обуславливает относительно дискретное и четкое пространственное разграничение популяционных систем, а с другой — ставит проблему внутривидовых единиц. Если у животных такой единицей является особь, то у растений в связи с их вегетативным размножением структурные элементы ценопопуляции могут быть представлены как особями семенного происхождения, так и особями вегетативного происхождения.

Популяционные особенности микроорганизмов изучены еще в меньшей степени, чем таковые растений. Проблема выявления популяционных границ заключается в высокой внутривидовой изменчивости представителей микромира — часто невозможно понять, принадлежат ли расположенные в непосредственной близости друг от друга организмы к одному виду. К микробам чаще применяется термин «штамм» или «культура».

### **Особенности экологических стратегий различных организмов**

Приспособления организмов в конечном счете направлены на то, чтобы повысить вероятность выживания и оставления потомства. Среди приспособлений выделяется комплекс признаков, называемый **экологической стратегией**.

*Экологическая стратегия — это общая характеристика роста и размножения вида. Сюда входит темп роста особей, время достижения репродуктивного возраста, плодовитость, периодичность размножения.*

Экологическая стратегия зависит от особенностей вида, от условий среды. Особенно большое влияние на стратегию роста и размножения

оказывают факторы, вызывающие смертность. Если смертность вызывается в основном резкими, непредсказуемыми изменениями абиотических факторов, то при этом происходит неизбирательная элиминация (уничтожение) особей. Такое же влияние оказывают некоторые хищники, от которых трудно защититься (например, кит – фактор неизбирательной элиминации для рачков – эвфаузиид, которыми он питается). В других случаях основную роль играют иные факторы отбора: внутри и межвидовая борьба за ресурсы, хищники. В этих условиях вероятность гибели зависит от качеств особи.

Экологические стратегии разнообразны, но среди разнообразия можно выделить два крайних типа, получивших название **r - стратеги** и **K-стратеги**.

r - стратегия определяется отбором на повышение скорости роста популяции в периоды ее низкой плотности. Для r -стратегов характерны такие качества, как быстрое достижение половозрелости, большое количество мелких потомков, небольшие размеры и малая продолжительность жизни, высокая способность к расселению. r - стратегия встречается у организмов, живущих в среде с резкими и непредсказуемыми изменениями условий или в эфемерных биотопах, например, в пересыхающих лужах. Численность в популяциях таких организмов очень сильно колеблется. В благоприятные периоды или при вселении в только что возникший биотоп она быстро возрастает, а при наступлении неблагоприятных условий резко снижается. При этом смертность не связана ни с индивидуальными особенностями, ни с плотностью популяции. В таких условиях отбор благоприятствует высокой скорости размножения. Благоприятный период для размножения очень короток и особям выгодно быстро достигать половозрелости.

K - стратегия возникает под действием отбора на повышение выживаемости при высокой плотности популяции, близкой к емкости среды. K - стратеги медленно развиваются, имеют более крупные размеры и большую продолжительность жизни, рожают небольшое число более крупных, хорошо защищенных потомков. Если условия среды стабильны или изменяются закономерно, (например, в связи со сменой сезонов), то в такой среде могут

существовать популяции с достаточно постоянной численностью, полностью использующие ресурсы. Чтобы дорасти до взрослого состояния и принять участие в размножении, молодые особи должны выдержать острую конкурентную борьбу. В таких условиях нецелесообразно затрачивать много ресурсов на продукцию большого числа потомков: выгоднее иметь немного потомков, но зато конкурентноспособных. Поэтому для К – стратегов характерна забота о потомстве, рождение немногих крупных детенышей или образование крупных семян. Примеры. В различных группах деревья и травы. Близкородственные виды южный и северный вид рогоза (США). Северный вид имеет более короткий вегетационный период, семена созревают раньше, их количество больше, а размер мельче. У южного вида – соответственно, все наоборот.

Это две крайние схемы жизненных циклов популяций. Все их многообразие не укладывается в эту схему. Между крайними типами стратегии существуют переходы. Даже внутри популяции за счет генетической разнокачественности особей возможны склонности отдельных особей к разным стратегическим вариантам.

Жизненные стратегии растений имеют несколько иную классификацию. В 1938 году Л.Г. Раменский выделил три типа стратегий у растений:

1. Виолентная. Виоленты - конкурентноспособные виды, быстро осваивающие пространство;

2. Пациентная. Пациенты – виды, устойчивые к неблагоприятным условиям и поэтому способны осваивать местообитания, недоступные для многих других;

3. Эксплерентная. Виды, способные к быстрому размножению, активно расселяющиеся и осваивающие нарушенные местообитания.

Английский ботаник Грайм сравнил классификацию Раменского с позициями r- и K- стратегов. Он различал:

1) конкурентную стратегию, соответствующую виолентной (конкурентноспособные виды, достигающие высокой плотности в оптимальных местообитаниях);

2) стресс-толерантную стратегию, соответствующую пациентной (устойчивые к неблагоприятным условиям, малопродуктивные, заселяющие менее благоприятные местообитания);

3) рудеральную стратегию, соответствующую эксплерентной (отличается высоким репродуктивным потенциалом, быстрым ростом, осваивает нарушенные местообитания).

Аналогия с К- и r-стратегиями выявляется в том, что r-стратегам соответствуют рудералы, а стресс-толеранты аналогичны К-стратегам. Конкуренты занимают промежуточное положение, но могут рассматриваться как один из вариантов r-стратегии. Таким образом, в экологических стратегиях растений и животных обнаруживается большое сходство, что свидетельствует об общности наиболее фундаментальных экологических основах динамики численности.

Некоторыми отдельно выделяется L-стратегии, которые выживают, благодаря их чрезвычайно высокой приспособленности к переживанию неблагоприятных условий.

Теория основных типов экологических стратегий, соответствующих разным типам отбора, была разработана фитоценологами и зоологами.

Дальнейшее изучение экологических стратегий показало, что даже некоторые высшие растения (например, одуванчик, способны реализовать в борьбе за существование не одну, а все три основных типа стратегий. Каждая из этих стратегий становится одним из элементов общей стратегии жизни вида.

Для микроорганизмов характерны элементы нескольких типов экологических стратегий. Например, даже в популяции одного штамма бактерий, хотя она и представляет собой клон потомков одной клетки, имеются диссоцианты. Это отдельные группы клеток в клональной популяции, отличающиеся особенностями структуры генома, что обуславливает изменения

морфологических, физиологических и биохимических свойств этих клеток. Обычно в популяциях присутствуют три основных вида диссоциантов, различающихся прежде всего по морфологии клеток. Их отличия в скорости потребления субстратов и другие реакции на изменения условий жизни напоминают реакции всех типов стратегов. Важно подчеркнуть, что динамика численности микробных популяций в природных местообитаниях определяется не столько соотношением скорости размножения и смертности, как у высших организмов (на основе чего и рассчитаны уравнения, описывающие экологические стратегии), сколько выживаемостью в неблагоприятных условиях.

### **Типы динамики численности организмов**

Численность естественных популяций не остается постоянной даже при выходе на плато логистической кривой. Кроме того, наряду с незакономерными и в большинстве случаев недолговременными изменениями численности, прямо связанными с положительным или отрицательными влияниями факторов, почти у всех исследованных видов обнаруживаются закономерно чередующиеся подъемы и спады численности, имеющие волнообразный, циклический характер, часто охватывающий большие пространства. Эти явления имеют место среди насекомых, рыб, млекопитающих и др.

В начале 40-ых годов С.А. Северцов, проанализировав многолетний ход численности у большого числа животных (млекопитающие, птицы) установил 7 типов динамики численности, учитывал число пометов в год, число детенышей в помете, сроки созревания, продолжительность жизни, среднюю степень истребления хищниками, подверженность эпизоотиям. В обобщенном виде схема Северцова сводится к трем фундаментальным типам динамики населения .

1. Стабильный тип. Характеризуется малой амплитудой и длительным периодом колебания численности. Свойственен крупным животным с большой продолжительностью жизни, поздним наступлением половозрелости, низкой плодовитостью. Это соответствует низкой норме

естественной смертности. Пример: копытные, китообразные, гоминиды, некоторые рептилии, крупные орлы.

2. Лабильный тип. Закономерные колебания численности порядка 5-11 лет с большей амплитудой (численность изменяется в десятки раз). Характерны сезонные изменения обилия, связанные с периодичностью размножения. Как правило, это животные некрупного размера, с более коротким сроком жизни (до 10-15 лет), с соответственно более ранним половым созреванием, высокой плодовитостью, средневидовой нормой гибели в сравнении с 1-ым типом. Пример: крупные грызуны, зайцеобразные, некоторые хищные, многие птицы, рыбы, насекомые с длинным циклом развития.

3. Эфемерный тип динамики. Неустойчивая численность, когда депрессивная стадия резко сменяется вспышкой, при этом амплитуда колебаний изменяется в сотни раз. Общая длина цикла составляет 3-5 года, из которых на долю «пика» приходится, чаще, не более года. Резко выражены сезонные колебания численности. Короткоживущие виды (до 3-х лет) с несовершенными механизмом индивидуальной адаптации, соответственно, с высокой нормой гибели и высокой плодовитостью. В основном мелкие млекопитающие и насекомые с коротким циклом развития.

Данная классификация хорошо показывает связь типа динамики численности с особенностями биологии видов. *Разные типы динамики фактически отражают разные жизненные стратегии.*

## **Лекция 6. Понятие, основные свойства и основные показатели сообщества**

В классическом понимании сообществом считается сочетание популяций растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды и образующих тем самым особую живую

систему со своим собственным составом, структурой, взаимодействием со средой, развитием и функциями (Уиттекер Р., 1980.).

В природе популяции разных видов обитают совместно. Популяции различных видов живых организмов, заселяющие общие места обитания, неизбежно вступают в определенные взаимоотношения в области питания, использования пространства. Длительное совместное существование лежит в основе формирования многовидовых сообществ – биоценозов.

В сообществах состав видов не случаен, он сложился в результате эволюционного процесса и определяется возможностью непрерывного поддержания круговорота в-в. Только на этой основе в принципе оказывается возможным устойчивое существование любой формы жизни.

Исходя из всех существующих определений, идея сообщества включает две составляющие:

Во-первых, речь идет о группе взаимодействующих организмов;

Во-вторых, сообщество существует в определенных пространственных границах.

Например,

Кребс определяет сообщество как «группу популяций растений и животных в определенном месте».

Бигон с соавторами «совокупность популяций разных видов, сосуществующих в пространстве и времени».

Саутвуд (1988), в обзоре «Концепция и природа сообщества» говорит о нем, как об организованной совокупности особей в специфическом местообитании.

Сообщество (биоценоз) – совокупность совместно обитающих организмов разных видов, представляющая собой определенное экологическое единство.

Популяция вида 1+ Популяция вида 2+...+ Популяция вида N  
= сообщество (биоценоз).

Сообщество – не просто сумма образующих его видов, но и совокупность взаимодействий между ними, т.е. оно имеет эмерджентные свойства, проявляющиеся только при изучении его самого. Это такие параметры сообщества как видовое разнообразие, пределы сходства конкурирующих видов, структура пищевой цепи и т.д.

Какие виды и в каком количестве могут входить в состав сообщества?

Долгое время это было предметом дискуссий. Случайно или закономерно объединение видов в сообщества? В настоящее время очевидно, что объединение видов в сообщества не случайно: во-первых, состав видов сложился в результате эволюционного процесса и определяется возможностью непрерывного поддержания круговорота в-в. Только на этой основе в принципе оказывается возможным устойчивое существование любой формы жизни. Во-вторых, виды комплектуются в сообщества по принципу максимально плотной упаковки экологических ниш и количество их зависит от объемов ресурсов среды и от гетерогенности среды (разнородности этих ресурсов). От степени гетерогенности среды зависит один из основных показателей сообщества – СОСТАВ СООБЩЕСТВА или ВИДОВОЕ БОГАТСТВО. Определяется он как абсолютное число видов в сообществе.

Когда состав сообщества характеризуется просто числом входящих в него видов, полностью игнорируется такой важный параметр сообщества, как количественные отношения между видами. О количественных соотношениях между видами и пойдет речь далее.

Сообщество, как и популяция, обладает собственной структурой. Структура может быть видовой и пространственной. Видовая структура сообщества иерархична. Проявляется это в том, что виды, составляющие сообщество, неравноценны по численности. Соотношение численности видов в сообществе носит название выравнивания.

Виды, по численности преобладающие в сообществе, называются доминирующими. Чтобы вид считался доминирующим в сообществе, доля его

в сообществе должна превышать 30 %. Следующие по численности виды носят название содоминирующих.

Содоминантами могут являться виды, доля которых в сообществе колеблется от 10 до 30 %. Следующие по ступеням иерархии виды носят название второстепенных членов сообщества. Их доля составляет от 3 до 10 %. Третьестепенными считаются виды, доля которых в сообществе менее 3 %.

Доминирующих видов в сообществе может быть несколько. Такие сообщества носят название полидоминантных. Если видов – доминантов два – три, то такие сообщества считаются олигодоминантными. Монодоминантным будет являться сообщество, где доминант выступает в единственном числе.

Показатель, объединяющий видовое богатство сообщества и выравненность, носит название БИОРАЗНООБРАЗИЯ.

Существуют специальные индексы, позволяющие рассчитывать эту характеристику сообщества. Чем больше видовое богатство и равномернее в сообществе распределена численность, тем показатель биоразнообразия выше. Эта ситуация в большинстве случаев наблюдается в природных, ненарушенных сообществах. Снижение выравненности наступает в случае антропогенной трансформации сообщества. Структура такого сообщества изменяется от полидоминантной до олигодоминантной или монодоминантной. На начальных стадиях такого нарушения видовое богатство может даже возрасти, но позднее и этот параметр начнет снижаться. Следовательно, индекс биоразнообразия будет продолжать падать, что является показателем неблагополучия в сообществе.

Сообщество, (как и особь, популяция) не может функционировать в отрыве от окружающей среды.

Физическая среда обитания сообщества называется биотопом.

Сообщество (биоценоз) совместно с биотопом, образуют экосистему (биогеоценоз).

Сообщество + биотоп = экосистема (бгц).

Термин «экосистема» был предложен английским экологом Тенсли в 1935 году.

«Биогеоценоз» – русским исследователем В.Н. Сукачевым (1944).

Необходимо сделать следующую оговорку сходства и различия понятий экосистема и бгц. Понятие экосистема может трактоваться несколько шире. Экосистемой может называться любое замкнутое пространство – желудок коровы, салон космического корабля, замкнутый водоем. БГЦ – привязка к биотопу более выражена - биотоп более сложен и структурирован. Примеры – лес, поле, луг.

### 3.3. Функции различных групп организмов в сообществе

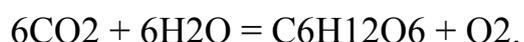
БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ состоят из трех функциональных групп организмов:

#### БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМЫ

Продуценты	Консументы	Редуценты
Фотоавтотрофы	Хемоатотрофы	Сапротрофы
	Фитофаги	Зоофаги

Первая группа организмов – ПРОДУЦЕНТЫ (производящий, лат.) или автотрофные организмы (сам питается). Они подразделяются на фото- и хемоавтотрофов.

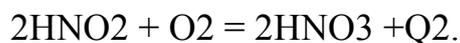
Фотоавтотрофы используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала – неорганические в-ва, основными из которых являются углекислый газ и вода. К этой группе организмов относятся все зеленые растения и некоторые бактерии. В процессе ж/д они синтезируют на свету органические в-ва – углеводы или сахара:



Энергия солнечного света преобразуется в энергию химических связей сложных органических соединений.

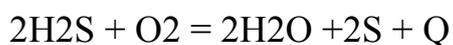
Наряду с высшими растениями способностью к фотосинтезу обладают цианобактерии (сине-зеленые водоросли). Это очень древние организмы, возникшие 3 млрд. лет назад. Предполагается, что это первые организмы-фотосинтетики, и, в первую очередь, именно они способствовали изменениям в составе атмосферы архея.

Хемоавтотрофы используют энергию, выделяемую при окислительно-восстановительных химических реакциях. К этой группе принадлежат нитрифицирующие бактерии, окисляющие аммиак до азотистой, а затем азотной кислоты.



Химическая энергия, выделенная при этих реакциях, используется бактериями для синтеза углеводов из  $\text{CO}_2$ .

В водоемах, содержащих сероводород, живут бесцветные серобактерии. Энергию, необходимую для синтеза органических соединений из углекислого газа они получают, окисляя сероводород.



Выделяющаяся в результате свободная сера накапливается в их клетках в виде множества крупинок.

Таким образом, пути получения энергии продуцентами могут различаться, но направлены они на синтез органических соединений из углекислого газа и воды.

Главная роль в синтезе органических в-в принадлежит зеленым растениям. Каждый год фотосинтезирующими организмами на Земле создается около 150 млрд. тонн органического в-ва, аккумулирующего солнечную энергию. Выделяется около 200 млрд. т свободного кислорода. За год наземные растения усваивают до 3% всего  $\text{CO}_2$  земной атмосферы, примерно 20 млрд. тонн. В составе синтезируемых из  $\text{CO}_2$  углеводов аккумулируется до  $4 \cdot 10^{18}$  кДж энергии света.

Фотосинтез создал и поддерживает современный состав атмосферы Земли, препятствует увеличению концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, предотвращая перегрев Земли. Кислородно-озоновый экран защищает жизнь планеты от губительного коротковолнового УФ – излучения. Содержание углекислого газа в атмосфере около 0.03%. При повышении его содержания до 0.1% интенсивность фотосинтеза возрастает. Но если CO<sub>2</sub> больше 1%, то интенсивность фотосинтеза снижается.

На первый взгляд кажется, что зеленые растения независимы от других организмов. Однако, если бы на Земле существовали бы только зеленые растения, то в конце концов все минеральные в-ва оказались бы связанными в этих растениях ( как в живых, так и в мертвых) и рост растений прекратился. Этого не происходит, потому что существуют другие экологические группы организмов.

Группа организмов – КОНСУМЕНТЫ (потреблять, лат.) или гетеротрофные организмы (едят других). Эти организмы используют органические в-ва в качестве источника питательного материала и энергии. Они осуществляют процесс разложения органических в-в. Консументами первого порядка являются растительноядные животные (фитофаги). Виды, представляющие этот уровень, весьма разнообразны и приспособлены к питанию разными видами растительного корма. В связи с тем, что ткани растений очень прочны, у многих фитофагов эволюционно сформировался грызущий тип ротового аппарата и различные приспособления к измельчению и перетиранию пищи. Это зубные системы грызущего и перетирающего типа у млекопитающих, мускульный желудок птиц, роговые образования нижней поверхности черепа у карповых рыб и т.п. Некоторые виды животных приспособлены к питанию соком растений или нектаром цветов, что также привело к появлению специализированного ротового аппарата сосущего, колюще-сосущего типов. Он устроен в виде трубочки, через которую всасывается высококалорийная, легкоусвояемая жидкая пища.

Приспособления к питанию растениями обнаруживаются и на физиологическом уровне. Особенно выражены они у жвачных, питающихся грубыми тканями вегетативных частей растений, содержащих большое количество клетчатки. Расщепление клетчатки осуществляется бактериями-симбионтами или простейшими, живущими в кишечнике или желудке животных ( жвачные, зайцеобразные).

Влияние растительности на растительные сообщества и отдельные растения далеко не всегда бывает таким, каким оно представляется на первый взгляд. Съели... Может быть, больше вреда от вытаптывания?

Растительные животные используют в течение своей жизни множество растений, однако, в отличие от истинных хищников эти пастбищные хищники не убивают свою жертву сразу и вообще, сомнительно, приводят ли ее к гибели вообще? Они ,как правило, съедают только часть своей жертвы. Влияние растительности на растение зависит от момента жизненного цикла растения.

Последствия дефолиации для растения, имеющего собственные семена, или имеющего хорошо развитую стеблевую и листовую систему вряд ли будут такими же, как для развивающегося проростка. Кроме того, поскольку растение после воздействия на него поедателя остается какое-то время живым, эффект этого воздействия зависит от реакции самого растения. Минеральные соли и питательные вещества могут быть отведены от одной части растения в другую; может измениться общий уровень обмена веществ; относительная скорость роста корней или побегов; скорость воспроизводства; могут образовываться различные защитные вещества и ткани. Растение предпринимает попытки к восстановлению.

На лугу (уровень растительного сообщества) выпас животных может привести к положительным для сообщества процессам: например, наблюдается увеличение видового разнообразия, выравнивания видов в сообществе, может повышаться скорость роста растений, а это приводит в конечном итоге к повышению продуктивности лугового сообщества.

Перевыпас ведет к деградации растительного сообщества (наблюдаются обратные явления вышеперечисленным).

Зоофаги также имеют специфические приспособления к характеру питания. Например, их ротовой аппарат приспособлен для схватывания и удержания живой добычи. При питании животными, имеющими плотные защитные покровы, развиваются приспособления для его разрушения. Широкие коренные зубы каланов, снабженные бугорками (питаются морскими ежами), терка скатов (иглокожими питаются), этологические особенности (вороны, чайки) бросают моллюсков, крабов на камни.

На физиологическом уровне адаптации зоофагов выражаются в наличии специальных ферментов: хитиназа.

Антикоагулянты вампиров, пиявок, комаров в секрете слюнных желез.

Паразиты также принадлежат к группе консументов, поскольку они питаются как растениями, так и животными. Сходство с фитофагами заключается в том, что паразиты также не съедают своих жертв полностью, сосуществуют с ними длительное время.

**РЕДУЦЕНТЫ** – (редукция – возвращение лат.) Их называют **ДЕСТРУКТОРАМИ**. Эти организмы специализируются на сапротрофном типе питания. Сапротрофный тип питания предусматривает использование в пищу органических соединений мертвых тел или выделений животных.

Редуценты используют питательные вещества, заключенные в отмерших растительных и животных организмах, в качестве источника энергии и пищи. При этом они разлагают органические соединения на более простые неорганические, которые способны поглощать и использовать живые растения.

Когда растения или животные погибают, их тела становятся ресурсом для других организмов. Можно утверждать, что все консументы существуют за счет мертвого материала. Плотоядные животные ловят и убивают свою жертву, а лист, оборванный травоядным становится мертвым, как только начинается переваривание. Но редуценты питаются изначально мертвой органикой. В отличие от консументов, редуценты не контролируют скорость, с которой их

ресурсы становятся доступными им. Редуценты полностью зависят от скорости, с которой какой-нибудь другой фактор (старение, инфекции, хищники) высвободит ресурс, обеспечивающий их жизнедеятельность. Хищники и паразиты непосредственно влияют на скорость продуцирования своих пищевых ресурсов. Ведь в результате потребления нарушается способность поедаемого организма к воспроизводству.

Какие группы организмов относятся к редуцентам? Это бактерии, грибы, жуки: жуки-мертвоеды, кожееды, навозники, личинки некоторых видов мух, многоножки, дождевые черви, ракообразные - речной рак, бокоплавы. Процессы разрушения обычно начинаются с заселения бактериями и грибами (г-стратегии). Затем включаются в процесс более крупные деструкторы, к-рые поедают разлагающиеся остатки вместе с грибами и бактериями. Многие из них как раз и охотятся за микороорганизмами.

Ресурсами для редуцентов служат не только тела погибших животных и растений. На протяжении жизни все существа образуют мертвый органический материал (личиночные покровы, змеиная шкура, кожа, волосы, перья, шерсть, рога, старые листья, цветы, старые особи колоний гидроидных полипов). С этими сброшенными частями часто связаны организмы, специализирующиеся на их потреблении. Например, кожа человека служит ресурсом для обитающих в домах клещей, представляющих серьезную проблему для больных астмой. Большая часть деструкторов характеризуется сравнительно высокой специализацией.

Итак, включение неорганических биогенных элементов в состав органического в-ва называют фиксацией этих элементов. Такая фиксация происходит в первую очередь в процессе роста зеленых растений. Напротив, разложение есть высвобождение энергии и минерализация химических в-в, т.е. превращение веществ из органической в неорганическую форму. Разложением называют постепенное разрушение мертвого органического материала, которое осуществляется с помощью физических факторов и биологических агентов

(редуцентов). Конечным продуктом распада могут быть CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др. неорганические соединения.

Экосистема могла бы существовать неопределенно долго, если бы в ее состав входили только продуценты и редуценты. Однако запасы энергии вместе с телами самих растений потребляются, как правило, не только редуцентами, но и консументами.

Группа организмов – КОНСУМЕНТЫ (потреблять, лат.) или гетеротрофные организмы (едят других). Эти организмы используют органические в-ва в качестве источника питательного материала и энергии. Они осуществляют процесс разложения органических веществ. Их называют еще фаготрофы – (пожирающие) – питаются непосредственно растительными и животными организмами. В основном это крупные животные – макроконсументы (травоядные, хищники).

РЕДУЦЕНТЫ – (редукция – возвращение лат.) Их называют ДЕСТРУКТОРАМИ. Эта Сапротрофы используют для питания органические соединения мертвых тел или выделения животных.

## ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ПОТОК ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМАХ

Основная функция сообщества (биоценоза) – поддержание круговорота веществ в биосфере – основывается на пищевых (трофических) взаимодействиях видов. Именно на основе пищевых взаимодействий органические в-ва, синтезированные автотрофными организмами, проходят ряд последовательных стадий химических превращений и в конечном итоге возвращаются в среду в виде неорганических веществ, которые затем вновь вовлекаются в круговорот. Поэтому сообществу необходимо в своем видовом составе иметь представителей всех трех экологических групп: продуцентов, консументов и редуцентов. Это функционально различные группы по их роли в системе круговорота веществ и потока энергии.

Продуценты, консументы и редуценты составляют пищевые (трофические) цепи экосистемы.

Последовательность трофических уровней какой либо экосистемы носит название пищевой цепи.

ПИЩЕВАЯ ЦЕПЬ: растения-кузнечики-синицы-змеи-совы.

Все организмы нуждаются для построения своих тел в веществе, а для поддержания своей жизнедеятельности – в энергии. Это относится как к отдельным особям, так и к сообществам в целом. Энергию, необходимую для жизнедеятельности продуцентов поставляет Солнце. Растения научились связывать солнечную энергию, аккумулируя ее в органических в-вах своего тела.

В соответствии с местом, занимаемым живым организмом в системе круговорота веществ и потока энергии, определяется, к какому трофическому уровню относится данный организм. Трофический уровень определяется типом питания организма. Члены трофической цепи связаны между собой определенными эволюционно сложившимися адаптациями, что обеспечивает устойчивое существование каждой популяции.

Виды – продуценты, которым свойственен автотрофный тип питания, образуют первый трофический уровень, или уровень первичной продукции. Этот уровень является основой трофической структуры и всего существования сообщества. Автотрофы синтезируют первичную продукцию сообщества.

Первичная продукция сообщества - биомасса органического в-ва, синтезированного автотрофами.

Биомасса – суммарная масса особей вида (популяции или сообщества) выражаемая обычно в единицах массы сухого или сырого в-ва, отнесенных к единицам площади или объема любого местообитания (кг/га, г/м<sup>2</sup>, кг/м<sup>3</sup>). Биомасса может выражаться в единицах энергии по отношению к определенной поверхности (Дж/м<sup>2</sup>).

Биологическая продуктивность экосистемы есть скорость формирования биомассы. Биологическая продуктивность выражается кол-вом биомассы, синтезированной за единицу времени.

Уже было сказано, что первичная продукция земного шара составляет примерно 150 млрд т. Процесс фотосинтеза, в результате которого образуются такие огромные количества продукции, связывает лишь 0.5 % всей энергии, излучаемой Солнцем на Землю в виде видимого света. Кроме того, продуктивность экосистем сильно варьирует в разных местах планеты. Наиболее продуктивными являются экосистемы коралловых рифов (2500 г сухого растительного материала на м<sup>2</sup> в год); тропического дождевого леса (2200); лес умеренного пояса (1250); тайга (800); возделываемые земли (650); континентальный шельф (360); тундра (140); открытый океан (125); пустыня (3). Лимитирующие производство первичной продукции факторами могут быть: недостаток воды, ограничивающий скорость фотосинтеза;

- нехватка минеральных солей, снижающих скорость образования фотосинтезирующей ткани;

- низкая для роста растения температура

- падение значительной части радиации на непокрытую фитомассой землю.

- недостаточное развитие почвы

- большое к-во пасмурных дней

В течение года продукция сообщества обычно лимитируется чередованием факторов.

Первичная продукция сообщества несет в себе энергию. Ее называют валовой первичной продукцией. Часть ее расходуется на дыхание самих растений. Остается чистая первичная продукция, Чистая первичная продукция несет энергию, которая становится доступной для гетеротрофов.

Гетеротрофные организмы относятся к следующим трофическим уровням. Их, этих уровней, как правило, несколько.

К гетеротрофам мы отнесли прежде всего, консументов. Консументы образуют вторичную продукцию экосистемы. Вторичная продукция экосистемы – биомасса, созданная и накопленная на уровне консументов.

Вторичная продукция зависит от первичной. В водных и наземных экосистемах наблюдается положительная корреляция между этими показателями.

**Список использованной литературы:**

Незнамова Е.Г. Экология организмов : Учебное методическое пособие. - Томск: ТУСУР, 2007. - 128 с.

Незнамова Е.Г. Экология растений : Учебное методическое пособие. - Томск: ТУСУР, 2007. - 115 с.