

# Лекция 1

Основные понятия и  
представления общей экологии .  
Учение о биосфере.

**Экология** (от греч. «ойкос» - дом, жилище и «логос»- учение) – наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают.

Главный объект изучения в экологии – **экосистемы**, т.е. единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания.

следующие основные разделы:

- *аутэкологию*, исследующую индивидуальные связи отдельного организма (виды, особи) с окружающей средой;
- *популяционную экологию (демоэкологию)*, в задачу которой входит изучение структуры и динамики популяций отдельных видов;
- *синэкологию (биоценологию)* – изучающую взаимоотношение популяций, сообществ и экосистем со средой.

# История развития экологии

Первый этап – зарождение и становление экологии как науки (до 60-х гг. XIX в.). На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения. В этот период Ж. Ламарк (1744 – 1829) и Т. Мальтус (1766 – 1834) впервые предупреждают человечество о возможных негативных последствиях воздействия человека на природу.

Второй этап – оформление экологии в самостоятельную отрасль (после 60-х гг. XIX в.). Начало этапа ознаменовалось выходом работ русских ученых К.Ф. Рулье (1814 – 1858), Н.А. Северцова (1827 – 1885) и В.В. Докучаева (1846 – 1903), впервые обосновавших ряд принципов и понятий экологии, которые не утратили своего значения и до настоящего времени.

Неоценимый вклад в развитие основ экологии внес Ч. Дарвин (1809 – 1882), открывший факторы эволюции органического мира, происхождение видов. Немецкий биолог-эволюционист Э Геккель (1834 – 1919) ввел понятие «экология».



Как самостоятельная наука экология окончательно оформилась к началу 20-го столетия. В этот период американский ученый Ч. Адамс создает первую сводку по экологии, публикуются другие важные обобщения и сводки (В. Шелфорд, Ч. Элтон). В.И. Вернадский создает учение о биосфере.

В 30-е и 40-е экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем. Сначала А. Тенсли выдвинул понятие об экосистеме, несколько позже В.Н. Сукачев обосновал близкое этому представление о биогеоценозе.

Во второй половине XX в. в связи с прогрессирующим загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействий человека на природу экология приобретает особое значение.

Начинается третий этап (50-е гг XX в. – до настоящего времени) – превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды. Из строгой биологической науки экология превращается в «значительный цикл знания, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономика...».

В 60-80-е гг. практически ежегодно принимались правительственные постановления об усилении охраны природы (об охране бассейна волги и Урала, Азовского и Черного морей, ладожского озера, Байкала). Продолжается процесс создания природоохранного законодательства, издавались земельные, водные, лесные и иные кодексы.

Эти постановления и принятые законы, как показала практика их применения, не дали необходимых результатов – губительное антропогенное воздействие на природу продолжалось. Сегодня Россия переживает тяжелый экологический кризис.

В настоящее время остановить нарушение экологических законов можно, только подняв на должную высоту экологическую культуру каждого члена общества, что возможно сделать, прежде всего, через образование, через изучение основ экологии.

Жизнь представляет собой уникальную форму организации материи, уникальность жизни состоит в том, что она функционирует качественно по-новому: живые системы в процессе своего развития создают упорядоченность, как в своей структуре, так и в процессе превращения использования энергии.

# Уровни биологической организации

организации от организма до экосистем. В ее основе лежит теория эволюционного развития Ч. Дарвина, основанная на представлениях о естественном отборе (*в результате борьбы за существование выживают наиболее приспособленные организмы, которые передают выгодные признаки, обеспечивающие выживание, своему потомству, которое может их развить дальше, обеспечив стабильное существование данному типу организмов данных конкретных условиях среды*).

Роль среды, т.е. физических факторов в эволюции и существовании организмов не вызывает сомнений. Эта среда названа абиотической. А составляющие ее отдельные части и факторы – абиотическими компонентами; биотические компоненты представлены живым веществом (рисунок 1):

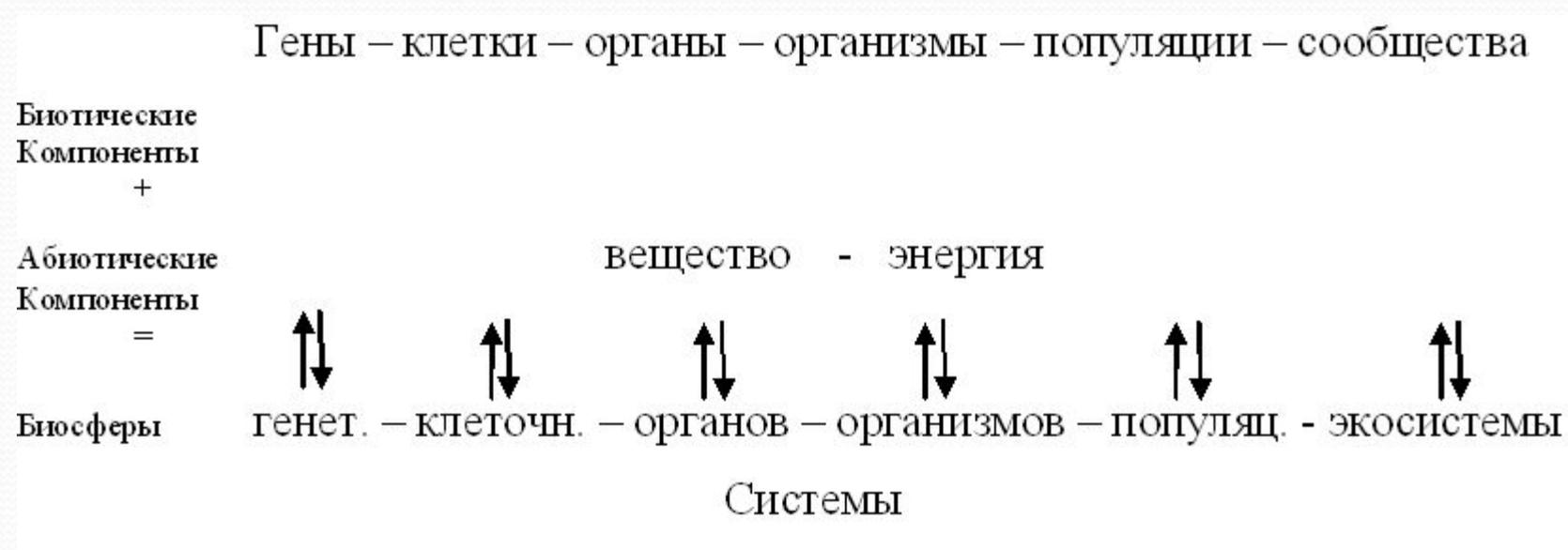


Рисунок 1 – Уровни биологической организации

В экологии **организм** рассматривается как целостная система, взаимодействующая с внешней средой, как абиотической, так и биотической. В этом случае в поле зрения попадает такая совокупность, как **биологический вид**, состоящий из сходных особей, которые, тем не менее, как индивидуумы отличаются друг от друга.

вида, способных к самовоспроизведению, имеющих некую изолированность в пространстве и времени.

**Биоценоз** – совокупность совместно обитающих популяций разных видов микроорганизмов, растений и животных.

**Биотоп** – условия окружающей среды на определенной территории: воздух, вода, почва и подстилающие их горные породы.

Именно в этой окружающей среде существуют растительность, животный мир и микроорганизмы, составляющие биоценоз.

Компоненты биотопа не просто существуют рядом, активно взаимодействуют между собой, создавая определенную биологическую систему – **биогеоценоз** (рисунок 2):

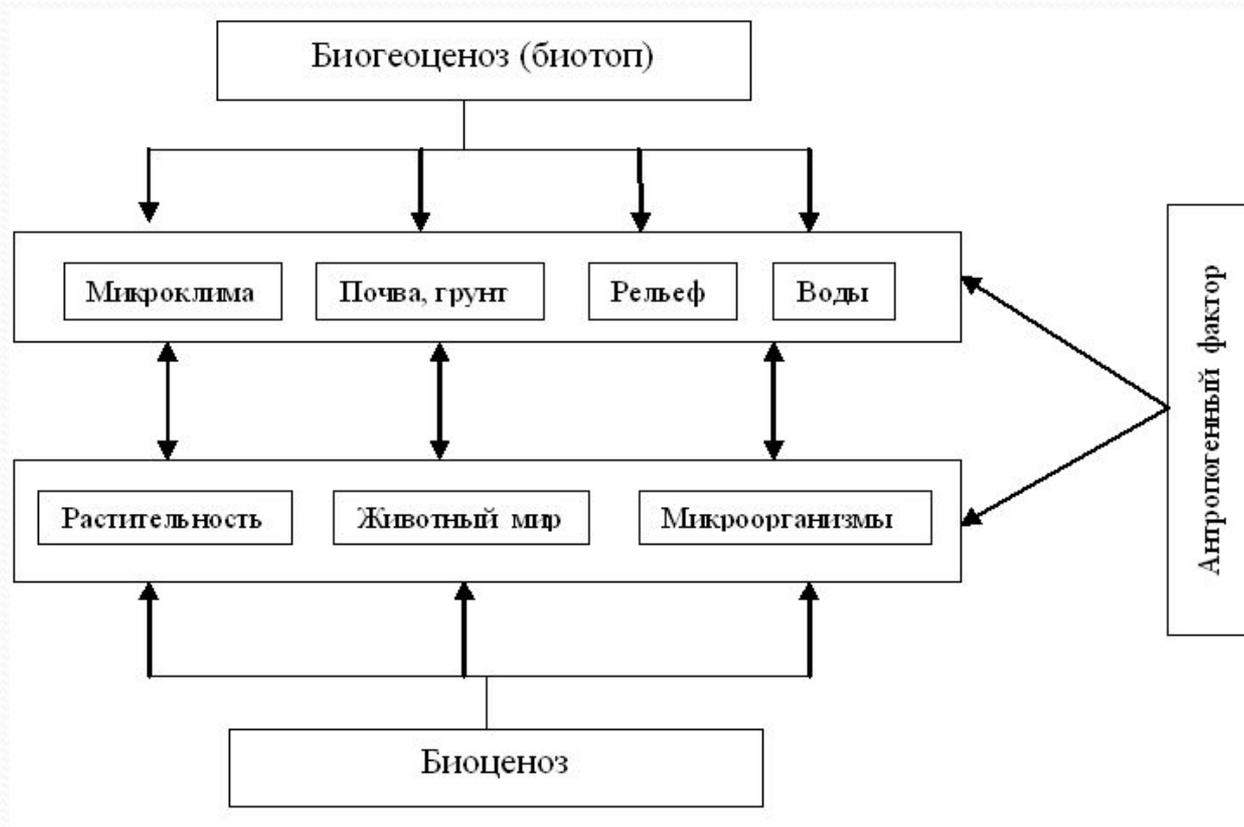


Рисунок 2 – Компоненты биотопа

Однако несколько раньше А. Генсли ввел термин «**экосистема**» - совокупность комплексов организмов с комплексом физических факторов его окружения, т.е. факторов местообитания в широком смысле.

Особое значение для выделения экосистем имеют *трофические уровни*, т.е. пищевые взаимоотношения организмов, регулирующие энергетику сообществ и экосистемы в целом.

Организмы делятся на автотрофы и гетеротрофы.

**Автотрофы** – организмы используют неорганические источники для своего существования, тем самым создают органические вещества из неорганических (зеленые растения, синезеленые водоросли, некоторые хемосинтезирующие бактерии).

**Гетеротрофы** – организмы потребляют только готовые органические вещества (животные. Человек, грибы). Потребляющие мертвую органику – *сапрофиты*, способные жить и развиваться в живых организмах за счет живых тканей – *паразиты*.

Поскольку организмы достаточно разнообразны по видам и формам питания, то они вступают между собой в сложные *трофические взаимодействия*:

- **продуценты** – производители продукции, которой потом питаются все остальные организмы (зеленые растения, водоросли);

- **консументы** – потребители органических веществ. Среди них травоядные, плотоядные и всеядные;

- **редуценты** – восстановители. Они возвращают вещества из мертвых организмов снова в неживую природу, разлагая органику до простых неорганических соединений и элементов, тем самым завершая биохимический круговорот химических элементов. Это в основном бактерии, большинство микроорганизмов и грибы.

Микроорганизмы, бактерии в зависимости от среды обитания подразделяются на *аэробные* (живущие при наличии кислорода) и *анаэробные* (живущие в бескислородной среде).

# Энергетика экосистемы

Живые организмы сами не создают энергию, они лишь превращают один вид энергии в другой. Необходимую для жизни энергию поставляет внешний источник – Солнце. Солнечную энергию преобразуют растения в процессе фотосинтеза.

*Фотосинтез* –  
непосредственное поглощение  
хлорофиллами световой  
энергии с превращением ее в  
энергию химических связей:

СВЕТ



Из 70 % поступающей солнечной энергии !  
% используется в процессе фотосинтеза.  
При фотосинтезе каждый грамм  
ассимилированного углерода  
превращается в химическую солнечную  
энергию, равную 38,9 кДж.

# Взаимодействие организмов и среды

**Среда обитания** организма – это совокупность абиотических и биотических условий его жизни. Свойства среды постоянно меняются, и любое существо, чтобы выжить, приспосабливается к этим изменениям.

**1. Экологические факторы** – это определенные условия и элементы среды, которые оказывают специфическое воздействие на организм.

**2. Антропогенные факторы** – факторы, порожденные человеком и воздействующие на окружающую среду (загрязнение, эрозия почв, уничтожение лесов).

**3. Биотические факторы** – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания. В последнем случае речь идет о способности самих организмов в определенной степени влиять на условия обитания.

**4. Абиотическими факторами** называют всю совокупность неорганической среды, влияющие на жизнь и распространение животных и растений.

Среди них выделяют:

(механическое, волновое и др.). например, температура, если она высокая – будет ожог, если очень низкая – обмороживание. На действие температуры могут повлиять и другие факторы: в воде – течение, на суше – ветер и влажность.

- *химические факторы* – это те, которые происходят от химического состава среды. Например, соленость воды, если она высокая, то жизнь в водоеме может вовсе отсутствовать, но в то же время в пресной воде не могут жить большинство морских организмов. От достаточности содержания кислорода зависит жизнь животных на суше и в воде.

- *эдафические факторы, т.е. почвенные* – это совокупность химических, физических и механических свойств почв и горных пород, оказывающих воздействие как на организмы, живущие в них, т.е. для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений.

# Возможные типы комбинаций и отражают различные виды взаимоотношений:

- *нейтрализм* – оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга;
- *аменсализм* – один вид, аменсал, испытывает от другого угнетение роста и размножения;
- *конкуренция* – каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие;
- *комменсализм* – один вид, комменсал, извлекает пользу, а другой вид – хозяин не имеет никакой выгоды;

- *содружество* – оба вида образуют сообщество, но могут существовать и раздельно, хотя сообщество приносит им обоим пользу;
- *мутуализм* – виды не могут существовать друг без друга;
- *паразитизм* – паразитический вид тормозит рост и размножение своего хозяина и даже может вызвать его гибель;
- *хищничество* – хищный вид питается своей жертвой.

## **Совместное действие факторов**

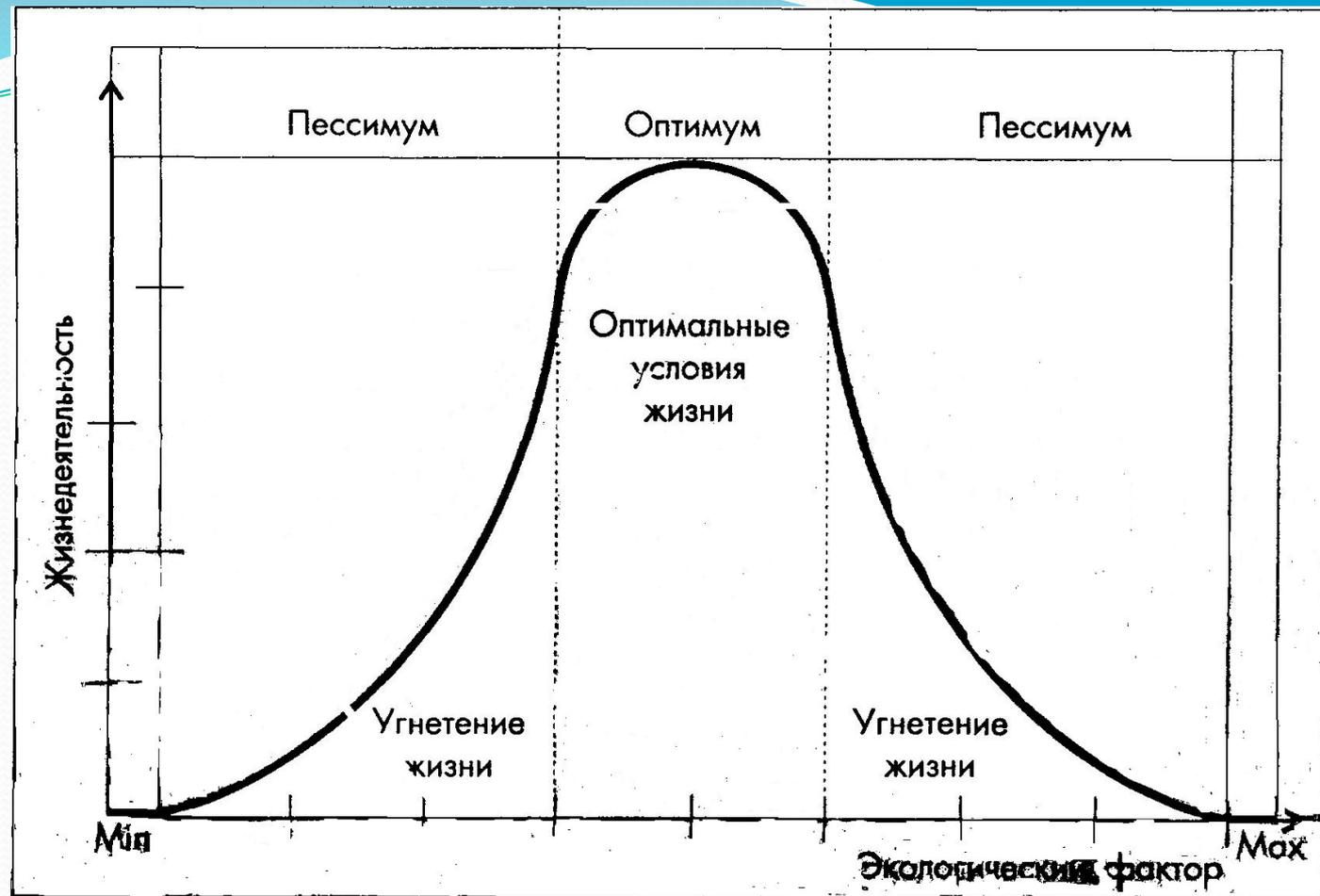
Фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма, называется **ограничивающим или лимитирующим**. Ограничивающее действие фактора будет проявляться и в том случае, когда другие факторы среды благоприятны или даже оптимальны. В роли ограничивающего фактора могут выступать как ведущие, так и фоновые экологические факторы.

жизнедеятельности организма, называется *экологическим оптимумом*, а дающая наихудший эффект – *экологическим пессимумом*, т.е. условия, при которых жизнедеятельность организма максимально угнетается, но он еще может существовать. Так, при выращивании растений при различных температурах точка, при которой наблюдается максимальный рост, и будет *оптимумом*. В большинстве случаев это некий диапазон температур, составляющий несколько градусов, поэтому в данном случае целесообразнее говорить о *зоне оптимума*.

Понятие о лимитирующих факторах было введено в 1840 году химиком Ю. Либихом.

Весь интервал температур, от минимальной до максимальной, при которых еще возможен рост, называют *диапазоном устойчивости* (*выносливости*) или *толерантности*. Точки, ограничивающие его, т.е. максимальная и минимальная температуры пригодны для жизни – это *пределы устойчивости*. Между зоной оптимума и пределами устойчивости по мере приближения к последним растение испытывает все нарастающий стресс, т.е. речь идет о *стрессовых зонах*, или *зонах угнетения* в рамках диапазона устойчивости.

По мере удаления от оптимума вниз и вверх по шкале не только усиливается стресс, - в конечном итоге по достижении пределов устойчивости организма происходит **его гибель**. Зоны действия экологического фактора и теоретическая зависимость жизнедеятельности организма, популяции или сообщества от количественного значения фактора представлена на рисунке 3:



**Рисунок 3 - Зависимость  
жизнедеятельности организма, популяции  
или сообщества от количественного  
значения фактора**

Экологически выносливые виды называют *эврибионтными*, маловыносливые – *стенобионтными*. Эврибионтность и стенобионтность характеризуют различные типы приспособленности организмов к выживанию. Виды, длительное время развивающиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенибионтности, тогда как виды, существующие при значительных колебаниях факторов среды, приобретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными.

Эврибионтность способствует широкому распространению видов. Многие простейшие, грибы (типичные эврибиоты) являются космополитами и распространены повсеместно. Стенобионтность обычно ограничивает ареалы. В то же время, нередко благодаря высокой специализированности, стенобионтам принадлежат обширные территории.

# Значение физических и химических факторов среды в жизни организмов

**1. Температура** – важнейший из ограничивающих факторов. Пределом толерантности для любого вида являются максимальная и минимальная летальные температуры, за пределами которых вид смертельно поражают жара или холод. Если не принимать во внимание некоторые уникальные исключения, все живые существа способны жить при температуре между 0 и 50 °С, что обусловлено свойствами протоплазмы клеток.

Адаптационные процессы у животных по отношению к температуре привели к появлению пойкилотермных и гомойотермных животных. Подавляющее большинство животных являются *пойкилотермными*, т.е. температура их собственного тела меняется с изменением температуры окружающей среды: земноводные, пресмыкающиеся, насекомые и др. значительно меньшая часть животных – *гомойотермные*, т.е. имеют постоянную температуру тела, независимую от температуры внешней среды: млекопитающие (в том числе и человек).

физиологические адаптации, простейшей из которой является *акклиматизация* – физиологическое приспособление к перенесению жары или холода (борьба с перегревом путем увеличения испарения; борьба с охлаждением путем частичного обезвоживания). Существуют и более радикальные формы защиты от холода – миграция в более теплые края, зимовка – впадение в спячку на зимний период. Большинство животных зимой находятся в неактивном состоянии, а насекомые – вообще в неподвижном, остановившемся в развитии – диапауза.

**2. Свет** – первичный источник энергии, без которого невозможна жизнь на земле, участвует в процессе фотосинтеза, но это и важнейший экологический фактор.

Важное значение для растений имеет интенсивность освещения. По отношению к освещенности они подразделяются на *светолюбивые* (гелиофиты, не выносят тени), *тенелюбивые* (сциофиты, не выносят яркого солнечного света) и *теневыносливые* (имеют широкий диапазон толерантности к свету).

Свет имеет большое сигнальное значение и вызывает регуляторные адаптации организмов во времени. *Фотопериодизм* – это реакция организма на сезонные изменения длины дня. Длина дня в данном месте, в данное время года всегда одинакова, что позволяет растению и животному определиться на данной широте со временем года, т.е. временем начала цветения, созревания и т.п.

# Популяция – любая, способная к

самовоспроизведению  
совокупность особей одного  
вида, более или менее  
изолированная в пространстве  
и времени от других  
аналогичных совокупностей  
одного и того же вида.

**Выделяют две группы количественных показателей:  
статистические и динамические.**

**1. Статистические показатели** характеризуют состояние популяции на данный момент времени (численность, плотность и показатели структуры).

- **Численность** – это поголовье животных или количество растений в пределах некоторой пространственной единицы – ареала, бассейна реки, акватории моря, области, района.

- **Плотность** – число особей, приходящихся на единицу площади, например, *плотность населения* – количество человек, приходящееся на один квадратный километр, для гидробионтов – это количество особей на единицу объема, на литр или кубометр.

- **Показатели структуры:**

- *половой* – соотношение полов,
- *размерный* – соотношение количеств особей разных размеров,
- *возрастной* – соотношение количества особей различного возраста в популяции.

**2. Динамические показатели** характеризуют процессы, протекающие в популяции за какой-то промежуток (интервал) времени (рождаемость, смертность и скорость роста популяций).

- **Рождаемость** – это число особей, рождающихся в популяции за единицу времени.

При рассмотрении экосистем пользуются другим показателем – **продукция** – сумма прироста массы всех особей из множества популяций биогенного сообщества за определенный промежуток времени.

- **Смертность** – число особей, погибших в популяции в единицу времени.

- **Скорости иммиграции и эмиграции**, т.е. количество особей, прибывших и убывших в популяции в единицу времени.

Среди растений различают три основных типа стратегий выживания, направленных на повышение вероятности выжить и оставить после себя потомство:

- *виоленты* (силовики) – подавляют всех конкурентов, например, деревья, образующие коренные леса;
- *пациенты* – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях;
- *эксплеренты* (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества, на вырубках и гарях (осины), на отмелях.

# Биоценоз

**Биоценоз** – исторически сложившиеся устойчивая совокупность популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, приспособленных к совместному обитанию на однородном участке территории или акватории. Термин предложил немецкий зоолог К. Мебиус в 1877 г.

## Составные части биоценоза:

- *фитоценоз* (устойчивое сообщество растений),
- *зооценоз* (совокупность взаимосвязанных ВИДОВ ЖИВОТНЫХ),
- *микоценоз* (сообщество грибов),
- *микробиоценоз* (сообщество микроорганизмов).

Участок земной поверхности (суши или водоема) с однородными условиями обитания, занимаемый и тем или иным биоценозом – *биотоп*.

# **Видовая структура биоценоза**

Видовое разнообразие – это число видов в данном сообществе или регионе, т.е. имеет более конкретное содержание и является одной из важнейших как качественных, так и количественных характеристик устойчивости экосистемы. Оно взаимосвязано с разнообразием условий среды обитания. Чем больше организмов найдут в данном биотопе подходящих для себя условий по экологическим требованиям, тем больше видов в нем поселится.

Виды, которые преобладают по численности, называют **доминантными**.

Но и среди них есть такие, без которых другие виды существовать не могут. Их называют **эдификаторами**. Они определяют микросреду всего сообщества и их удаление грозит полным разрушением биоценоза.

**«Второстепенные»** - малочисленные и даже редкие виды, тоже очень важны в сообществе. Их наличие – это гарантия устойчивого развития сообщества. В наиболее богатых биоценозах практически все виды малочисленны, но чем беднее видовой состав, тем больше видов доминантов.

# Пространственная структура биоценоза

Виды в биоценозе образуют и определенную **пространственную структуру**, особенно в его растительной части – **фитоценозе**. Прежде всего четко определяется *вертикальное ярусное строение* в лесах умеренного и тропического поясов.

выделить пять – шесть ярусов: первый – деревья первой величины (дуб, липа, вяз); второй – деревья второй величины (рябина, яблоко, груша, черемуха); третий – подлесок кустарниковый (крушина, жимолость, бересклет); четвертый состоит из высоких трав, а пятый и шестой из более низких. Ярусность позволяет растениям более полно использовать световой поток – в верхних ярусах светолюбивые, в нижних – теневыносливые. В вертикальном направлении, под воздействием растительности, изменяется микросреда. Изменения микросреды способствует образованию и определенной ярусности фауны – от насекомых, птиц и до млекопитающих.

Помимо ярусности в пространственной структуре биоценоза наблюдается **мозаичность** – изменение растительности и животного мира по горизонтали. Площадная мозаичность зависит от разнообразия видов, количественного их взаимоотношения, от изменчивости ландшафтных и почвенных условий. Мозаичность может возникнуть и искусственно – в результате вырубки лесов человеком.

Место вида в природе,  
преимущественно в  
биоценозе, включающее как  
положение его в пространстве,  
так и функционирующую его  
роль в сообществе, отношение  
к абиотическим условиям  
существования –  
**экологическая ниша.**

# Экологические системы

Экосистема – это существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией.

К экосистемам можно отнести биотические сообщества любого масштаба с их средой обитания – от пруда до Мирового океана, и от пня в лесу до обширного лесного массива. В связи с этим выделяют

- 
- микроэкосистемы (подушка лишайника);
  - мезоэкосистемы (пруд, озеро, спеть);
  - макроэкосистемы (континент, океан);
  - глобальная экосистема (биосфера).

Это способность

## **Гомеостаз экосистемы**

организма, популяции и экосистем – противостоять изменениям и сохранять равновесие. Исходя из кибернетической природы экосистем – гомеостатический механизм – это обратная СВЯЗЬ.

## **Энергетика экосистемы**

Энергия передается от организма к организму, создающих пищевую или **трофическую цепь**: от автотрофов, продуцентов (создателей) к гетеротрофам, консументам (пожирателям) и так четыре – шесть раз с одного трофического уровня на другой.

**Трофический уровень** – это место каждого звена в пищевой цепи.

*Первый трофический уровень* – это продуценты, все остальные консументы.

*Второй трофический уровень* – это растительноядные консументы;

*третий* – плотоядные, питающиеся растительноядными формами;

*четвертый* – консументы, потребляющие других плотоядных.

Большая часть энергии при переходе с одного трофического уровня на другой, более высокий, теряется. Приблизительно потери составляют около 90 %: на каждый следующий уровень передается не более 10 % энергии от предыдущего уровня. Так, если калорийность продуцента 1000 Дж, то при попадании в тело фитофага остается 100 Дж, в теле хищника уже 10 Дж, а если этот хищник будет съеден другим, то на его долю останется лишь 1 Дж, т.е. 0,1 % от калорийности растительной пищи.

Нельзя забывать и мертвую органику, которой питается значительная часть гетеротрофов. Среди них есть и сапрофаги, и сапрофиты (грибы), использующие энергию, заключенную в детрите. Поэтому различают два вида трофических цепей: -

- **цепи выедания или пастбищные**, которые начинаются с поедания фотосинтезирующих организмов;

- **детритные цепи разложения**, которые начинаются с остатков отмерших растений, трупов и экскрементов животных.

**Биологическая продуктивность**  
**Продуктивность экологической**  
**системы** – это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое может быть использовано в качестве пищи.

Различают разные уровни

продуцирования

органического вещества:

- *первичная продукция* –

создается продуцентами в

единицу времени;

- *вторичная* – прирост за

единицу времени массы

консументов.

Первичная продукция подразделяется на валовую и чистую продукция.

- *Валовая первичная продукция* – это общая масса валового органического вещества, создаваемая растением в единицу времени при данной скорости фотосинтеза, включая траты на дыхание – от 40 до 70 % от валовой продукции.

- Та часть валовой продукции, не израсходована на дыхание, называется *чистой первичной продукцией*, представляет собой величину прироста растений и именно эта продукция потребляется консументами и редуцентами.

Все компоненты экосистемы составляют *общую биомассу сообщества* в целом или тех иных групп организмов. Ее выражают в г/см<sup>3</sup> в сыром или сухом виде, или в энергетических единицах – в калориях, джоулях.

*В стабильных сообществах практически вся продукция тратится в трофических сетях, и биомасса остается практически постоянной.*

Трофическую структуру экосистемы можно изобразить графически, в виде экологических пирамид. Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а последующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды.

Известны *три основных типа экологических пирамид*:

- пирамида чисел отображает закономерность, обнаруженную Элтоном: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается.

- пирамида биомассы четко указывает на количество всего живого вещества на данном трофическом уровне. В наземных экосистемах действует следующее правило: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников.

- пирамида продукции или энергии, правило: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, созданной за единицу времени (или энергии), больше, чем на последующем.

# Динамика экосистемы

**Сукцессия** – последовательная закономерная смена биоценозов на одной и той же территории под влиянием природных антропогенных факторов. Экологическая сукцессия проходит в определенный отрезок времени ряд стадий развития, первые из которых называют стадией первых переселенцев до возникновения стабилизированной системы – **климаксом**.

сообщества начинается на первоначально свободном субстрате. Она может возникнуть на склоне после оползня или обвала, на образовавшейся отмели, на обнаженных эоловых песках пустыни. Ельник – последняя климаксовая стадия развития экосистемы в климатических условиях севера. Вначале здесь развиваются березки, под пологом которых растут ели. Береза растет в 10 – 12 раз быстрее ели. Под кронами берез возникает свой микроклимат, а ель продолжает расти в благоприятной обстановке, и береза не выдерживает конкуренции с ней за пространство и свет и постепенно вытесняется елью.

является, как правило, следствием деятельности человека. Формирование ельника чаще происходит в результате вторичной сукцессии, возникающей на вырубках леса. Вторичная сукцессия заканчивается стабильной стадией сообщества через 150 – 200 лет, а первичная длится 1000 лет. Вторичная, антропогенная сукцессия проявляется в эвтрофикации. Бурное «цветение» водоемов, особенно искусственных водохранилищ, есть результат их обогащения биогенами (фосфор). Они фиксируют азот из атмосферы, способны освободить фосфор из продуктов метаболизма других водорослей и т.п., и, благодаря этим качествам, захватывают водоем, биоценоз которого практически перерождается. Возникают массовые заморы рыб, в особо тяжелых случаях жизнь аэробных организмов вообще исключена.

# Учение о биосфере

*Биосфера* – сложная наружная оболочка Земли, населенная организмами, составляющими в совокупности живое вещество планеты. Это одна из важнейших геосфер земли, являющаяся основным компонентом природной среды, окружающей человека. В первой трети XX в. возникло новое фундаментальное научное направление в естествознании – *учение о биосфере*, основоположником которого является русский ученый В.И. Вернадский.

**Круговорот веществ в природе**  
Взаимодействие между биотой  
и абиотическими  
компонентами биосферы  
осуществляется в результате  
двух основных круговоротов  
веществ в природе: большого  
(геологического) и малого  
(биогеохимического).

**1. Большой круговорот** веществ в природе обусловлен взаимодействием солнечной энергии с глубинной энергией Земли и перераспределяет вещества между биосферой и более глубокими горизонтами. Этот круговорот в системе «магматические породы – осадочные породы – метаморфические породы (преобразование температурой и давлением) – магматические породы».

Влага, испарившаяся с поверхности океана (на это тратится 50% солнечной энергии), частью переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые возвращаются в океан в виде поверхностного подземного стока, а часть осадков выпадает на эту же водную поверхность океана. В круговороте на земле ежегодно участвует более 500 тыс. км<sup>3</sup> воды. Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на нашей планете. С учетом транспирации воды растениями и поглощения ее в биогеохимическом цикле весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за два миллиона лет.

**2. Малый круговорот веществ в биосфере (биогеохимический)** совершается лишь в пределах биосферы. Сущность его – в образовании живого вещества из неорганического в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения. Этот круговорот для жизни биосферы – главный, он является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое вещество поддерживая жизнь на Земле, обеспечивая биогеохимический круговорот веществ.

Химические элементы образуют замкнутую систему, в которой атомы используются многократно. Круговорот отдельных веществ В. И. Вернадский назвал *биогеохимическими циклами*. Этими циклами и круговоротом в целом обеспечиваются важнейшие *функции живого вещества* в биосфере. Вернадский выделяет пять функций:

- *газовая* – основные газы атмосферы Земли, азот и кислород, биогенного происхождения, как и все подземные газы – продукт разложения отмершей органики;
- *концентрационная* – организмы накапливают в своих телах многие химические элементы, среди которых на первом месте стоит углерод, среди металлов первый кальций, концентраторами кремния являются диатомовые водоросли, йода – водоросли – ламинария, фосфора – скелеты позвоночных животных;
- *окислительно-восстановительная* – организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или же осаждения ряда металлов (V, Mn, Fe) и неметаллов (S) с переменной валентностью;
- *биохимическая* – размножение, рост и перемещение в пространстве живого вещества;
- *биогеохимическая деятельность человека* – охватывает все разрастающееся количество вещества земной коры, в том числе таких концентраторов углерода, как уголь, нефть, газ и др.



**Биогеохимические циклы  
наиболее жизненно важных  
биогенных веществ**

1. В круговороте углерода ( $\text{CO}_2$ ) (скорость оборота порядка 300 лет) четко прослеживается трофическая цепь: продуценты, улавливающие углерод из атмосферы при фотосинтезе, консументы – поглощающие углерод вместе с телами жертв, редуценты – возвращающие углерод вновь в круговорот. В Мировом океане часть углерода мертвого организма «уходит» в осадочные породы и участвует уже в геологическом круговороте. Главным резервуаром биологически связанного углерода являются леса: 500 млрд. т – 2/3 от его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот этого элемента приводит к возрастанию содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

2. Скорость *круговорота кислорода* – 2 тысячи лет. Основной поставщик кислорода – зеленые растения. С круговоротом кислорода тесно связано образование в высоких слоях атмосферы озона. Главный потребитель кислорода – животные и растения, расходующие его на дыхание. Но и на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 23 5 кислорода, образовавшегося в процессе фотосинтеза. Сегодня больше стоит проблема не нехватки кислорода, а его качество.

3. Биогеохимический круговорот азота не менее сложен. Растениями он усваивается только в форме соединения его с водородом и кислородом. Редуценты, а именно, почвенные бактерии, постепенно разлагают белковые вещества отмерших организмов и превращают их в аммонийные соединения, нитрата и нитриты. Азот в виде нитратов и нитритов усваивается растениями может передаваться по трофическим цепям. Часть нитратов в процессе круговорота загрязняет подземные воды. Азот возвращается в атмосферу вновь с выделенными при гниении газами. Роль бактерий в цикле азота такова, что если будет уничтожено только двенадцать их видов, участвующих в круговороте азота, жизнь на Земле прекратится.



4. Биогеохимические циклы фосфора и серы значительно менее совершенны, так как это типичный осадочный биогеохимический цикл. Возвращаться опять в круговорот эти биогены могут лишь в результате геологических процессов или путем извлечения их из окружающей среды живым веществом.

*Фосфор* содержится в горных породах и может попасть в круговорот в случае выветривания этих пород. В его круговороте выделяют две части – водную и наземную. В водных экосистемах он усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до консументов третьего порядка – морских птиц. С их экскрементами фосфор снова попадает в море и вступает в круговорот, туда же он возвращается и из отмирающих морских животных, но часть их скелетов достигает дна и он снова попадает в осадочные породы. В наземных экосистемах растения извлекают фосфор из почв, возвращается он в почву после отмирания организмов и с их экскрементами, а теряется из нее в результате водной эрозии.

Сера не является лимитирующим биогенном, так как ее природные ресурсы достаточно велики. Она имеет основной резервный фонд в породах и почве, но имеется запас в атмосфере. В морской среде сульфат-ионы являются основной доступной формой серы для автотрофов. В наземных экосистемах сера возвращается в почву при отмирании растений, окисляется, и возникши сульфаты поглощаются растениями из почвенных растворов. Круговорот серы является ключевым при продуцировании и разложении (при образовании сульфидов железа растворим фосфор и доступен организмам).

Однако, круговорот серы  
может быть нарушен  
вмешательством человека:  
сернистый газ, продукт  
сжигания топлива, нарушает  
процессы фотосинтеза и  
приводит к гибели  
растительности.



# **Классификация природных систем биосферы на ландшафтной основе**

географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, верхние горизонты литосферы, климат, почвы, растительность, животный мир) находятся в сложном взаимодействии, образуя однородную по условиям развития единую систему.

*Природный ландшафт*  
формируется под влиянием  
природных факторов и не  
преобразован хозяйственной  
деятельностью человека  
(охраняемый, геохимический,  
элементарный).

*Антропогенный ландшафт–*  
преобразованный  
хозяйственной деятельностью  
бывший природный ландшафт  
настолько, что изменена связь  
природных компонентов  
(занимают 50 % суши)  
(агрокультурный, техногенный,  
городской).



Ю. Одум предложил  
классификацию природных  
экосистем на принципах  
биомного подхода:

- *наземные экосистемы* (речь идет об экосистемах климатического климакса, т.е. развитые в них гомеостатические процессы наиболее совершенны в данных климатических условиях): тундра, бореальные хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степь умеренной зоны, тропические степи и саванны, чапарраль – районы с дождливой зимой и засушливым летом, пустыня, полувечнозеленый тропический лес – выраженный влажный и сухой сезоны, вечнозеленый тропический дождливый лес. Влажные тропические леса обладают самой большой биомассой и самой высокой продуктивностью из биоценозов суши. У них самая высокая скорость эволюции и видообразования.

- *пресноводные экосистемы* (составляют весьма малую часть от всех экосистем биосферы. Для человека имеют непреходящее значение, вследствие того, что они практически единственный источник для бытовых и промышленный нужд пресной воды.

Лимитирующие факторы – температура, прозрачность, течение, соленость): лентичные (стоячие воды): озера, пруды; лотические (текучие): реки, ручьи; заболоченные угодья: болота, болотистые леса.

- ~~морские экосистемы~~ (занимают более 70 % поверхности планеты. Глубина океана огромна, но жизнь есть во всех его уголках и наиболее богата вблизи суши. Барьерами для передвижения животных являются температура, соленость, глубина, тем не менее в океане отсутствуют абиотические зоны. Наиболее продуктивны в Мировом океане области **апвеллинга** – процесс подъема холодных вод с глубины океана там, где ветры постоянно перемещают воду прочь от крутого материкового склона, взамен которой поднимается из глубины вода, обогащенная биогенами): открытый океан, воды континентального шельфа (прибрежные воды), районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством).

# Учение В.И. Вернадского о биосфере

По представлениям В.И. Вернадского, биосфера включает живое вещество (все живые организмы), биогенное (уголь, известняк, нефть), косное (в его образовании живое не участвует, магматические горные породы), биокосное (создается с помощью живых организмов), а также радиоактивное вещество, вещество космического происхождения (метеориты) и рассеянные атомы.

Сущность учения заключена в признании исключительной роли «живого вещества», преобразующего облик планеты. Вторым аспектом учения является разработанное представление об организованности биосферы, которая проявляется в согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды.

# Ноосфера как новая стадия развития биосферы

Ноосфера – высшая стадия развития биосферы, это сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития.

Понятие появилось в связи с оценкой роли человека в эволюции биосферы.

Окружающая человека среда, в которой природные процессы обмена веществ и энергии контролируются обществом.