

# ЭКОСИСТЕМНЫЙ УРОВЕНЬ



СООБЩЕСТВО,  
ЭКОСИСТЕМА,  
БИОГЕОЦЕНОЗ

# СООБЩЕСТВО = биоценоз

это совокупность живых организмов, длительное время сосуществующих в определенном пространстве и представляющих собой экологическое единство.

Все виды сообщества обеспечивают друг друга пищей, укрытиями, защитой, условиями для размножения и прочим.

Сообщества складываются не случайно. В сходных условиях формируются похожие сообщества (озера средней полосы)

Термин «биоценоз» был предложен в 1877 г. немецким гидробиологом **К.Мебиусом**.

**Примеры:** биоценоз норы, ручья, болотной кочки, ковыльной степи

# Границы биоценозов

Границы биоценоза на суше определяются:

**на суше** относительно однородным участком растительности

**в водной среде** — экологическими подразделениями частей водоемов (абиссальные и пелагические биоценозы и др).

Границы сообществ очень редко бывают четкими.

Как правило, образуются обширные пограничные зоны, отличающиеся особыми условиями – **ЭКОТОНЫ**

«**Правило экотона**», или **краевого эффекта**, состоит в том, что на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них (пример – опушка леса).

# Экосистема

Это сообщество живых организмов вместе с **физической средой их обитания**, объединенные **обменом веществ и энергии** в единый комплекс.

Примеры: пруд – обитатели, вода, дно, атмосферный воздух, контактирующий с поверхностью пруда, солнечная радиация.

Энергия и вещества заимствуются из неживой природы и возвращаются в неё, формируя биогеохимические циклы.

Экосистема – это очень широкое понятие

# БИОГЕОЦЕНОЗ

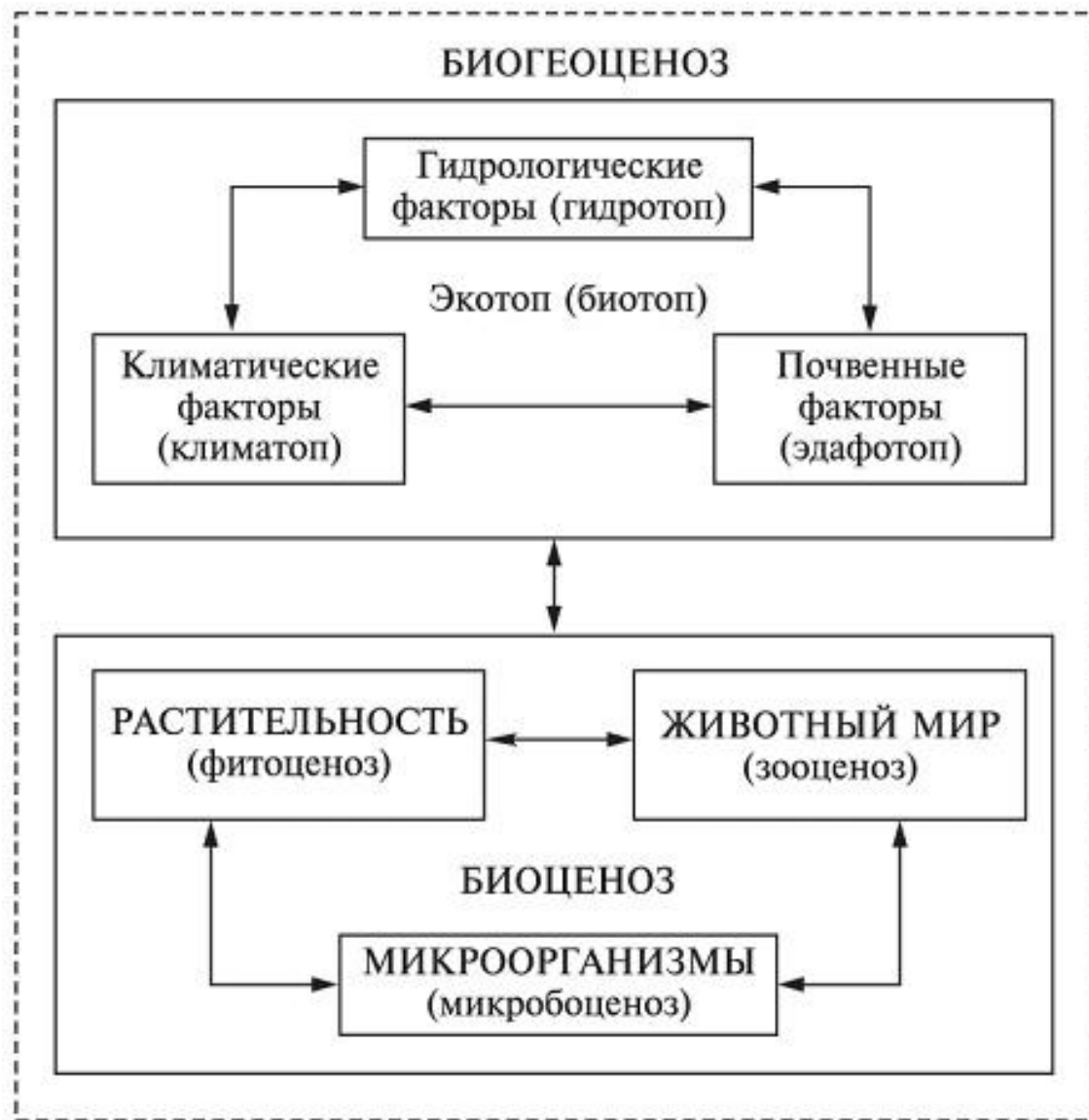
элементарная природная экосистема на как составная часть природного ландшафта



**Экотоп** – однородный в экологическом отношении участок территории или акватории, занятый одним биоценозом

**Биоценоз** – совокупность живых организмов, населяющих экотоп

# Элементы биоценоза



# Классификация экосистем

- Основана на доминирующем растительном сообществе с учетом климатических (зональных) признаков:
- Тундра моховая
- Лес еловый
- Степь ковыльная
- Болото сфагновое

Экосистемы не имеют четких физических границ и постепенно переходят друг в друга при смене природных условий.

Все природные экосистемы формируют глобальную ЭС – **БИОСФЕРУ** (Вернадский – «учение о биосфере»)

Экосистемный уровень

# **СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ**



# Структуры сообщества

**Видовая** – многообразие видов, входящих в структуру сообщества

**Пространственная:**

- **Горизонтальная** - расчлененность в горизонтальном направлении
- **Вертикальная** - вертикальное расслоения биоценозов на разновысокие части

**Морфологическая** – совокупность жизненных форм живых организмов, входящих в структуру сообщества

**Трофическая** – соотношение живых организмов по их участию в биологическом круговороте веществ

# Видовая структура сообществ

Видовая структура биоценоза характеризуется:

**видовым разнообразием**

**количественным соотношением видов.**

Виды, которые преобладают по численности, называют **доминантными**. Они занимают господствующее положение в биоценозе. Обычно наземные биоценозы называют по доминирующим видам: лиственный лес, сфагновое болото, ковыльно-типчаковая степь.

Виды, живущие за счет доминантов, называют **предоминантами**. Например, в дубовом лесу предоминантами являются кормящиеся за счет дуба насекомые, сойки, мышевидные грызуны.

Виды, создающие условия для жизни других видов данного биоценоза называют **эдификаторами**. Как правило, это растения.

О состоянии биоценозов судят по редким видам, которые наиболее требовательны к экологическим факторам в данной экосистеме.

# Пространственная структура сообщества

Пространственная структура биоценоза включает структуры:

- Вертикальную (ярусность)
- Горизонтальную (мозаичность)

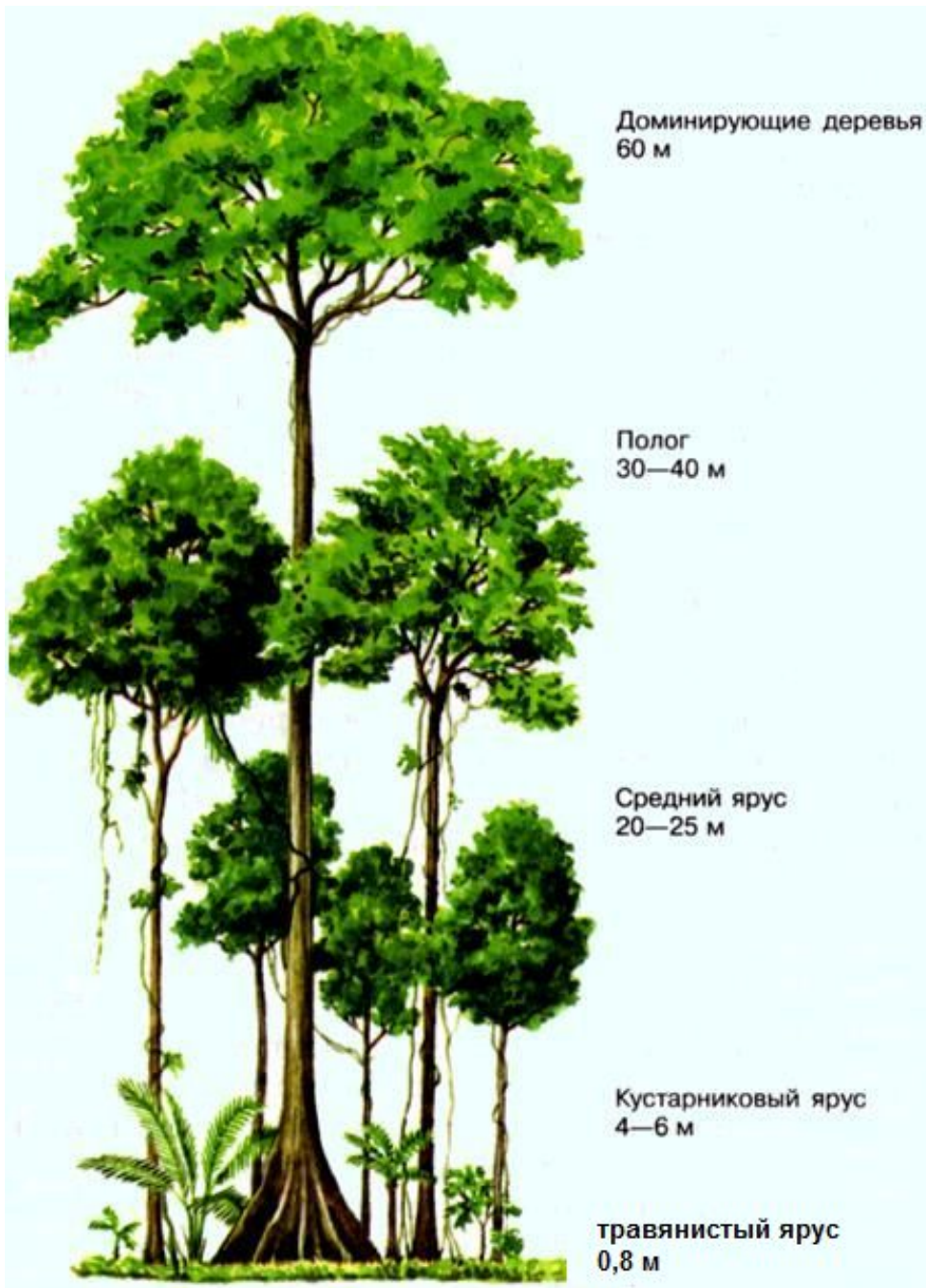
# Ярусность

**Ярусность** — это явление вертикального расслоения биоценозов на разновысокие части. Четко определяется ярусное строение в фитоценозах.

Ярусно располагаются и подземные части растений: в поверхностных слоях почвы корней значительно больше, чем в глубинных.

Растения каждого яруса и обусловленный ими микроклимат способствуют образованию определенной ярусности фауны — от насекомых, птиц до млекопитающих. Следовательно, ярусы в биоценозе различаются не только высотой, но и составом организмов, их экологией и той ролью, которую они играют в жизни всего сообщества.

**ярус** — это часть слоя в сообществе, образованная функционально различными органами растений и сопряженные с нею консументы и редуценты.



1-й ярус — это деревья первой величины (дуб, ель, сосна, береза, осина);

2-й — деревья второй величины (рябина, черемуха, яблоня, груша);

3-й — подлесок из кустарников (лещина, бересклет, шиповник, жимолость, крушина);

4-й — подлесок из высоких кустарничков и крупных трав (багульник, голубика, вереск, аконит, иван-чай);

5-й — низкие кустарнички и мелкие травы (клюква, кислица);

6-й — мхи, напочвенные лишайники.

# Мозаичность

**Мозаичность** - расчлененность в горизонтальном направлении, свойственна почти всем фитоценозам. Мозаичность обусловлена неоднородностью микрорельефа почв, биологическими особенностями растений.

Мозаичность может возникнуть в результате деятельности человека (выборочная рубка, кострища) или животных (выбросы почвы и их последующее зарастание, образование муравейников, вытаптывание травостоя копытными).

В горизонтальной структуре биоценоза выделяют **синузии** — обособленные части фитоценоза, характеризующиеся определенным видовым составом и эколого-биологическим единством входящих в нее видов. Например, синузия сосны

# Синузии



Синузия орляка обыкновенного  
(третий травянистый ярус)

# Морфологическая структура сообщества

Это набор жизненных форм живых организмов в структуре сообщества

**Жизненная форма (биоморфа)** – это тип внешнего строения живого организма как результат его приспособления к условиям местообитания

*Жизненные формы растений:* деревья, кустарники, травы

*Жизненные формы животных:* бегающие, плавающие, летающие

*Жизненные формы водных организмов:* планктон и бентос



# Жизненные формы

Общий вид организма, определяющий ту или иную жизненную форму, является **результатом адаптации в процессе эволюции к определенным аспектам окружающей среды.**

Понятие «жизненная форма» определил в 1884 г. при исследовании растительности датский ботаник И. **Варминг**: форма, в которой вегетативное тело растения находится в гармонии с внешней средой в течение всей жизни.

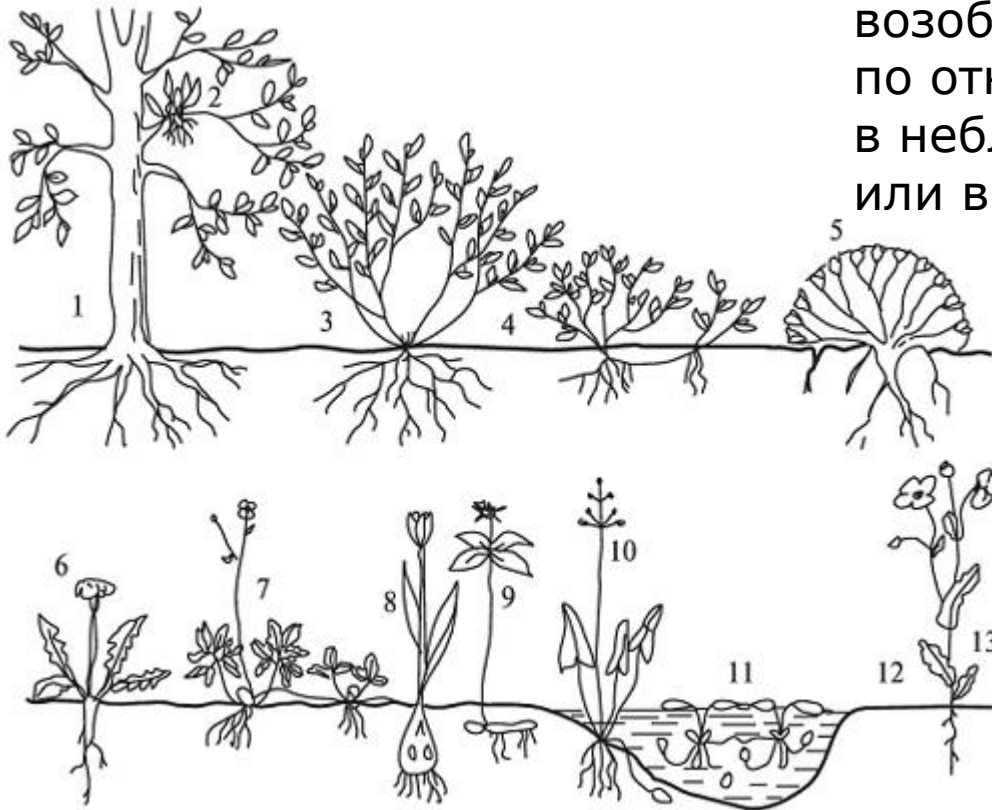
Начало изучению жизненных форм положил немецкий естествоиспытатель А. **Гумбольдт**. Он установил 19 растительных форм, которые характеризуют ландшафты: деревья, кустарники, травы, лианы и т.д.

В основу классификации животных по жизненным формам могут быть положены разные критерии: способы добывания пищи и ее особенности, степень активности, приуроченность к определенному ландшафту и т.д. Например, среди морских животных по способу добывания пищи и ее особенностям можно выделить такие группы, как растительноядные, хищные, трупоеды, детритоядные (фильтраторы и грунтоеды), по степени активности — плавающие, ползающие, сидячие, летающие.

# Жизненные формы растений

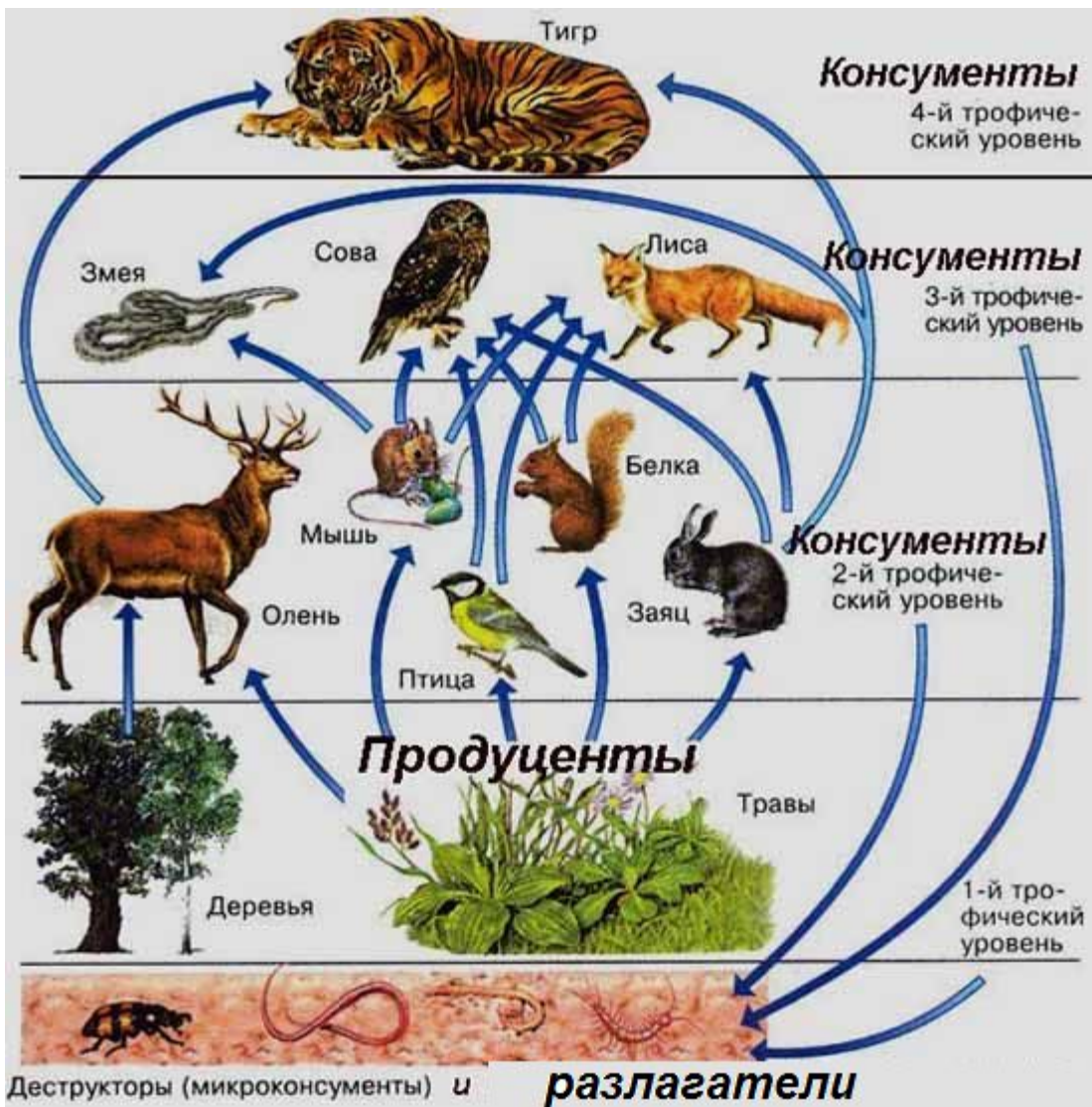
Особенно широко распространена система жизненных форм, разработанная датским экологом и геоботаником К. Раункиером в 1905 г.

Она основана на положении почек возобновления (верхушек побегов) по отношению к поверхности почвы в неблагоприятных условиях (зимой или в засушливый период).



- 1-3 — фанерофиты;
- 4, 5- хамефиты;
- 6, 7- гемикриптофиты;
- 8-11 — криптофиты;
- 12 — семя с зародышем;
- 13 — терофит

# Трофическая структура сообществ



По участию в биологическом круговороте веществ в биоценозе различают три группы организмов: **продуценты, консументы, редуценты**

# ПРОДУЦЕНТЫ



**Продуценты** — автотрофные организмы — синтезируют органические соединения с помощью солнечного света из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а также минеральных веществ, преобразуя при этом световую энергию в химическую.

Биомасса органического вещества, синтезированного в ходе фотосинтеза автотрофами, **называется первичной продукцией**, а скорость ее формирования — **биологической продуктивностью экосистем**.

Продуктивность выражается количеством биомассы, синтезируемой за единицу времени (или энергетическим эквивалентом), либо в единицах энергии (Дж/м<sup>2</sup> за сутки), либо в единицах сухого органического вещества (кг/1 га за сутки).

Накопленная в виде биомассы организмов-автотрофов чистая первичная продукция служит источником питания для представителей следующих групп организмов.

# КОНСУМЕНТЫ



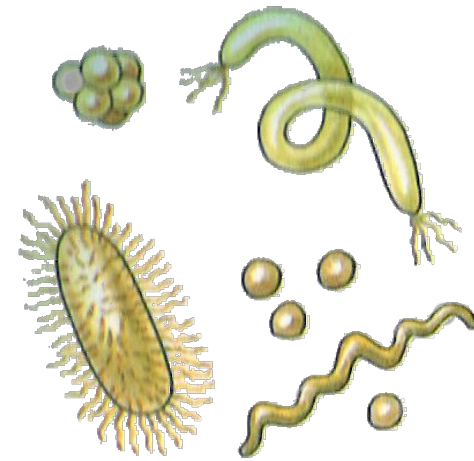
**Консументы** ~ гетеротрофные организмы (животные организмы) — являются непосредственными потребителями первичной продукции: они питаются готовым органическим веществом растений или животных.

Консументы частично используют пищу для обеспечения жизненных процессов, а частично строят на ее основе собственное тело, осуществляя таким образом первый, важный этап трансформации органического вещества, синтезированного продуцентами. При этом консументы выделяют в окружающую среду отходы, образующиеся в процессе их жизнедеятельности. Процесс создания и накопления биомассы на уровне консументов обозначается как **вторичная продукция**..



# РЕДУЦЕНТЫ

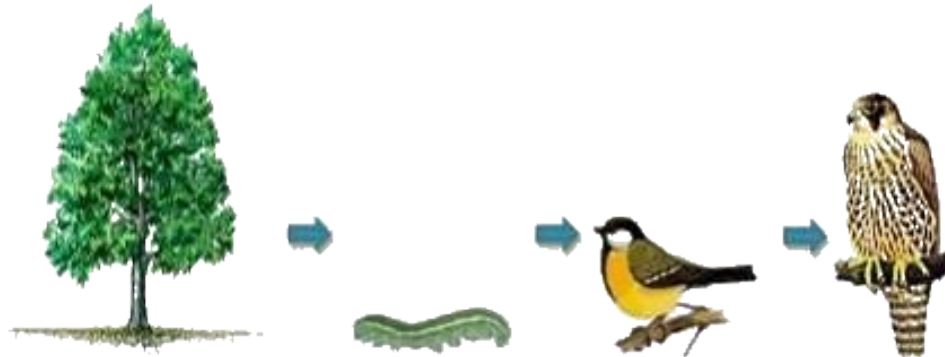
**Редуценты**, или **деструкторы** (бактерии, грибы), полностью разлагают все растительные и животные остатки до неорганических составляющих, которые потребляются продуцентами, тем самым замыкая путь обмена веществ, и снова могут быть вовлечены в круговорот веществ.



# ЦЕПИ ПИТАНИЯ

В процессе круговорота веществ энергия, содержащаяся в одних организмах, потребляется другими организмами. Перенос энергии и пищи от ее источника — автотрофов (продуцентов) через ряд организмов происходит по пищевой цепи путем поедания одних организмов другими.

**Пищевая цепь** — это ряд видов или их групп, каждое предыдущее звено в котором служит пищей для следующего. Число звеньев в ней может быть различным, но обычно их бывает 3 — 5.



# ТИПЫ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ

## **ПАСТБИЩНАЯ ЦЕПЬ ВЫЕДАНИЯ**

начинается с зеленого растения и идет далее к пасущимся растительноядным животным и к хищникам

## **ДЕТРИТНАЯ ЦЕПЬ РАЗЛОЖЕНИЯ**

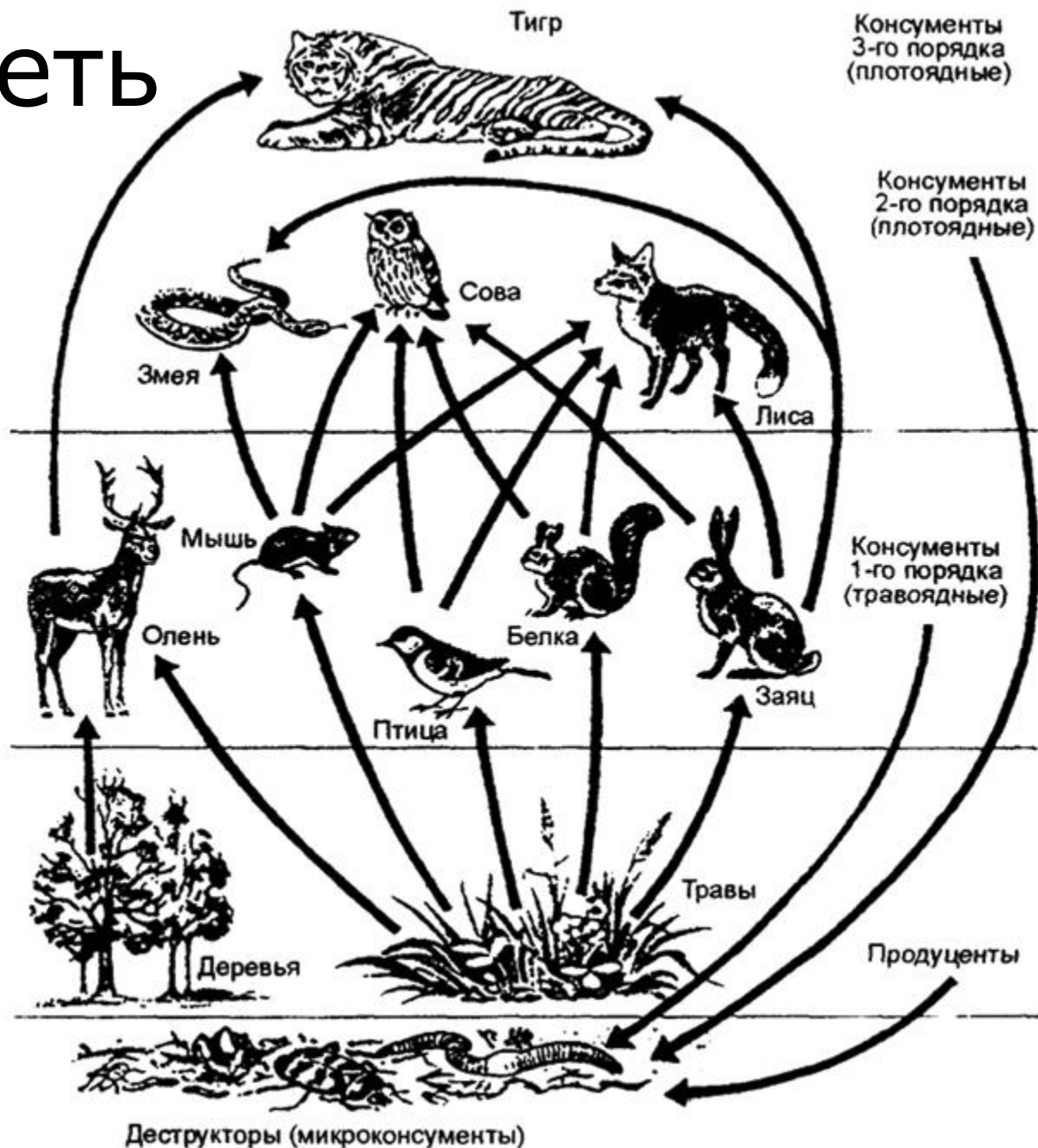
- от мертвого органического вещества идет к микроорганизмам, а затем к детритофагам (организмам, поедающим детрит) и хищникам.
- «дождь трупов»



# Пищевая сеть

Пищевые цепи не изолированы одна от другой, а тесно переплетаются друг с другом, образуя так называемые пищевые сети.

**Пищевая сеть** — условное образное обозначение трофических взаимоотношений консументов, продуцентов и редуцентов в сообществе.



# Трофический уровень

**Трофический уровень** — совокупность организмов, получающих преобразованную в пищу энергию Солнца и химических реакций (от автотрофов) через одинаковое число посредников трофической цепи, т.е. занимающих определенное положение в общей цепи питания.

**Первый трофический уровень (I)** занимают автотрофы — зеленые растения (продуценты),

**второй (II)** — травоядные (консументы первого порядка),

**третий (III)** — первичные хищники, поедающие травоядных животных (консументы второго порядка),

**четвертый (IV)** — вторичные хищники (консументы третьего порядка), питающиеся более слабыми хищниками.

Эта трофическая классификация относится к функциям, но не к видам как таковым. Группа особей одного вида может занимать один или несколько трофических уровней, исходя из того, какие источники пищи она использует

# Потоки вещества и энергии в экосистемах

## Правило Линдемана

**только часть (примерно 10%) энергии, поступившей на определенный системный уровень, передаётся организмам, находящимся на более высоких уровнях.**

Например, растения могут усваивать при фотосинтезе до 1% солнечной энергии. В свою очередь, растительноядные животные потребляют около до 10% энергии растений (или: до 90% энергии, накопленной растениями, просто теряется).

Хищники, питаясь растительноядными животными, получают 10% энергии, содержащихся в биомассе всего ими съеденного.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПИРАМИДА

ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ



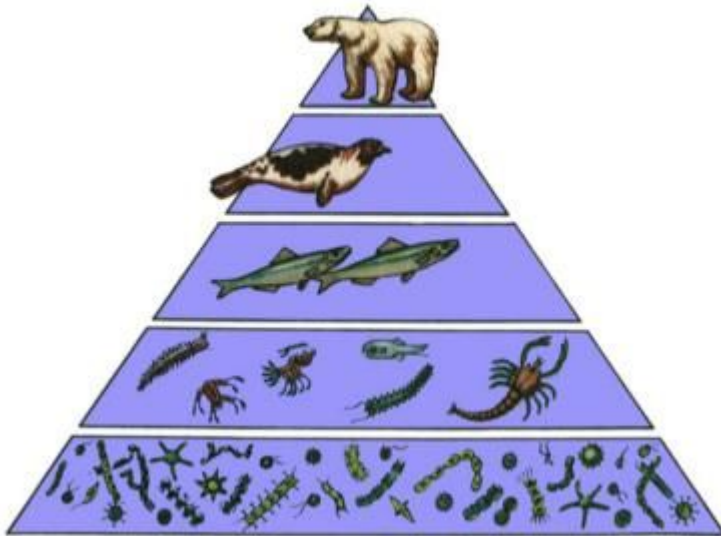
ПРОДУКЦИЯ

ПРОДУКЦИЯ

# Пирамиды численности

**Пирамида чисел** (численностей) отражает численность отдельных организмов на каждом уровне. В экологии пирамида численностей используется редко, так как из-за большого количества особей на каждом трофическом уровне очень трудно отобразить структуру биоценоза в одном масштабе.

УПРОЩЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ  
ПИРАМИДА ЧИСЕЛ

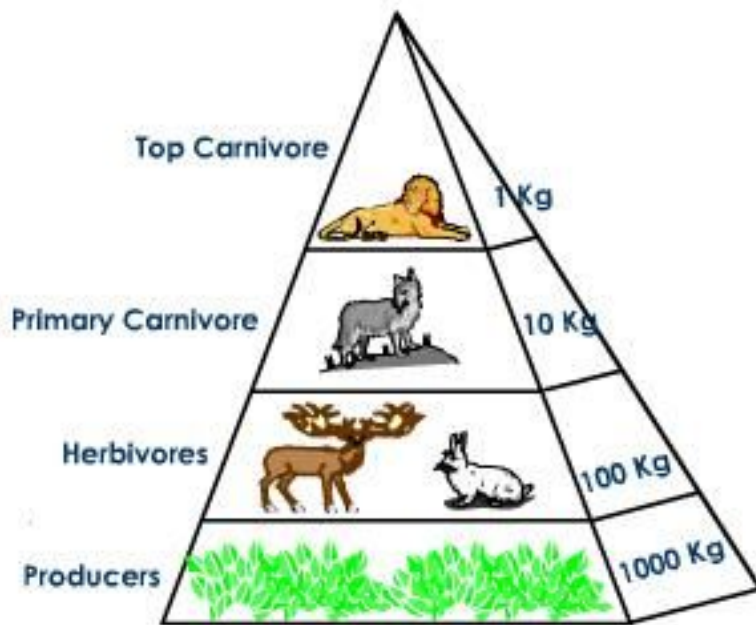


**Перевернутая пирамида чисел.** Это можно наблюдать в лесу, где на одном дереве живут насекомые, которыми питаются насекомоядные птицы. Таким образом, численность продуцентов меньше, нежели консументов.

# Пирамида биомасс

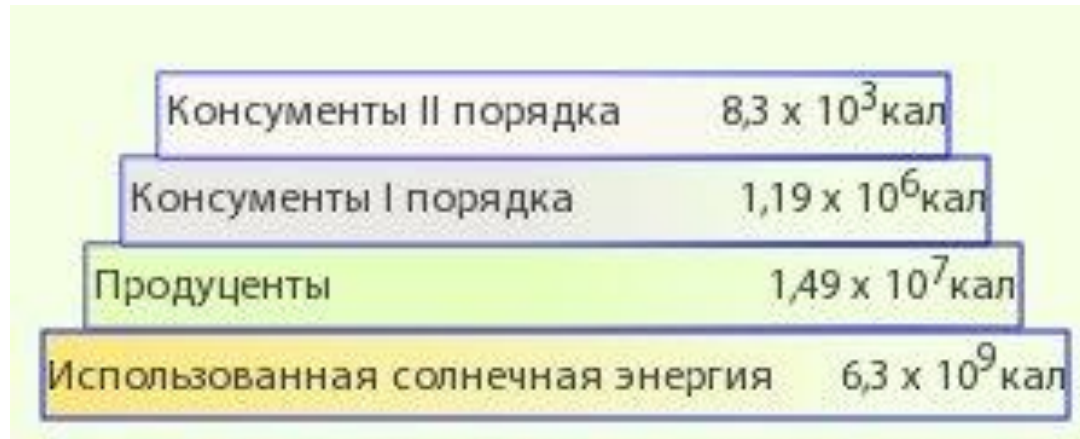
**Пирамида биомасс** - соотношение между продуцентами и консументами, выраженное в их массе (общем сухом весе, энергосодержании или другой мере общего живого вещества).

**Обращенная (перевернутая) пирамида биомасс** - биомасса продуцентов оказывается меньше, чем консументов, а иногда и редуцентов, и в основании пирамиды находятся не растения, а животные. Это касается в основном водных экосистем. Например, в океане при довольно высокой продуктивности фитопланктона общая масса его в данный момент может быть меньше, чем у зоопланктона и конечного потребителя-консумента (киты, крупные рыбы, моллюски).



# Пирамида энергии

**Пирамида энергии** отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы пищи через пищевую цепь.



Общая закономерность процесса передачи энергии такова: через верхние трофические уровни энергии проходит значительно меньше, чем через нижние. Вот почему большие хищные животные всегда редки, и нет хищников, которые питались бы, к примеру, волками. В таком случае они просто не прокормились бы, настолько волки немногочисленны.

# Продукция экосистемы

Продуктивность экосистемы тесно связана с потоком энергии, проходящим через нее. В каждой экосистеме только часть поступающей энергии накапливается в виде органических соединений.

Скорость ассимиляции энергии называется **продукцией**

Величина продукции, отношение к единице площади экосистемы называется **продуктивностью**.



# Первичная продуктивность

## **Первичная продуктивность (P) экосистемы**

определяется как скорость, с которой лучистая энергия усваивается продуцентами в процессе фото- и хемосинтеза накапливаясь в виде органических веществ, количество ее выражают в сырой или сухой фазе растений или энергетических единицах (ккал, Дж).

В создании первичной биологической продукции определяющую роль играют возможности фотосинтетического аппарата растений.

# Вторичная продуктивность

**Вторичная продуктивность** – накопление энергии на уровне консументов т.к. консументы используют ранее созданные питательные вещества часть из них расходуется на дыхание, а оставшаяся часть на формирование тканей и органов (вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого проживающего уровня, т. к. прирост массы для каждого из них происходит за счет энергии, поступающие предыдущем.

# Экологическая сукцессия

Это последовательная смена одних сообществ другими, свойственна любому сообществу, не зависит от его видового состава или географического местоположения

# Равновесие и сукцессия

Если первичная продукция эквивалентна энергии, требуемой на поддержание остальных уровней консументов, то общая биомасса в такой системе остается постоянной, а сама система неизменной – РАВНОВЕСНОЙ.

Отсутствие равновесия приводит к сукцессии.

**Сукцессия всегда направлена в сторону равновесного состояния.**

# ТИПЫ РАВНОВЕСИЯ ЭКОСИСТЕМ

**Замкнутые экосистемы** – дополнительная биомасса не поступает, вся продукция расходуется на поддержание жизни.

**Равновесие: расходы на поддержание жизни = собственной продукции экосистемы**

**Открытые экосистемы текучей воды** – органическое вещество возникает внутри экосистемы и приносится извне.

**Равновесие: расходы на поддержание жизни = собственной продукции экосистемы + биомасса привнесённого вещества**

**Открытые сельскохозяйственные экосистемы** – органическое вещество изымается (с урожаем)

**Равновесие: расходы на поддержание жизни = собственной продукции экосистемы - биомасса изъятых вещества**

# Стадии сукцессий

**Первичная** – сукцессия на лишенном жизни месте (лишайники на камнях)

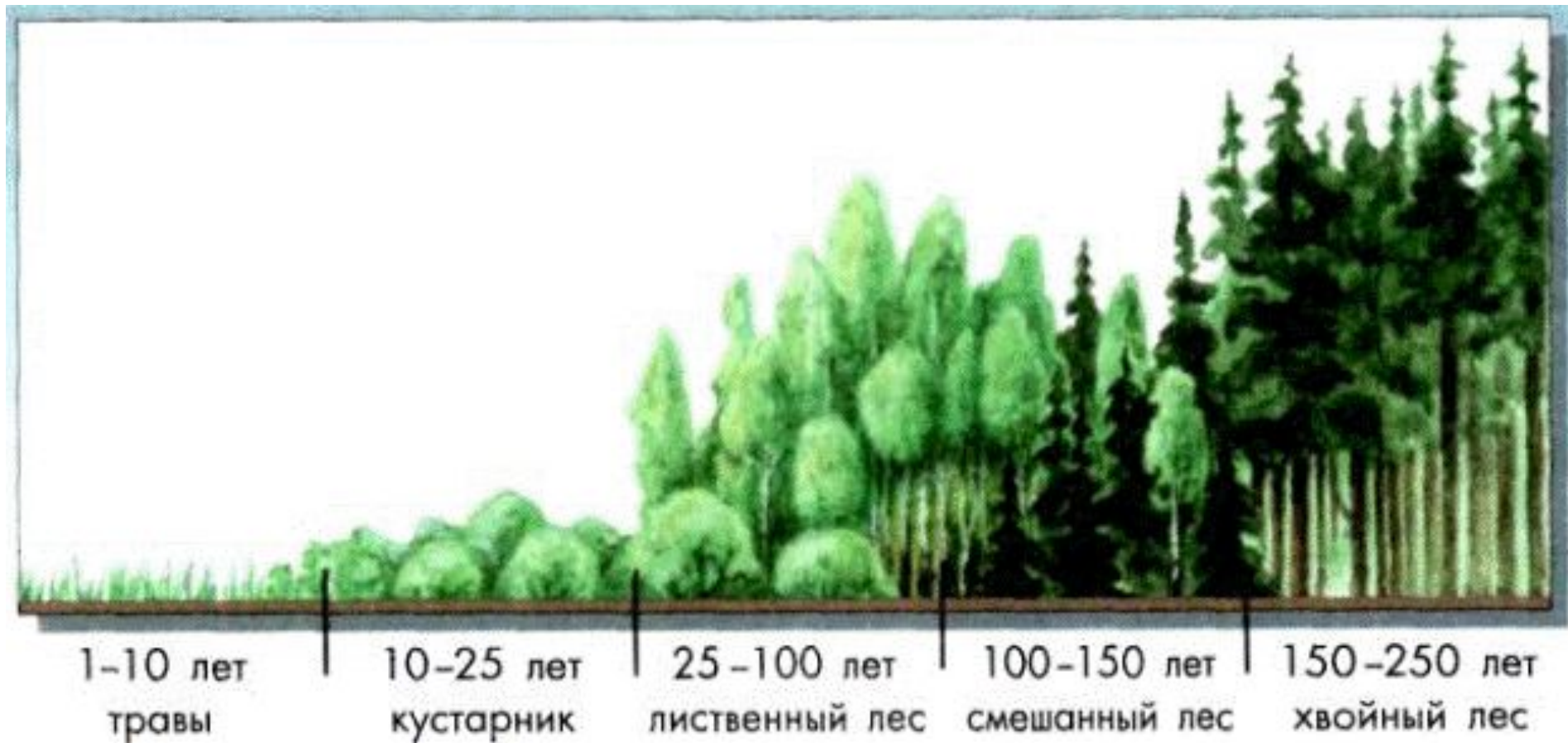
**Вторичная** – развитие на месте сформировавшегося ранее сообщества (развитие экосистемы на брошенной пашне)

Скорость вторичной сукцессии многократно превышает скорость первичной

# Свойства сукцессий

1. Виды растений и животных в процессе сукцессии непрерывно сменяются.
2. Сукцессия сопровождается повышением видового разнообразия
3. В ходе сукцессии биомасса возрастает
4. В ходе сукцессии скорость прироста биомассы постепенно снижается

# Длительность сукцессии





# Значение сукцессий

Равновесное сообщество устойчиво к смене факторов окружающей среды

Развивающееся сообщество уязвимо, но  
НА ПЕРВЫХ СТАДИЯХ СУКЦЕССИИ ОНО  
ПРОИЗВОДИТ ГОРАЗДО БОЛЬШЕ  
БИОМАССЫ

*Пример: первая стадия – зарастание пахоты пшеницей, вторая – сорняками, третья – кустарниками. Поддержание первой стадии дает максимальный прирост полезной биомассы*