

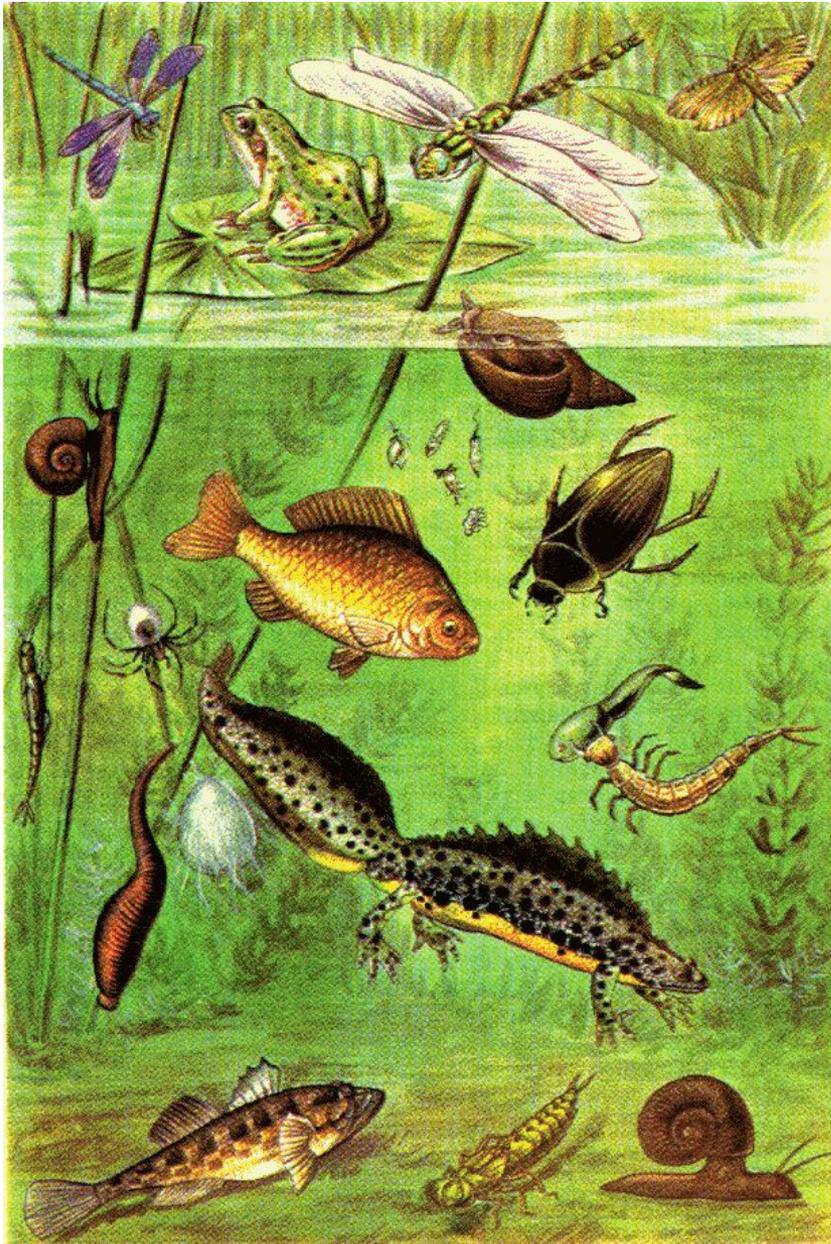
***Тема:***  
***«Сообщества. Экосистемы»***

**Задачи:**

- **Дать характеристику биогеоценозу и экосистеме;**
- **функциональным группам живых организмов в биогеоценозе, показать их взаимосвязь.**

*Пименов А.В.*

## Характеристика биогеоценоза



Живые организмы в природе объединены в сообщества, приспособленные к определенным условиям существования. Такое сообщество взаимосвязанных живых организмов, называют **биоценозом**, а совокупность всех абиотических факторов, определяющих условия их существования называют **биотопом**. **Биоценоз и биотоп образуют биогеоценоз.**

Термин биогеоценоз в 1942 г. был предложен академиком В.Н.Сукачевым, **под биогеоценозом понимают устойчивую, саморегулирующуюся систему, образованную живыми организмами, приспособленными к совместной жизни на определенной территории с более или менее однородными условиями существования.**

# Биогеоценоз



Владимир  
Николаевич  
Сукачев  
1880-1967

Биогеоценоз можно определить как участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и педосферы остаются однородными и в совокупности образуют единый внутренне взаимообусловленный комплекс.

В.Н.Сукачев, 1942

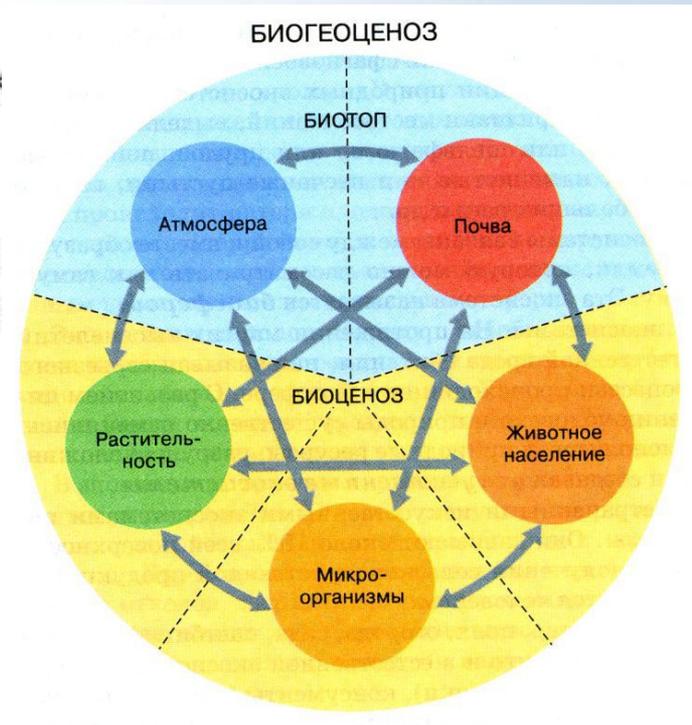
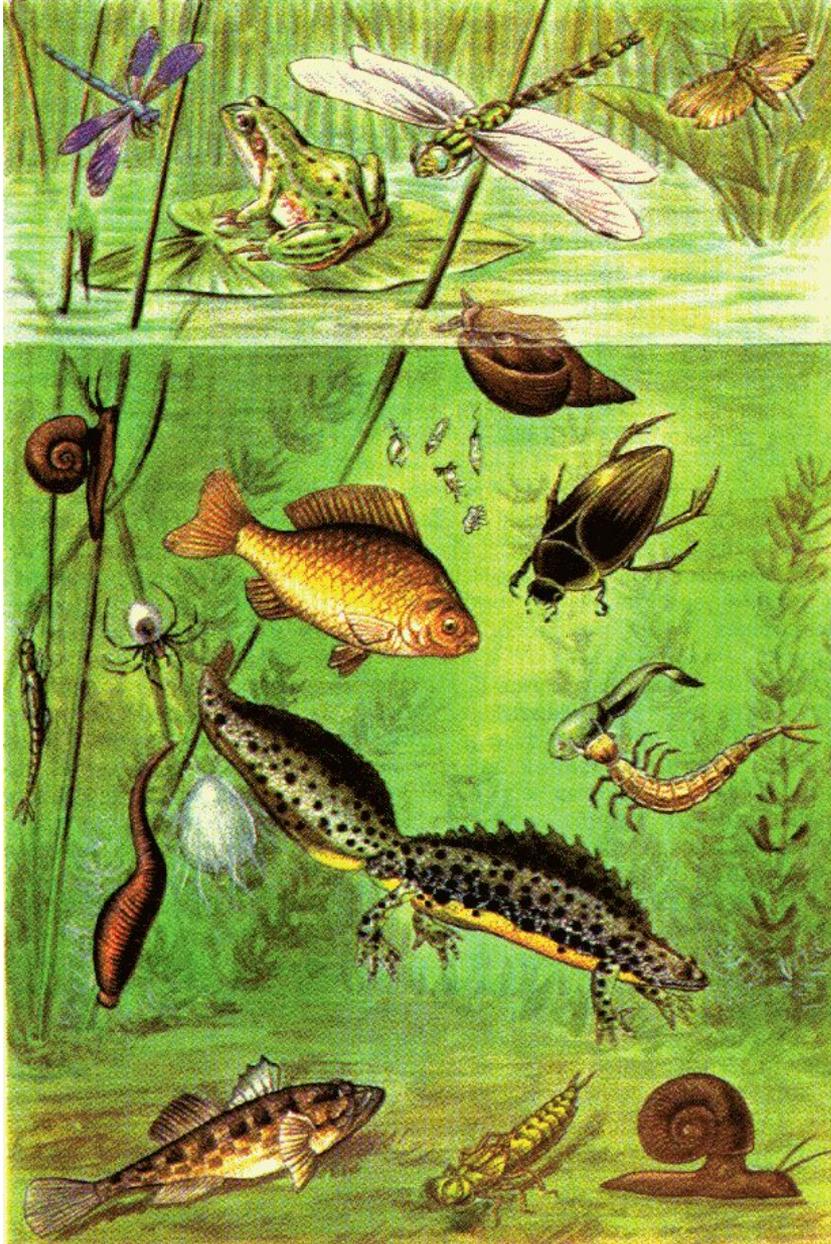


Схема биогеоценоза  
(из работы  
В.Н.Сукачева)

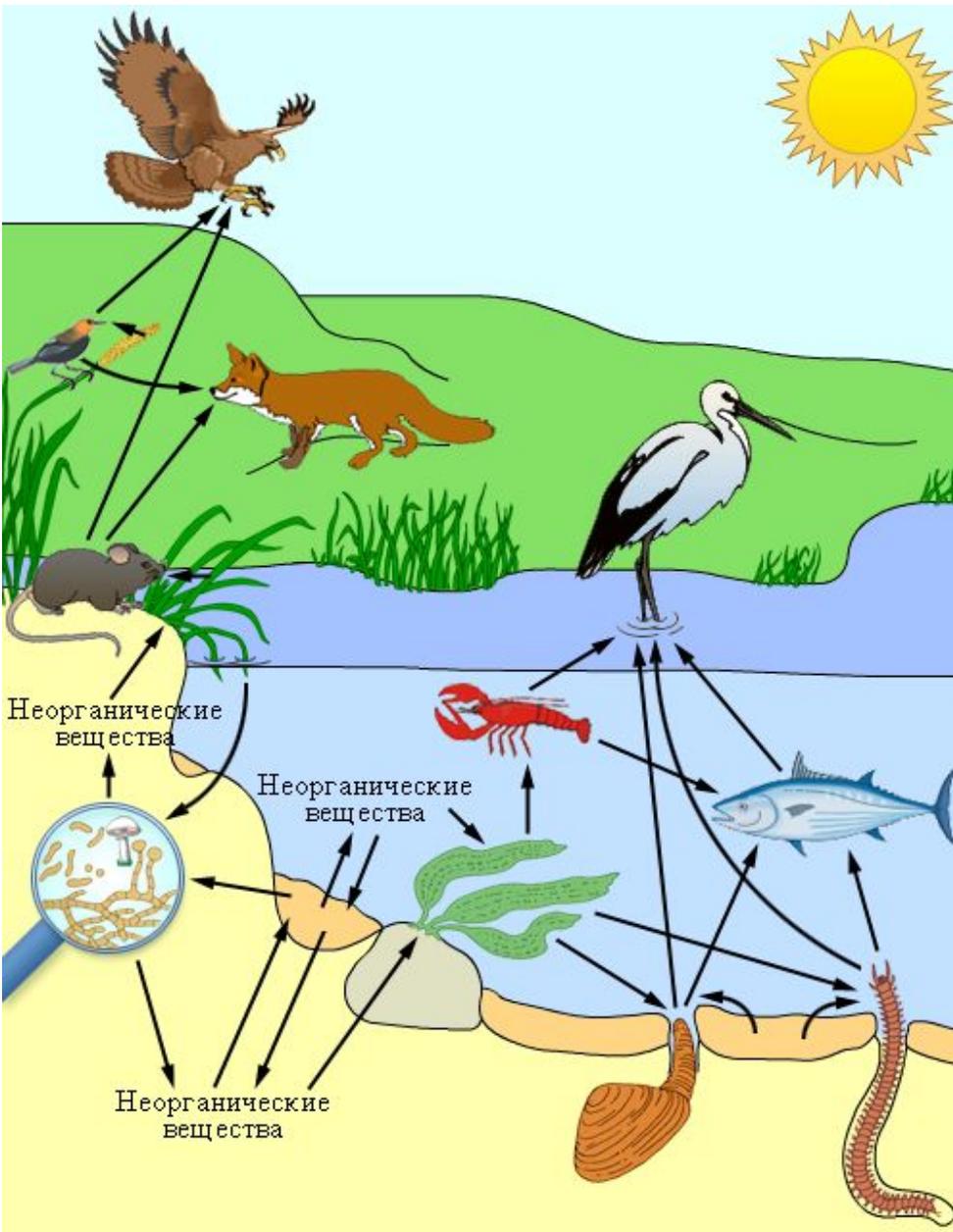
## Характеристика биогеоценоза



Одновременно английским ботаником А.Тенсли был предложен термин **экосистема**. Под экосистемой он понимал и каплю воды с микроорганизмами, в ней обитающими, и аквариум, и природный водоем и планету Земля.

Многие ученые ставят знак равенства между понятиями биогеоценоз и экосистема. Но многие не считают эти термины синонимами, понимая под биогеоценозом конкретное, исторически сложившееся природное сообщество, а экосистема – понятие более размытое, «безразмерное». То есть любой биогеоценоз является экосистемой, но не всякая экосистема может считаться биогеоценозом.

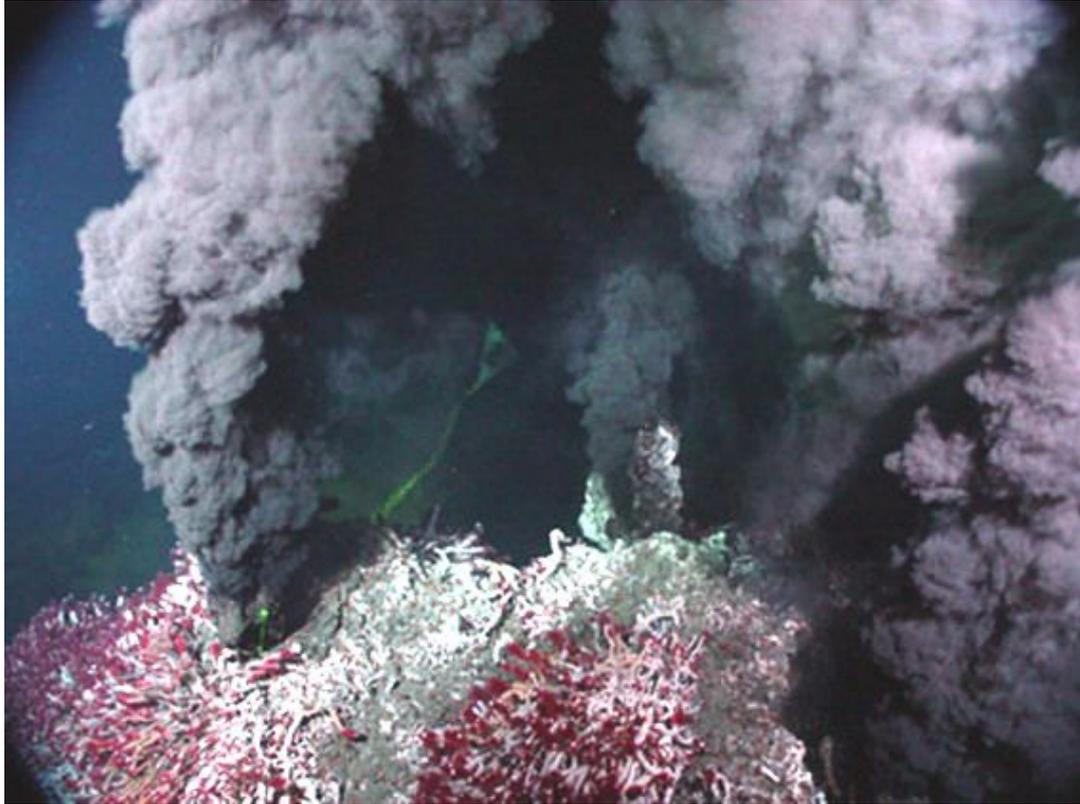
# Характеристика биогеоценоза



## Характеристика биогеоценоза:

1. Для существования любого биогеоценоза необходима **энергия**. Источником энергии для большинства биогеоценозов является **солнечный свет**, энергия которого используется для синтеза органических соединений из неорганических веществ.

## Характеристика биогеоценоза



Некоторые экологические системы существуют в полной темноте (морское дно, куда не доходит солнечный свет, пещеры). Источником энергии для их существования будет попадающее в эту экосистему *органическое вещество* погибших или живых организмов.

Кроме того, некоторые экосистемы существуют за счет *хемоавтотрофных организмов*, способных образовывать органическое вещество, используя *энергию окисления неорганических соединений*.

# БИОГЕОЦЕНОЗ

(экосистема)



# ЭКОСИСТЕМЫ

## Наземные (биомы)

тундра

тайга

широко-  
лиственные  
леса

степи

пустыни

саванны

тропические  
влажные  
леса

## Пресноводные

лотические  
(текущие воды):  
реки, ручьи и т.п.

лентические  
(стоячие воды):  
озера, пруды,  
водохрани-  
лища и т.д.

заболоченные  
угодья  
(болота, боло-  
тистые леса)

## Морские

открытый океан  
(пелагическая)

прибрежные воды  
шельфа

районы апвеллинга  
(рыбопродуктивные)

эстуарии (бухты,  
устья рек, лиманы)

глубоководные  
рифтовые зоны

## Основной источник энергии для жизнедеятельности

Энергия солнечного света - фотоавтотрофы

Источник углерода - углекислый газ

Энергия окисления неорганических соединений - хемоавтотрофы

Источник углерода - углекислый газ

Энергия окисления органических соединений - хемогетеротрофы

Источник углерода - органические соединения

**2. Функциональные группировки биоценоза.** Все живые организмы экосистемы по способу питания делятся на *автотрофов* и *гетеротрофов*.

Автотрофы способны образовывать органическое вещество, используя неорганический источник углерода и энергию света (*фотоавтотрофы*) или энергию окисления неорганических веществ (*хемоавтотрофы*).

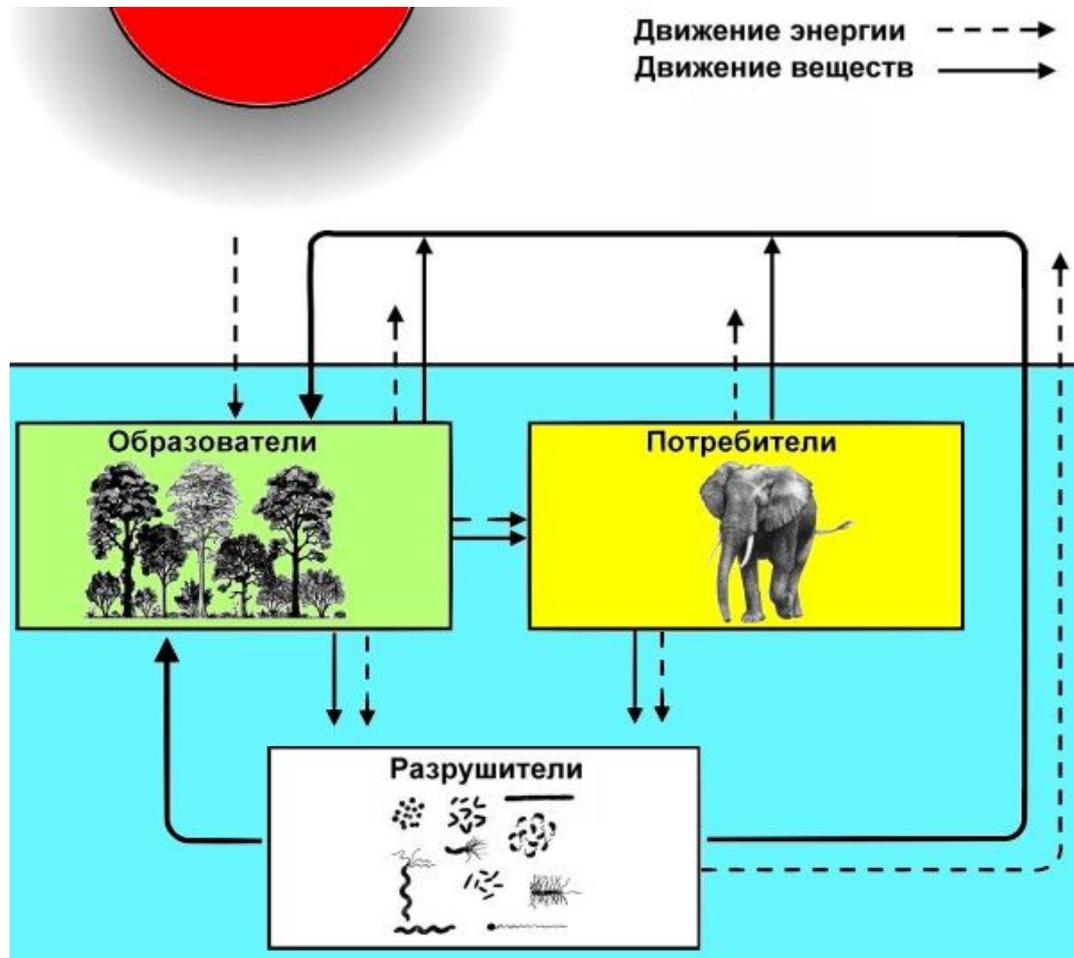
Гетеротрофы используют энергию окисления органических веществ и используют органические источники углерода.

## Характеристика биогеоценоза



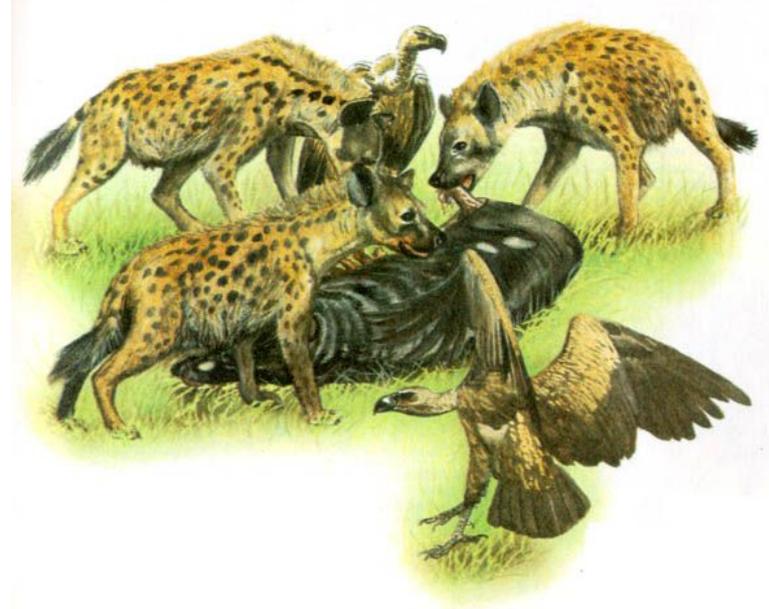
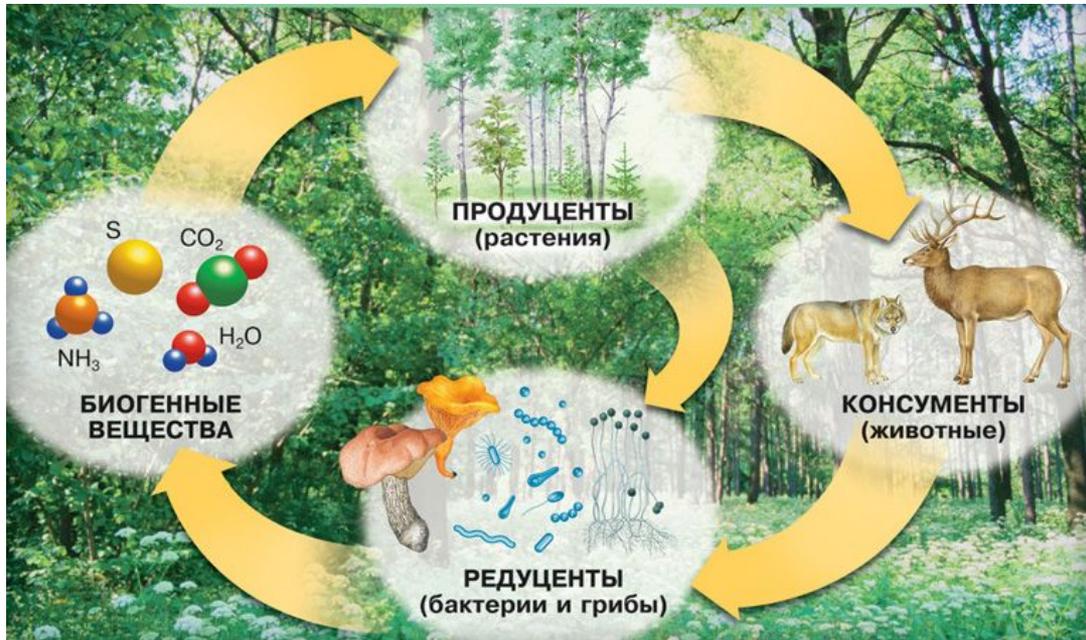
Основу биоценоза составляют *автотрофные организмы – продуценты (образователи)* органического вещества. Сообщество растений называют *фитоценозом*, животных – *зооценозом*. В процессе фотосинтеза происходит образование органического вещества, за счет которого питаются гетеротрофы.

# Характеристика биогеоценоза



Гетеротрофные организмы делятся на две группы: *консументы* – потребители и *редуценты* – разрушители органического вещества. *Консументы 1-го порядка* – растительноядные, *консументы 2-го порядка* – плотоядные животные, *консументы 3-го порядка* – хищники.

# Характеристика биогеоценоза



**Редуценты** разлагают органическое вещество до углекислого газа и минеральных веществ, замыкают круговорот биогенных элементов в природе. **К ним относятся бактерии и грибы.** Редуценты также являются гетеротрофами, от консументов их отличает способность полностью разлагать органические вещества до неорганических.

Можно ли гиен, дождевых червей, жуков-навозников отнести к редуцентам?

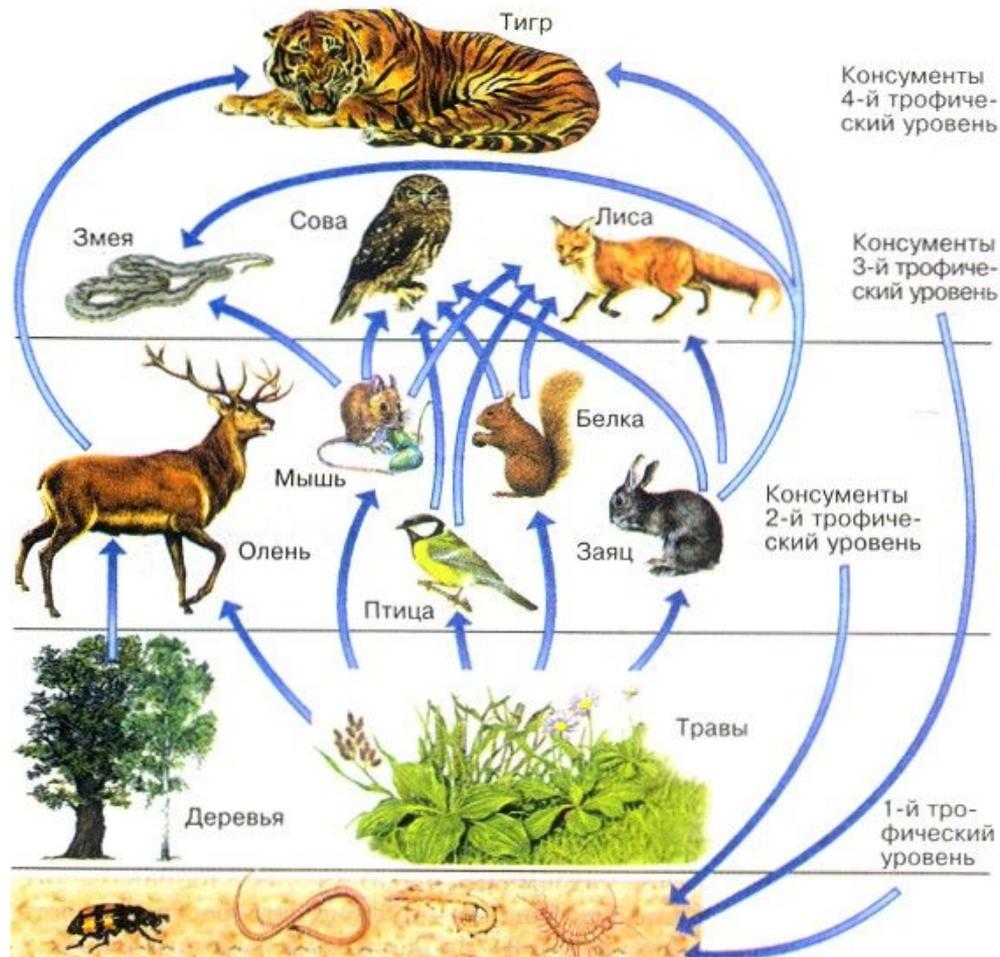
Мелкие животные, питающиеся неживыми органическими веществами – дождевые черви, жуки-мертвоеды, навозники относятся к консументам-детритофагам.

## Характеристика биогеоценоза



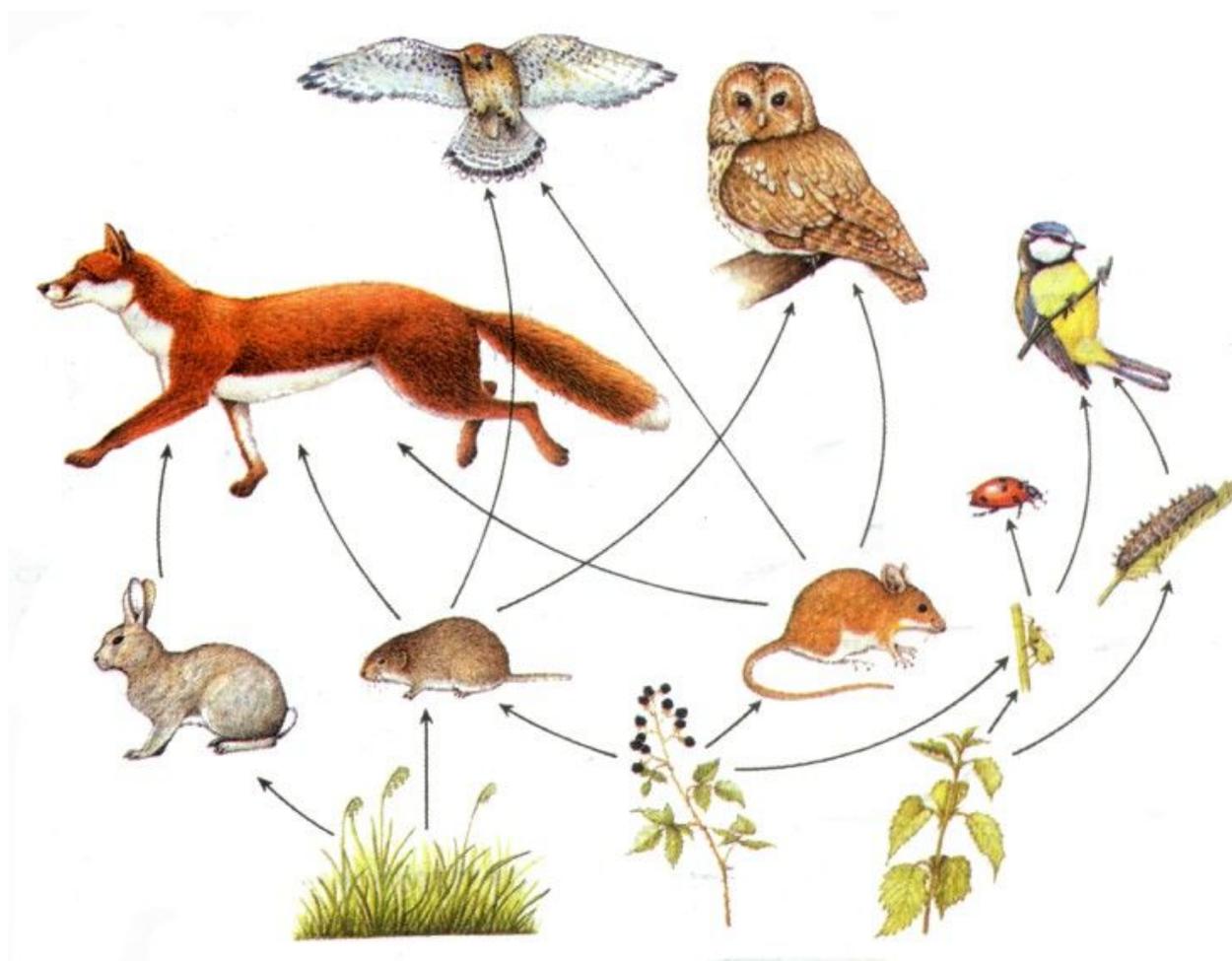
Живые организмы биоценоза связаны в *цепи питания*. Простой пример пищевой цепи: растительность – насекомое, питающееся растительностью – хищное насекомое – насекомоядная птица – хищная птица.

## Характеристика биогеоценоза



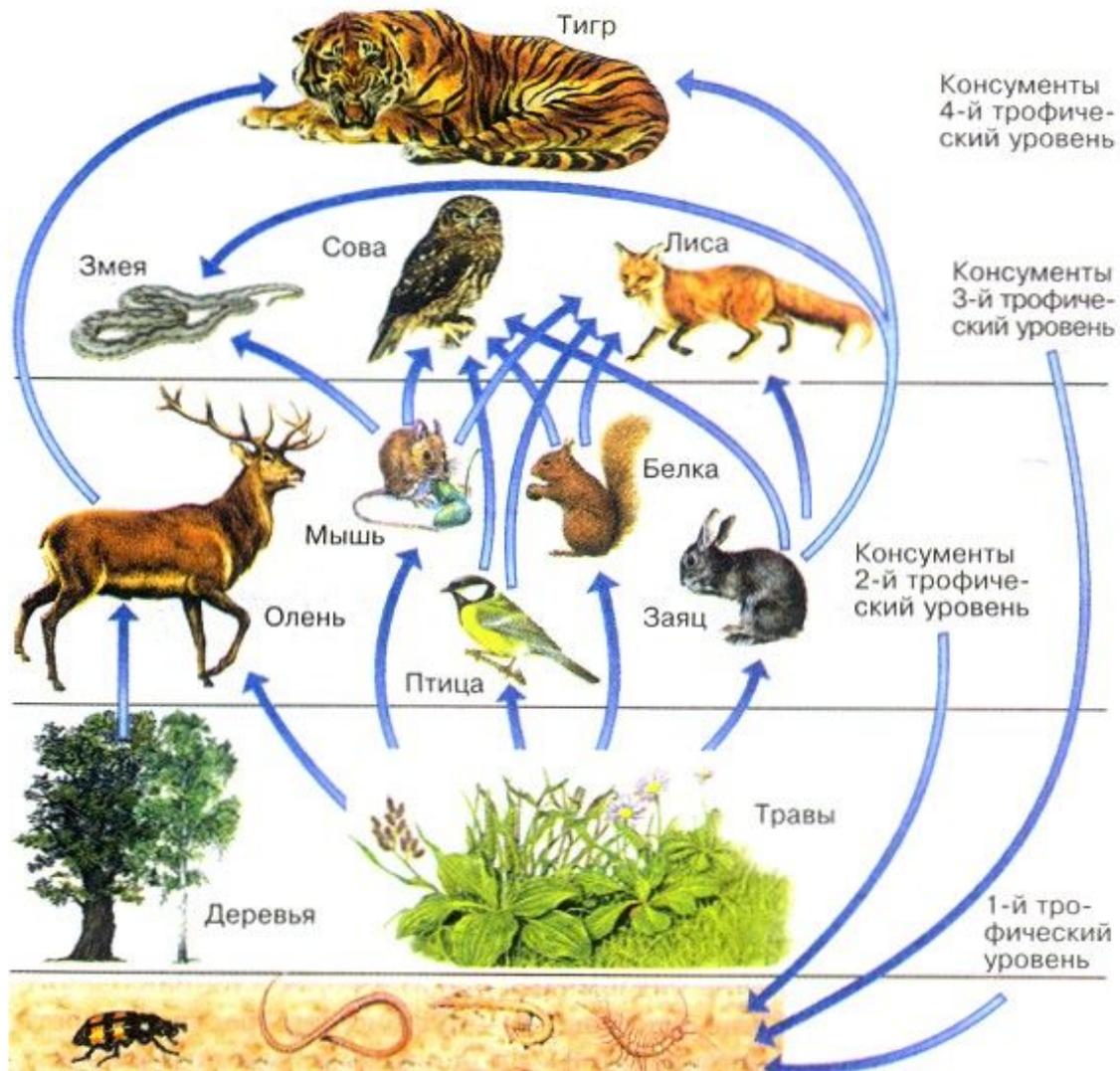
Но растительноядное насекомое питается на нескольких видах растений, хищное насекомое – многими видами насекомых, насекомоядная и хищная птицы – многими видами животных. Таким образом, цепи питания образуют пищевые сети, *сети питания*.

## Характеристика биогеоценоза



Чем сложнее сети питания, чем больше видов в экосистеме, тем устойчивее данная экосистема.

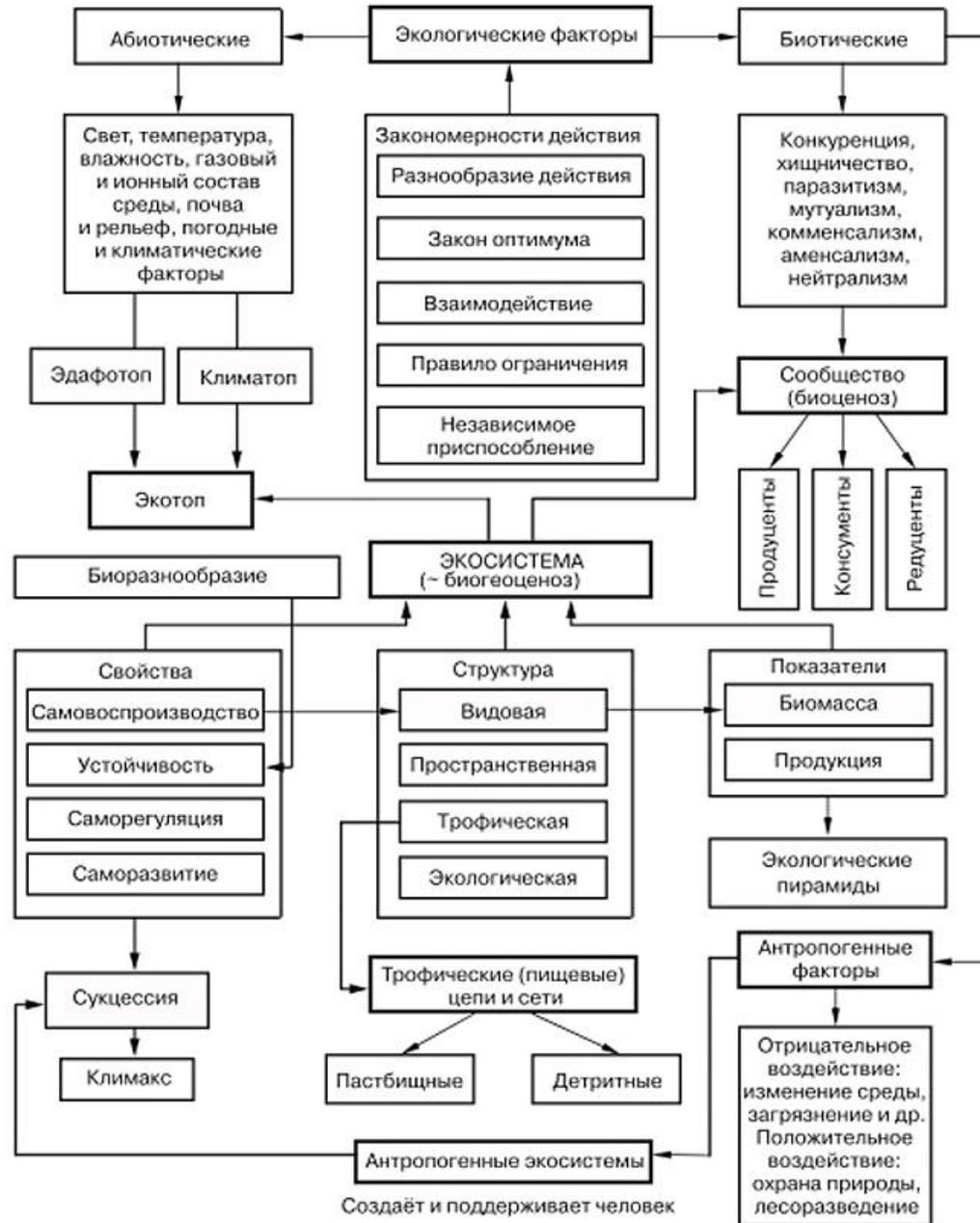
## Характеристика биогеоценоза



Кто относится к **редуцентам** в данной экосистеме?

Бактерии и грибы, разрушающие органику до минеральных веществ.

### Структурно-логическая схема «Экологические системы»



## Подведем итоги:

Биоценоз?

*Живые организмы в природе объединены в сообщества, приспособленные к определенным условиям существования. Такое сообщество взаимосвязанных живых организмов, называют биоценозом.*

Биотоп?

*Совокупность всех абиотических факторов, определяющих условия существования живых организмов называют биотопом. Среда обитания.*

Биогеоценоз?

*Устойчивая, саморегулирующаяся система, образованная живыми организмами, приспособленными к совместной жизни на определенной территории с более или менее однородными условиями существования.*

Источники энергии для существования биогеоценоза?

*Солнечный свет, энергия окисления органических и неорганических соединений.*

Автотрофы? На какие группы они делятся?

*Организмы, способные образовывать органическое вещество, используя неорганический источник углерода и энергию света (фотоавтотрофы) или энергию окисления неорганических веществ (хемоавтотрофы).*

Гетеротрофы?

*Организмы, использующие энергию окисления органических веществ и органические источники углерода.*

## Подведем итоги:

На какие группы делятся гетеротрофы?

*Консументы – потребители и редуценты – разрушители органического вещества.*

На какие группы делятся консументы?

*Консументы 1-го порядка – растительноядные, консументы 2-го порядка – плотоядные, консументы 3-го порядка – хищники.*

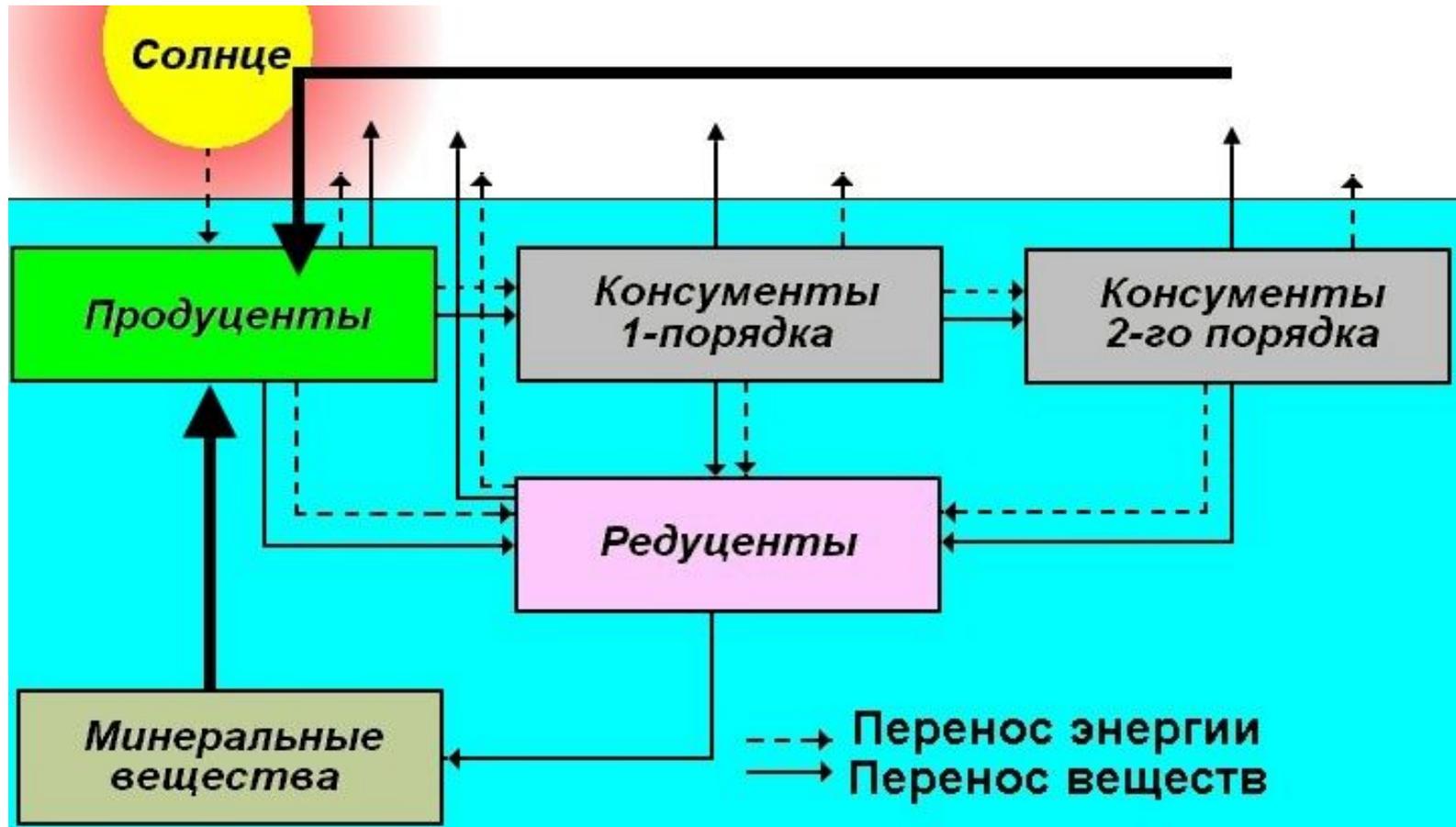
Кто относится к редуцентам?

*Бактерии и грибы.*

От чего зависит устойчивость во времени экосистемы?

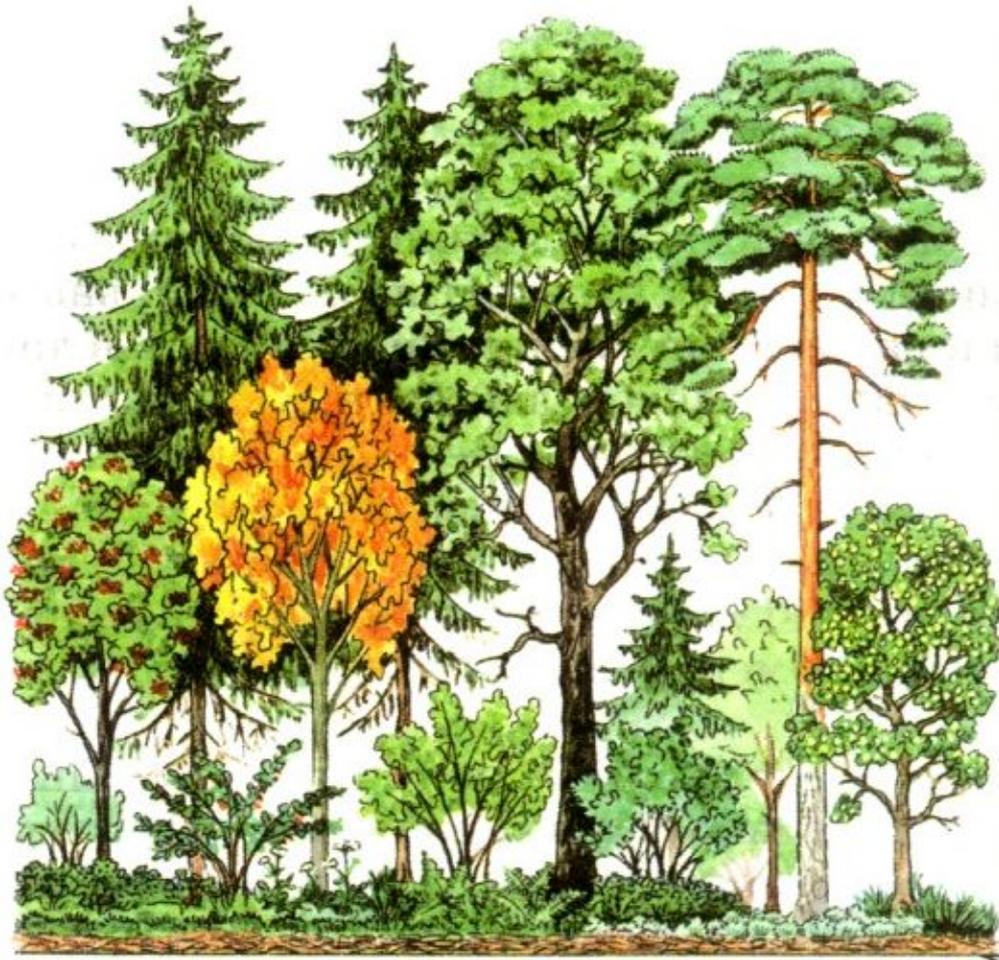
*Чем сложнее сети питания, чем больше видов в экосистеме, тем устойчивее данная экосистема.*

## Круговорот веществ и поток энергии:



В любом биогеоценозе происходит *круговорот веществ*. Продуценты извлекают из атмосферы углекислый газ, из почвы – воду и минеральные соли, и, используя энергию солнечного света, образуют органическое вещество. В дубраве, например, *около 1%* солнечной энергии *преобразуется в химические связи образованного органического вещества*.

## Круговорот веществ и поток энергии:



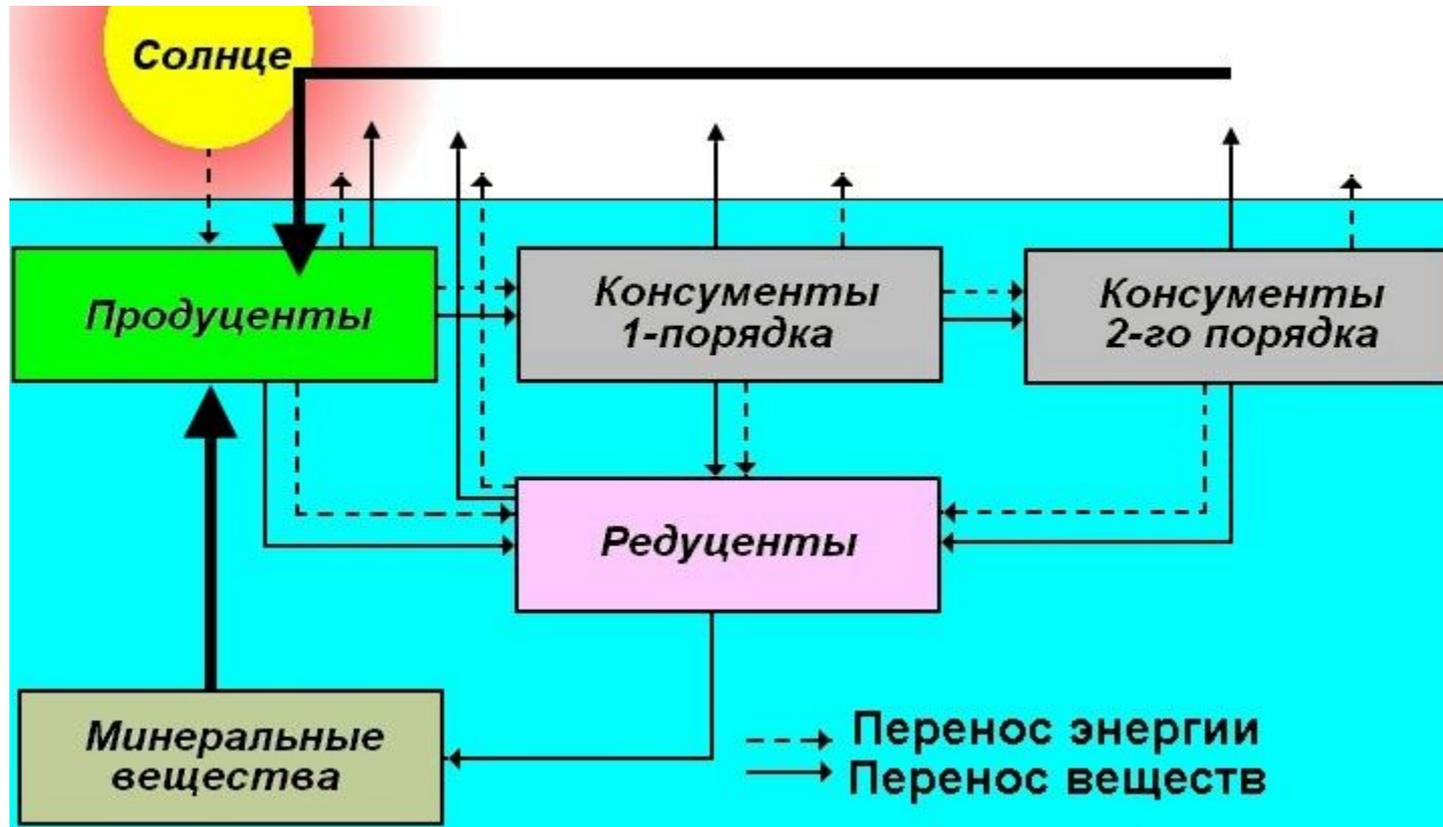
Биоценоз дубравы включает более сотни видов растений и несколько тысяч видов животных, поэтому это очень устойчивая, многоярусная система.

Солнечная энергия переходит в энергию химических связей образованного органического вещества растений – *валовая первичная продукция, ВПП*, но при дыхании растений около 50% органического вещества окисляется, остальные прирост биомассы – чистая первичная продукция, ЧПП.

У дубравы очень высокая продуктивность, например, ежегодный прирост биомассы (ЧПП) составляет около 10 т/га, около 6 т – прирост надземных органов, 4 т приходится на прирост подземных органов.



## Круговорот веществ и поток энергии:



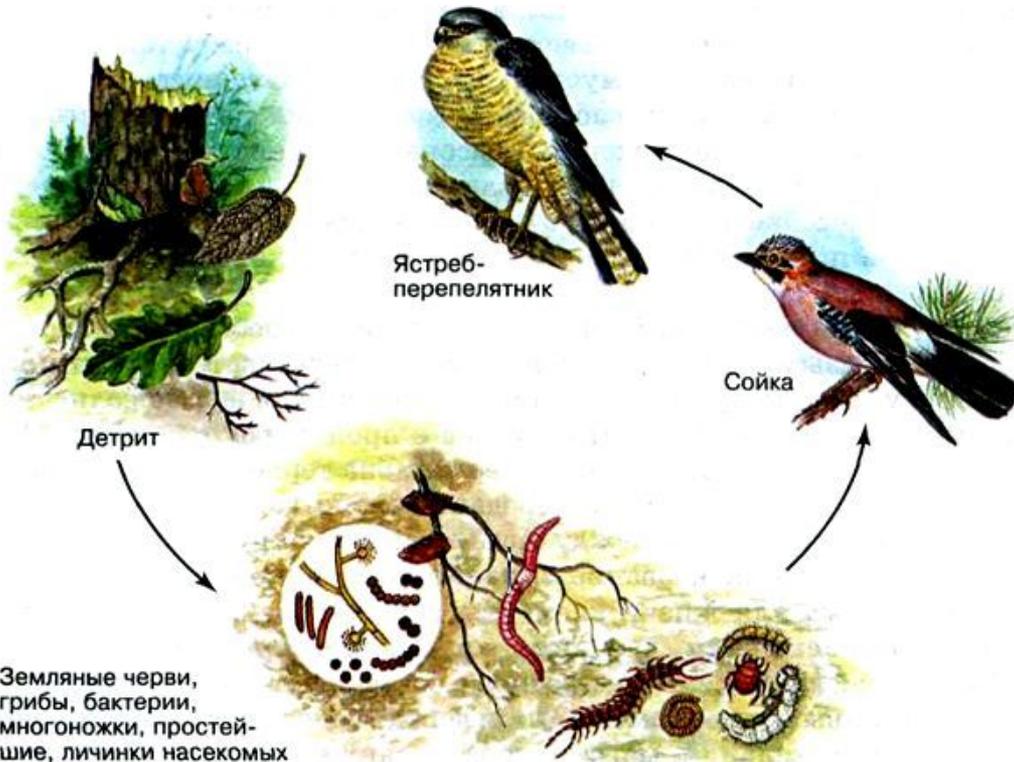
Затем химические элементы движутся по цепям питания. И вновь от звена к звену часть органического вещества используется как источник энергии, а часть – как строительный материал.

В каждом звене пищевой цепи при дыхании углекислый газ возвращается в атмосферу, непереваренные остатки пищи и погибшие организмы разлагаются с помощью редуцентов, которые завершают круговорот химических элементов.

## Круговорот веществ и поток энергии:



А



Б

Пищевые цепи разделяют на два типа. **Цепь выедания (пастбищная)** начинается с **продуцентов**, идет к консументам 1-го, 2-го и заканчивается консументами 3-го порядка.

**Цепь разложения (детритная) цепь** начинается **от растительных и животных остатков, экскрементов животных** и идет к мелким животным и микроорганизмам (детритофагам), которые ими питаются

# ПРАВИЛО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПИРАМИДЫ = ПРАВИЛО 10 % (Р.Линдемана):

На каждом этапе передачи вещества и энергии по пищевой цепи теряется примерно 90% и только 10% переходит к очередному потребителю. Это правило называют *правилом 10%*. Потери происходят из-за того, что часть пищи не переваривается и не усваивается, а большая часть полученной энергии рассеивается в виде тепла и тратится на поддержание обменных процессов.

На основании цепей питания и закономерностей перехода в них энергии и вещества создают экологические пирамиды.



# Правило пирамиды

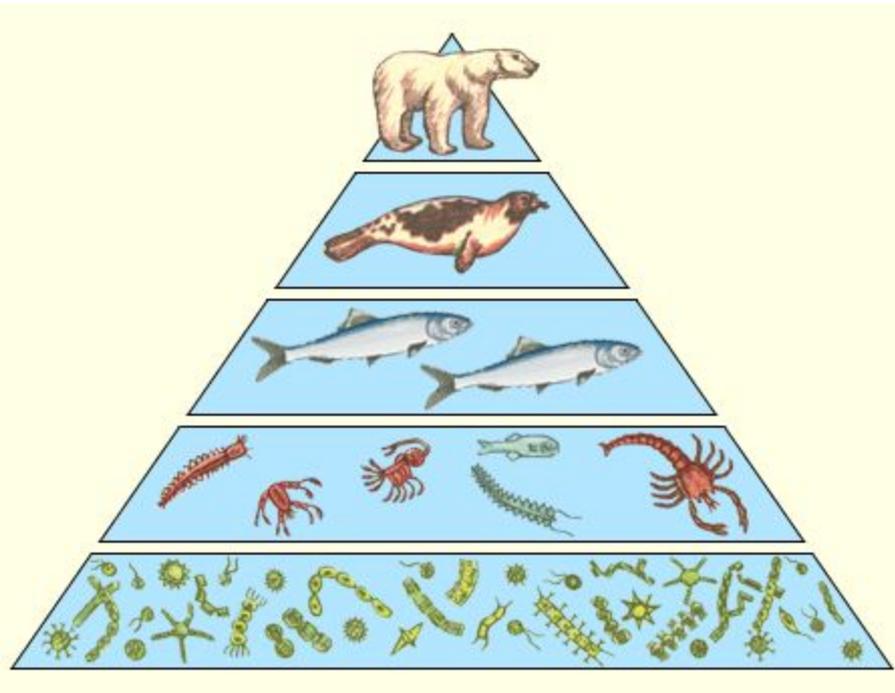


Когда растительность поедается консументами, **большая часть** съеденного органического вещества растений окисляется и **служит источником энергии**, **меньшая часть является** строительным материалом и идет на прирост или восстановление биомассы.

В 1942 г. **Р.Линдеман** сформулировал закон пирамиды энергии (или закон 10%).

Согласно этому закону с одного трофического уровня на другой переходит в среднем 10% от поступившей на предыдущий уровень энергии. Остальная ее часть теряется в виде теплового излучения, в результате энергетического обмена.

## Правило пирамиды



Если для простоты взять на прирост биомассы 10% от съеденной пищи, то медведь массой 500 кг съел тюленей:

5 т, которым понадобилось рыбы:

50 т, рыба съела зоопланктона:

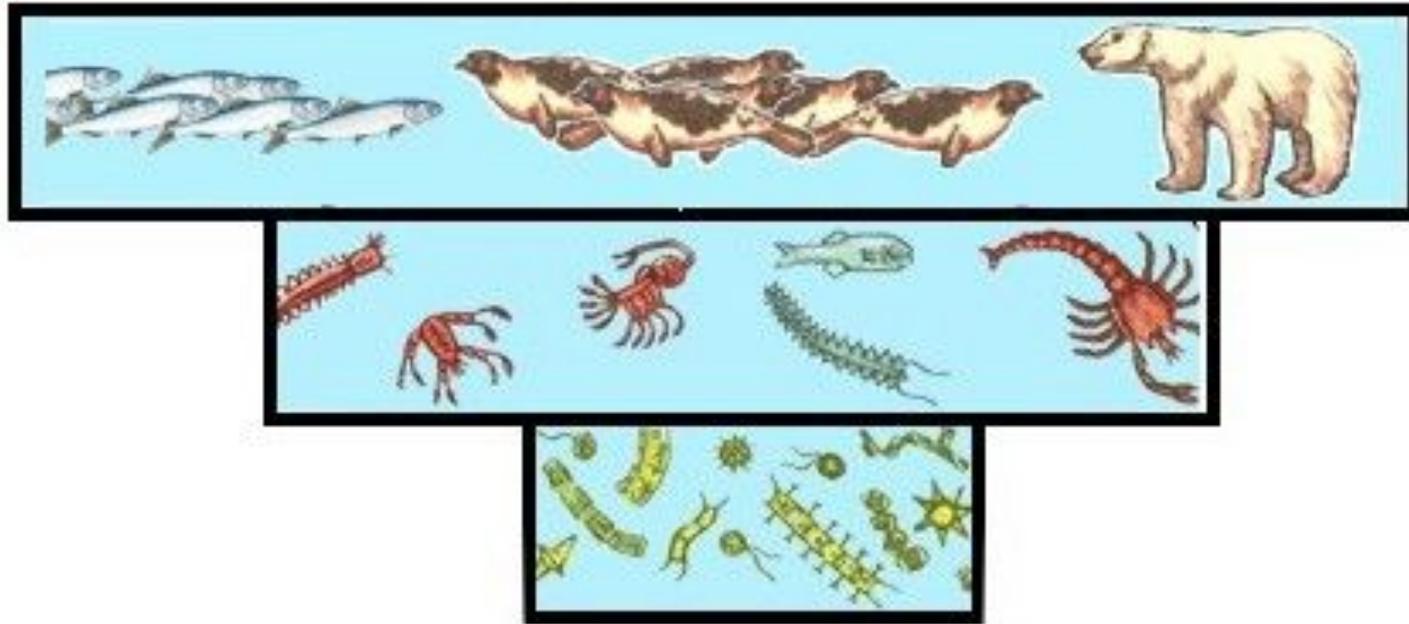
500 т, а в основании этой экологической пирамиды будут находиться съеденные зоопланктоном:

5000 т фитопланктона.

Это *правило экологической пирамиды биомассы* – биомасса каждого последующего уровня в пищевой цепи прогрессивно уменьшается – *верно для большинства экосистем*.

А какова биомасса продуцентов, консументов 1–го, 2–го и 3–го порядков в *морских экосистемах*?

## Правило пирамиды



Но в морских экосистемах биомасса каждого последующего уровня увеличивается, наблюдается *перевернутая пирамида биомассы*. На континентах преобладают растения (99,2%), в океане – животные (93,7%). Как это можно объяснить?

Это связано с тем, что основным продуцентом является *фитопланктон*, водоросли, преобладающие в нем живут недолго, большая часть их выедается, но они очень быстро размножаются. Организмы каждого последующего уровня живут дольше и накапливают большую биомассу.

## Правило пирамиды



Общая годовая продукция наземной биомассы оценивается приблизительно в 180 – 200 млрд. т, основная доля ее приходится на тропическую зону. Годовая продукция океана составляет около 50 – 100 млрд т.

При фотосинтезе зеленый лист использует лишь около 1% падающей на него солнечной энергии, продуктивность составляет около 1 г органического вещества на 1 м<sup>2</sup> поверхности в 1 час.

При фотосинтезе выделяется кислорода в 20 – 30 раз больше, чем поглощается при дыхании

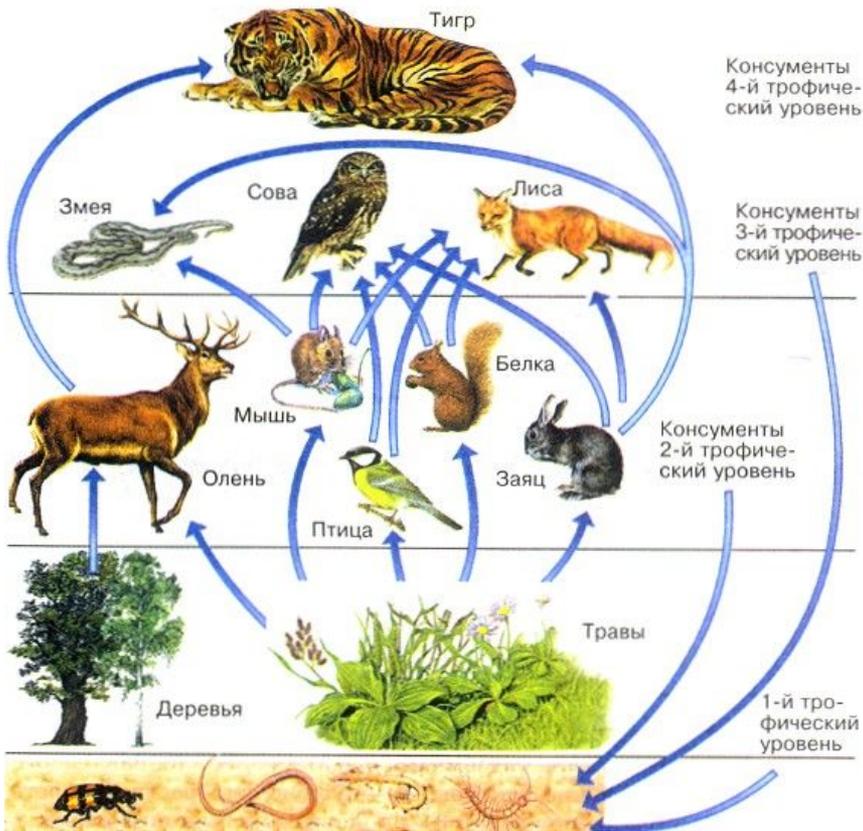
# Правило пирамиды



Различают *пирамиду чисел*, когда сравнивается число особей на каждом пищевом уровне, *пирамиду биомассы* – если сравнивается биомасса каждого уровня, *пирамиду энергии* – при сравнении количества энергии заключенной в пище каждого уровня. Наглядно использование энергии консументами можно выразить формулой:

$$\text{ПИЩА} = \text{ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН} + \text{ПРИРОСТ БИОМАССЫ} + \text{ЭКСКРЕМЕНТЫ}$$

## Правило пирамиды



Большая часть энергии, заключенной в пище, выделяется в результате энергетического обмена и используется для поддержания всех жизненных процессов, **меньшая часть используется для прироста биомассы и часть энергии выводится из организма вместе с неусвоенной пищей, выделенной в виде экскрементов.**

Запас энергии, накопленный зелеными растениями, стремительно иссякает и вся энергия рассеивается в форме тепла.

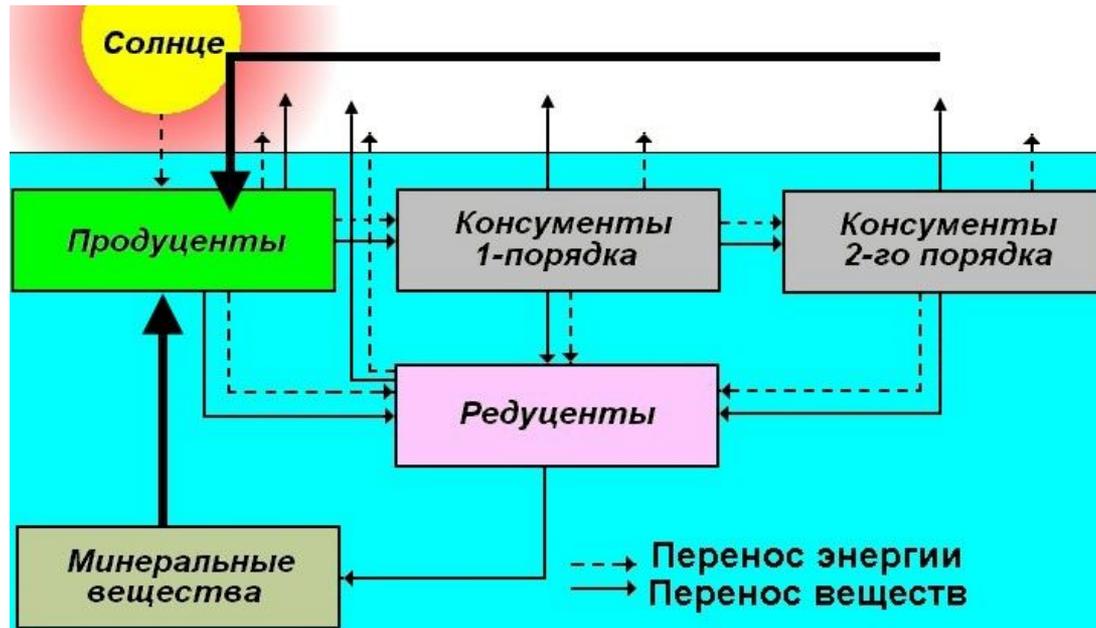
**Поэтому пищевая цепь обычно включает всего 4-5 звеньев.**

С уровня на уровень переходит около 10% биомассы. Какое количество биомассы образуется на пятом уровне от биомассы образованного в результате фотосинтеза органического вещества продуцентов (считать образованную биомассу первого уровня за 100%, причем 50% от этой биомассы расходуется растениями при дыхании).

## Правило пирамиды

0,005%

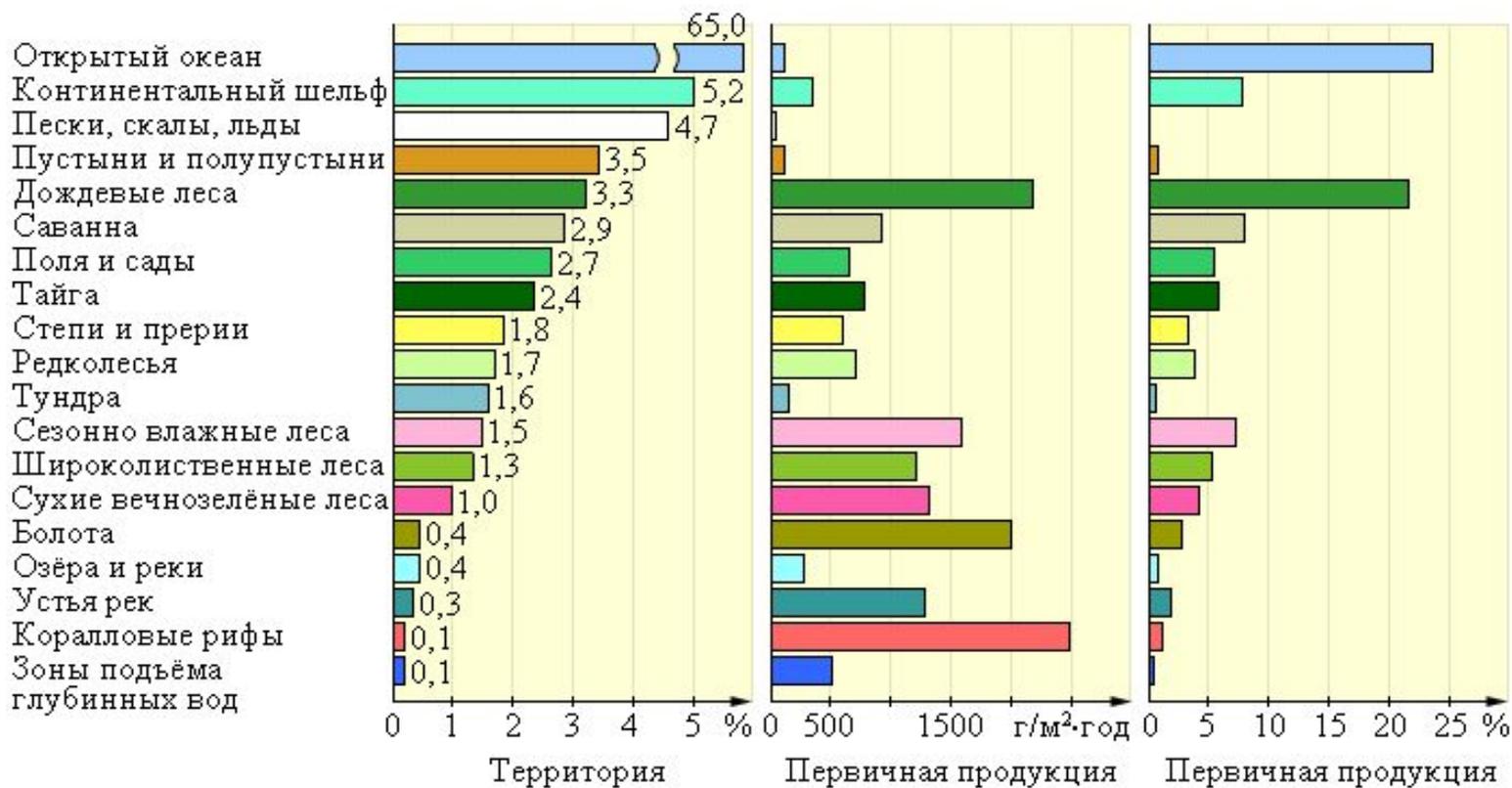
У продуцентов прирост биомассы 50% (50% будет израсходовано при дыхании), прирост биомассы второго уровня составит – 5%, третьего 0,5%, четвертого уровня – 0,05%, пятого – 0,005%.



Таким образом, можно ли утверждать, что в любом биогеоценозе происходит круговорот веществ и энергии?

*Нет, происходит круговорот веществ и односторонний поток энергии, которая рассеивается в форме тепла в каждом звене пищевой цепи.*

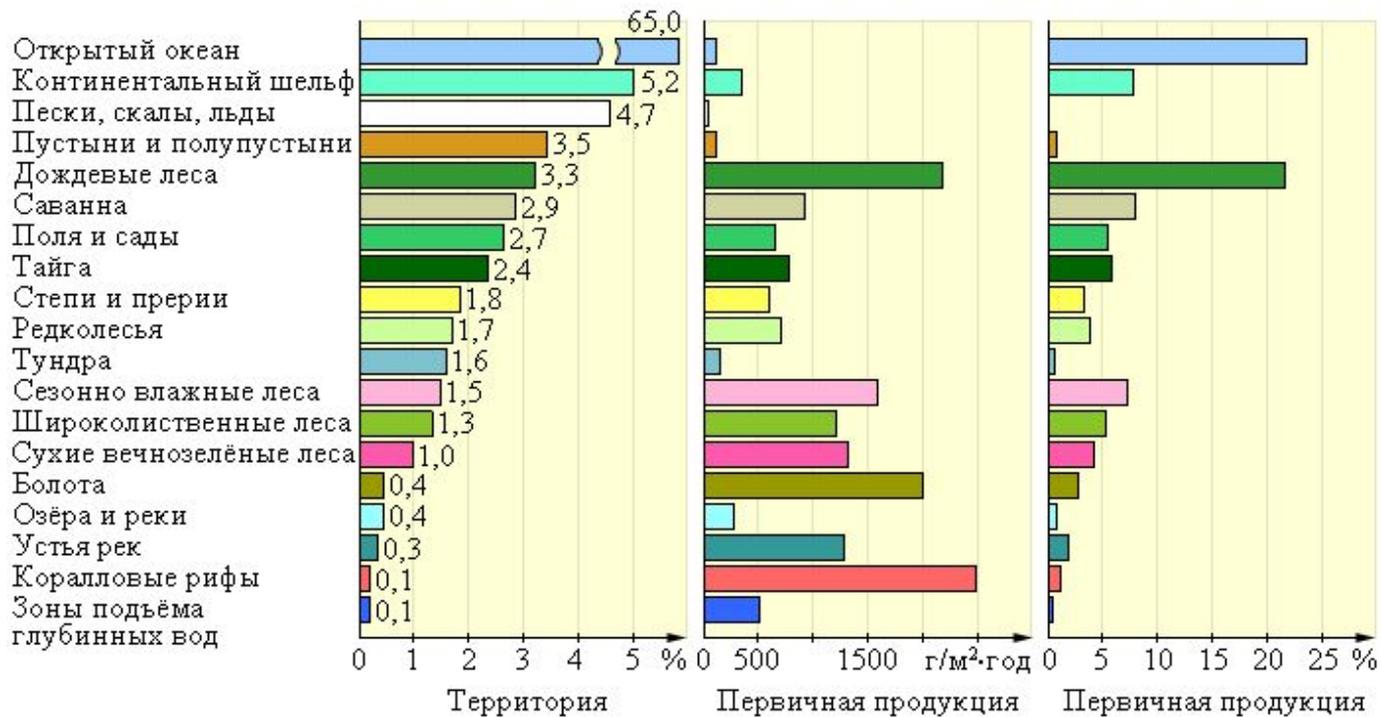
## Продуктивность экосистем



За единицу времени растения в процессе фотосинтеза создают определенную биомассу. Это **валовая первичная продукция, ВПП**.

Около 50% этой биомассы расходуется самими растениями в процессах дыхания, 50% сохраняется в виде прироста биомассы. Эта часть и составляет **чистую первичную продукцию, ЧПП** экосистемы.

# Продуктивность экосистем

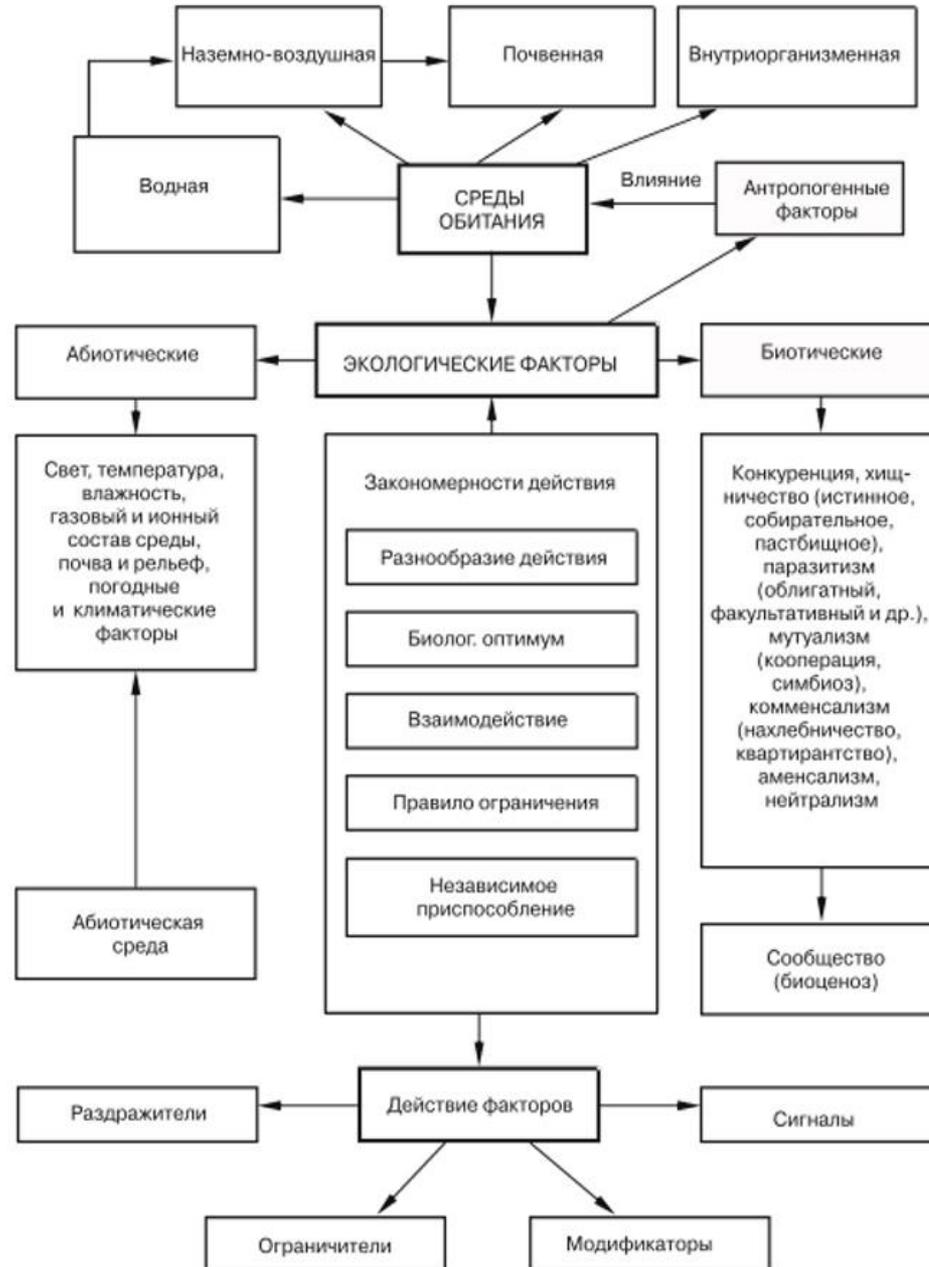


Прирост за единицу времени биомассы консументов составляет *вторичную продукцию* экосистемы. *Биологическая продуктивность экосистемы – производительность экосистемы, измеряемая за единицу времени на единицу площади. Самая высокая первичная продуктивность (г/м² в год)?*

*У коралловых рифов, тропических лесов, болот, эстуариев.* Эстуарий – устье реки, расширяющееся в сторону моря.

Самая низкая продуктивность в тундре, горных степях, большей части морских экосистем.

**Структурно-логическая схема «Экологические факторы»**



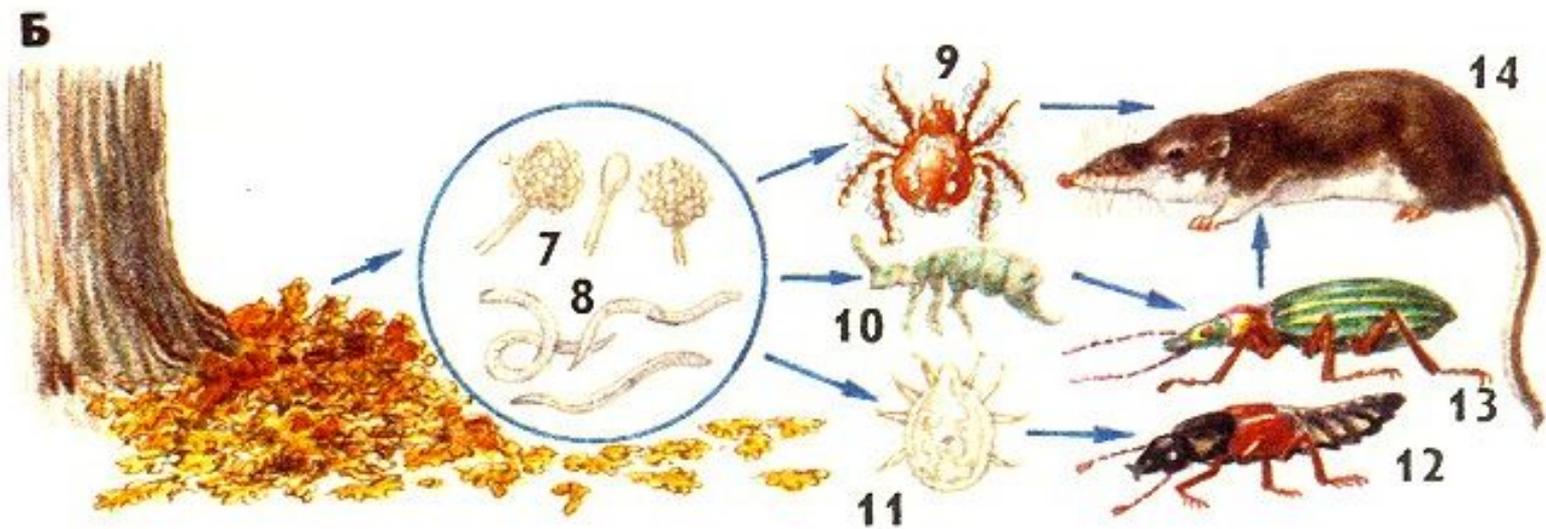
## Олимпиадникам

Какое количество солнечной энергии потребовалось для образования биомассы растительности в данной пищевой цепи:  
растения - консументы 1-го порядка - консументы 2-го порядка, получившие прирост биомассы на 500 калорий.

1. *500 ккал.*
2. *50 000 ккал*
3. *5 000 ккал*
4. *50 ккал*

Консументы 2-го порядка - 500 кал;  
1-го порядка - 5 000 кал;  
растения - 50 000 кал. или 50 ккал;  
они усваивают 1% солнечной энергии,  $50 \text{ ккал} \times 100 = 5\,000 \text{ ккал}$ .

Какие цепи питания изображены на рисунке:



## Подведем итоги:

Какая часть солнечной энергии запасается продуцентами дубравы в форме химических связей образованного органического вещества?

*В дубраве около 1% солнечной энергии преобразуется в химические связи образованного органического вещества.*

Какая часть образованного органического вещества окисляется при дыхании самими растениями?

*При дыхании растений около 50% органического вещества окисляется.*

Что такое валовая первичная продукция?

*Образованное органическое вещество растений за единицу времени – валовая первичная продукция (ВПП).*

Что такое чистая первичная продукция?

*При дыхании растений около 50% органического вещества окисляется, остальные 50% - прирост биомассы, чистая первичная продукция (ЧПП).*

Как в биогеоценозе происходит круговорот веществ?

*Продуценты извлекают химические элементы из неживой природы и образуют органическое вещество. Затем химические элементы движутся по цепям питания. От звена к звену часть органического вещества используется как источник энергии, а часть – как строительный материал. В каждом звене пищевой цепи при дыхании углекислый газ возвращается в атмосферу, непереваренные остатки пищи и погибшие организмы разлагаются с помощью редуцентов, которые завершают круговорот химических элементов.*

## Подведем итоги:

Что, в конце концов, происходит с энергией, аккумулированной в органическом веществе экосистемы?

*Большая часть энергии, заключенной в пище, выделяется в результате энергетического обмена и используется для поддержания всех жизненных процессов, меньшая часть используется для прироста биомассы и часть энергии выводится из организма вместе с неусвоенной пищей, выделенной в виде экскрементов. Запас энергии, накопленный зелеными растениями, стремительно иссякает и вся энергия рассеивается в форме тепла.*

Биологическая продуктивность экосистемы?

*Производительность экосистемы, измеряемая за единицу времени на единицу площади.*

Пастбищная цепь?

*Цепь выедания (пастбищная) начинается с продуцентов, идет к консументам 1-го, 2-го и заканчивается консументами 3-го порядка.*

Детритная цепь?

*Цепь разложения (детритная) цепь начинается от растительных и животных остатков, экскрементов животных и идет к мелким животным и микроорганизмам (детритофагам), которые ими питаются.*

Правило экологической пирамиды биомассы? Для каких экосистем верно?

*Биомасса каждого последующего уровня в пищевой цепи прогрессивно уменьшается верно для наземных экосистем.*

## Подведем итоги:

Используя правило Линдемана (правило 10 %), постройте пирамиды биомассы (1) и численности (2) для следующей пищевой цепи луга:

Растения → кузнечик → лягушка → аист.

Биомасса всех растений луга 40 тыс. кг,  
одного травянистого побега – 0,5 г (0,0005 кг),

1 кузнечика – 1 г,

1 лягушки – 10 г,

1 аиста – 2 кг.

40000 – 4000 – 400 – 40 (кг) (пирамида биомасс)(1)

$40000/0,0005 = 80\ 000\ 000$  штук растений

$4000/0,001 = 4\ 000\ 000$  штук кузнечиков

$400/0.01 = 40\ 000$  штук лягушек

$40/2 = 20$  штук аистов

8000000 – 4000000 – 40000 – 20(пирамида численности)(2)

Ответ: 40000 – 4000 – 400 – 40 (кг) (пирамида биомасс)(1)

8000000 – 4000000 – 40000 – 20 (пирамида численности)(2)

**Ломоносов 2012-2013.** Упрощенная схема пищевой сети, которая завершается лисой обыкновенной, выглядит следующим образом:

растения → грызуны → лисица;

плоды → лисица;

растения → насекомые → лягушки → лисица.

При этом 75% рациона лисы составляют грызуны, 20% – различные ягоды, плоды и 5% земноводные. Суммарный суточный рацион лисицы составляет 1000 ккал. Рассчитайте площадь, необходимую для обеспечения суточных энергозатрат этого животного, исходя из предположения, что поступление солнечной энергии к автотрофному уровню экосистемы за день составляет 400 ккал на квадратный сантиметр.

В процессе фотосинтеза автотрофами усваиваются 1% солнечной энергии, а с одного трофического уровня на следующий уровень согласно правилу Линдемана передается около 10% энергии. Рассчитываем площадь следующим образом:

$1 \text{ м}^2 = 10\,000 \text{ см}^2$ . Количество поступившей энергии на  $1 \text{ м}^2 = 400 * 10\,000 = 4\,000 \text{ ккал}$ .

1. а)  $1000 * 0.75 = 750 * 10 * 10 * 100 = 7.5 * 10^6 \text{ ккал}$ .

б)  $7.5 * 10^6 / 4000 = 1875 \text{ м}^2$  – цепь с грызунами.

2. а)  $1000 * 0.2 = 200 * 10 * 100 = 0.2 * 10^6 \text{ ккал}$ .

б)  $0.2 * 10^6 / 4000 = 50 \text{ м}^2$  – цепь плодов и ягод.

3.  $1000 * 0.05 * 10 * 10 * 10 * 100 = 5 * 10^6 \text{ ккал}$ .

б)  $5 * 10^6 / 4000 = 1250 \text{ м}^2$  – цепь земноводных.

4.  $1875 + 50 + 1250 = 3175 \text{ м}^2 = 0.32 \text{ га}$ .