

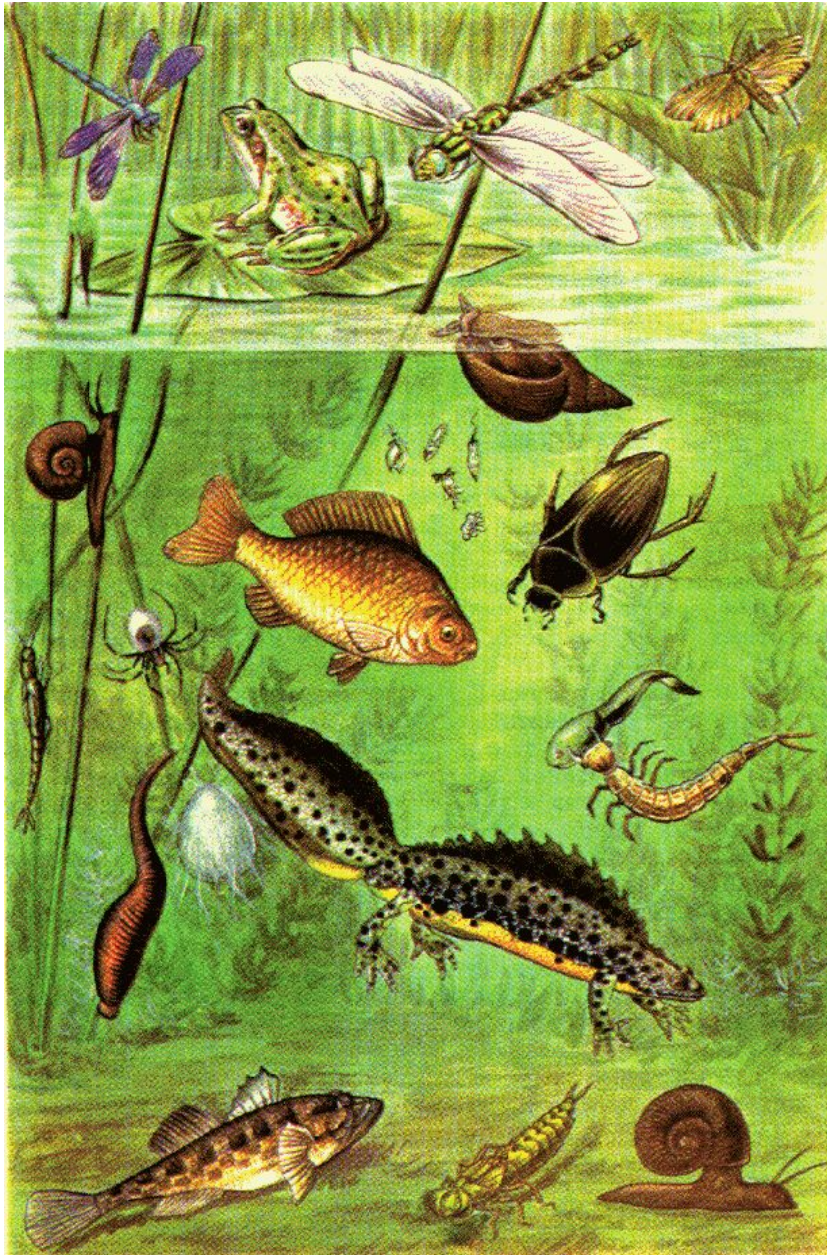
*Тема:*  
*«Сообщества. Экосистемы»*

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

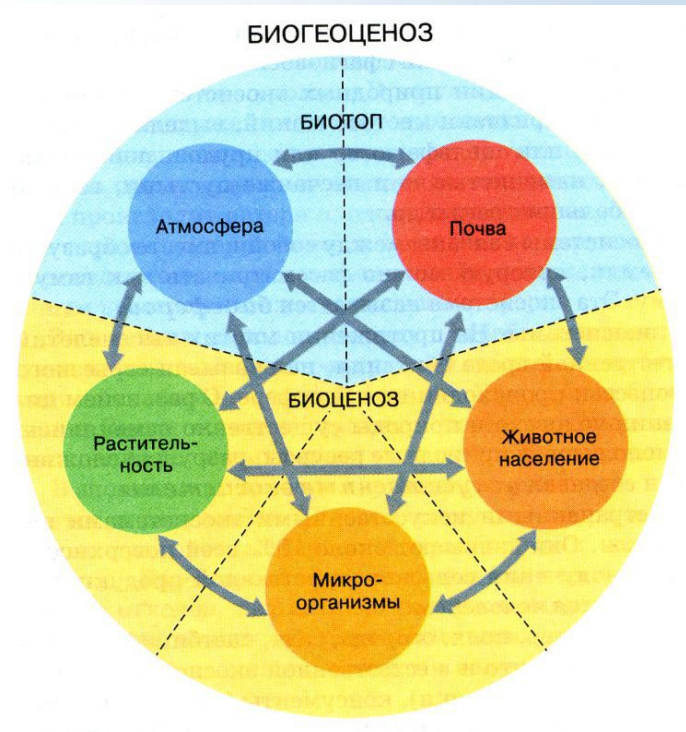
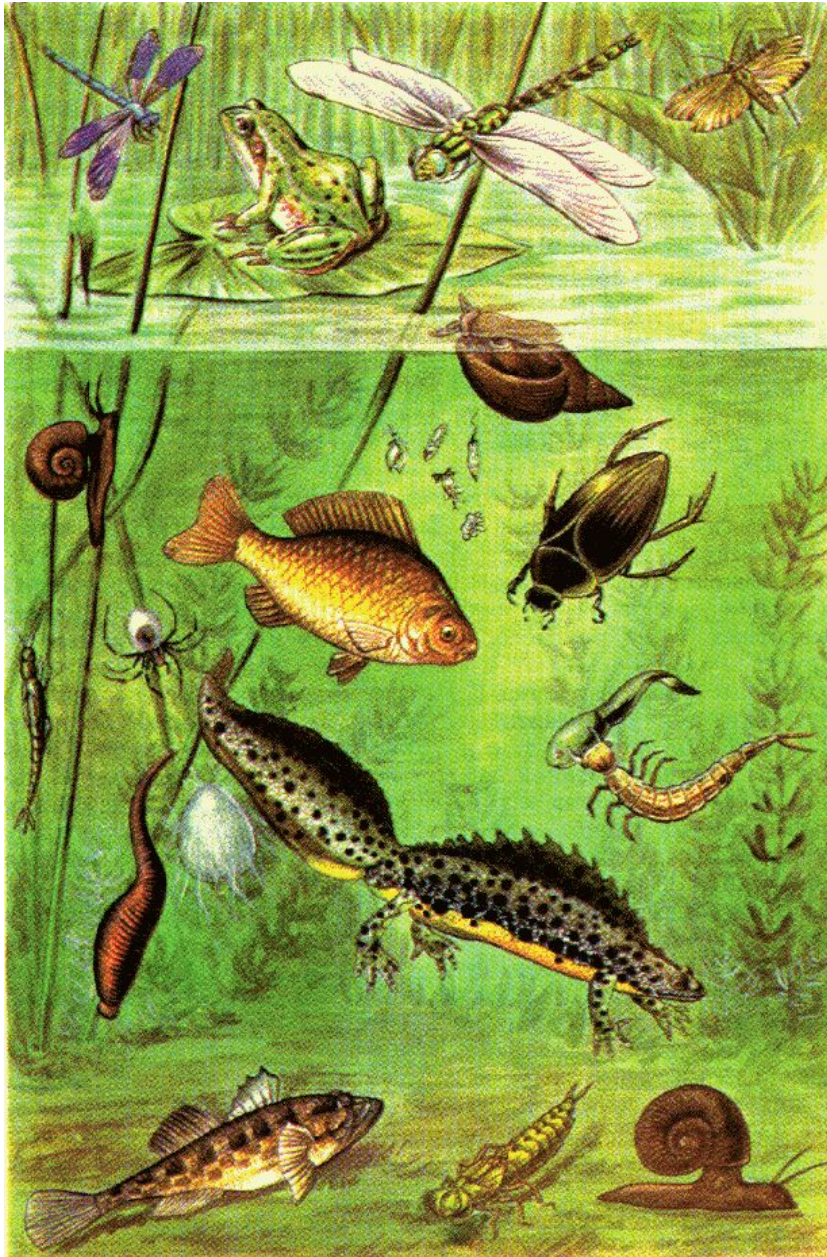


Схема биогеоценоза  
(из работы  
В.Н.Сукачева)

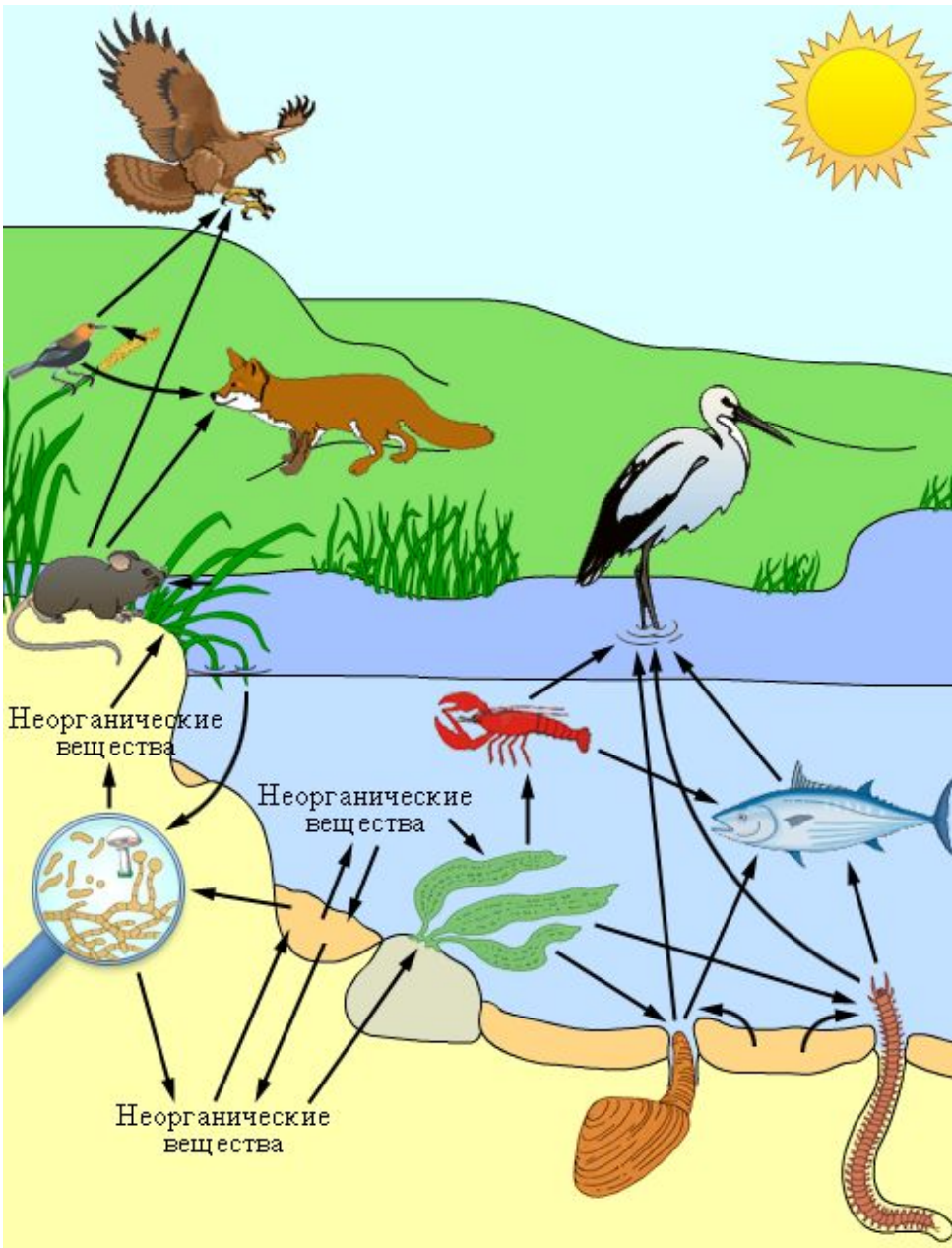
## Характеристика биогеоценоза



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

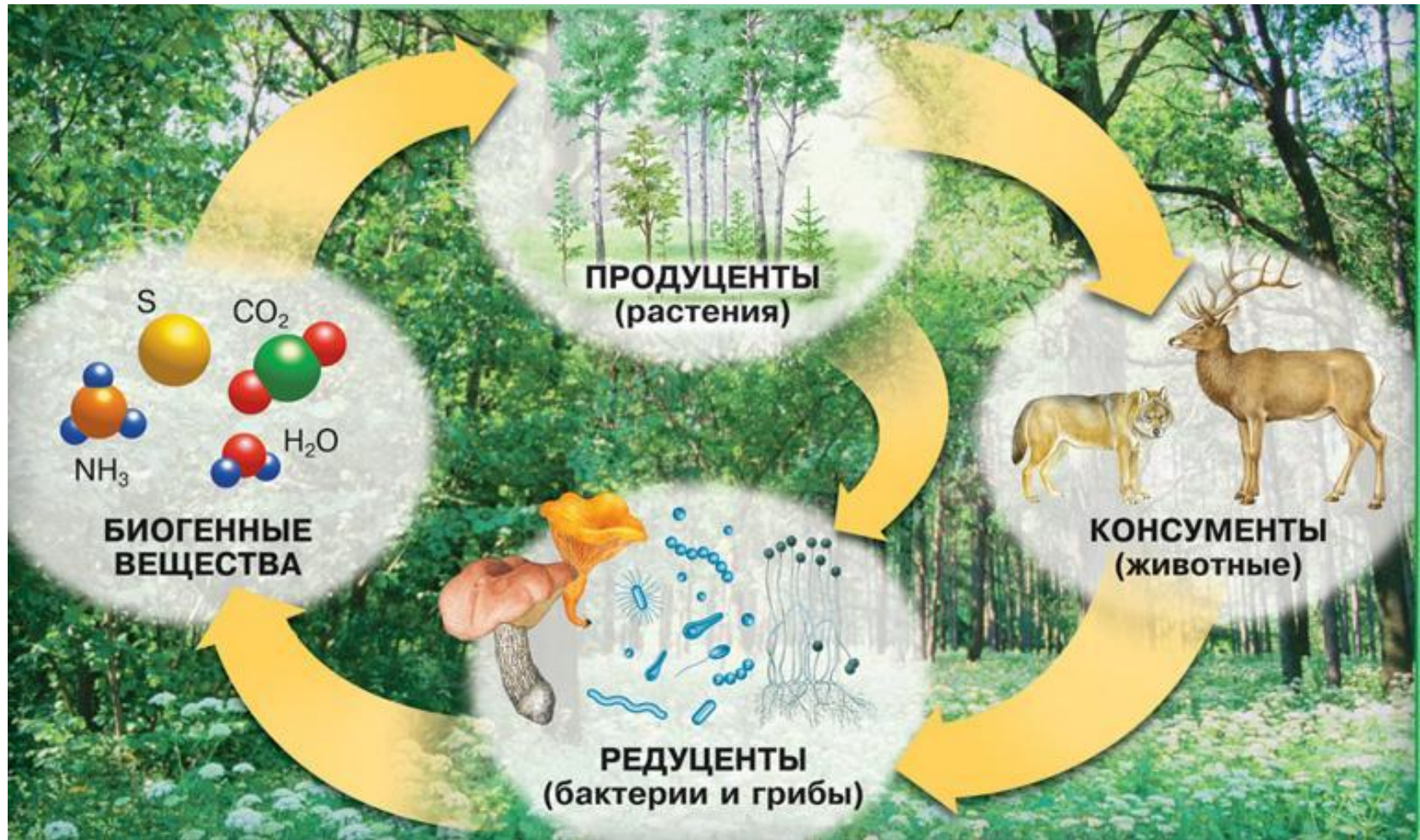
Источник углерода - органические соединения

**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*).

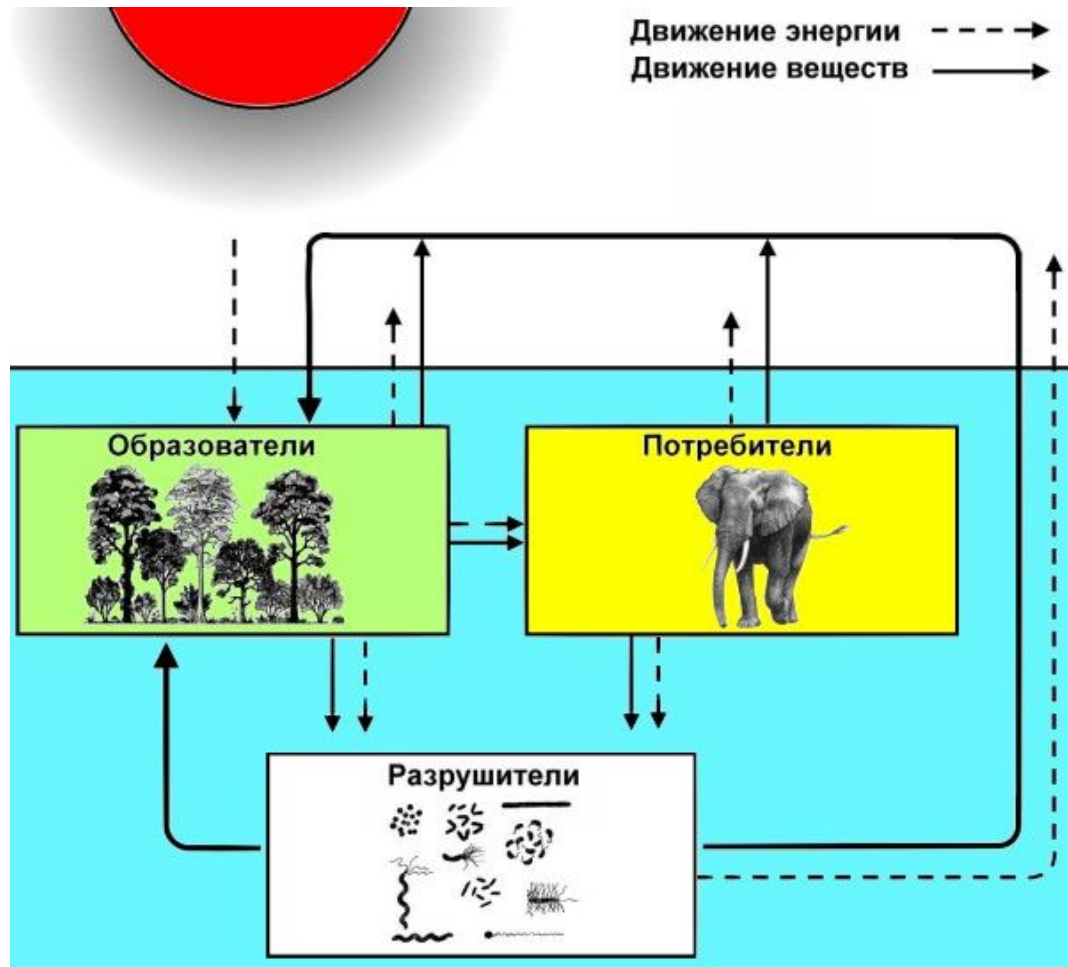
Гетеротрофы используют энергию окисления органических веществ и используют органические источники углерода.

## Характеристика биогеоценоза



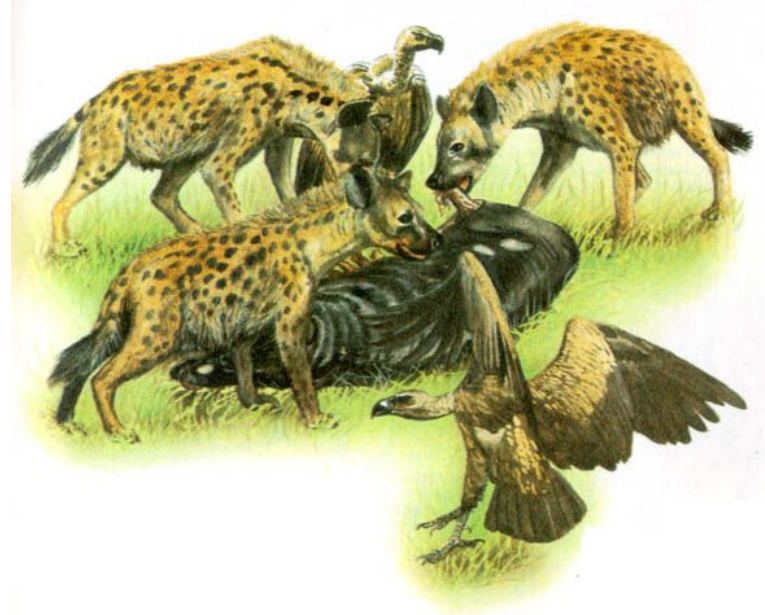
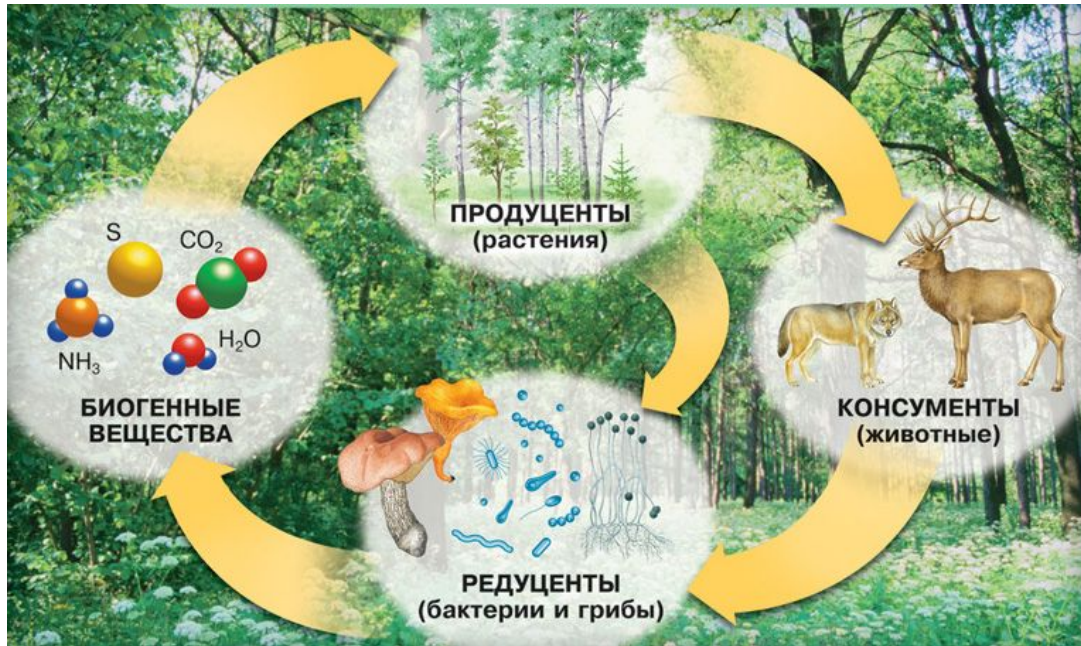
Основу биоценоза составляют *автотрофные организмы – продуценты (образователи)* органического вещества. Сообщество растений называют *фитоценозом*, животных – *зооценозом*. В процессе фотосинтеза происходит образование органического вещества, за счет которого питаются гетеротрофы.

# 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?

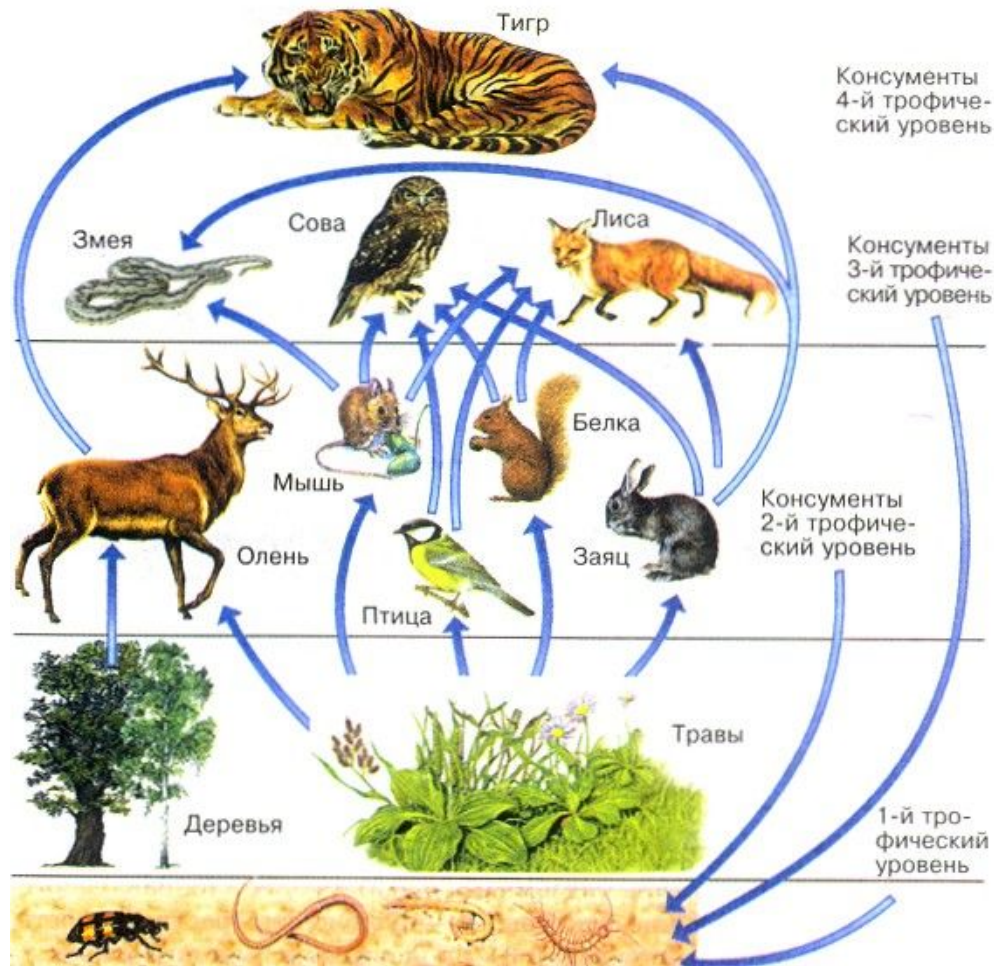
Мелкие животные, питающиеся неживыми органическими веществами – дождевые черви, жуки-мертвоеды, навозники относятся к консументам-детритофагам.

## Характеристика биогеоценоза



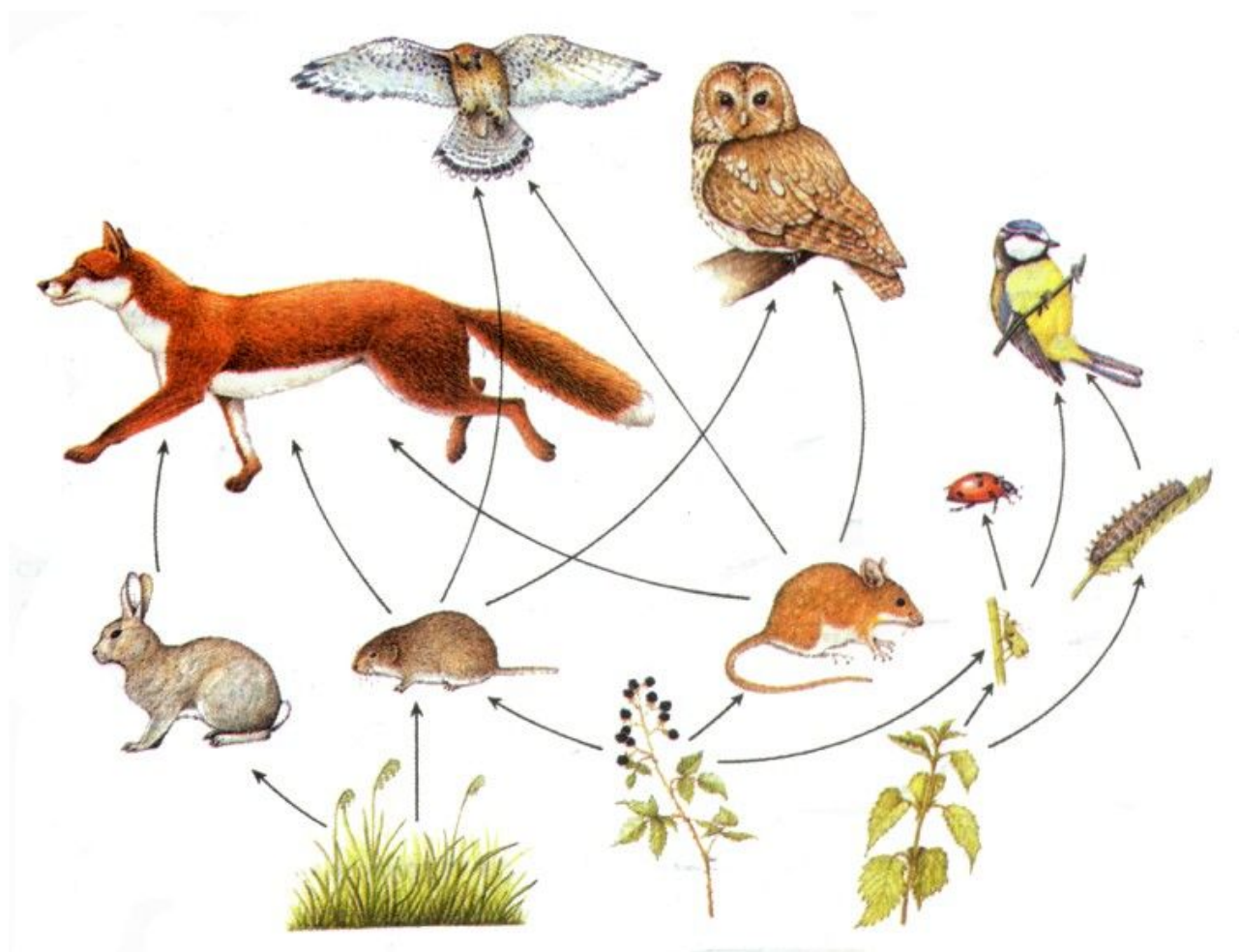
Живые организмы биоценоза связаны в *цепи питания*. Простой пример пищевой цепи: растительность – насекомое, питающееся растительностью – хищное насекомое – насекомоядная птица – хищная птица.

## Характеристика биогеоценоза



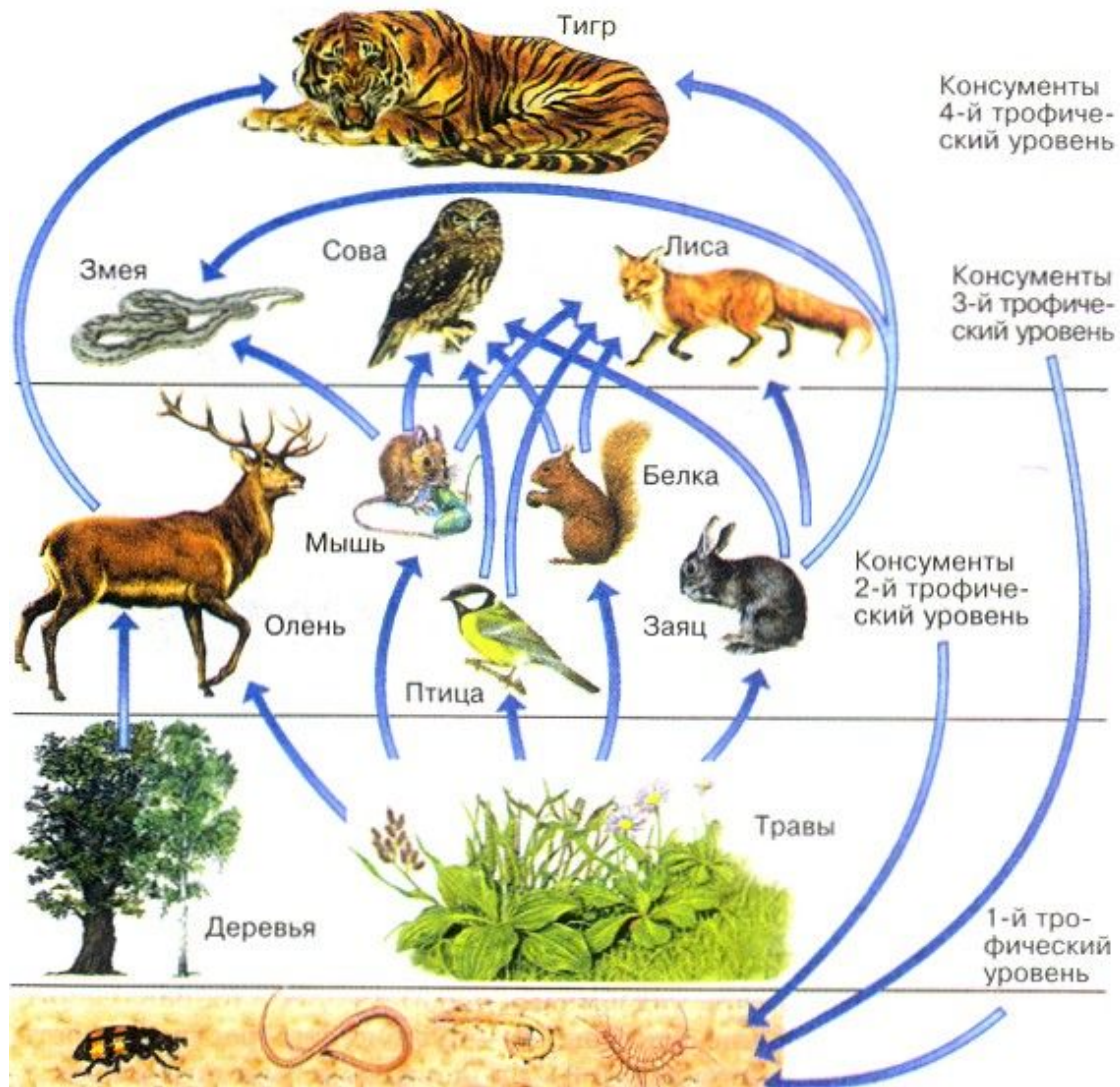
Но растительноядное насекомое питается на нескольких видах растений, хищное насекомое – многими видами насекомых, насекомоядная и хищная птицы – многими видами животных. Таким образом, цепи питания образуют пищевые сети, *сети питания*.

## Характеристика биогеоценоза



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

# Характеристика биогеоценоза

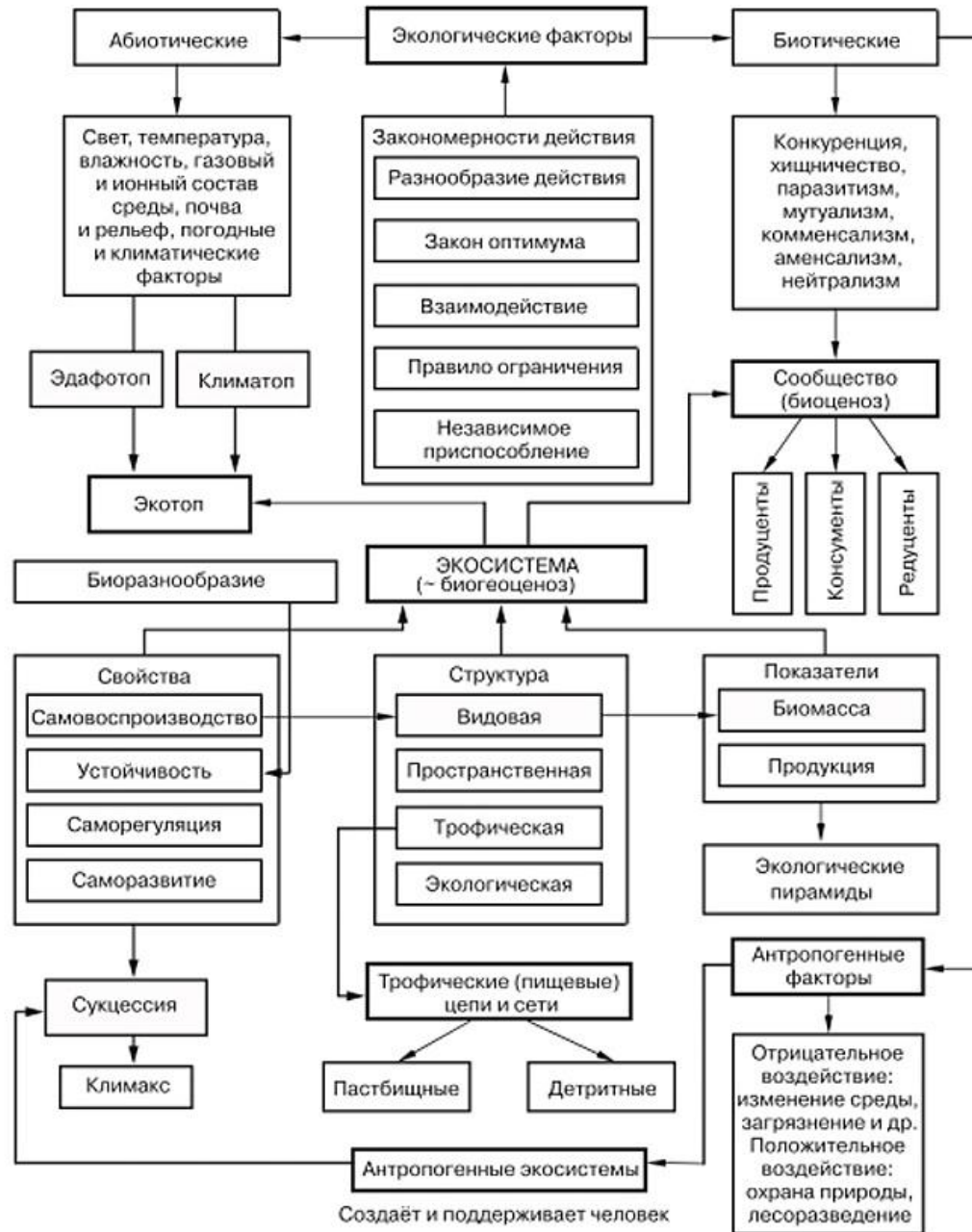


Кто относится к **редуцентам** в данной экосистеме?

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.*

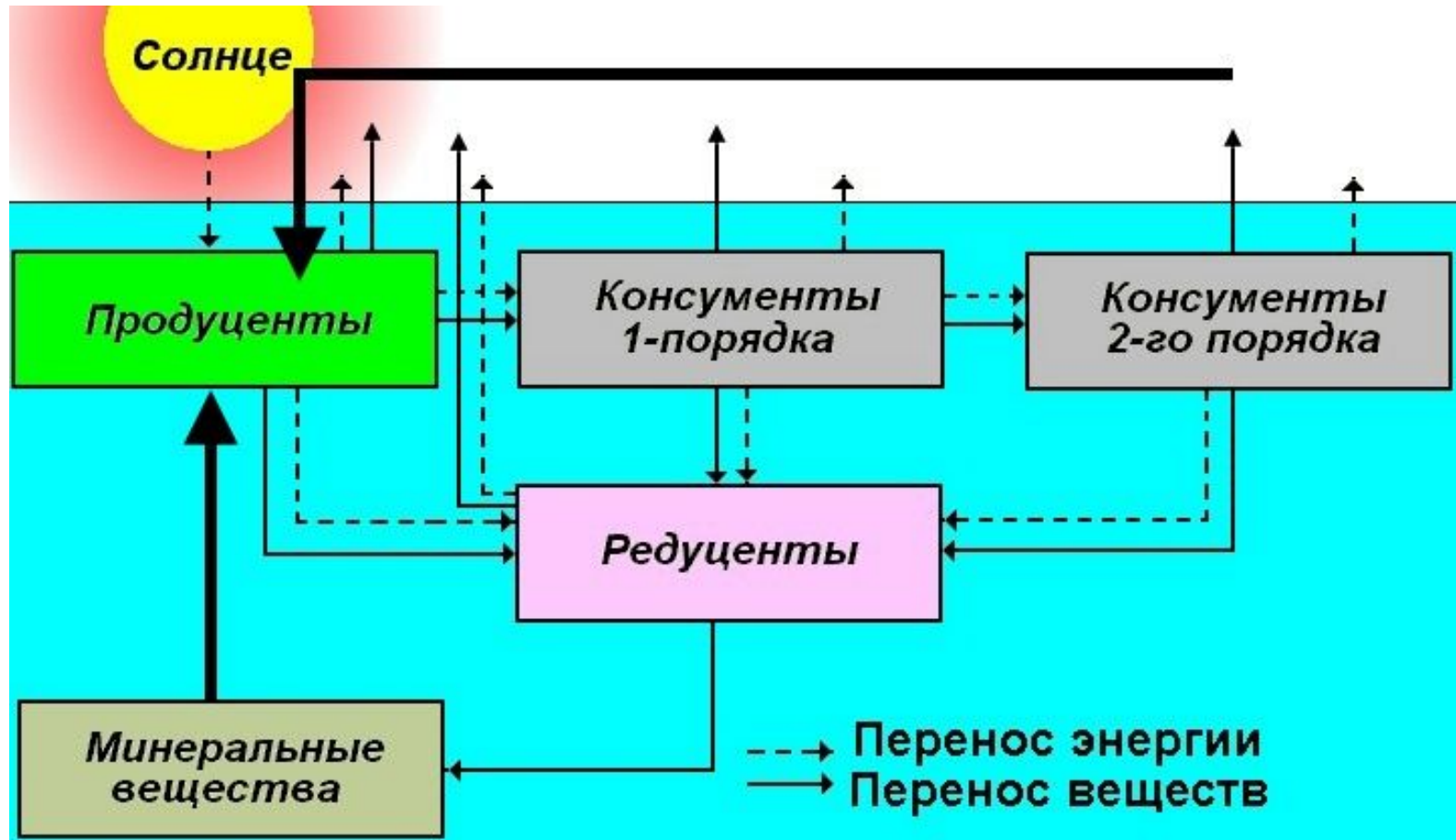
Кто относится к редуцентам?

*Бактерии и грибы.*

От чего зависит устойчивость во времени экосистемы?

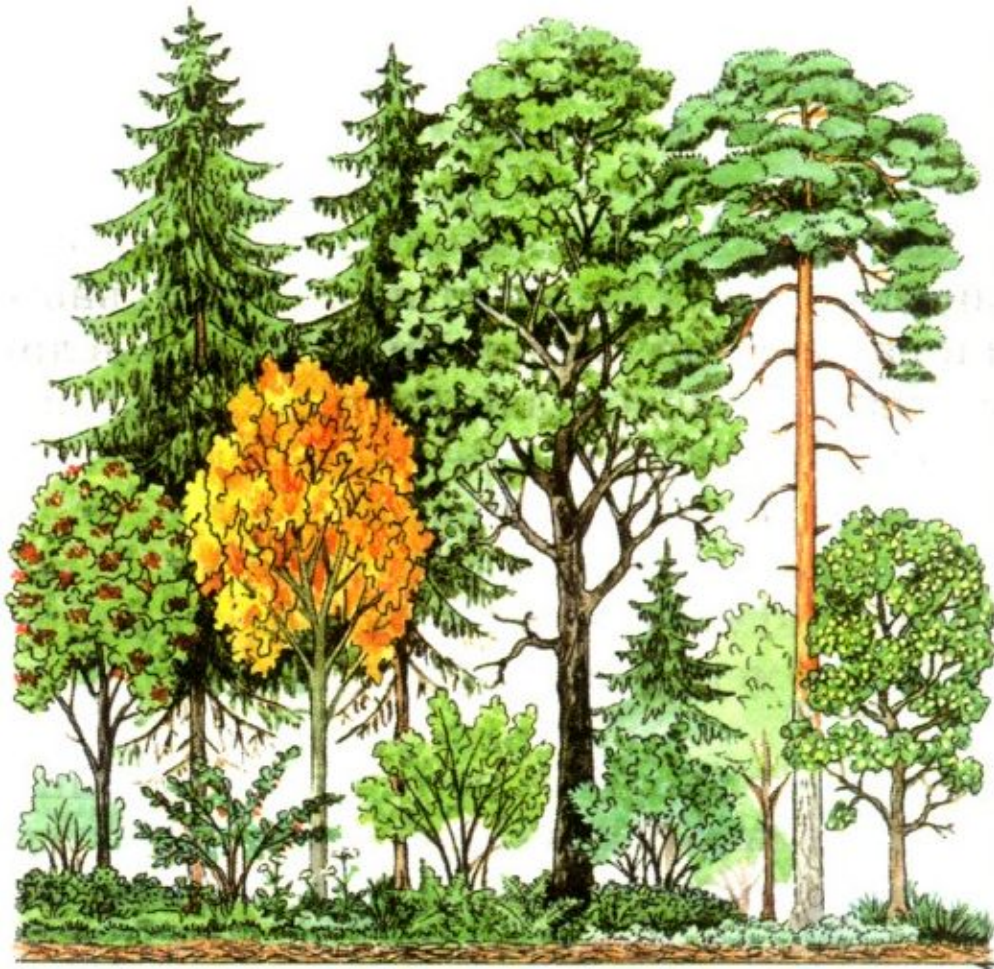
*Чем сложнее сети питания, чем больше видов в экосистеме, тем устойчивее данная экосистема.*

## 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.

# ЯРУСНОСТЬ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ (ДУБРАВА)

ВЕРХНИЙ ДРЕВЕСНЫЙ ЯРУС  
(большие деревья)

Дуб черешчатый

Липа сердцелистная

ВТОРОЙ ДРЕВЕСНЫЙ ЯРУС  
(малые деревья)

Клен остролистный

КУСТАРНИКОВЫЙ  
(кустарники,  
молодые деревья)

Медуница неясная

Дикая яблоня

ТРАВЯНИСТЫЙ (кустарнички,  
полукустарнички, папоротники,  
всходы деревьев, травы)

Хохлатка плотная

ПРИЗЕМНЫЙ (лишайники,  
мхи, грибы, низкие травы)

ПОДСТИЛКА  
(опавшие листья,  
мертвые корни)

Подстилка

Белый гриб

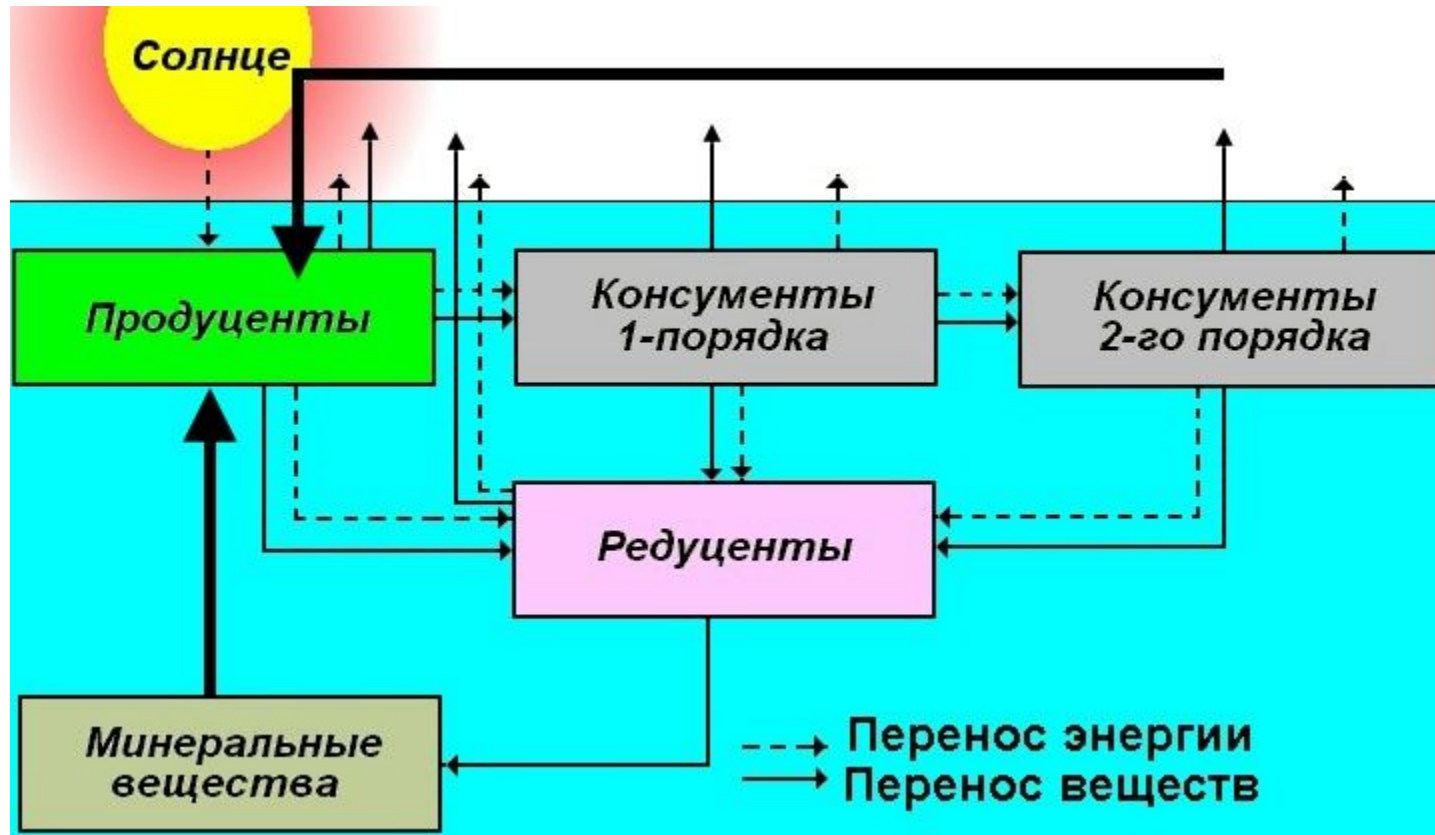
Копытень  
европейский

Лещина  
обыкновенная

Бузина  
красная



## Круговорот веществ и поток энергии:



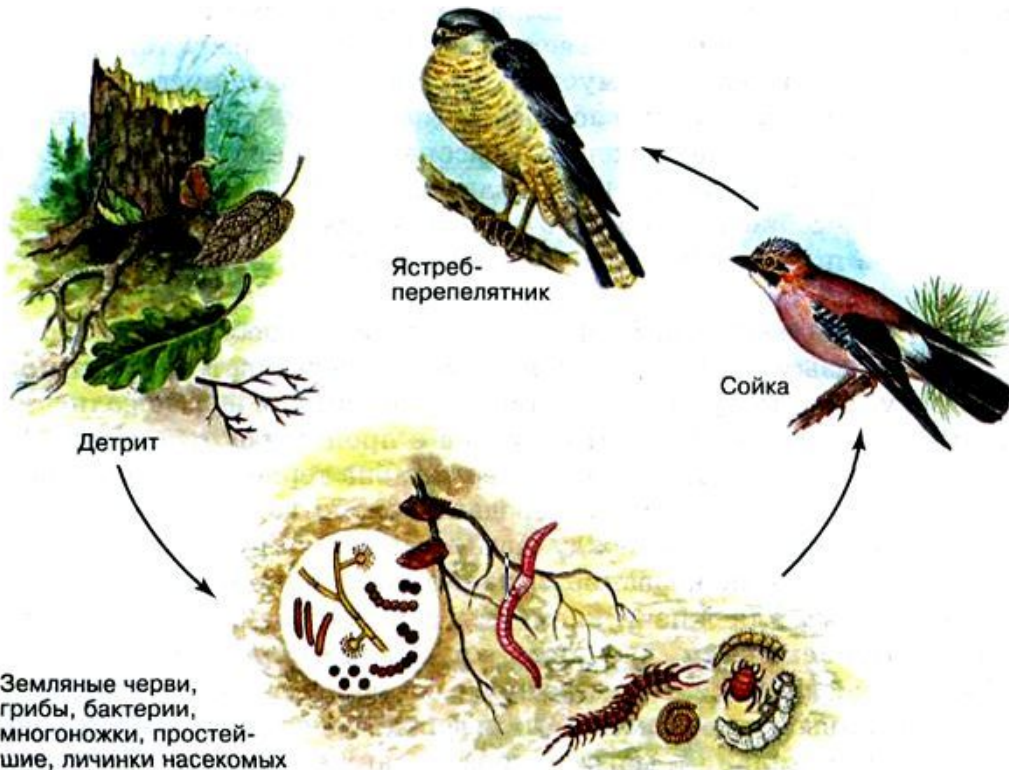
Затем химические элементы движутся по цепям питания. И вновь от звена к звену часть органического вещества используется как источник энергии, а часть – как строительный материал.

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.

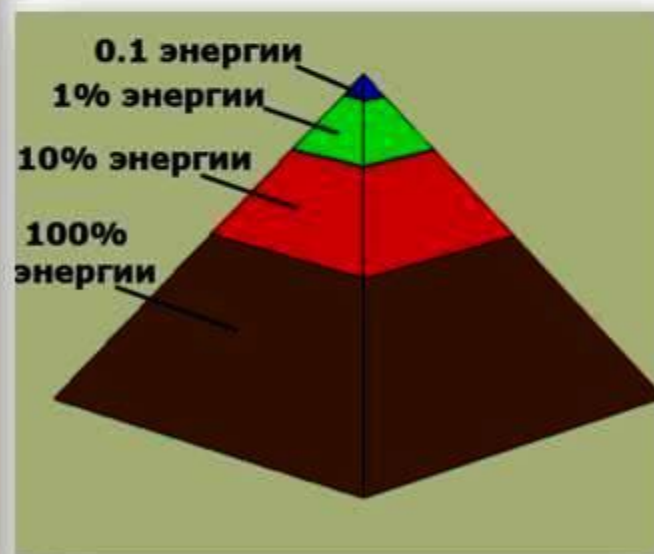
**Цепь разложения (детритная) цепь** начинается **от растительных и животных остатков, экскрементов животных** и идет к мелким животным и микроорганизмам (детритофагам), которые ими питаются



# 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

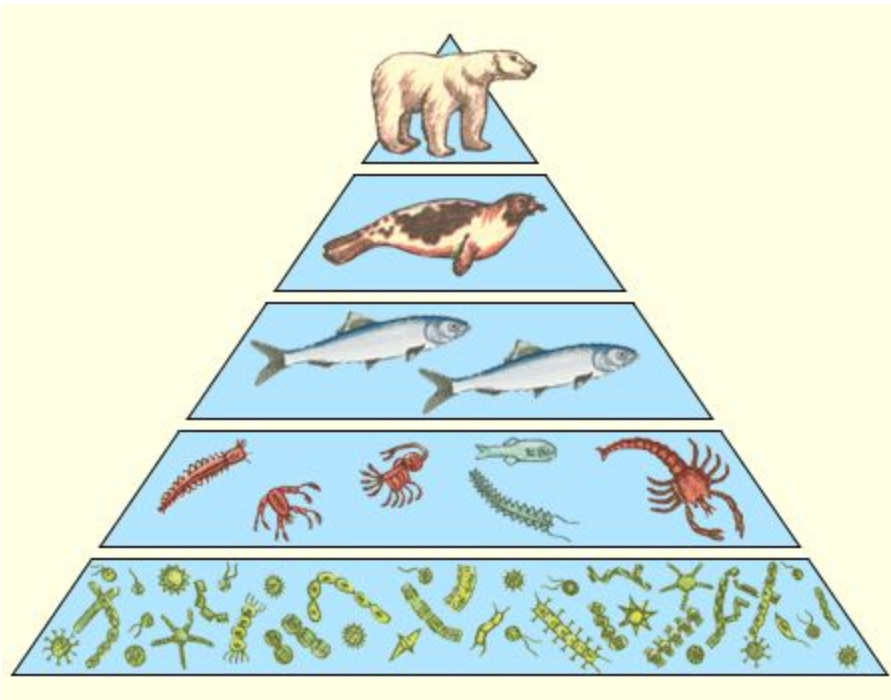


Когда растительность поедается консументами, **большая часть съеденного органического вещества растений окисляется и служит источником энергии, меньшая часть является строительным материалом и идет на прирост или восстановление биомассы.**

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:

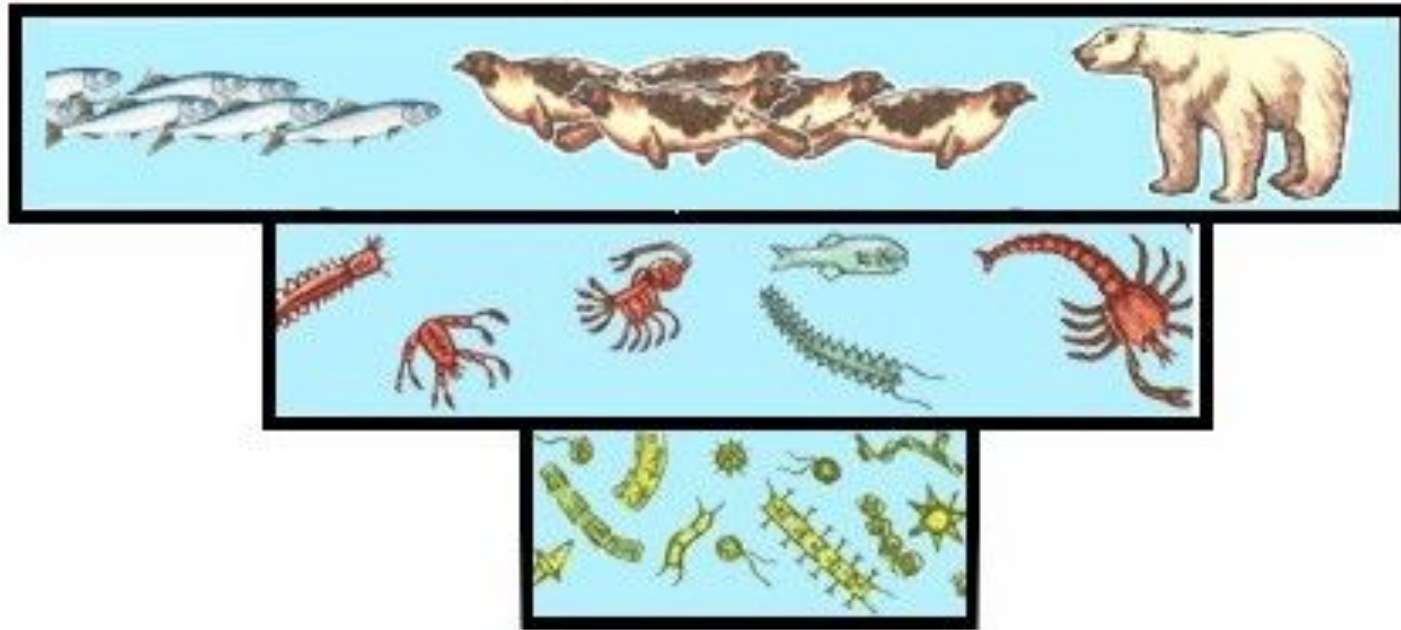
500 т, а в основании этой экологической пирамиды будут находиться съеденные зоопланктоном:

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

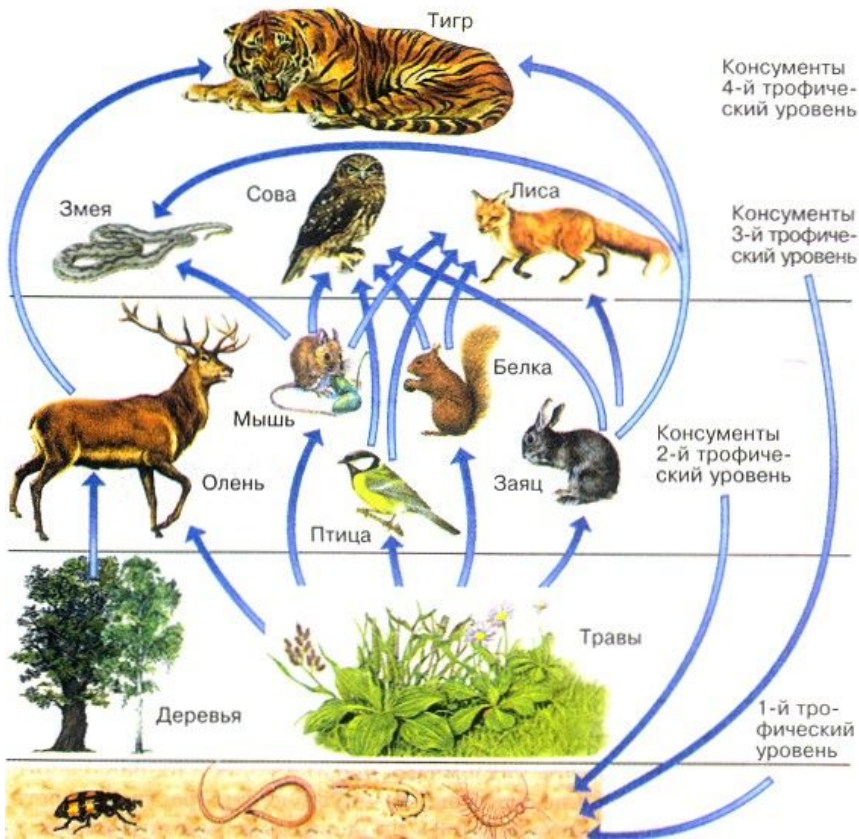
# Правило пирамиды



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.

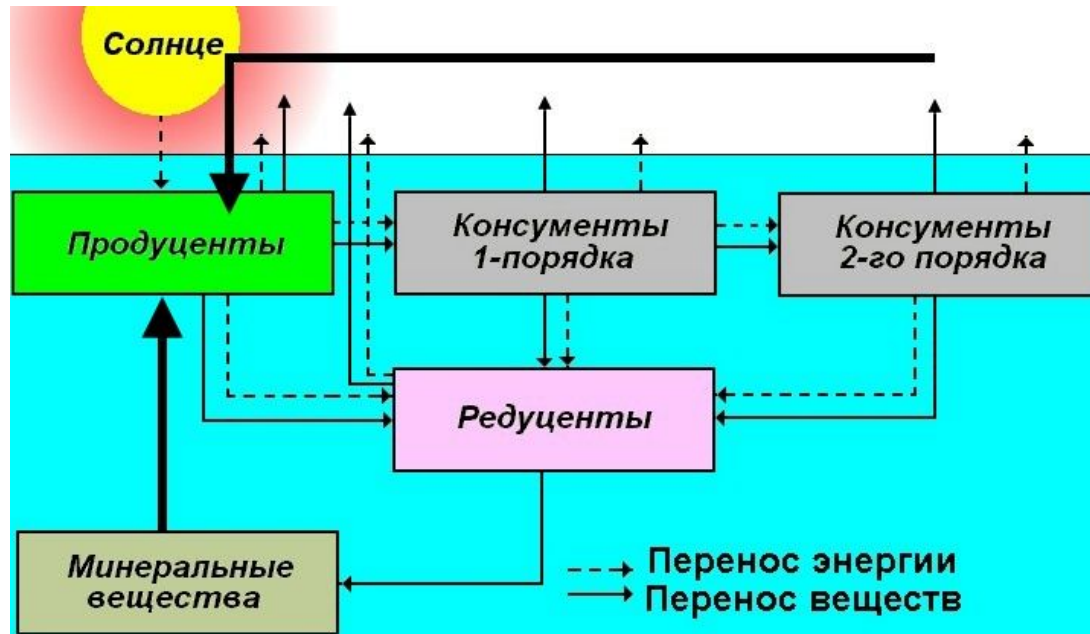
**Поэтому пищевая цепь обычно включает всего 4-5 звеньев.**

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%.

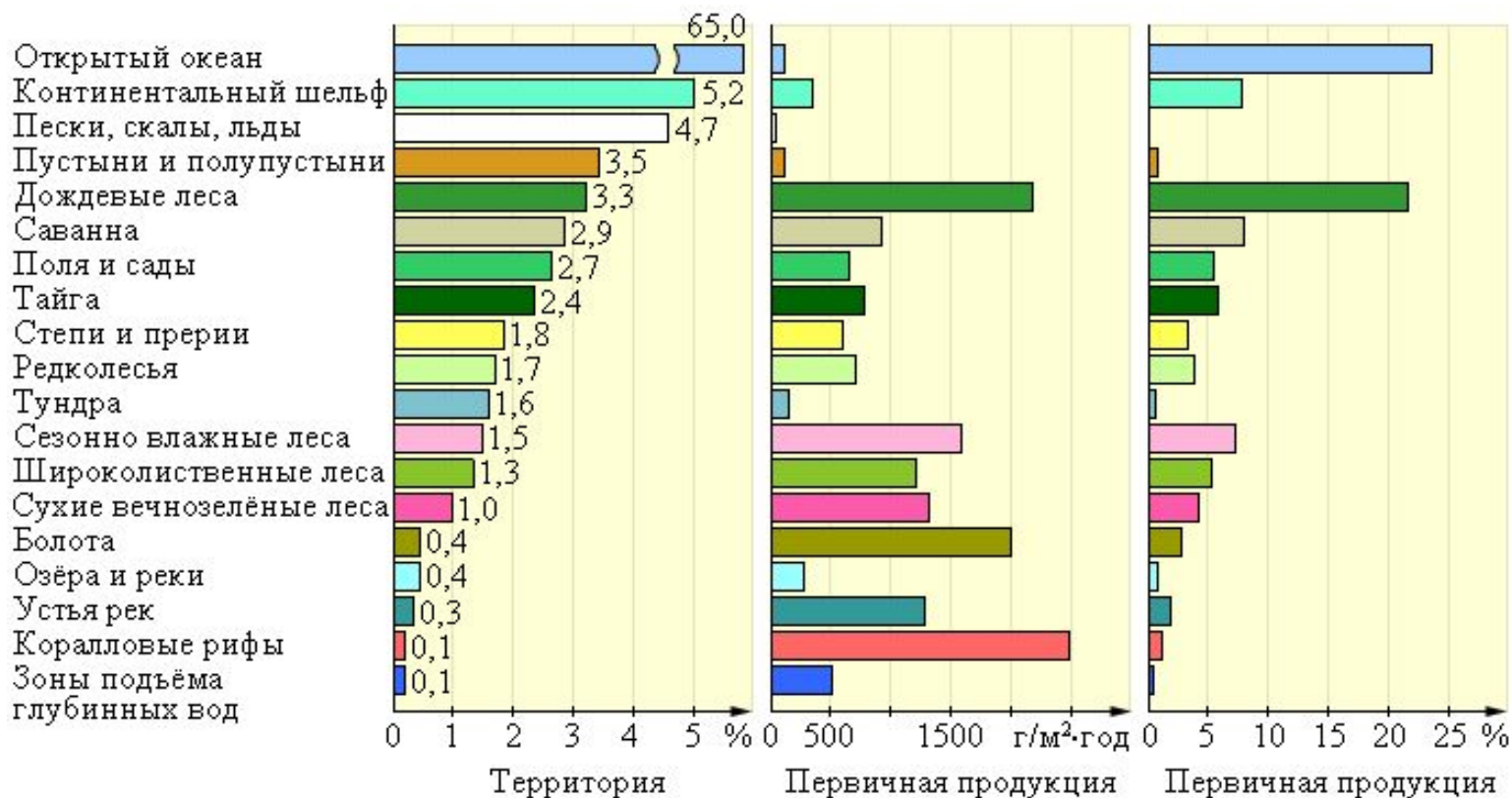


Таким образом, можно ли утверждать, что в любом биогеоценозе происходит круговорот веществ и энергии?

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



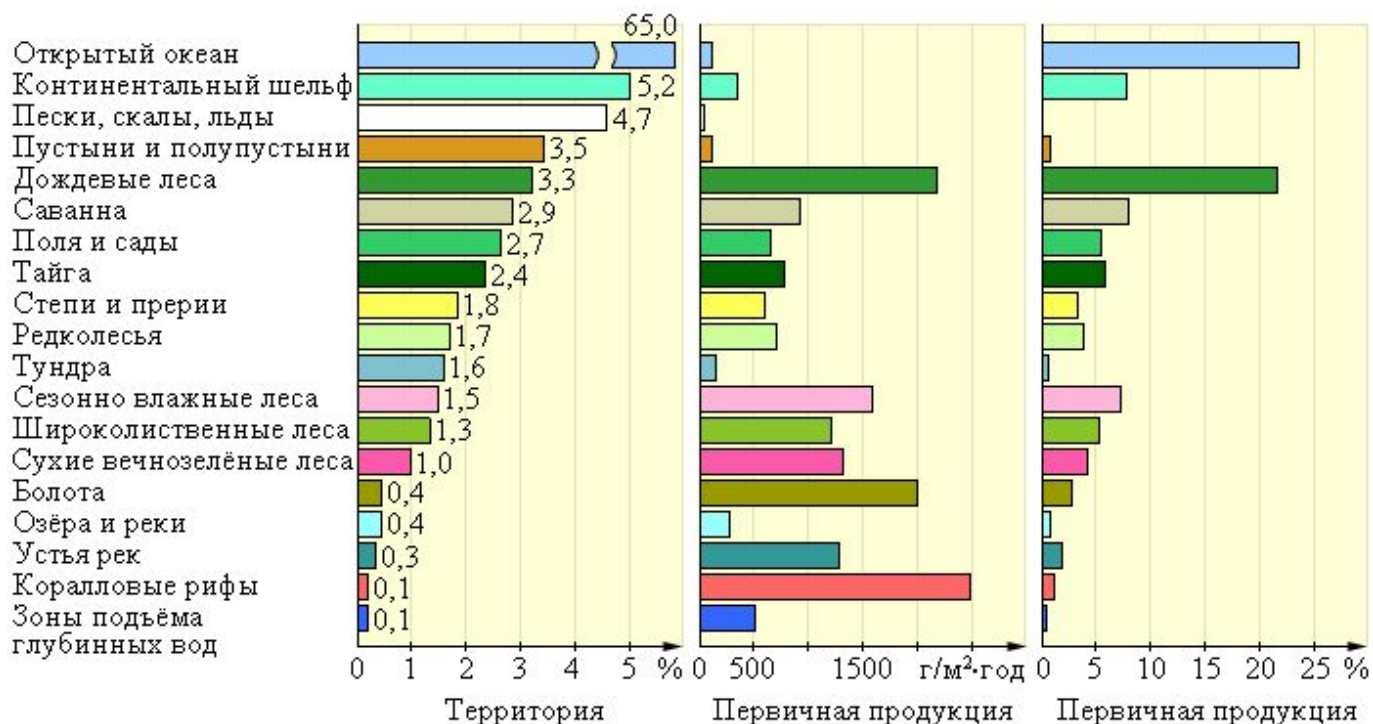
## Продуктивность экосистем



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

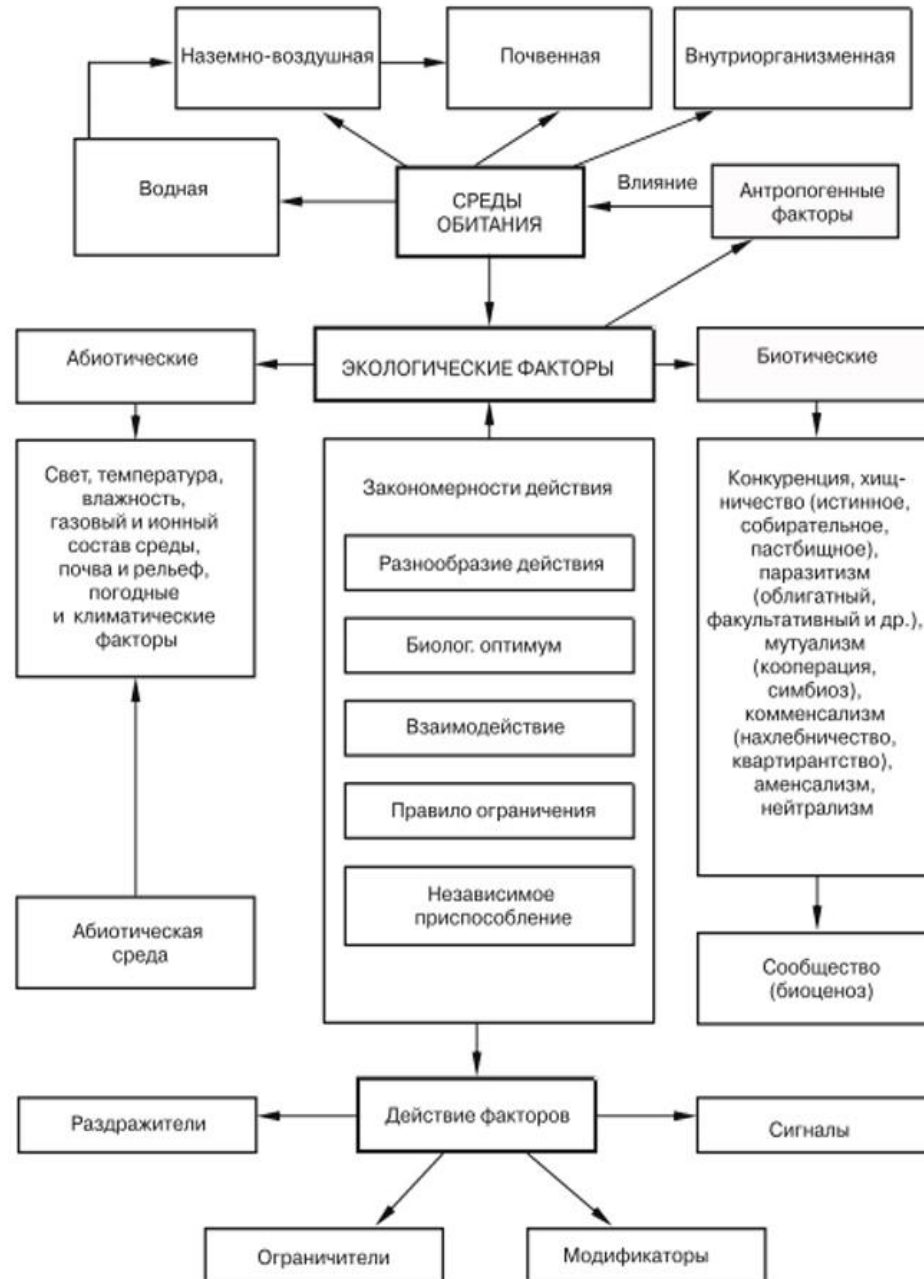


Прирост за единицу времени биомассы консументов составляет *вторичную продукцию* экосистемы. *Биологическая продуктивность экосистемы – производительность экосистемы, измеряемая за единицу времени на единицу площади. Самая высокая первичная продуктивность (г/м² в год)?*

*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»



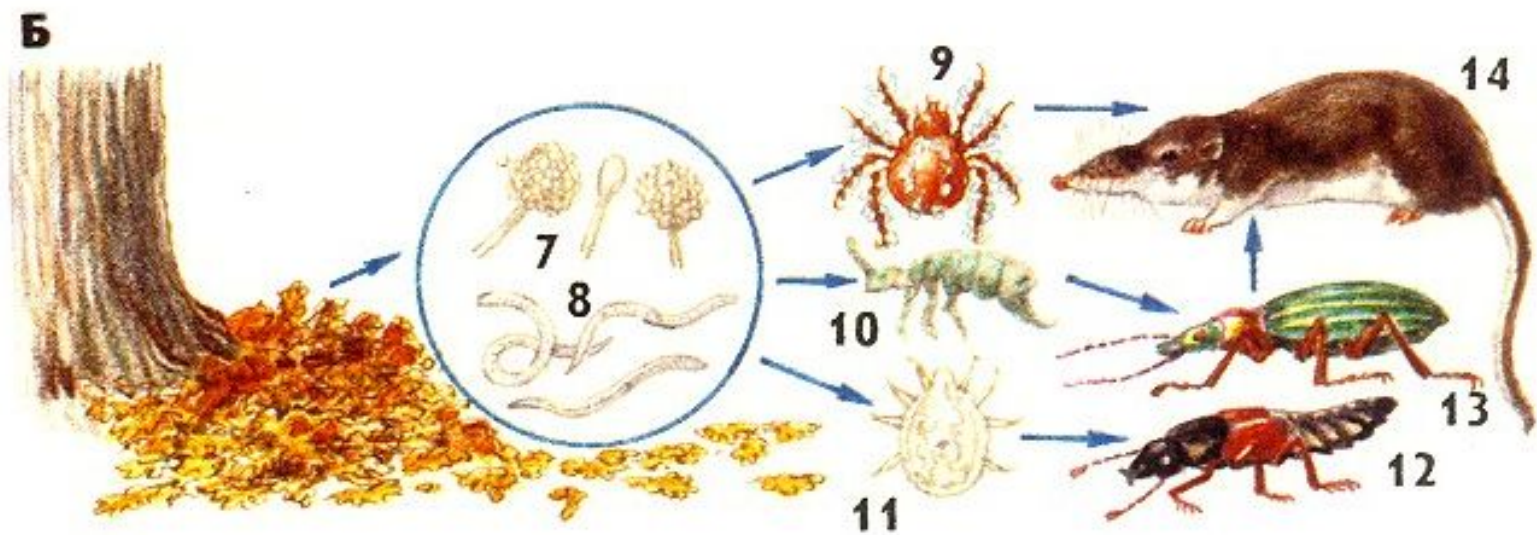
## Олимпиадникам

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  $1\ \text{м}^2 = 400 * 10\ 000 = 4\ 000$  ккал.

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

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

2. а)  $1000 * 0.2 = 200 * 10 * 100 = 0.2 * 10^6$  ккал.

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

3.  $1000 * 0.05 * 10 * 10 * 10 * 100 = 5 * 10^6$  ккал.

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

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