

# **Лекция 5 Перемещение вещества и энергии в экосистемах**

- 1. Понятия экосистема и биогеоценоз**
- 2. Трофическая структура экосистем и круговорот веществ в них**
- 3. Пищевые цепи и трофические уровни**
- 4. Поток энергии и продуктивность экосистем**

# 1. Понятия экосистема и биогеоценоз

## **Экосистемы (А. Тенсли, 1935) - основные единицы природы**

**т.е. любые природные или  
созданные человеком сообщества  
живых существ вместе со средой  
обитания, функционирующие как  
единое целое (лес, озеро, поле...)**

**Главные признаки для экосистемы –  
это наличие круговорота веществ и потока  
энергии, которые обеспечивают ее  
относительную стабильность**

# Структура лесной экосистемы

Деревья, как и все растения, являются продуцентами. Потребляя минеральные вещества и используя энергию Солнца, они производят органическое вещество, доступное животным, грибам, бактериям.

## СТРУКТУРА ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Синицы и другие птицы, поедаящие насекомых в кронах, являются консументами 2-го порядка.

Кроны деревьев служат убежищем и местом гнездования для многих птиц, например сов.

Роль бабочек не ограничивается потреблением ими некоторого количества органического вещества. Они — важнейшие опылители цветковых растений.

Белка, заяц, олень и мышь, питающиеся растительным кормом, составляют группу консументов 1-го порядка.

Экскременты и другие выделения животных удобряют почву.

Хищные горностай и сова — консументы 2-го порядка.

Верхний слой почвы содержит большое количество мёртвого органического вещества (растительный опад, выделения животных).

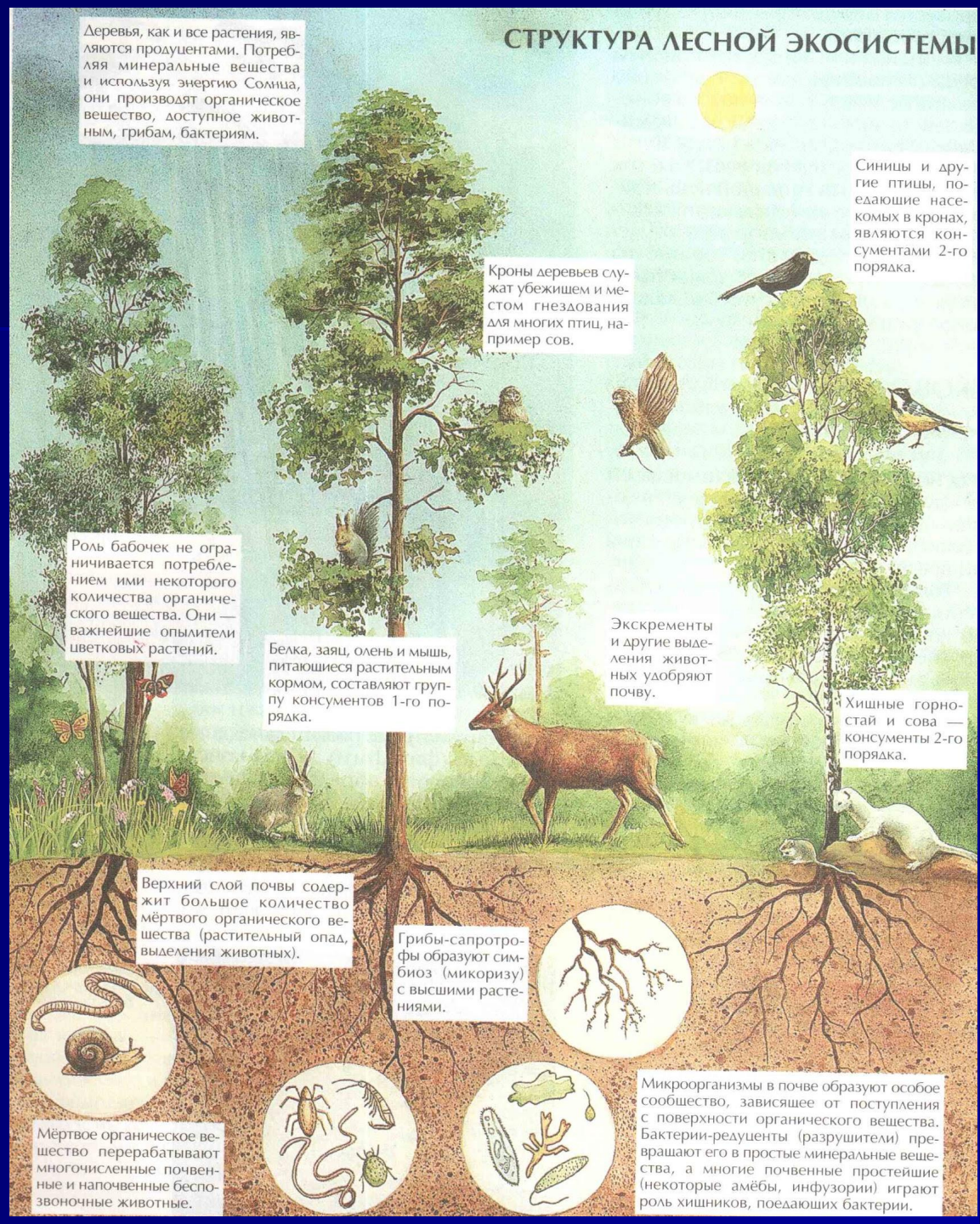
Грибы-сапротрофы образуют симбиоз (микоризу) с высшими растениями.



Мёртвое органическое вещество перерабатывают многочисленные почвенные и напочвенные беспозвоночные животные.



Микроорганизмы в почве образуют особое сообщество, зависящее от поступления с поверхности органического вещества. Бактерии-редуценты (разрушители) превращают его в простые минеральные вещества, а многие почвенные простейшие (некоторые амёбы, инфузории) играют роль хищников, поедающих бактерии.





**Биоценоз** (от греч. био – живое, ценоз – сообщество) - **совокупность всех взаимосвязанных растений, животных, микроорганизмов, проживающих на однородном участке суши или водоема (К. Мебиус, 1877)**

(например, водоросли, рыбы, лягушки, жуки, инфузории и т.д., живущие в одном пруду)



# Биотоп

(био – живое, топос – место)

**занимаемое биоценозом  
пространство и вся неживая  
среда (земля, вода, воздух, свет,  
тепло...)**

**Экосистема = биоценоз +  
биотоп**

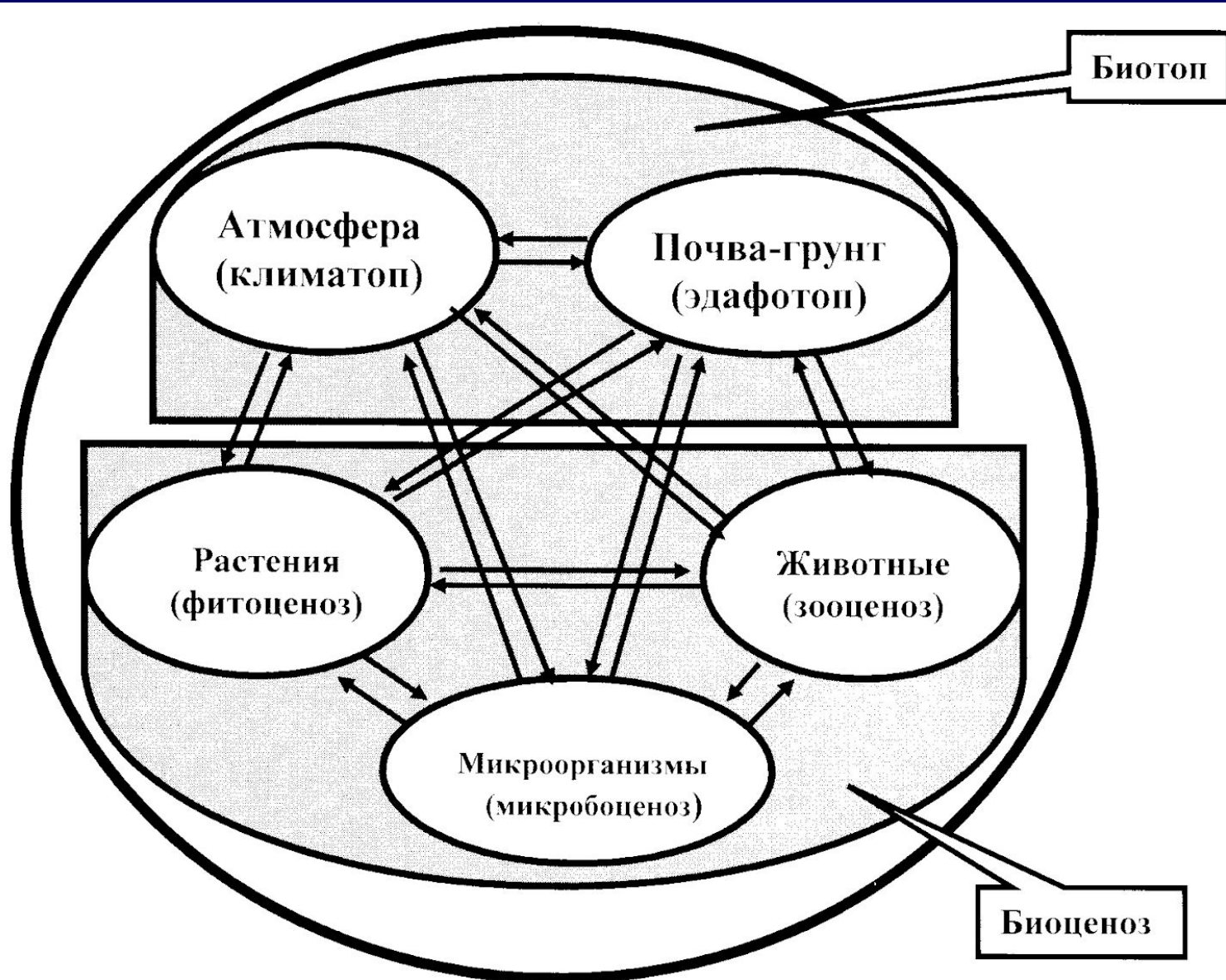
# Биогеоценоз (В.Н.Сукачев, 1940-64)

исторически сложившаяся наземная экосистема, объединяющая на основе обмена веществ, энергии и информации сообщество живых организмов (биоценоз)

с пространственной совокупностью абиотических условий (биотоп)

*(участок леса, луга, степи...,  
но не озеро, поле, город...)*

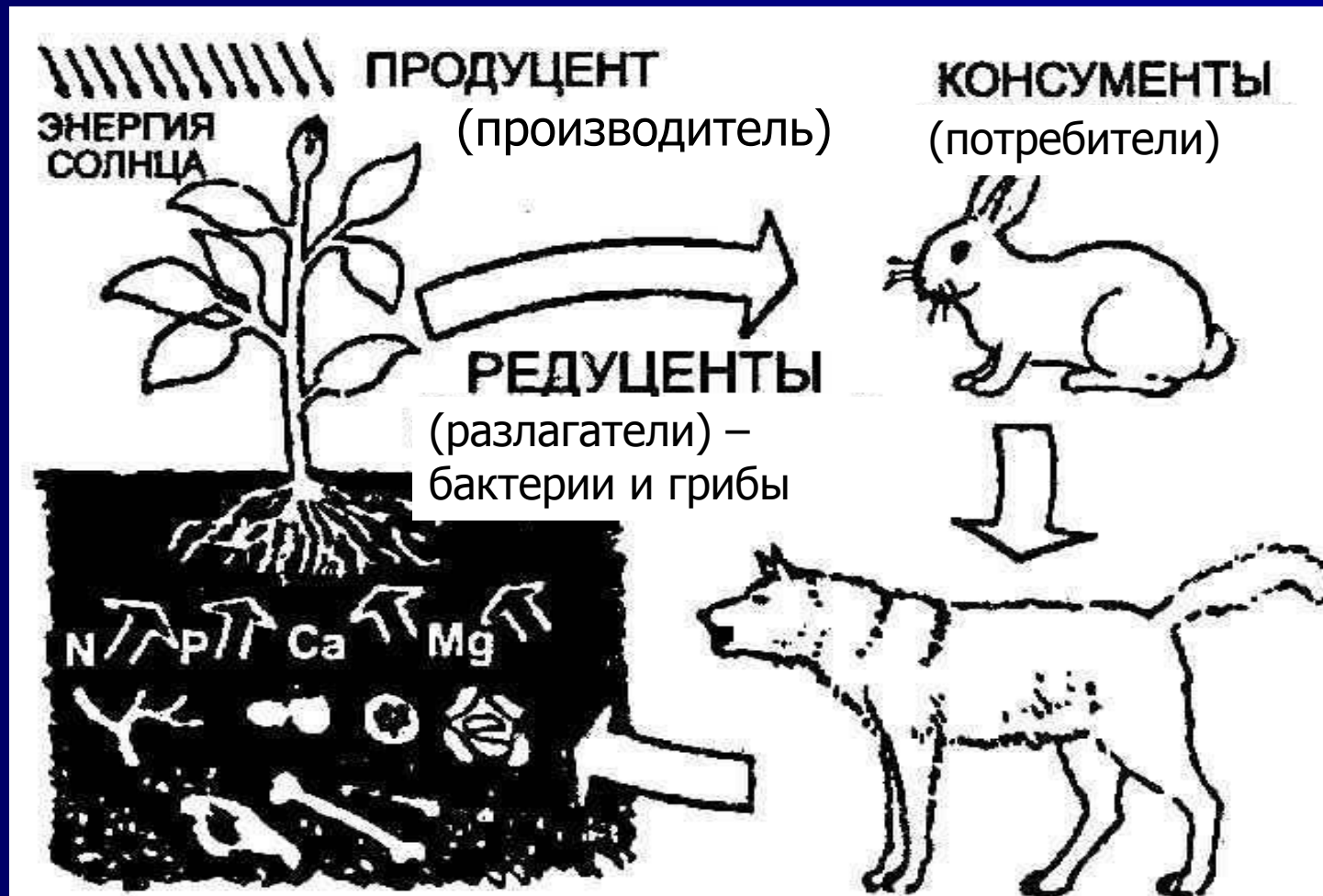
# Схема биогеоценоза и взаимодействия между его компонентами (В.Н.Сукачев, 1940)





# 2. Трофическая структура экосистем и круговорот веществ в них

(трофический – связанный с питанием)





# Классификация организмов по способу получения энергии



**Автотрофы** – организмы, **образующие органическое вещество** своего тела **из неорганических веществ** среды посредством процессов хемосинтеза и фотосинтеза **(растения, часть бактерий)**

В экосистеме они играют роль продуцентов.

**Продуценты** – это автотрофные организмы, образующие первичную продукцию органического вещества в экосистеме из неорганического

# Хемосинтез

- использование для синтеза органических веществ энергии окисления водорода, серы, сероводорода, аммиака, железа

*(хемоавтотрофные бактерии, в том числе нитрифицирующие, связанные с плодородием почвы)*



# ФОТОСИНТЕЗ - это использование энергии солнечного света для синтеза глюкозы из углекислого газа и воды:



Его осуществляют:  
**зеленые растения и  
некоторые  
микробы**

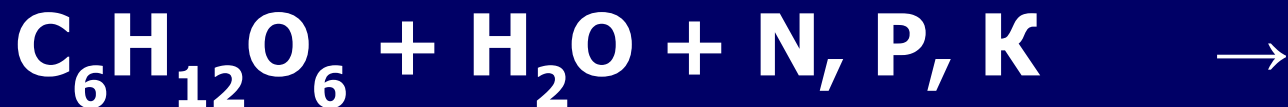


# Роль продуцентов

**В том, что из простых неорганических соединений с низкой потенциальной энергией они создают сложные органические вещества с высокой потенциальной энергией.**

Они превращают энергию солнечного света в химическую и запасают ее.

**В процессе дыхания энергия высвобождается, а затем используется для синтеза:**



**и др. биогены**

(вещества, входящие в состав живого)

**→ белки, жиры, сложные углеводы, ДНК  
и т.д.**



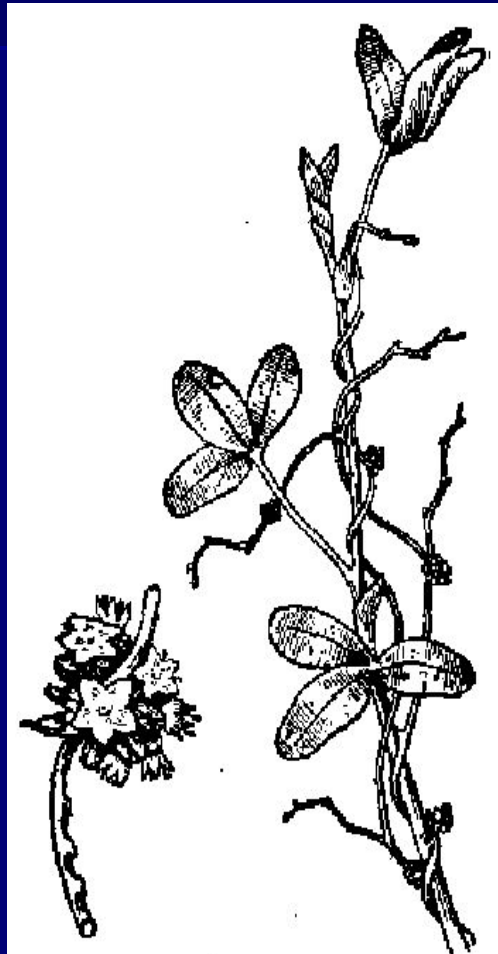
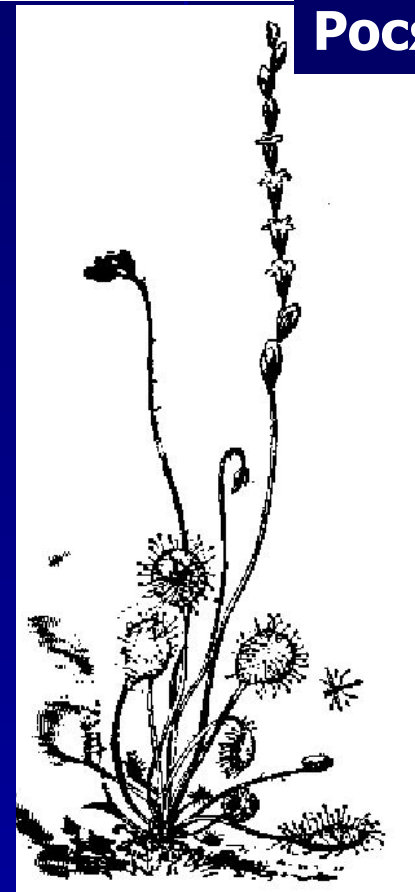
# Гетеротрофы

- организмы, питающиеся  
готовым органическим  
веществом других  
организмов или продуктов  
их жизнедеятельности  
(животные, грибы,  
большая часть бактерий)

# Совмещение автотрофного и гетеротрофного питания у растений - редкость



Росжанка



Повилика на клевере



Зарезиха

**Консументы – потребители  
готового органического вещества  
других организмов,  
превращающие его  
в органические вещества  
своего тела**

***(животные, высшие грибы)***



- Консументы, питающиеся продуцентами – это первичные консументы = консументы 1-ого порядка = травоядные = **фитофаги** (слоны, зайцы, гусеницы, тли)
- Консументы питающиеся консументами и убивающие жертву - это **хищники** = плотоядные = консументы 2-ого, 3-его и более высоких порядков (волки, ежи, орлы, синицы)
- Консументы, питающиеся консументами, но не убивающие жертву – это **паразиты** (комары, аскариды, насекомые-наездники)

***Детрит*** - мертвая органика растительного или животного происхождения (опавшие листья, трупы, навоз)

Консументы, питающиеся детритом – это **детритофаги** (грифы, падальные мухи, жуки-навозники, дождевые черви, жуки-древоточцы). Часть из них называют **сапрофаги** (*лат. сапрос – гнилой*)

# Роль консументов в экосистеме:

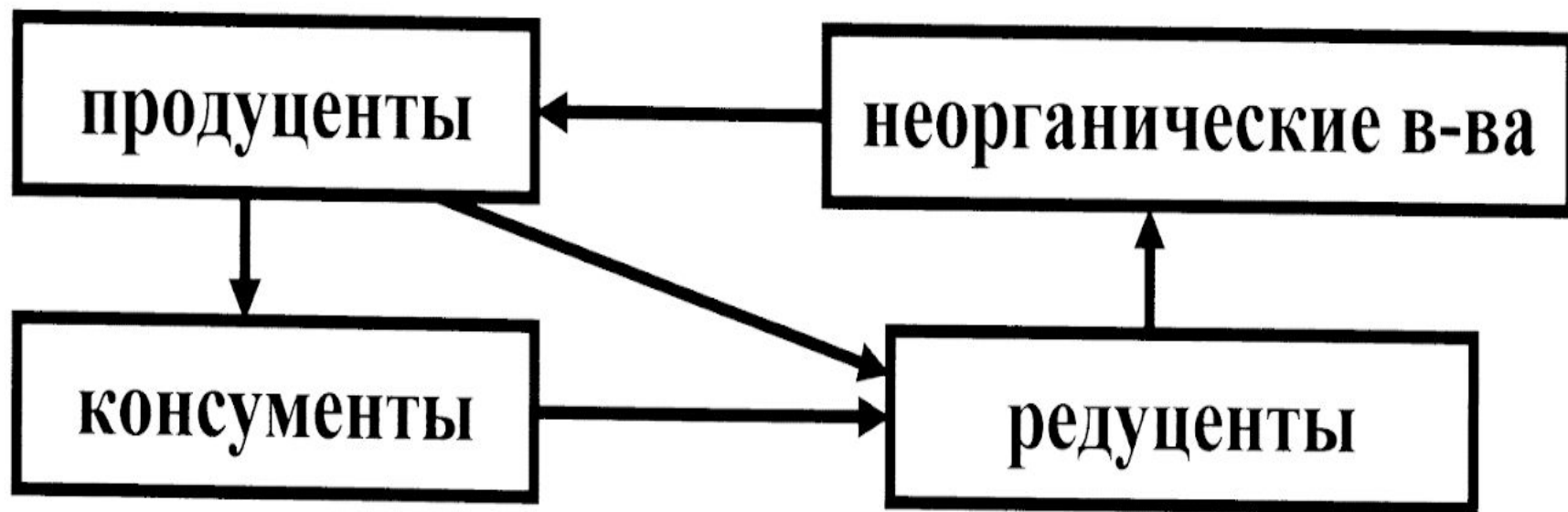
- хищники и паразиты служат регуляторами биологического равновесия
- детритофаги измельчают крупные части детрита, ускоряя их микробное разложение



# Редуценты (разлагатели)

заканчивают разложение органических остатков, осуществляют их полную минерализацию и возвращают в окружающую среду  $\text{CO}_2$ , воду и минеральные элементы, которые снова могут использоваться продуцентами (*бактерии, низшие грибы*)

# Схема круговорота веществ в экосистеме



# 3. Пищевые цепи и трофические уровни

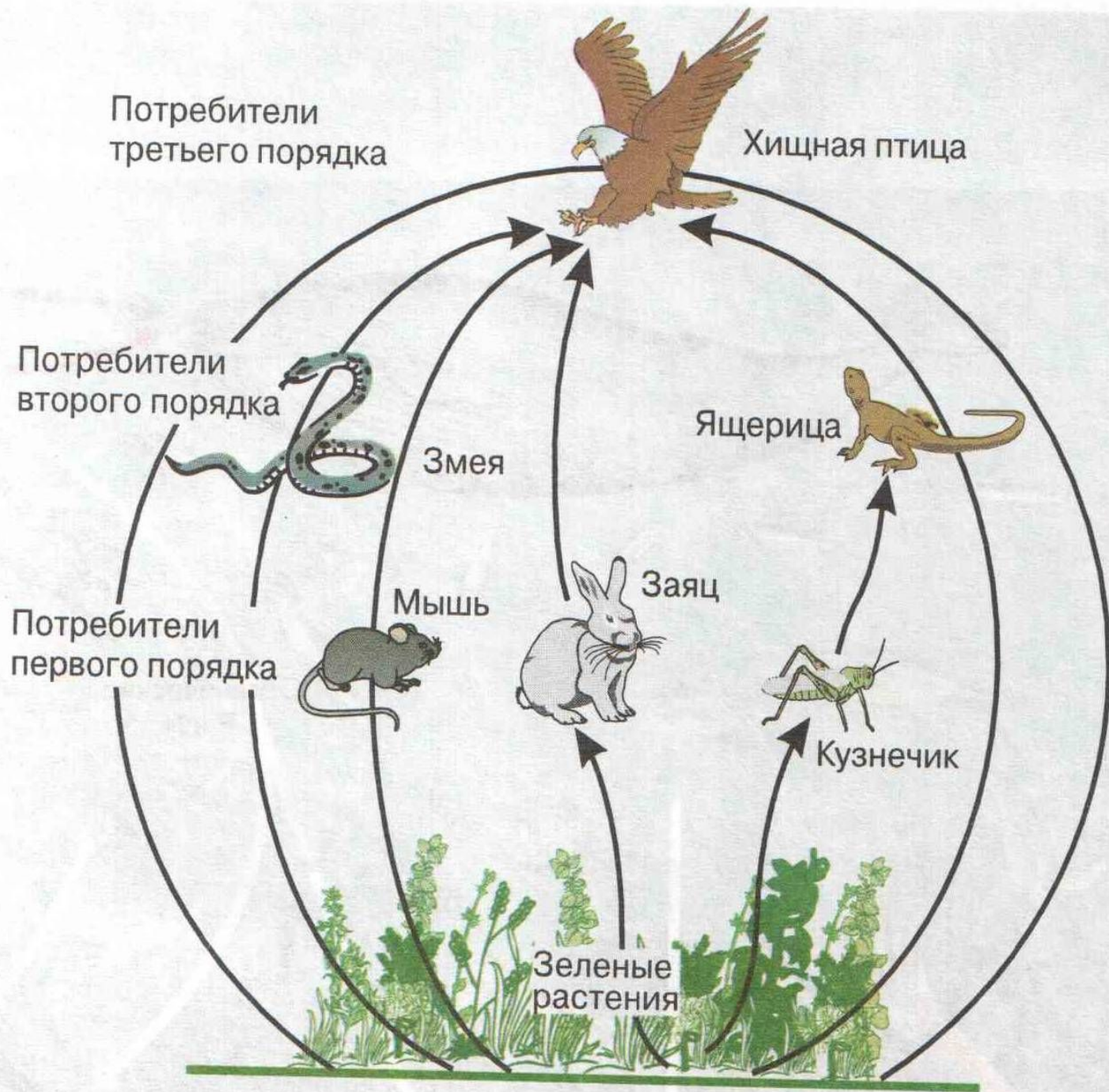
Пищевая цепь – последовательность групп организмов, где каждый предыдущий служит пищей для последующего



# Трофический уровень

- звенья пищевой цепи, равноудаленные от начала, то есть это - совокупность организмов, получающих преобразованную в пищу энергию солнца через одинаковое число посредников

# Пищевые цепи на лугу

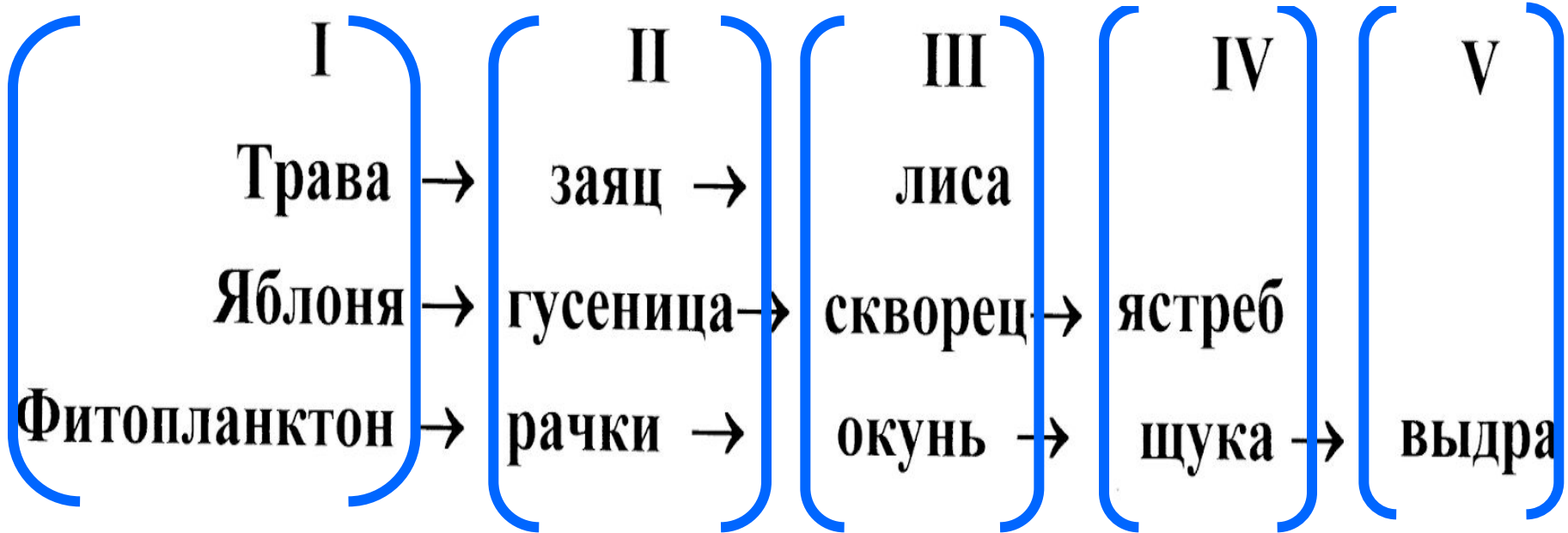




# Пищевые цепи (3-5 трофических уровней)

## Цепи выедания

Пастбищные и паразитные  
(Начинаются живым растением)



Цепи разложения = детритные  
(начинаются мертвой органикой)

Опавший лист → дождевой червь → скворец → кошка

Падаль → падальная муха → стрекоза → воробей

# Трофические уровни в арктической экосистеме

## Консументы 3-го порядка

Белый медведь



Тюлень



Кит



## Консументы 2-го порядка

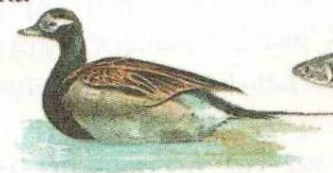
Моранка



Бычок

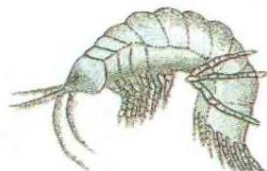


Тресочка

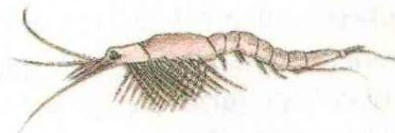


Сиг

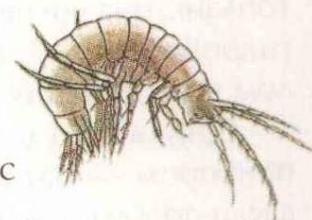
## Консументы 1-го порядка



Бокоплав

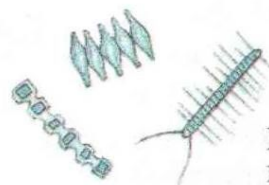


Мизида

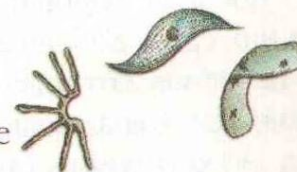


Гамарус

## Продуценты



Микроскопические водоросли





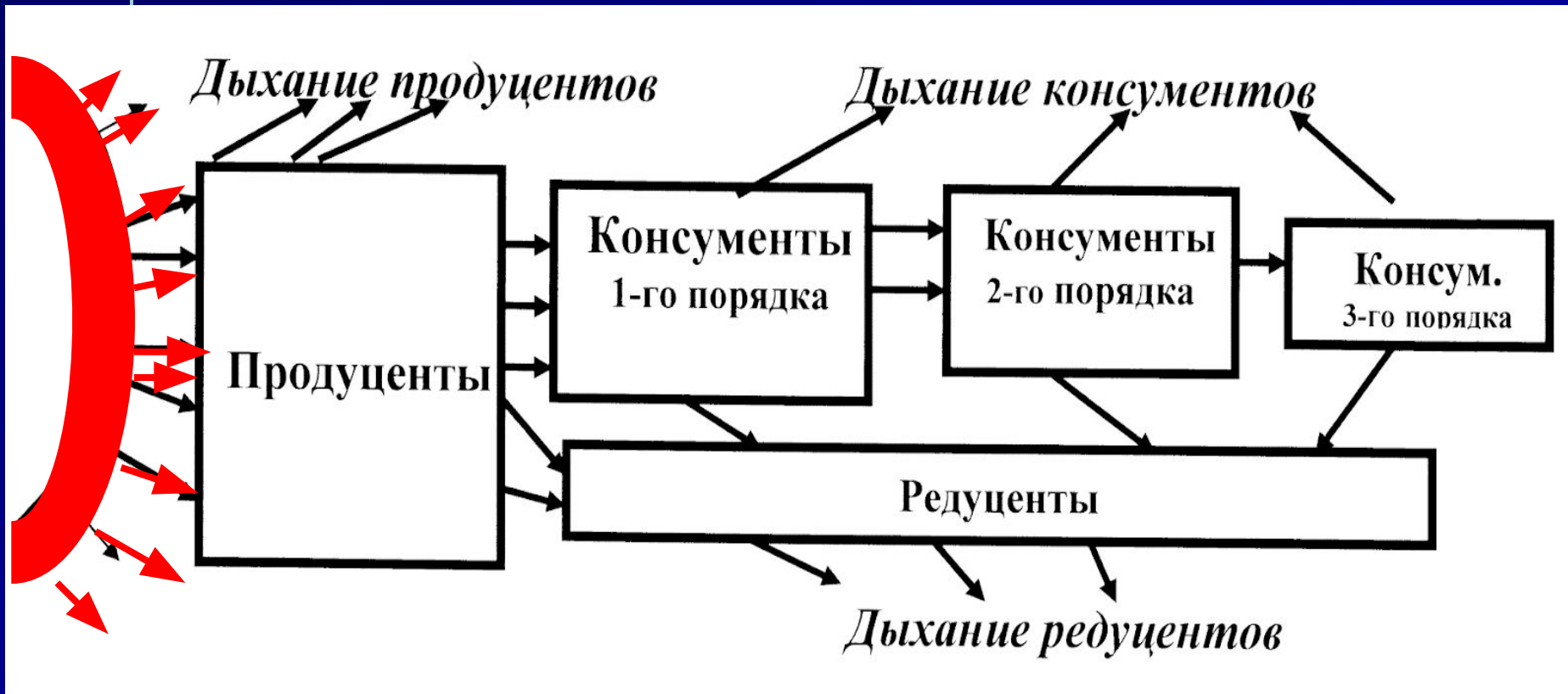
# Пищевая

# сеть -

**схема всех  
пищевых  
связей  
между  
видами,  
входящими  
в  
сообщество**



# 4. Поток энергии и продуктивность экосистем



**Солнце – основной источник энергии  
для естественных экосистем**

# Расход энергии

на дыхание -

**окисление органических веществ, чтобы получить энергию, нужную для жизни (для синтеза других органических веществ, движения, поддержания температуры тела и т.д.)**



- **Продукция любой экосистемы - это органическое вещество, в котором запасена энергия**
- **Скорость накопления энергии (т.е. скорость производства продукции) называют продуктивностью и измеряют в джоулях, калориях или граммах органического вещества, запасенных в единицу времени на единице площади (или объема)**

# Виды продукции и продуктивности:

- Первичная – производится продуцентами
- Вторичная – производится консументами всех уровней

# **Валовая первичная продукция (100%)**

```
graph TD; A[Валовая первичная продукция (100%)] --> B[расход на дыхание - часть валовой продукции использованная растениями в процессе жизнедеятельности и (40-70%)]; A --> C[чистая первичная продукция - часть валовой продукции использованная растениями на прирост биомассы (30-60%)];
```

**расход  
на дыхание**  
– часть валовой  
продукции  
использованная  
растениями  
в процессе  
жизнедеятельности  
и  
(40-70%)

**чистая  
первичная  
продукция**  
– часть валовой  
продукции  
использованная  
растениями на  
прирост  
биомассы  
(30-60%)

- Биомасса > чистой годичной продуктивности

**Деревья,  
крупные  
животные**

- Биомасса = чистой годичной продуктивности

**Однолетние  
организмы**

- Биомасса < чистой годичной продуктивности

**Планктон и другие  
коротко живущие  
организмы**

# **Закон пирамиды энергий Р. Линдемана (правило 10%)**

**В среднем, при переходе с одного  
трофического уровня на другой  
общая энергия уменьшается  
приблизительно в 10 раз**

**Следствие:**

**число трофических уровней  
не может быть слишком большим  
(на суше 3-4, в океане до 5 - 6 )**



# Различие экосистем по величине биологической продуктивности (Р.Уиттекер,1980)

1. Очень высокой продуктивности  $> 2 \text{ кг/м}^2$  в год  
(тропические леса, посевы сахарного тростника и риса). К ним близки заросли тростника в дельтах Волги, Дона, Урала.
2. Высокой продуктивности —  $1-2 \text{ кг/м}^2$  в год  
(липовые и дубовые леса, заросли тростника на озерах, посевы кукурузы и люцерны при орошении и удобрении)
3. Средней продуктивности —  $0,25-1 \text{ кг/м}^2$  в год  
(сосновые и березовые леса, сенокосные луга и степи, большинство наших посевов)
4. Низкой продуктивности  $< 0,25 \text{ кг/м}^2$  в год  
(тундры, пустыни, океан, выбитые скотом пастбища и горные степи на почвах глубиной  $< 5 \text{ см}$ )

Средняя продуктивность экосистем Земли  $\leq 0,3 \text{ кг/м}^2$  в год

# Выводы:

1. Длительное существование организмов возможно лишь в рамках экологических систем (Принцип формирования экосистем).
2. Круговорот веществ в экосистеме поддерживается наличием в ней продуцентов, консументов и редуцентов.
3. Основные каналы переноса энергии в экосистеме – это пищевые цепи.
4. Основной источник пищи для человечества - первичная продукция агроэкосистем. Необходимо: **увеличивать их биологическую продуктивность.**