

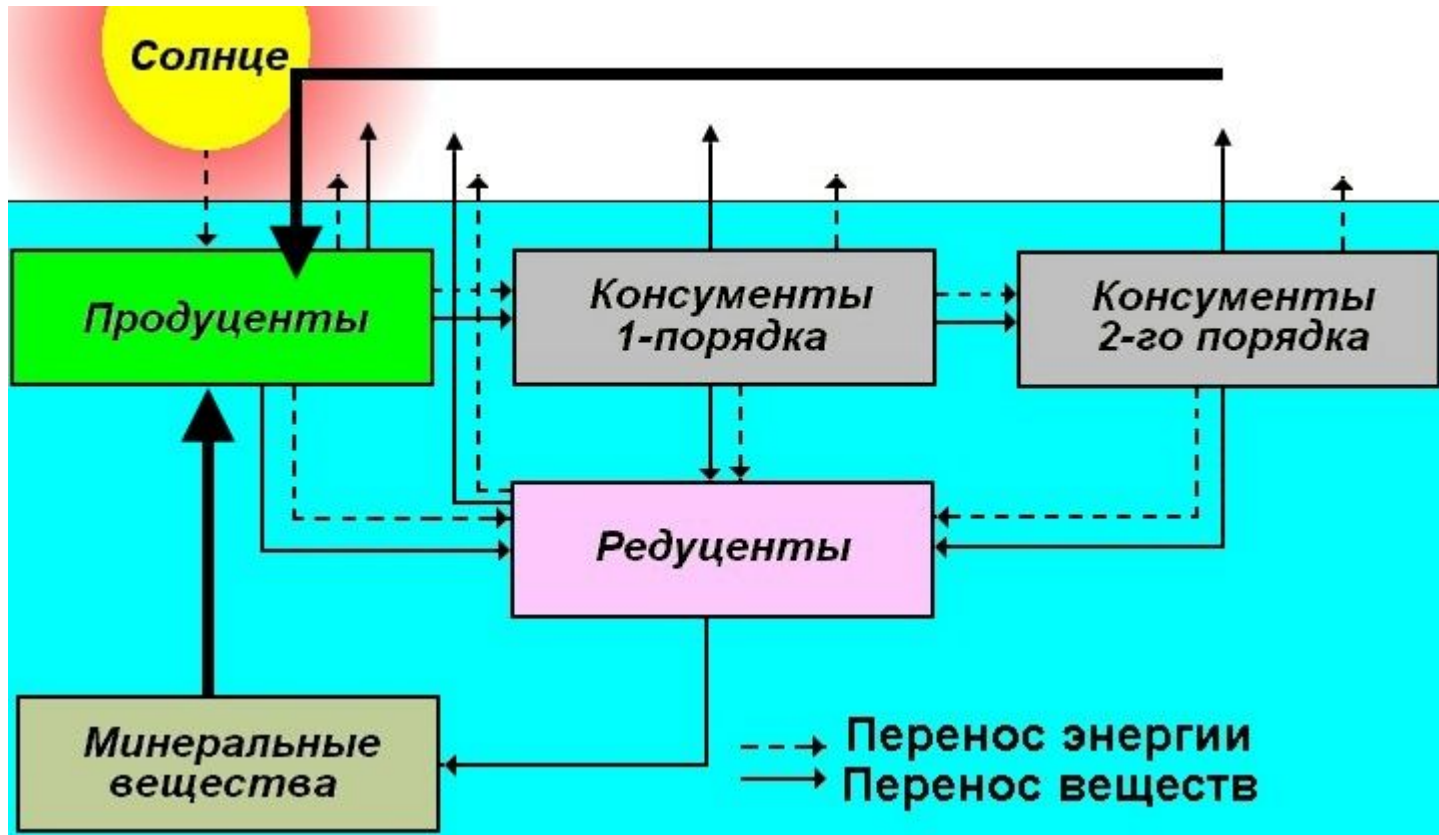
*Глава XV.  
Основы экологии. Экосистемы*

***Тема:  
«Поток энергии и круговорот  
веществ в экосистемах»***

**Задачи:**

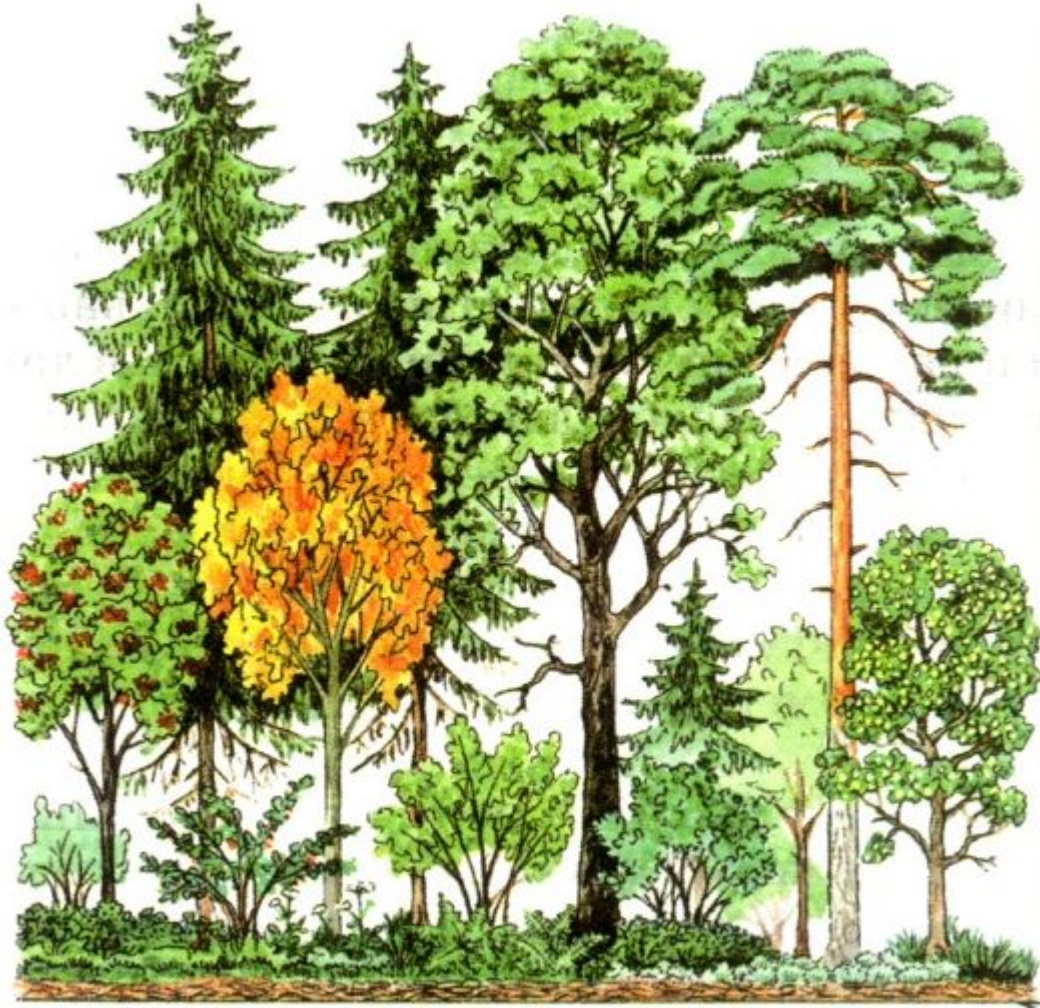
**Продолжить характеристику экосистем,  
рассмотреть движение веществ и энергии в  
экосистемах**

# 1. *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*.

# 1. *Круговорот веществ и поток энергии*



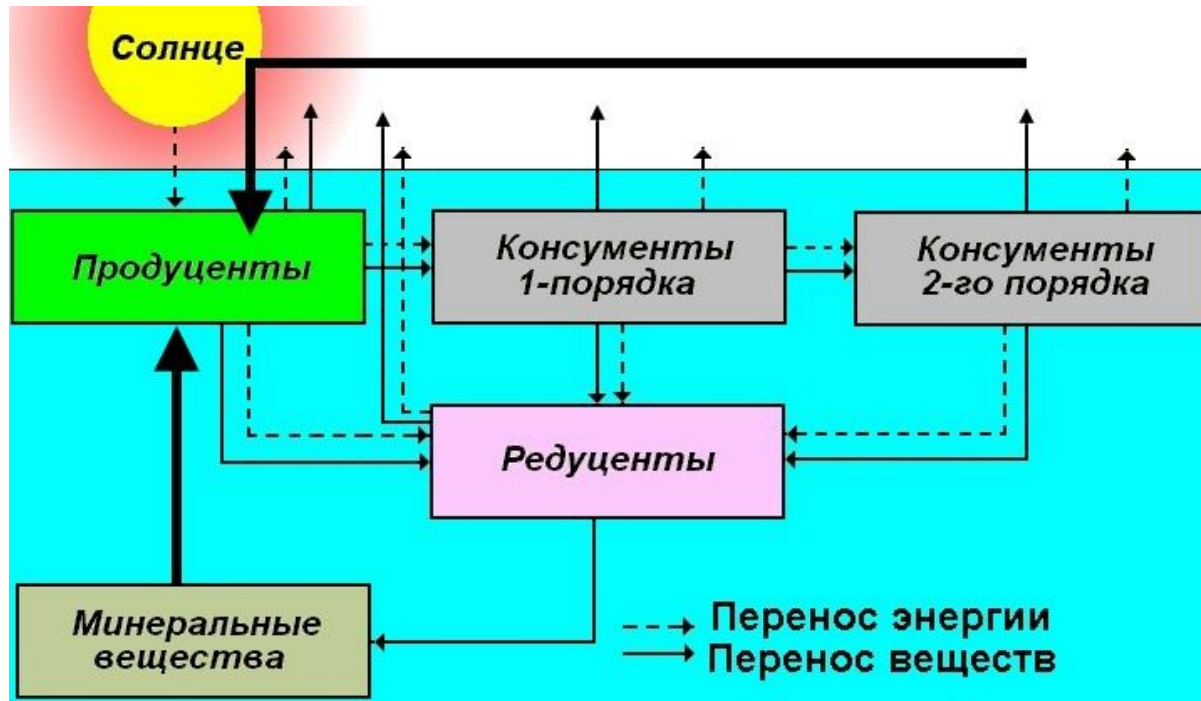
Образованное органическое вещество растений за единицу времени – *валовая первичная продукция*.

При дыхании растений около 50% органического вещества окисляется, остальные 50% - прирост биомассы – чистая первичная продукция.

Прирост за единицу времени биомассы консументов составляет *вторичную продукцию* экосистемы.

Например, ежегодный прирост биомассы в дубраве (ЧПП) составляет около 10 т/га, около 6 т — прирост надземных органов, 4 т приходится на прирост подземных органов.

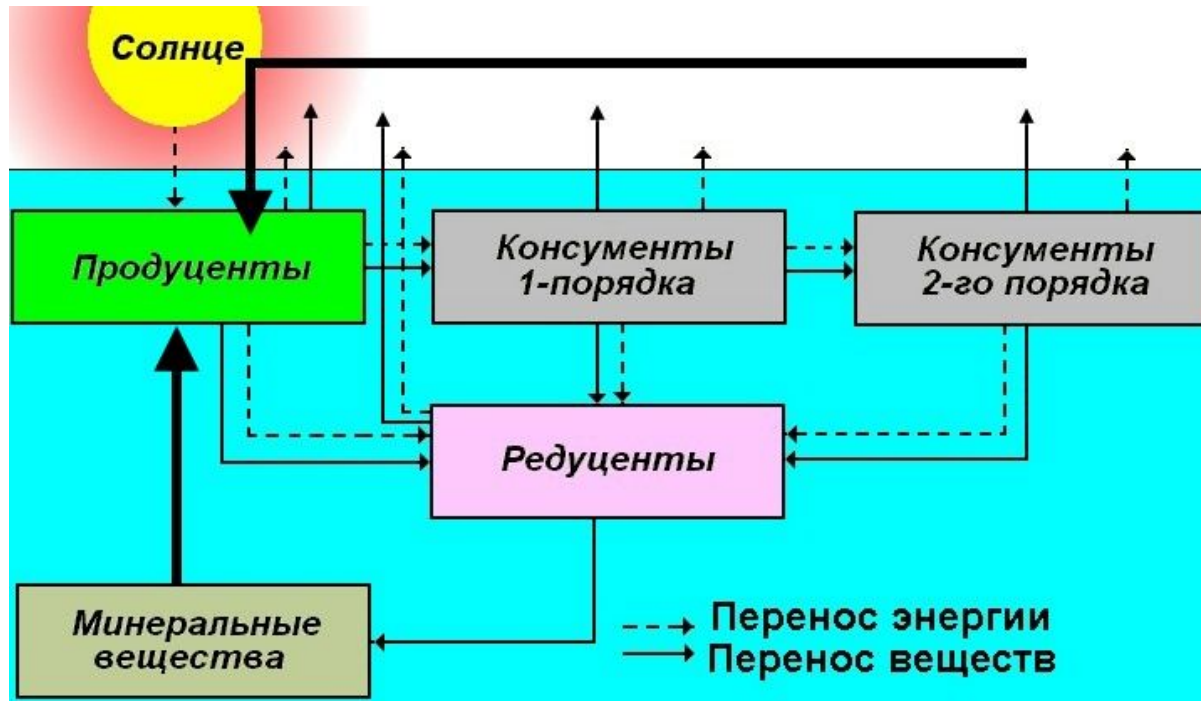
# 1. *Круговорот веществ и поток энергии*



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.

# 1. *Круговорот веществ и поток энергии*



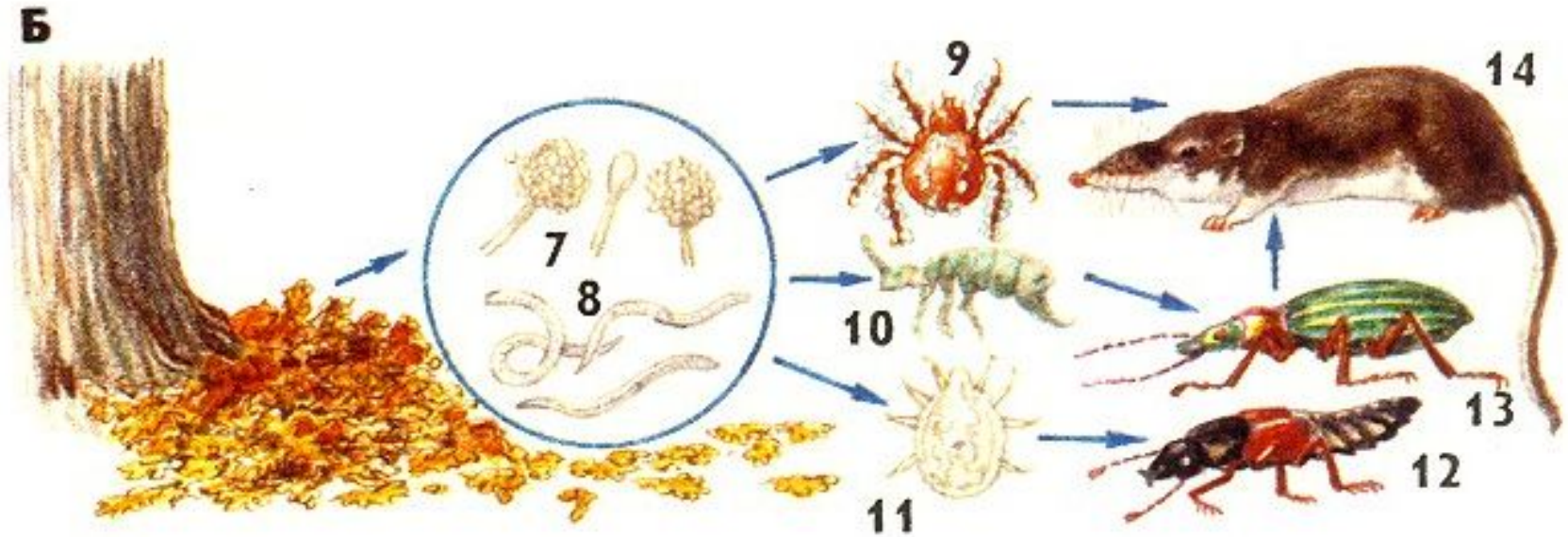
Минеральные вещества вновь извлекаются продуцентами (углекислый газ из атмосферы, вода и минеральные соли из почвы, **происходит постоянный круговорот веществ в биогеоценозах.**

# 1. Круговорот веществ и поток энергии



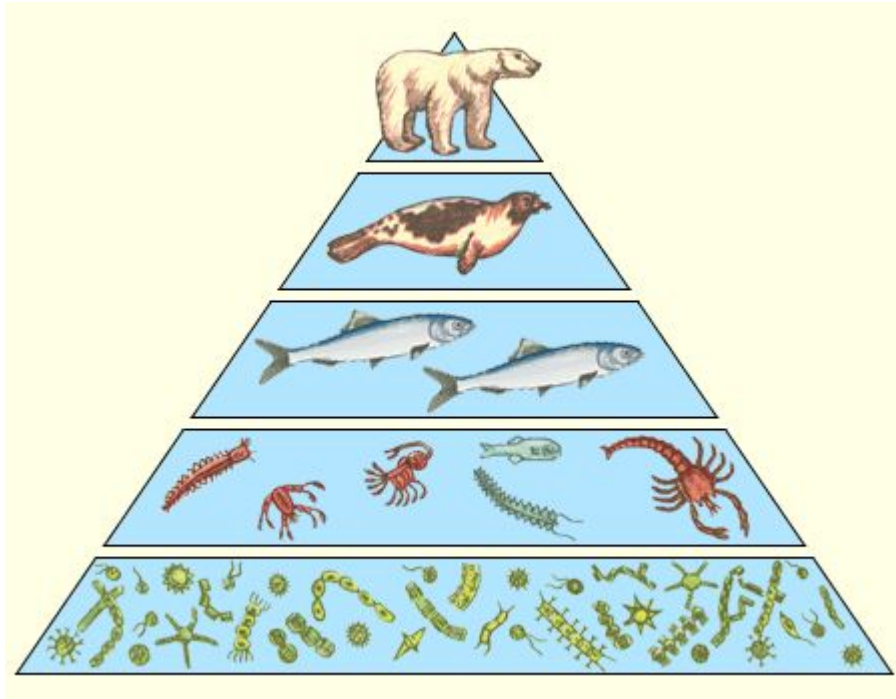
Пищевые цепи разделяют на два типа. *Цепь выедания (пастбищная)* начинается с **продуцентов**, идет к консументам 1-го, 2-го и заканчивается консументами 3-го порядка.

# 1. Круговорот веществ и поток энергии



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

## 2. Экологическая пирамида биомассы



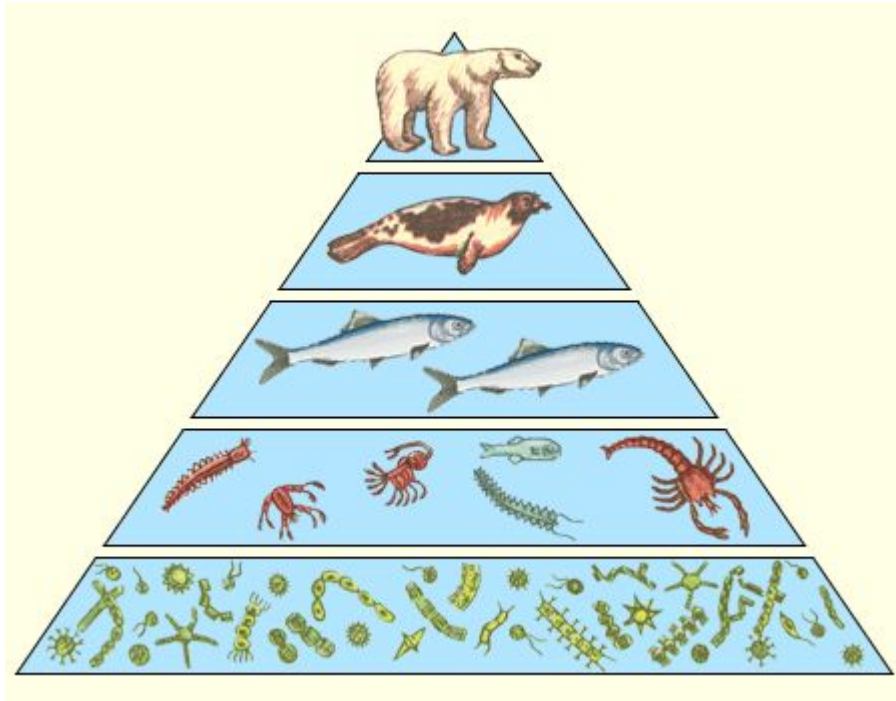
Когда растительность поедается консументами, большая часть съеденного органического вещества растений окисляется и служит источником энергии, меньшая часть является строительным материалом и идет на прирост или восстановление биомассы.

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.



## 2. Экологическая пирамида биомассы



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:

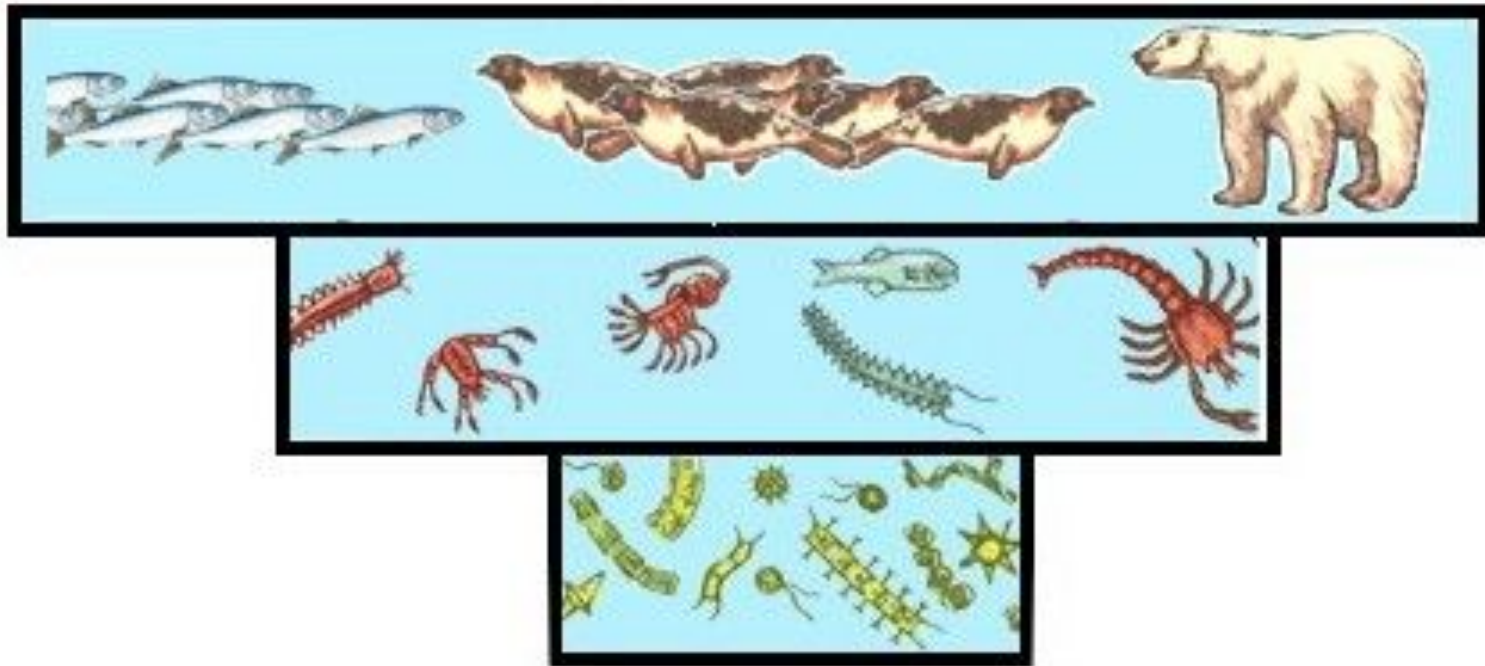
500 т, а в основании этой экологической пирамиды будут находиться съеденные зоопланктоном:

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?

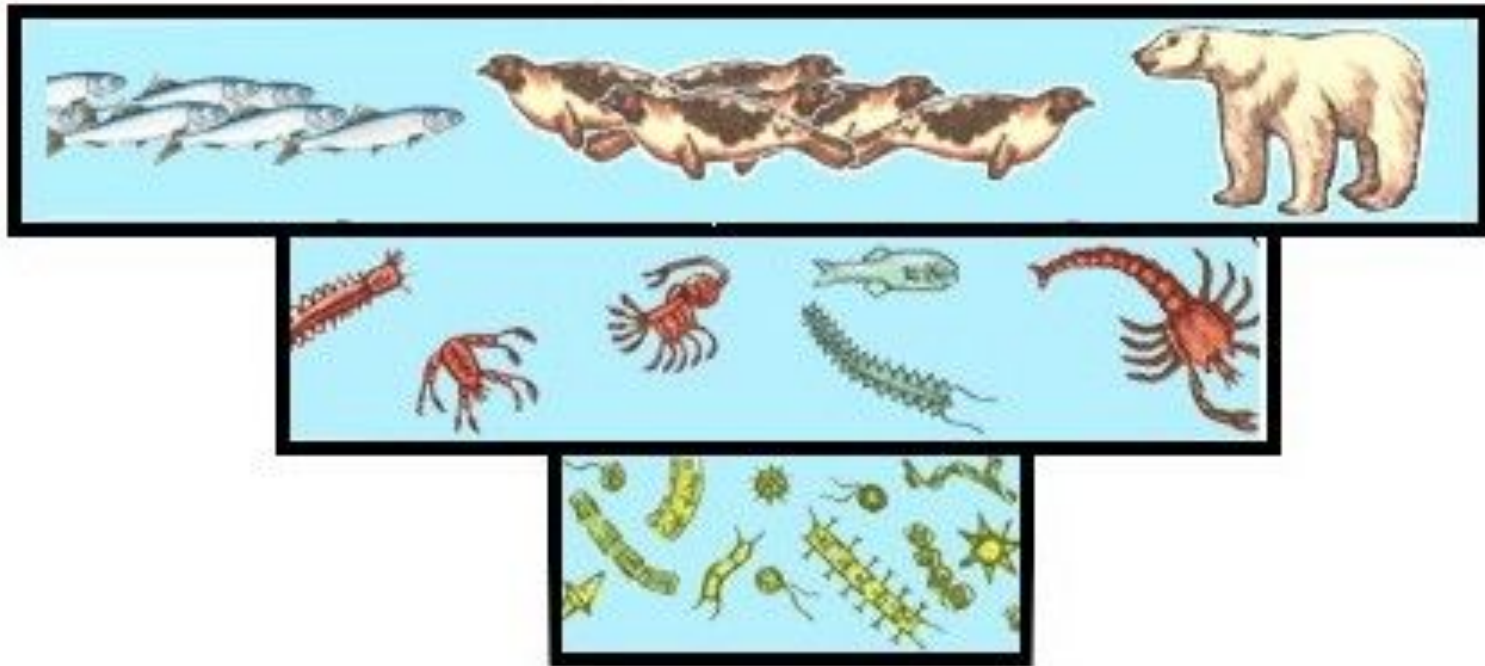
## 2. Экологическая пирамида биомассы



Но в морских экосистемах биомасса каждого последующего уровня увеличивается, наблюдается *перевернутая пирамида биомассы*.

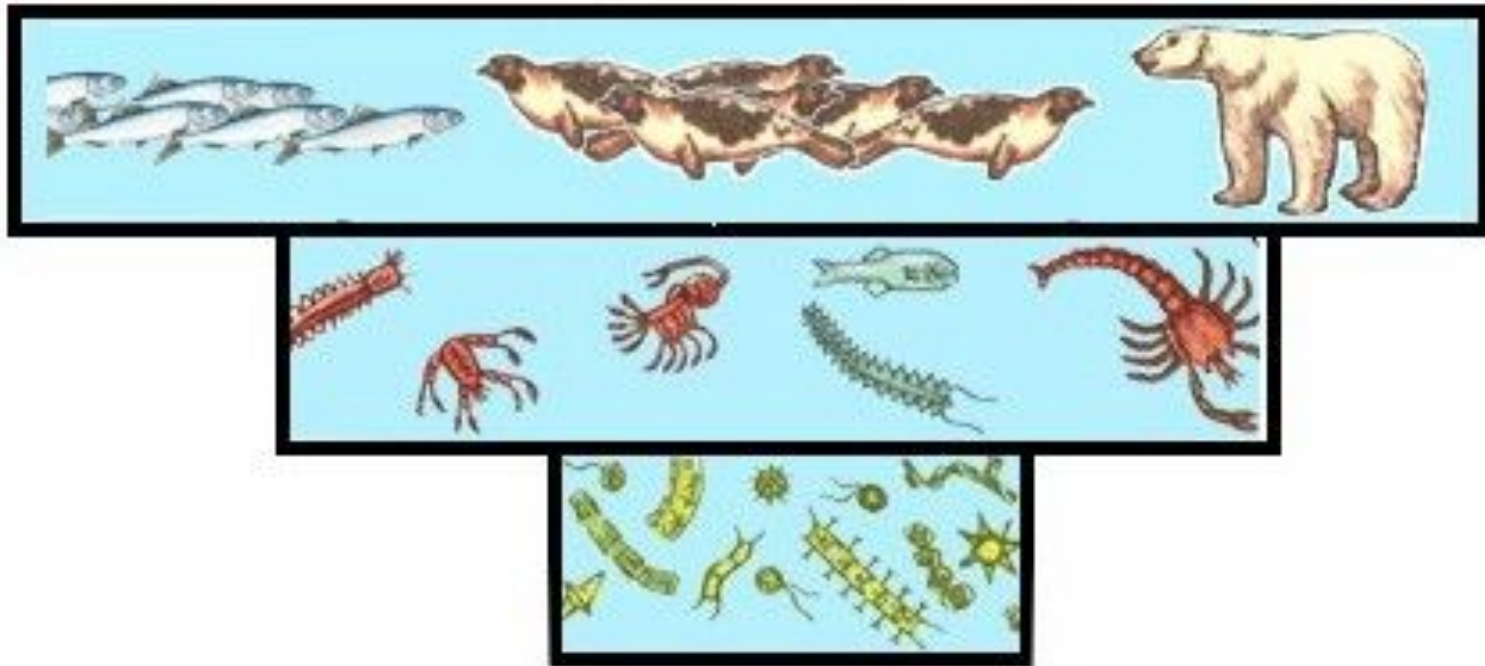
Как это можно объяснить?

## 2. Экологическая пирамида биомассы



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

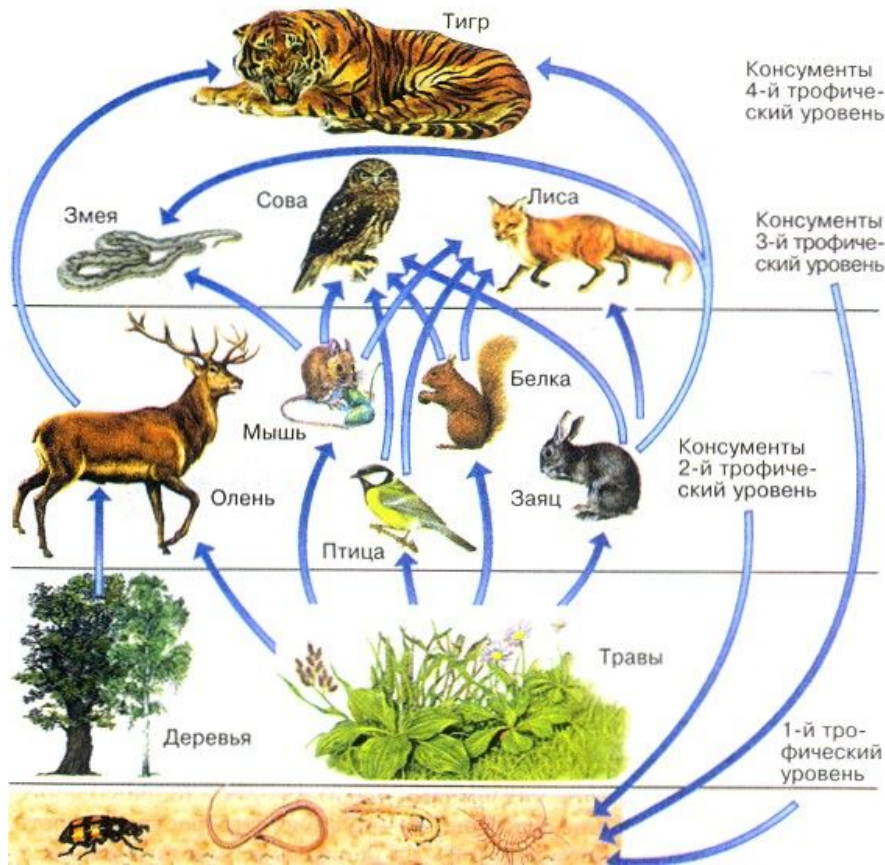
## 2. Экологическая пирамида биомассы



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:

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

## 2. Экологическая пирамида биомассы

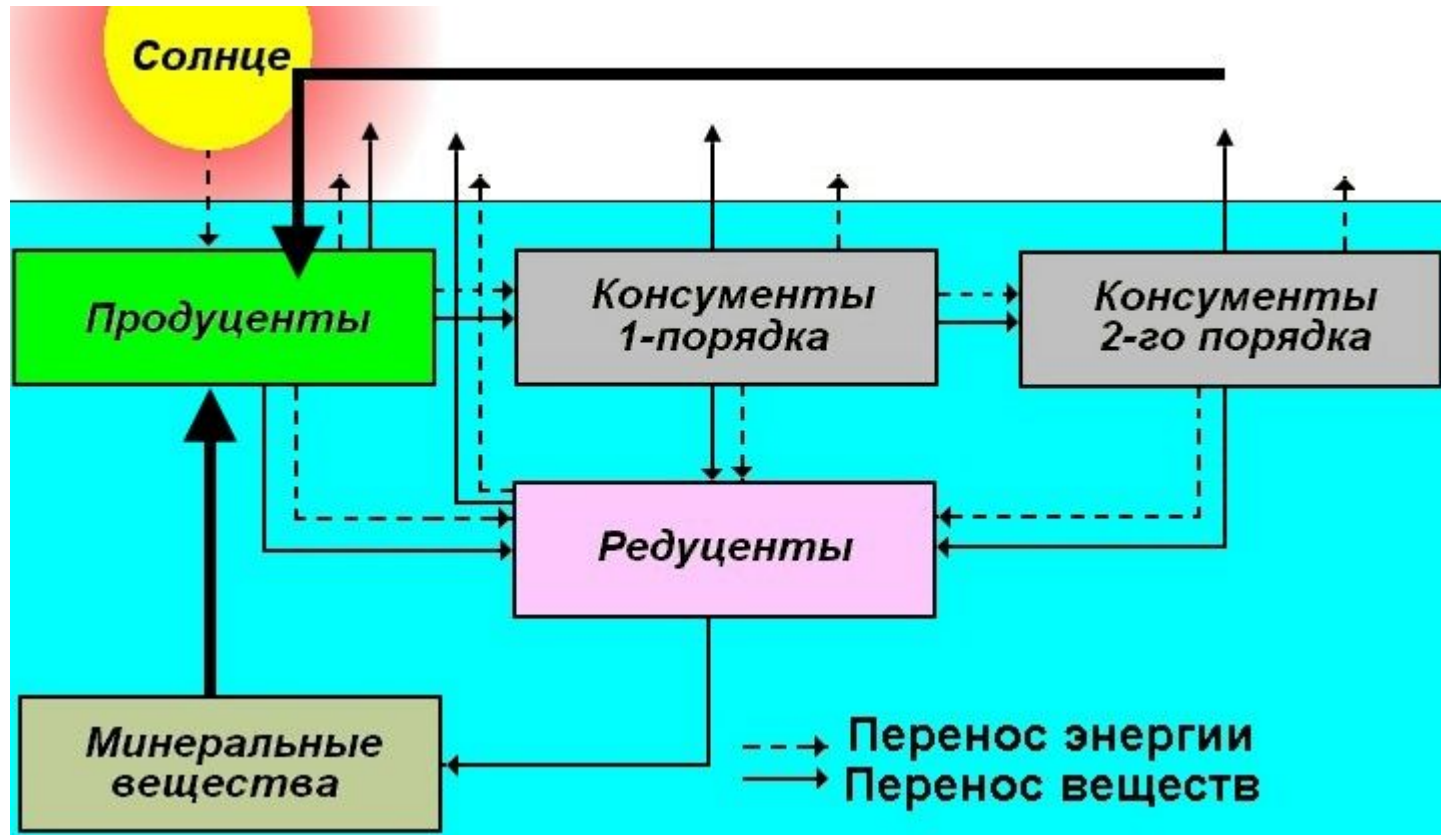


Большая часть энергии, заключенной в пище, выделяется в результате энергетического обмена и используется для поддержания всех жизненных процессов, меньшая часть используется для прироста биомассы и часть энергии выводится из организма вместе с неусвоенной пищей, выделенной в виде экскрементов.

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

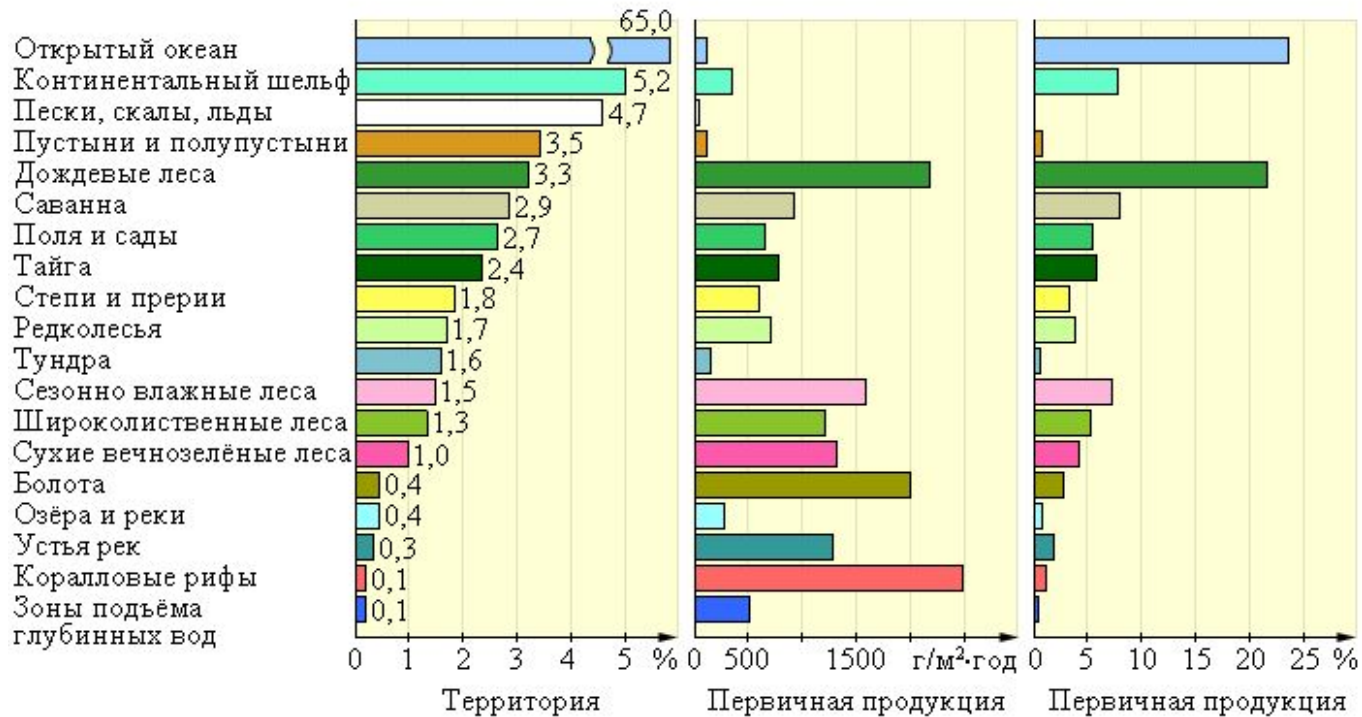
Поэтому пищевая цепь обычно включает всего 4—5 звеньев.

## 2. Экологическая пирамида биомассы



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

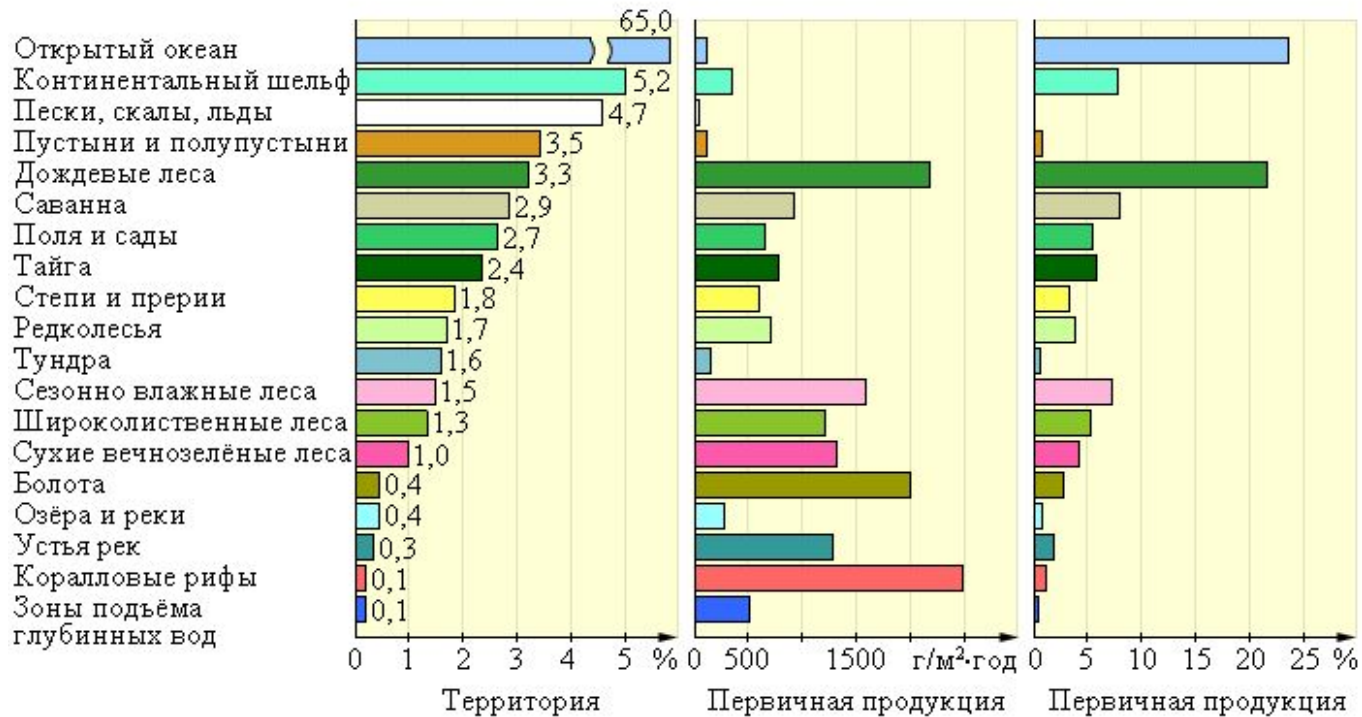
### 3. Продуктивность экосистем



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.

### 3. Продуктивность экосистем

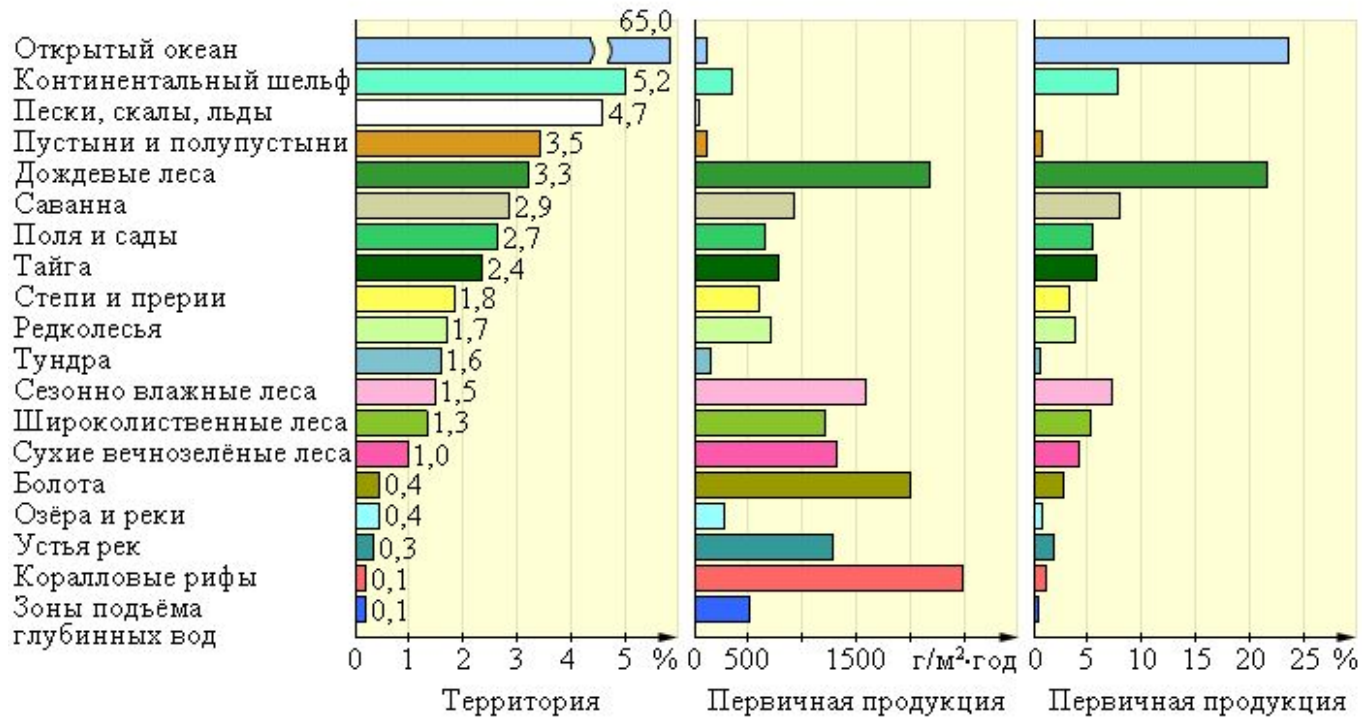


Прирост за единицу времени биомассы консументов составляет *вторичную продукцию* экосистемы.

*Биологическая продуктивность экосистемы — производительность экосистемы, измеряемая за единицу времени на единицу площади. Самая высокая продуктивность у коралловых рифов, тропических лесов, заболоченных местностей.*



### 3. Продуктивность экосистем



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

### 3. Продуктивность экосистем

Некоторые зоны океана, особенно тропические прибрежные (шельфовые) зоны, особенно в местах впадения крупных рек (эстуарии), а также коралловые рифы и заросли водорослей отличаются наиболее высокой продуктивностью.

Чистая первичная продуктивность эстуарий составляет 200-3500 в среднем  $1500 \text{ г/см}^2$  в год, продуктивность коралловых рифов и зарослей водорослей 500-4000 в среднем  $2500 \text{ г/см}^2$  в год. Такой же продуктивностью на суше обладают только влажные тропические и субтропические вечнозеленые леса (1000-3500 в среднем  $2200 \text{ г/см}^2$  в год). Это сравнимо с продуктивностью хорошо субсидируемых агроценозов, которая может достигать  $3500 \text{ г/см}^2$  в год (продуктивность несубсидируемых и малосубсидируемых агроценозов может опускаться до  $100 \text{ г/см}^2$  в год, в среднем эта величина составляет  $650 \text{ г/см}^2$  в год).

## *Подведем итоги:*

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

*1%.*

Какая часть образованного органического вещества окисляется при дыхании самими растениями?

*50%.*

Каков ежегодный прирост биомассы в дубраве?

*10 т/га, 6 т – прирост надземных органов, 4 т – подземных.*

Какая пищевая цепь называется цепью выедания?

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

Какая пищевая цепь называется цепью разложения?

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

Можно ли утверждать, что в биогеоценозе происходит круговорот веществ и энергии?

*Нет, происходит круговорот веществ и односторонний поток энергии.*

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

*Рассеивается в форме тепла.*

## Подведем итоги:

Правило (закон) 10% Р.Линдемана:

*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.*

Какова длина пищевых цепей?

*4-5 звеньев.*

Что такое валовая первичная продукция?

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

Что такое чистая первичная продукция?

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

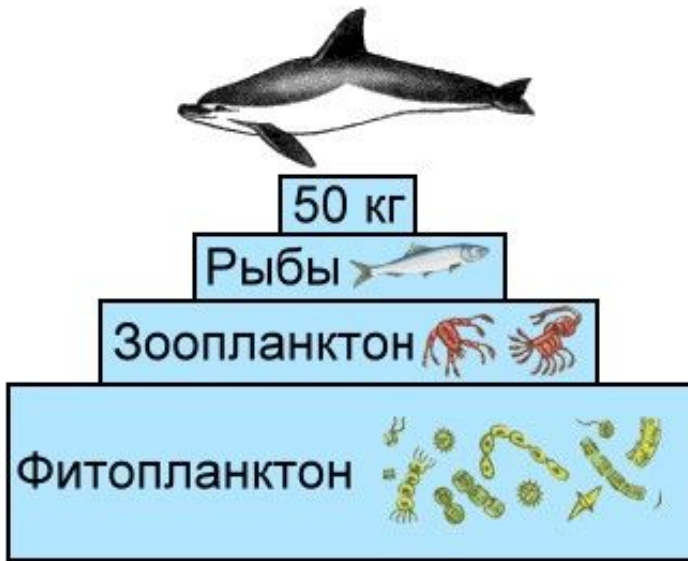
Что такое вторичная продукция?

*Прирост биомассы консументов за единицу времени.*

Что такое биологическая продуктивность экосистемы?

*Производительность экосистемы, измеряемая за единицу времени на единицу площади. Самая высокая продуктивность у коралловых рифов, тропических лесов, заболоченных местностей.*

## Подведем итоги:



1. Масса дельфина 50 кг. Пусть только 10% энергии пищи переходит во вновь построенное вещество организма, а 90% расходуется на различные процессы жизнедеятельности. Посчитайте массу съеденной дельфином рыбы, массу зоопланктона и фитопланктона в данной пищевой цепи.

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

## *Подведем итоги:*

0,005%

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

## Повторение

**Тест 1. В форме химических связей образованного органического вещества дубрава аккумулирует:**

1. 0,04% энергии солнечного света.
2. 1% энергии солнечного света. ←
3. 5% энергии солнечного света.
4. 10% энергии солнечного света.

**Тест 2. Расходуется растениями в процессе дыхания:**

1. 90% образованного органического вещества.
2. 50% образованного органического вещества. ←
3. 20% образованного органического вещества.
4. 10% образованного органического вещества.

**Тест 3. Энергия солнечного света первоначально запасется в виде химических связей образованного органического вещества:**

1. Редуцентов.
2. Консументов.
3. Продуцентов. ←
4. Гетеротрофов.

## Повторение

**Тест 4. Переходит на следующий уровень пищевой цепи в форме прироста биомассы в среднем:**

1. 100% энергии съеденной пищи.
2. 50% энергии съеденной пищи.
3. 10% энергии съеденной пищи. ←
4. 1% энергии съеденной пищи.

**Тест 5. В экосистеме происходит:**

1. Круговорот веществ и энергии.
2. Круговорот энергии.
3. Однонаправленный поток энергии и круговорот веществ. ←

**Тест 6. Энергия солнечного света, преобразованная в энергию химических связей органического вещества:**

1. Передается по цепям питания и рассеивается при дыхании на каждом пищевом уровне. ←
2. Происходит круговорот энергии в экосистеме.
3. Остается в форме образованного органического вещества.
4. Бесконечно передается по цепям питания.



## Повторение

### Тест 7. Детритные пищевые цепи начинаются:

1. С растений.
2. С животных.
3. С редуцентов.
4. С органического вещества отмерших организмов. ←

### \*\*Тест 8. Продуктивность в г/м<sup>3</sup> наиболее высока у экосистем:


1. Тропических лесов. ←
2. Кораллового рифа. ←
3. Океана.
4. Болот и заболоченных местностей. ←

### Тест 9. Биомасса консументов 2-го порядка больше биомассы консументов 1-го порядка, а биомасса консументов 1-го порядка больше чем биомасса продуцентов, «перевернутая» пирамида биомассы:

1. В тундре.
2. В тайге.
3. В морях. ←
4. Такого не может быть.

## Повторение

**Тест 10. Энергия каждого последующего уровня в пищевой цепи прогрессивно уменьшается. Это правило:**

1. Пищевой цепи.
2. Пирамиды биомассы.
3. Пирамиды энергии. 
4. Пищевых связей.

**Дайте определение терминам или раскройте сущность понятия:**

1. Правило пирамиды биомассы.
2. Валовая первичная продукция
3. Чистая первичная продукция.
4. Вторичная продукция.
5. Биологическая продуктивность экосистемы.
6. Круговорот веществ в экосистеме.
7. Однонаправленный поток энергии в экосистеме.
8. Пастбищная цепь (цепь выедания).
9. Детритная цепь (цепь разложения).