

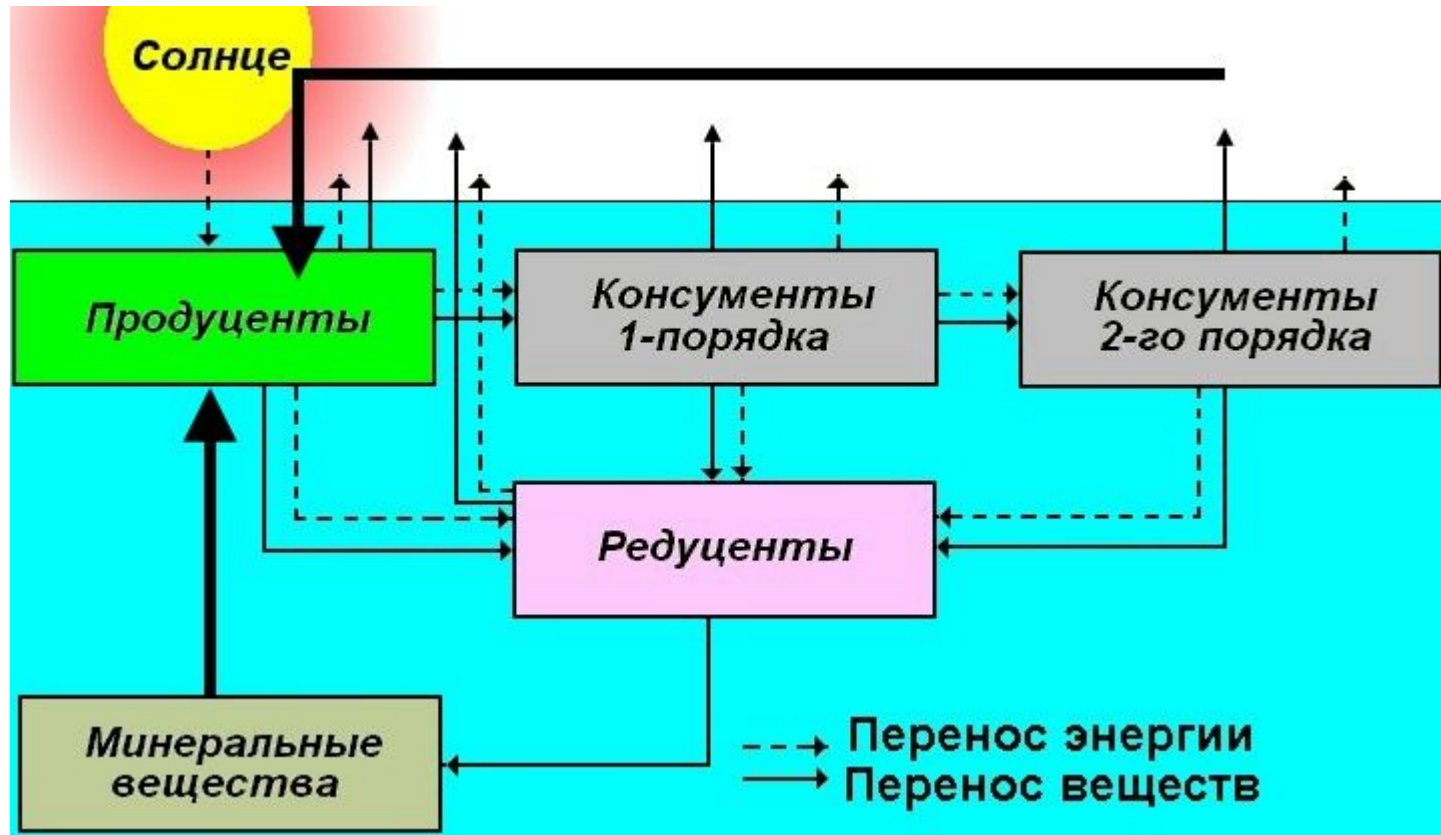
*Глава XV.
Основы экологии. Экосистемы*

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

Задачи:

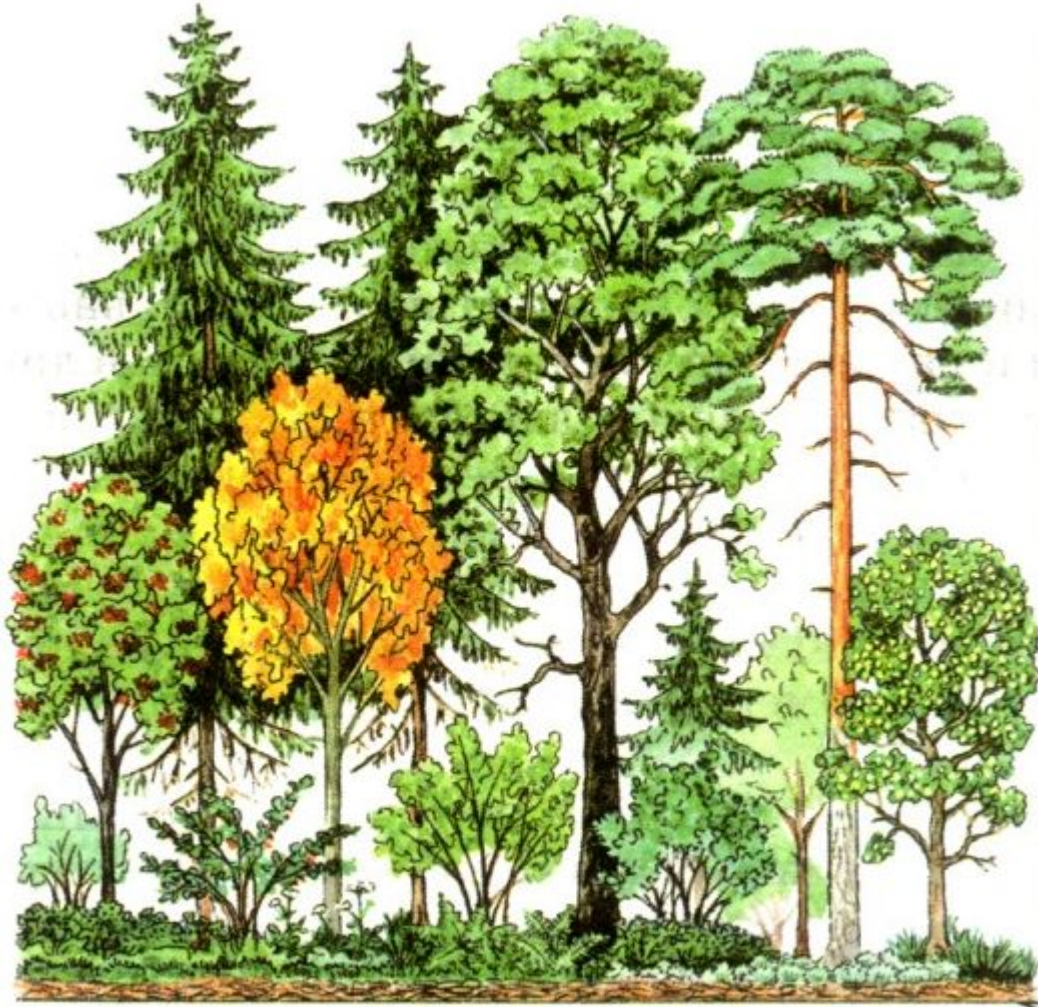
*Продолжить характеристику экосистем,
рассмотреть движение веществ и энергии в
экосистемах*

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*



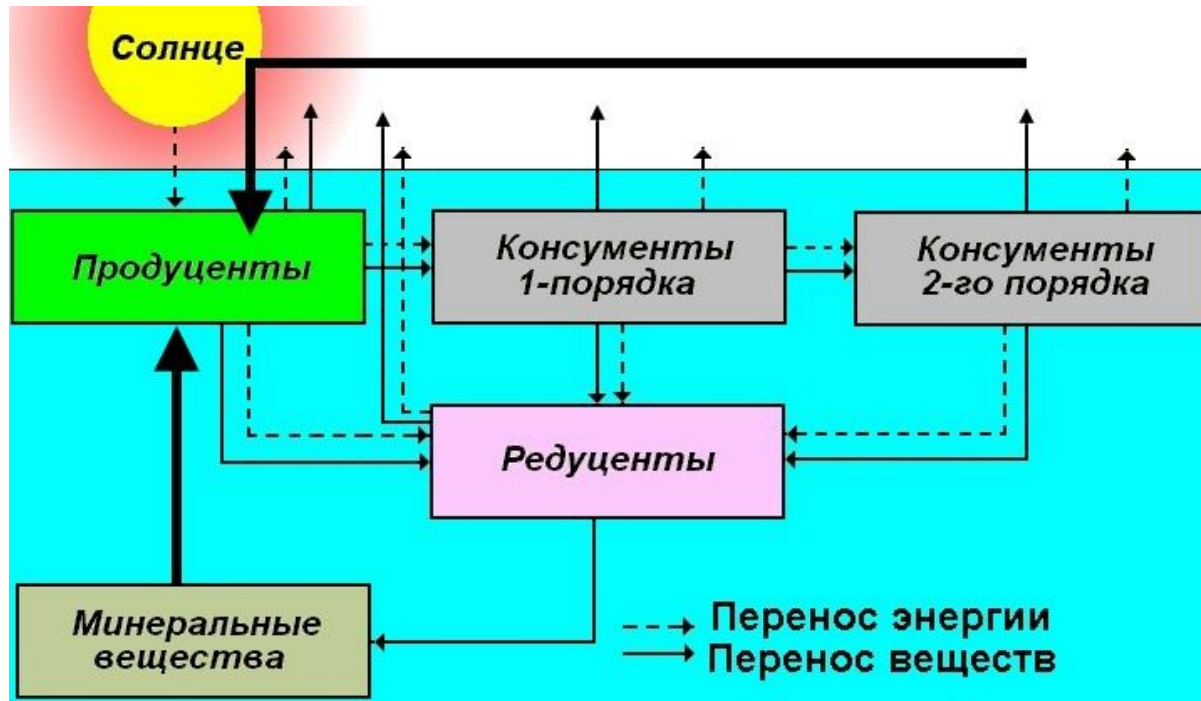
Образованное органическое вещество растений за единицу времени – *валовая первичная продукция*.

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.

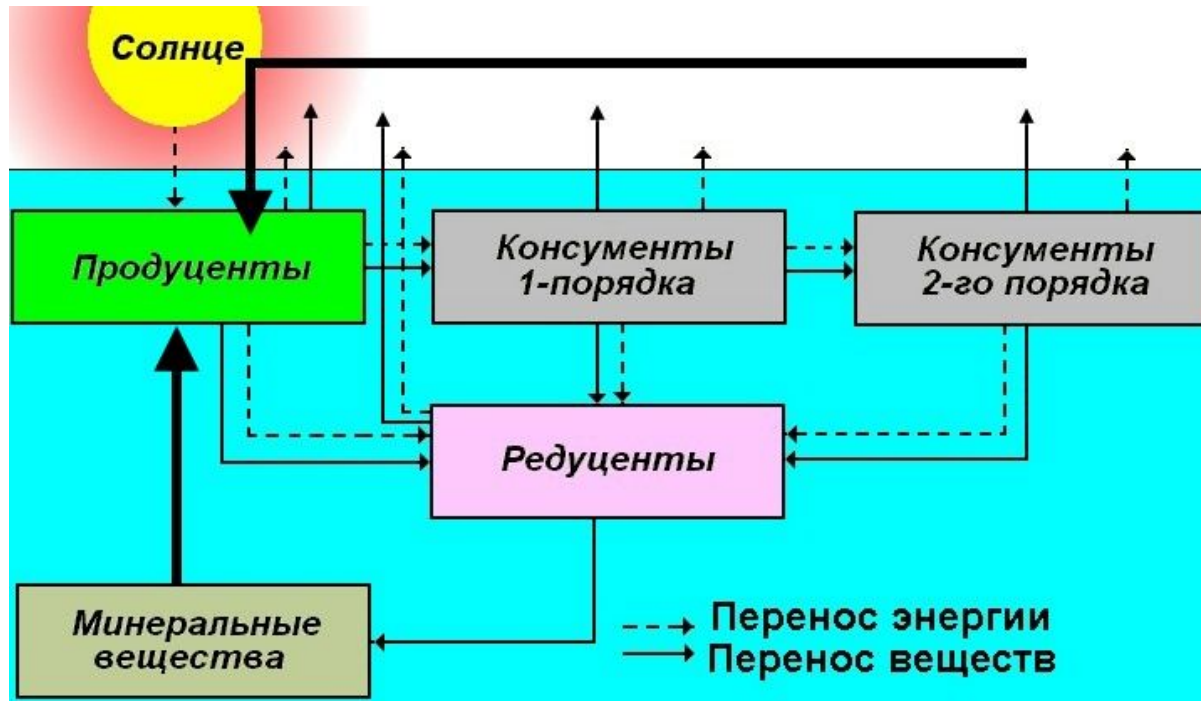
1. *Круговорот веществ и поток энергии*



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*



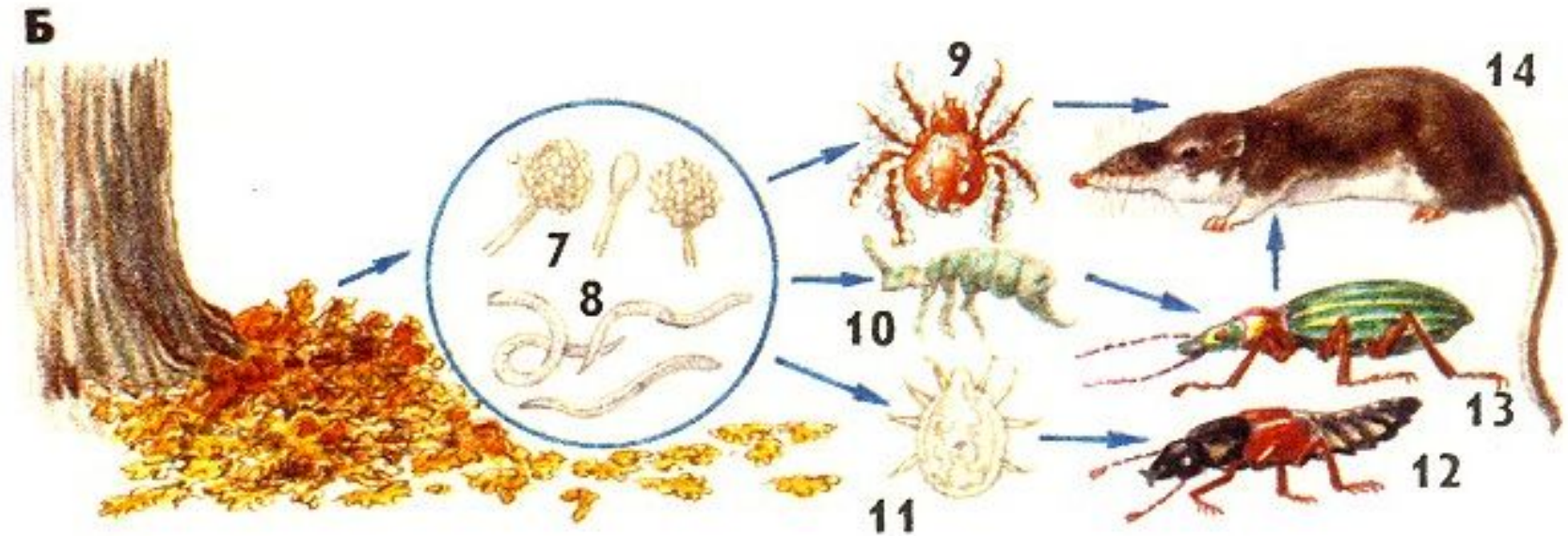
Минеральные вещества вновь извлекаются продуцентами (углекислый газ из атмосферы, вода и минеральные соли из почвы, **происходит постоянный круговорот веществ в биогеоценозах.**

1. Круговорот веществ и поток энергии



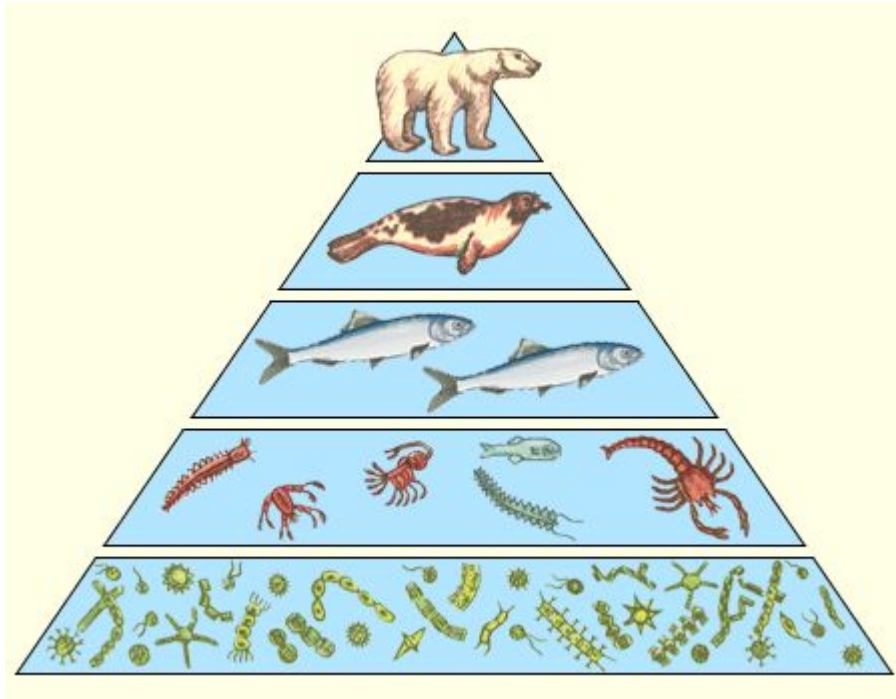
Пищевые цепи разделяют на два типа. *Цепь выедания (пастбищная)* начинается с **продуцентов**, идет к консументам 1-го, 2-го и заканчивается консументами 3-го порядка.

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

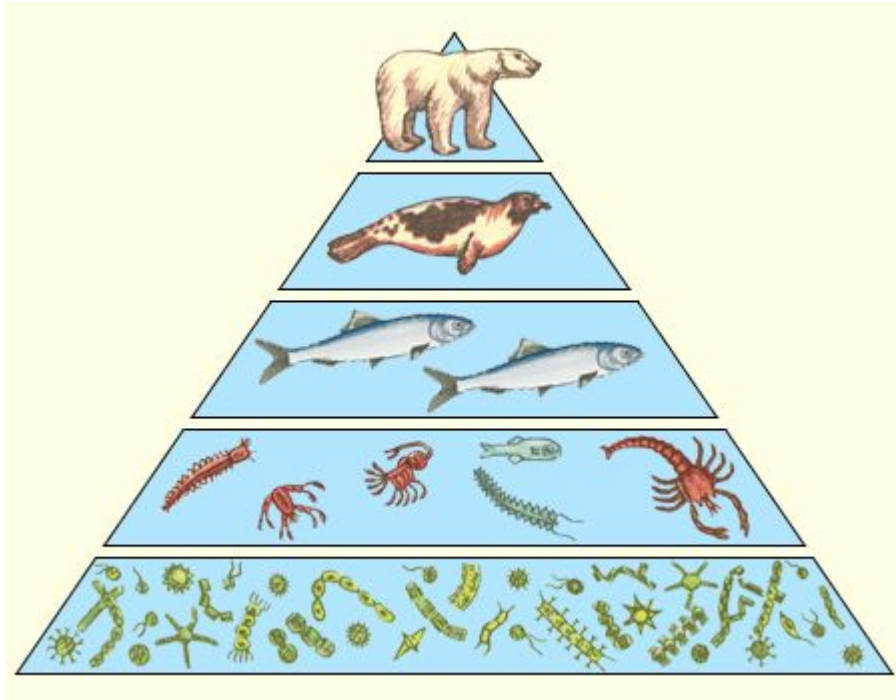


Когда растительность поедается консументами, большая часть съеденного органического вещества растений окисляется и служит источником энергии, меньшая часть является строительным материалом и идет на прирост или восстановление биомассы.

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:

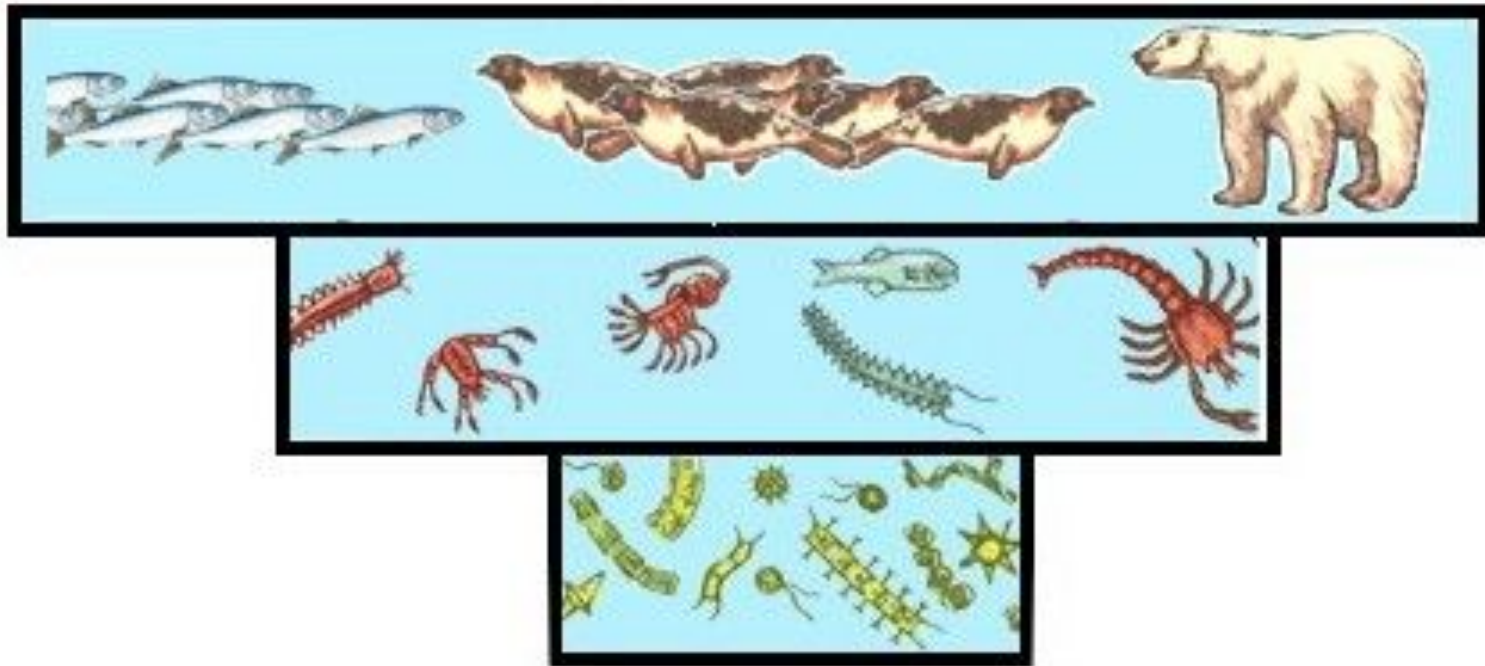
500 т, а в основании этой экологической пирамиды будут находиться съеденные зоопланктоном:

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?

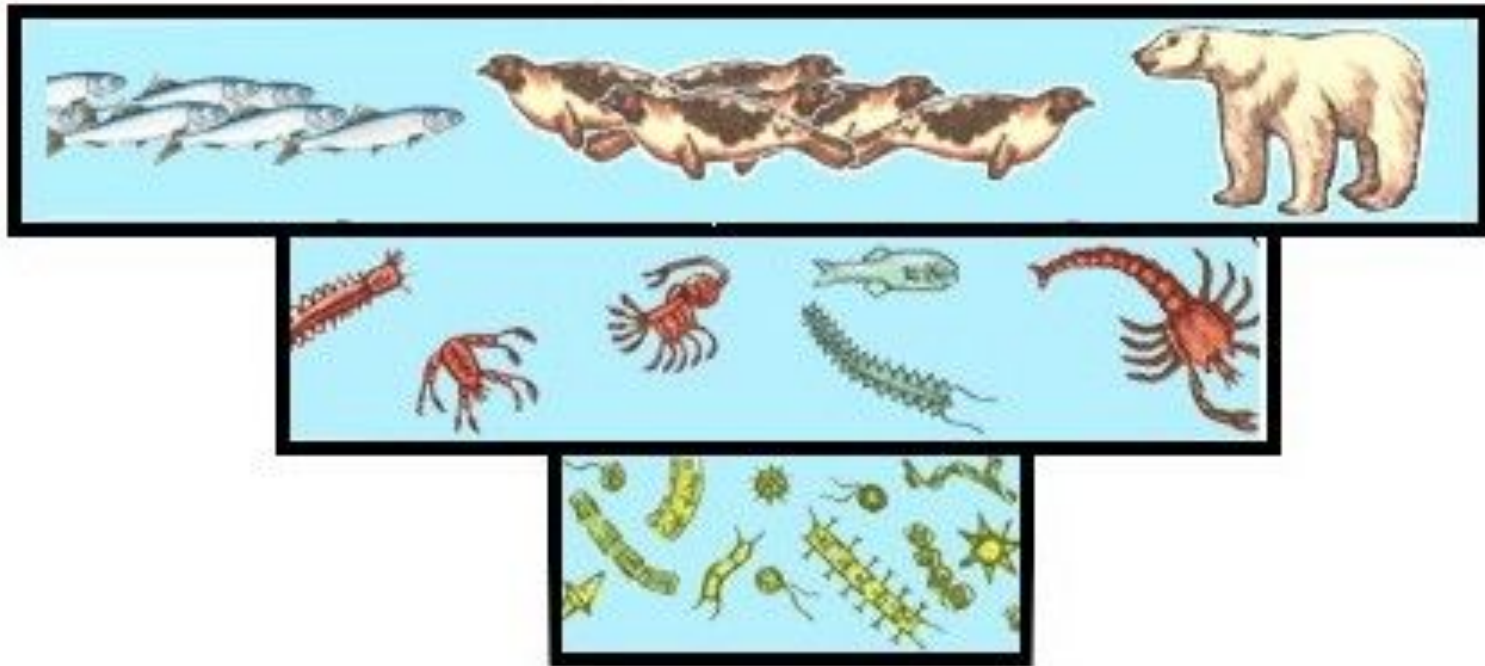
2. Экологическая пирамида биомассы



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

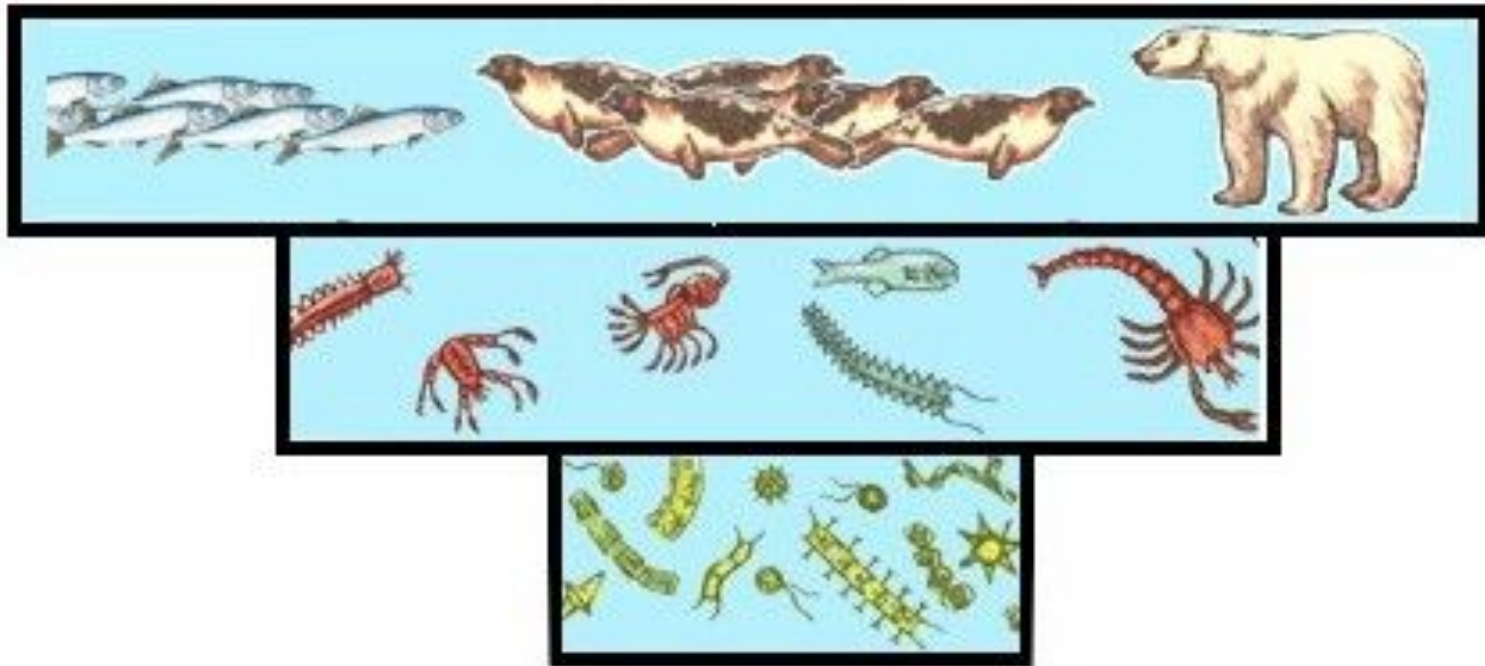
Как это можно объяснить?

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.

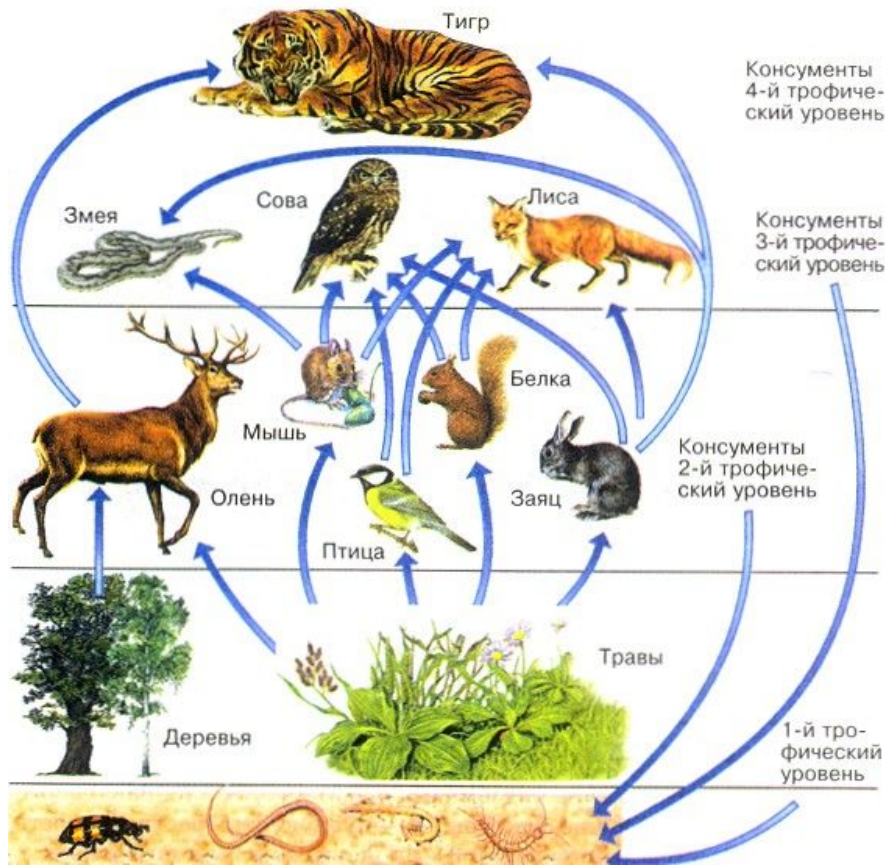
2. Экологическая пирамида биомассы



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

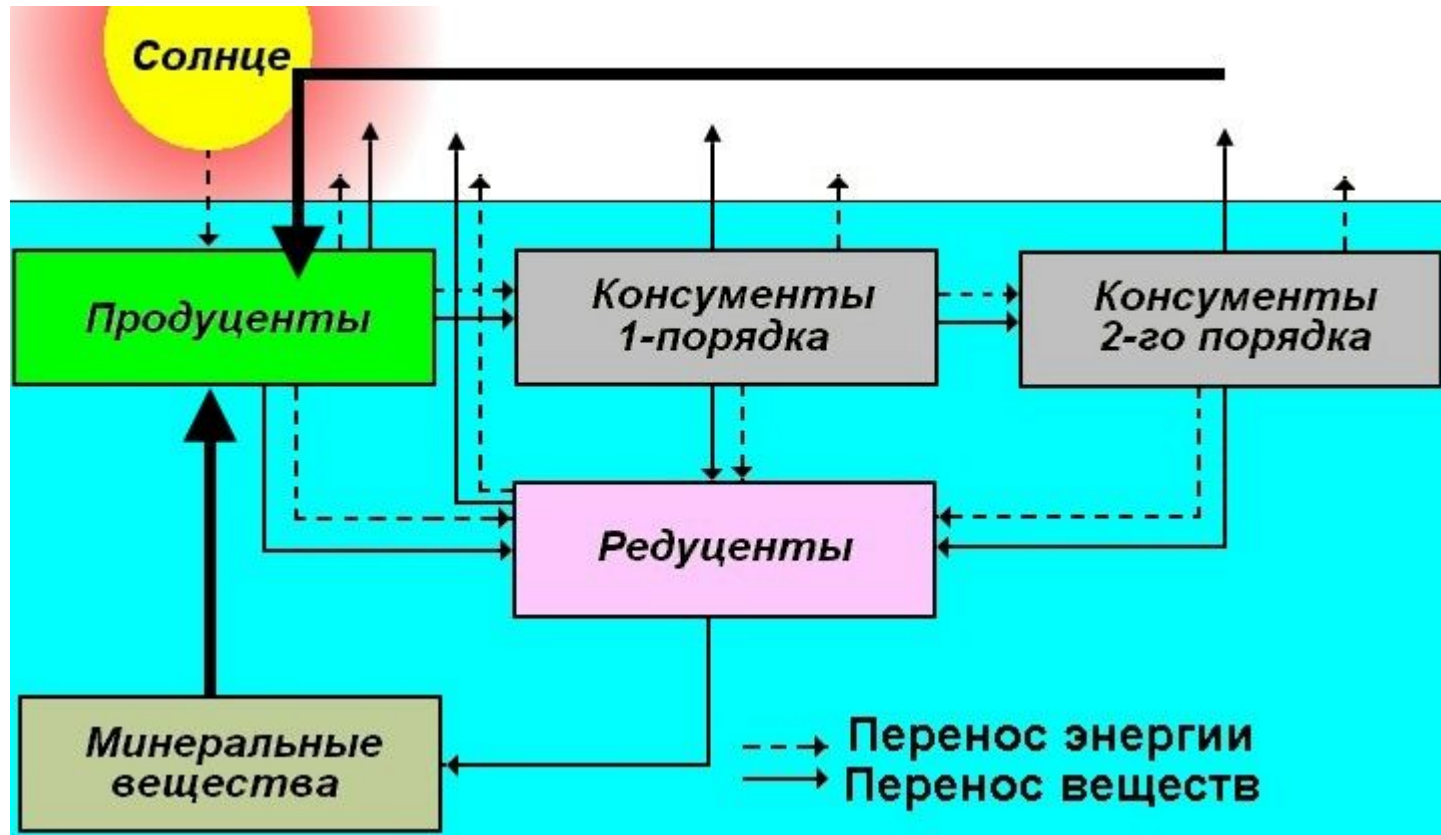


Большая часть энергии, заключенной в пище, выделяется в результате энергетического обмена и используется для поддержания всех жизненных процессов, меньшая часть используется для прироста биомассы и часть энергии выводится из организма вместе с неусвоенной пищей, выделенной в виде экскрементов.

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

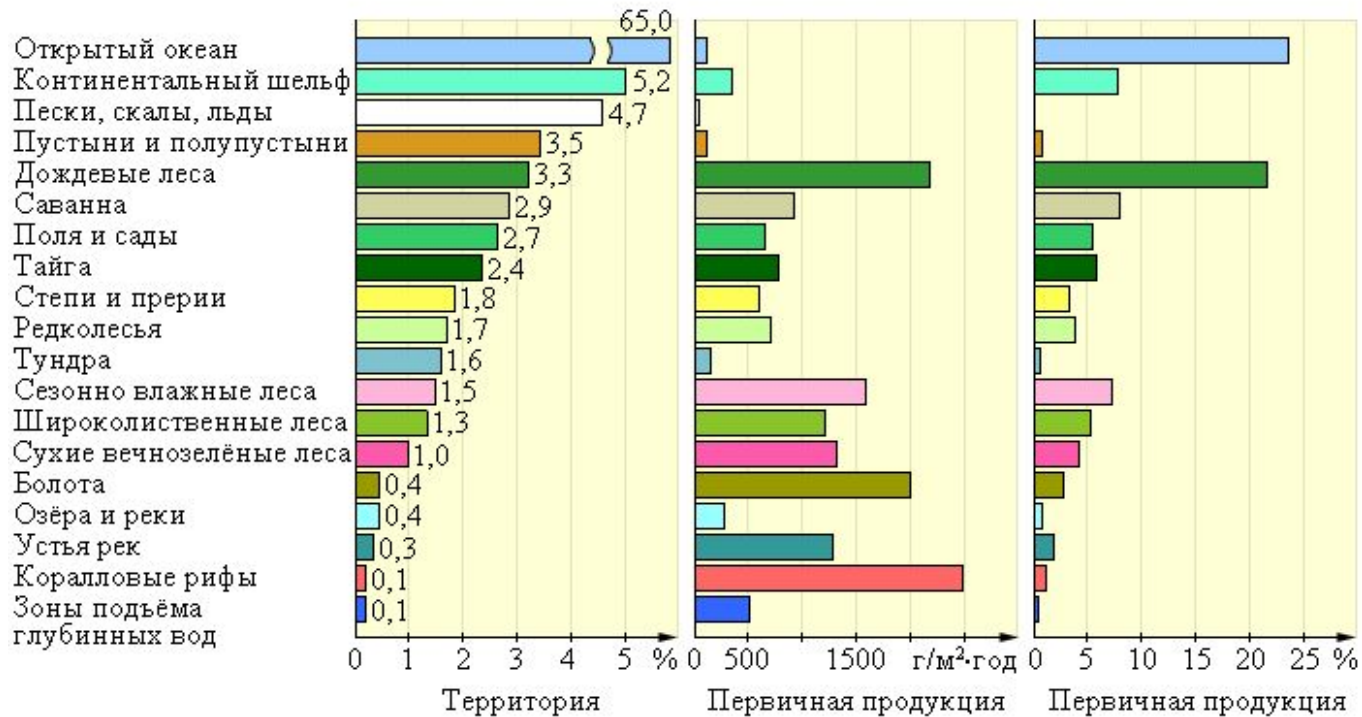
Поэтому пищевая цепь обычно включает всего 4—5 звеньев.

2. Экологическая пирамида биомассы



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

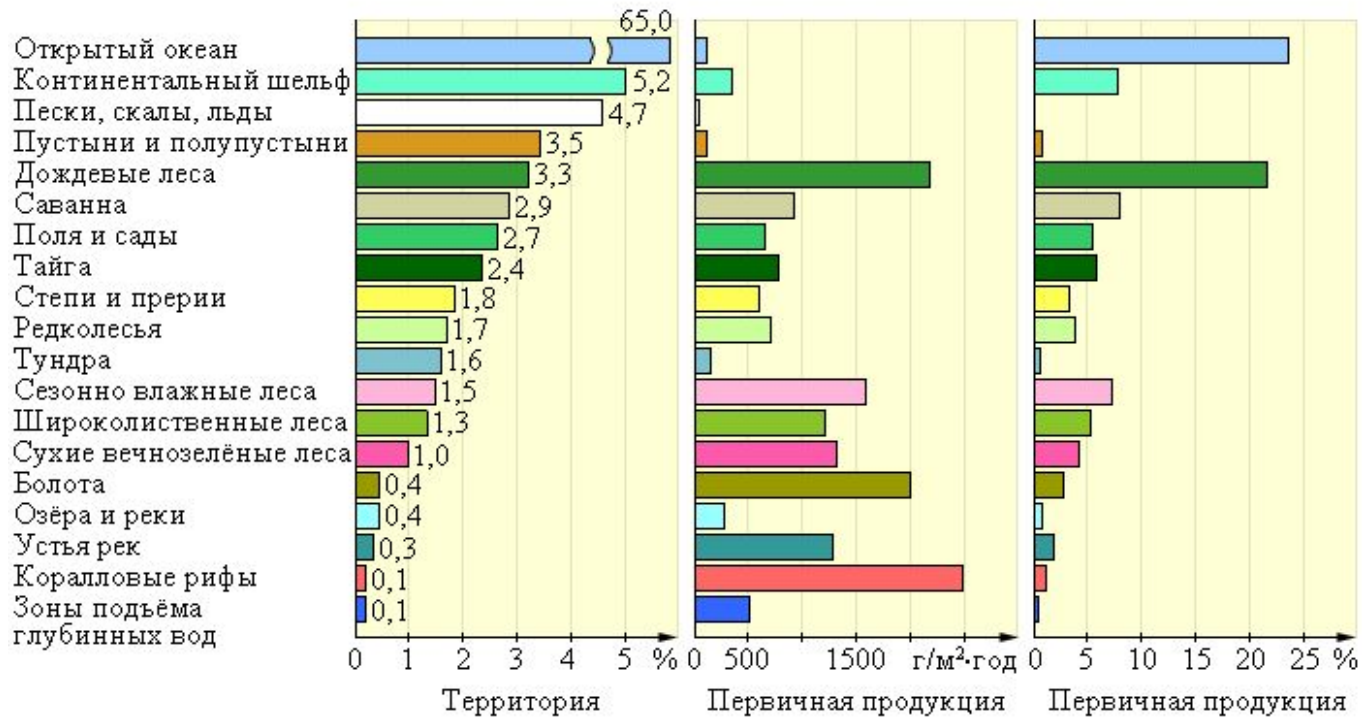
3. Продуктивность экосистем



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.

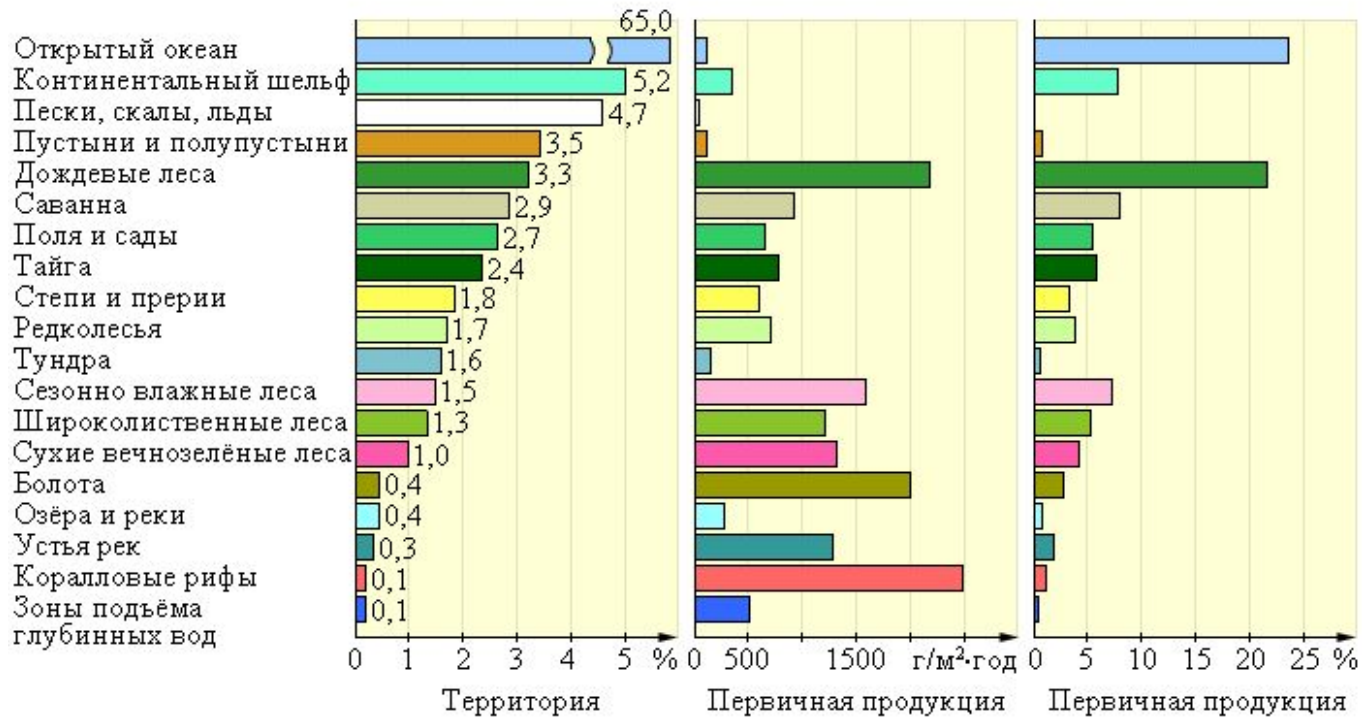
3. Продуктивность экосистем



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 г/см² в год, продуктивность коралловых рифов и зарослей водорослей 500-4000 в среднем 2500 г/см² в год. Такой же продуктивностью на суше обладают только влажные тропические и субтропические вечнозеленые леса (1000-3500 в среднем 2200 г/см² в год). Это сравнимо с продуктивностью хорошо субсидируемых агроценозов, которая может достигать 3500 г/см² в год (продуктивность несубсидируемых и малосубсидируемых агроценозов может опускаться до 100 г/см² в год, в среднем эта величина составляет 650 г/см² 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.

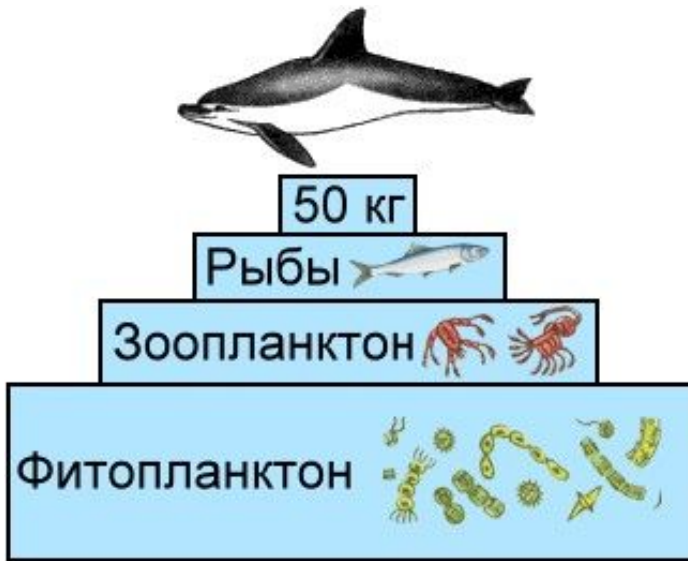
Что такое вторичная продукция?

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/м³ 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).