

**Классификация
и
свойства
экосистем**

Классификация и свойства экосистем

- 1. Классификация систем.**
- 2. Системные связи. Прямые и обратные связи.**
- 3. Гомеостаз. Резистентная и упругая устойчивость экосистем.**
- 4. Энергетические процессы в экосистемах.**
- 5. Трофическая структура экосистемы.**
- 6. Энергетические пирамиды экосистем. Закон 10%.**
- 7. Продукция и биомасса экосистемы. Пирамиды биомасс и продукции суши и моря.**

Классификация систем.

Экосистемы - сложные системы и как системные явления классифицируются на :

Изолированные системы – это системы, которые не обмениваются с окружающей средой и соседними системами ни веществом, ни энергией.

Закрытые системы - это системы, обменивающиеся с окружающей средой и соседними системами только энергией, но не веществом.

Открытые системы - это системы, которые обмениваются с соседними системами и окружающей средой и энергией и веществом.

Открытые системы могут сохранять высокий уровень организованности и развиваться в сторону увеличения порядка и сложности, что является одной из наиболее важных особенностей процессов самоорганизации. Открытые системы имеют важное значение в физике, в общей теории систем, биологии, кибернетике, информатике, экономике.

Биологические, социальные и экономические системы необходимо рассматривать как открытые.

Изолированные системы принимаются в физике как условное понятие, «как результат обобщенного опыта», символ, не подтвержденный ни единым реальным объектом материального мира.

Большинство наблюдаемых в окружающем мире систем – открытые.

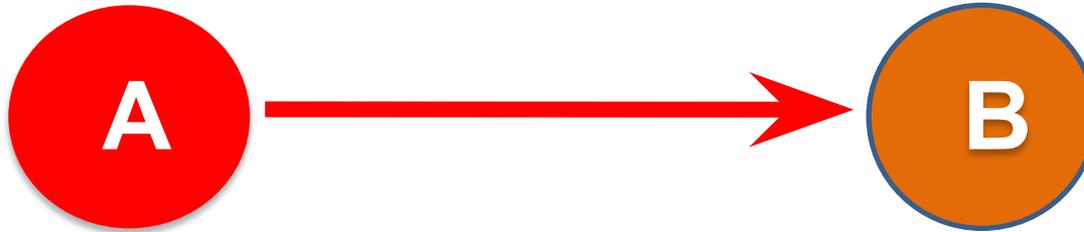
Системные связи

Экосистемы имеют кибернетическую природу и характеризуются развитыми информационными сетями, состоящими из потоков физических и химических сигналов, связывающих их в единое целое.



Обратные связи занимают особое, главенствующее положение в саморегулировании экосистем.

- **Прямая связь** - объект А воздействует на объект В без ответной реакции (нулевой отклик). (+ 0) или (- 0)



- **Обратная связь** – объект А воздействует на объект В. Объект В отвечает. Когда сигнал с выхода системы опять появляется на входе - он регулирует последующее состояние системы на выходе. Обратные связи - своеобразный аналог разумного познания.



Обратная связь бывает **положительной** или **отрицательной** (отклик на воздействие может быть отрицательным или положительным.)

Положительная обратная связь (саморазгоняющая) может расшатывать и даже разрушить экологическую систему, если не поступят отрицательные сигналы, компенсирующие неуправляемое одностороннее изменение.

Отрицательная обратная связь (стабилизирующая) помогает изменяться экосистеме и таким образом противодействовать изменениям внешних условий.

Её можно сравнить с «сервомеханизмами» в технике, устройствами управления с помощью обратной связи. Для живых систем с подобными отрицательными обратными связями используют термин **ГОМЕОСТАЗ**.

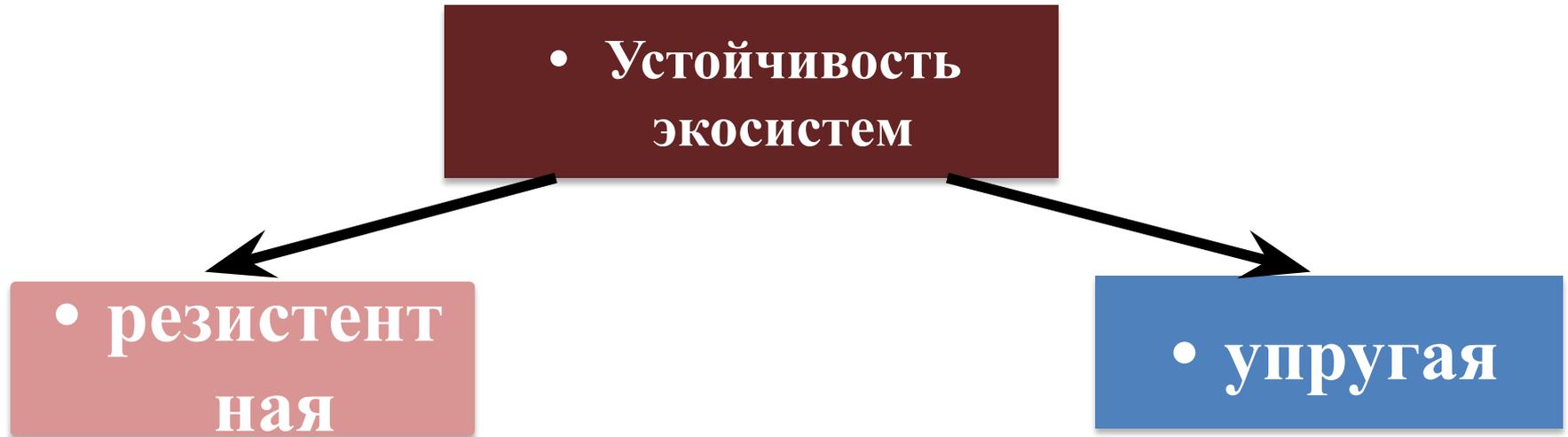
ГОМЕОСТАЗ – это способность экосистемы поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменяющихся условиях среды обитания с помощью

Итак, все живые организмы и экосистемы являются саморегулирующимися, гомеостатическими системами, поддерживающими равновесие с помощью обратных связей.

СТАБИЛЬНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ – свойство любой экосистемы возвращаться в исходное положение после того, как она была выведена из состояния равновесия.

Устойчивость экосистем - характеристика определяющая степень и характер стабильности экосистемы.

Виды устойчивости экосистем



Резистентная устойчивость экосистемы – способность сопротивляться нарушениям, поддерживая неизменной свою структуру и функции.

Упругая устойчивость экосистемы – способность к быстрому восстановлению.

Энергетические процессы в экосистемах

Одной из задач экологии является изучение превращения энергии внутри экологической системы.

Усваивая солнечную энергию, зеленые растения создают потенциальную энергию (заключенную в органических веществах), которая при потреблении в пищу живыми организмами превращается в другие формы энергий. Превращение энергий, в отличие от циклического круговорота веществ, идут в одном направлении, поэтому говорят о «потоке» энергий.

Энергетические процессы подчиняются первому и второму Законам термодинамики■

I **ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ:** энергия не возникает и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую.

II **ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ:** при переходе (превращении) одной формы энергии в другую происходит рассеивание части энергии (как правило в виде тепла).

Мерой необратимого рассеивания энергии является **ЭНТРОПИЯ** (эн – внутренний, тропус – превращение (греч.))

Энтропию можно характеризовать и как степень упорядоченности системы.

В математической статистике существует два противоположных понятия: энтропия и вероятность.

Вероятность какого-либо события - как следствие упорядоченности, и **энтропия** - как аналог хаоса и непредсказуемости появления этого события.

Чем выше уровень организации системы, тем выше ее упорядоченность, тем меньше **энтропия** - необратимая потеря ее энергии.

Живые организмы и нормально функционирующие экосистемы характеризуются высокой степенью упорядоченности слагающих элементов. Они поддерживают постоянный определенный для них уровень тепла и энергии и тем самым противостоят энтропии. В этом состоит одно из основных отличий живого от мертвого.

Мертвое сливается с окружающей средой, потеряв свою энергию при необратимом рассеивании и сливаясь с температурой внешней среды.

Смерть - равновесие с внешней средой. **Холодная энтропийная смерть** – определение истинной смерти живого.

Живая материя отличается от неживой способностью аккумулировать из окружающего пространства свободную энергию, концентрировать ее и качественно преобразовывать, чтобы противостоять росту энтропии внутри себя. Это свойство, обратное энтропии – **НЕГЭНТРОПИЯ**.

ЖИЗНЬ – упорядоченное и закономерное поведение материи.

Чем выше организованность, упорядоченность экосистемы, тем значительней ее НЕГЭНТРОПИЯ и тем выше ее устойчивость.

Основным свойством нормально функционирующих природных экосистем является способность извлекать **НЕГЭНТРОПИЮ** из внешней среды (например - солнечную энергию) и тем самым поддерживать свою высокую упорядоченность.

Иная формулировка

ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ

Следует ли из второго закона термодинамики, что Солнечная система «стареет»?

Ведь энергия при любых превращениях стремится перейти в тепло равномерно распределенное между телами?

Характерна ли эта тенденция тепловому выравниванию всей Вселенной?

Пока не ясно и вопрос остается открытым, хотя в конце XIX века широко обсуждалась теория «тепловой смерти» Вселенной. Данная теория, как любая гипотеза из области космогонии, не может быть проверена. Однако эти вопросы заставили ввести общепринятую в физике формулировку Второго Закона термодинамики:

Общепринятая в физике формулировка II закона термодинамики:

В открытых системах энергия стремится распределиться равномерно, то есть, стремится к состоянию максимальной энтропии.

Данное утверждение, являющееся верным для всего, что мы наблюдаем вокруг себя, однако это дало основание некоторым ученым, в частности Э.Бауэру сделать вывод, что для живых систем второй закон термодинамики **не выполняется!**

По этой причине появилась более общая формулировка II Закона термодинамики, справедливая для открытых (самых сложных, живых) систем:

Эффективность самопроизвольного превращения энергии всегда меньше 100%.

Из этой формулировки вытекает, что ЖИЗНЬ на Земле невозможна без **постоянного поступления энергии** (притока солнечной энергии).

Живой организм так же непрерывно увеличивает энтропию и приближается к опасному состоянию – максимуму энтропии – смерти, но избегает этого состояния, оставаясь живом только благодаря основному свойству живого – **извлекать из окружающей среды негэнтропию**. С течением времени (старением), живой организм утрачивает жизнеспособность, накапливая дефицит негэнтропии, и, как следствие, устойчивости.

Любая экосистема включает в себя несколько трофических (пищевых) уровней или звеньев.

Первый уровень представлен растениями (автотрофами или продуцентами).

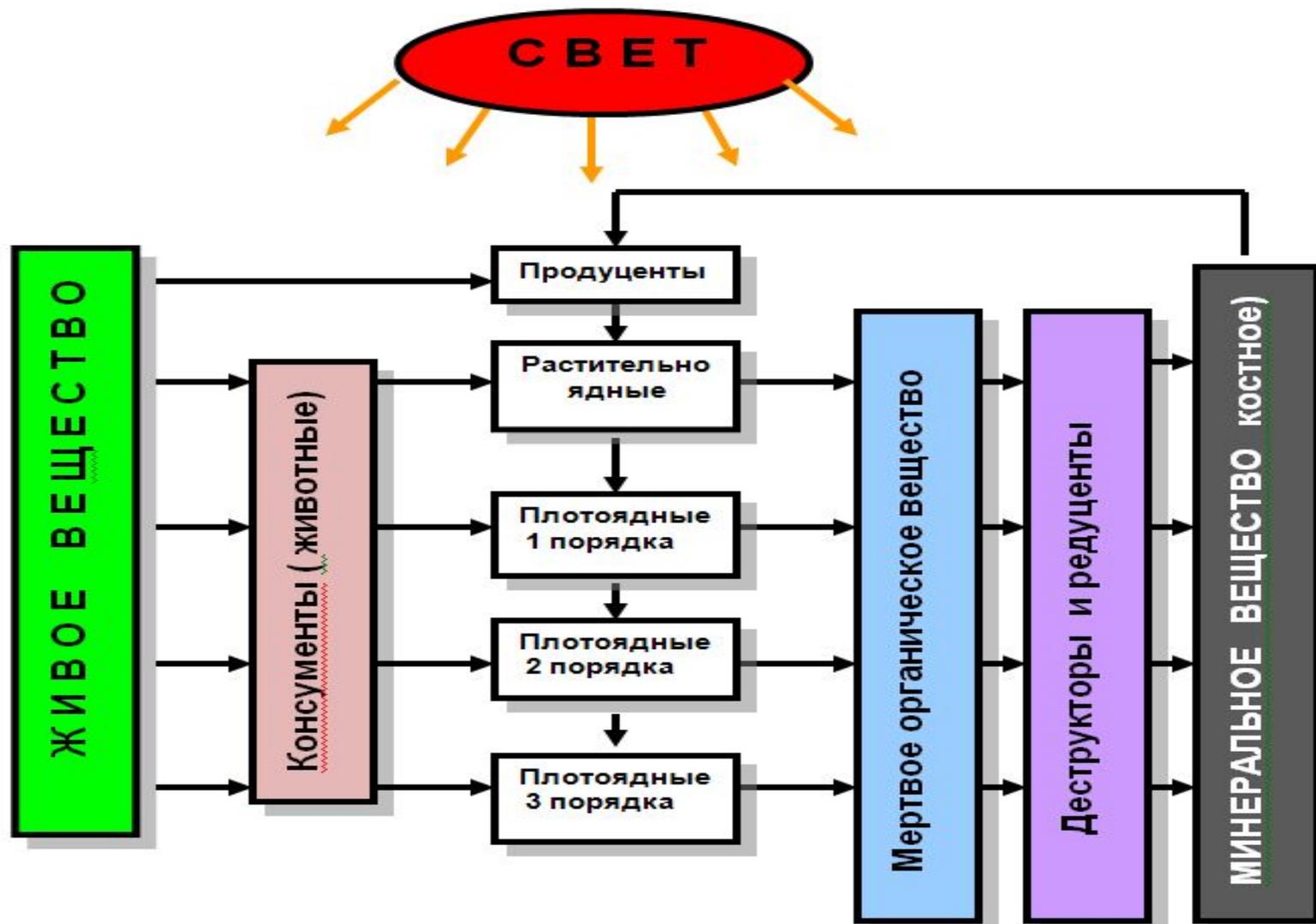
Второй уровень первичными и вторичными потребителями – животными (гетеротрофами или консументами и сапрофитами). К потребителям относятся консументы 1, 2 и 3 уровней и сапрофиты.

Третий уровень в основном представлен микроорганизмами и грибами (редуцентами или деструкторами).

Взаимосвязанный ряд трофических уровней представляет цепь питания или трофическую цепь.

Главное свойство цепи питания – это осуществление биологического круговорота веществ и высвобождение запасенной в органическом веществе энергии.

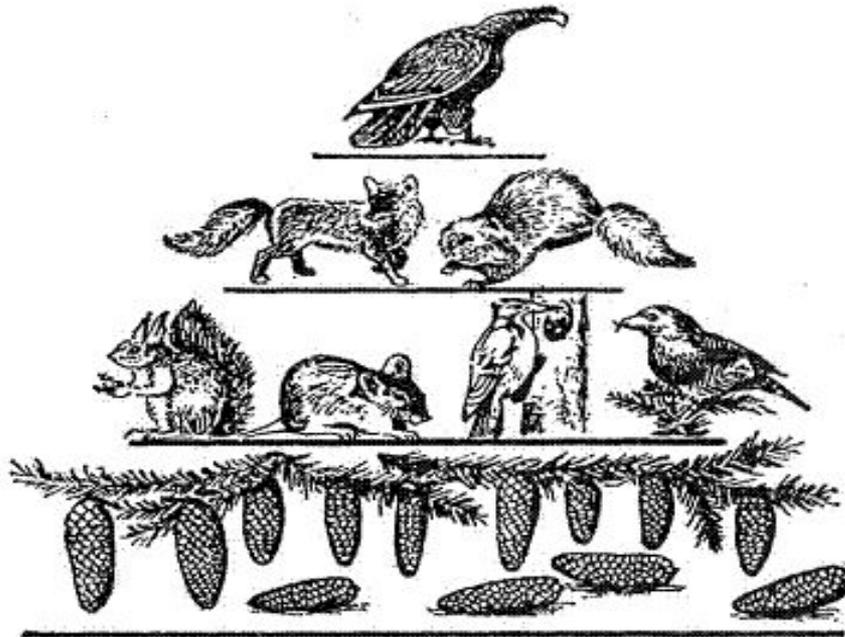
ТРОФИЧЕСКАЯ (ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ) СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ



Пищевые цепи внутри каждого биогеоценоза имеют хорошо выраженную структуру. Она характеризуется количеством, размером и общей массой организмов – биомассой - на каждом уровне цепи питания.

Снижение биомассы при переходе с одного пищевого уровня на другой обусловлено тем, что далеко не вся пища ассимилируется (усваивается) консументами.

Упрощенная экологическая пирамида:



Энергетические пирамиды, или правило **10%**.

Живые организмы в экосистемах для своего существования должны постоянно пополнять и расходовать энергию.

Растения, как известно, способны запасать энергию в химических связях в процессе фотосинтеза и хемосинтеза.

Однако при фотосинтезе связывается только энергия с определенными длинами волн – 380-710 нм. Эту энергию называют **фотосинтетически активной радиацией (ФАР)**. На эту радиацию приходится 40% общей солнечной радиации, достигающей земной поверхности. Она по длинам волн близка к видимой части спектра. Остальная часть спектра относится либо к более короткой (ультрафиолетовой), либо к более длинной (инфракрасной) радиации. С последней связан тепловой эффект.

Существуют определенные закономерности перехода энергии с одного трофического уровня на другой вместе с потребляемой пищей:

- a) Основная часть энергии, усвоенной консументами с пищей, расходуется на его жизнеобеспечение: движение, поддержание температуры и т.п. Эту часть энергии рассматривают как затраты на ДЫХАНИЕ, с которым в конечном счете связаны все возможности ее высвобождения из химических связей органического вещества.**

- b) Часть энергии переходит в тело организма-потребителя вместе с увеличивающейся массой (приростом, продукцией).**

- c) Некоторая часть пищи, а вместе с ней и энергия, не усваиваются организмом. Они выводятся в окружающую среду вместе с продуктами жизнедеятельности (экскрементами).**

Баланс энергии

Баланс энергии для отдельного живого организма можно представить следующим уравнением:

$$\mathcal{E}_{\text{потребления}} = \mathcal{E}_{\text{дыхания}} + \mathcal{E}_{\text{прироста}} + \mathcal{E}_{\text{продуктов}} + \mathcal{E}_{\text{выделения}}$$

выделения

Максимальные траты приходится на дыхание, которое с неусвоенной пищей составляет в среднем 90%.

Поэтому переход с одного трофического уровня на другой в среднем принимается близким к 10% от энергии, потребленной с пищей.

Эта закономерность называется «правилом десяти процентов».

Закономерности потока и рассеивания энергии имеют важные в практическом отношении следствия:

- С энергетической точки зрения нецелесообразно потребление животной продукции, особенно высших уровней цепей питания. Образование этой продукции связано с максимальными энергозатратами.
- Чтобы сократить вероятность дефицита продуктов питания для интенсивно возрастающей численности населения, нужно увеличить в рационе питания человечества удельный вес растительной пищи. Энергетически идеально вегетарианство.

Графической иллюстрацией потери энергии при переходе от одного трофического уровня к другому служит энергетическая пирамида.

Энергетическая пирамида трофических уровней



Пирамида энергии всегда сужается кверху в соответствии с правилом 10%.

На форму энергетической пирамиды не влияют размеры особей, и она всегда будет иметь треугольную форму с широким основанием внизу, так как это диктуется вторым законом термодинамики.

Пирамида энергии дает наиболее полное представление о динамике прохождения массы пищи через цепи.

Пирамиды продукции и биомасс отражает статику экосистемы (количество и биомассу организмов на данный момент.

По этой же причине продукция организмов на каждом последующем трофическом уровне всегда меньше (в среднем в 10 раз) продукции предыдущего, т.е. масса каждого последующего звена цепи прогрессивно уменьшается.

**ЭТА ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ПОЛУЧИЛА НАЗВАНИЕ
ПРАВИЛО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПИРАМИДЫ.**

**Пример цепи питания из трех уровней (по Ю.Одуму):
люцерна – телята – ребенок**

Если бы один ребенок весом 48кг питался бы только телятиной, то за год ему потребовалось бы для обеспечения изнедеятельности 4,5 теленка общим весом 400 кг, для питания которых, в свою очередь, необходим урожай люцерны с площади 4 га, весом 8 211 кг.

Такова энергетическая цена животной пищи.

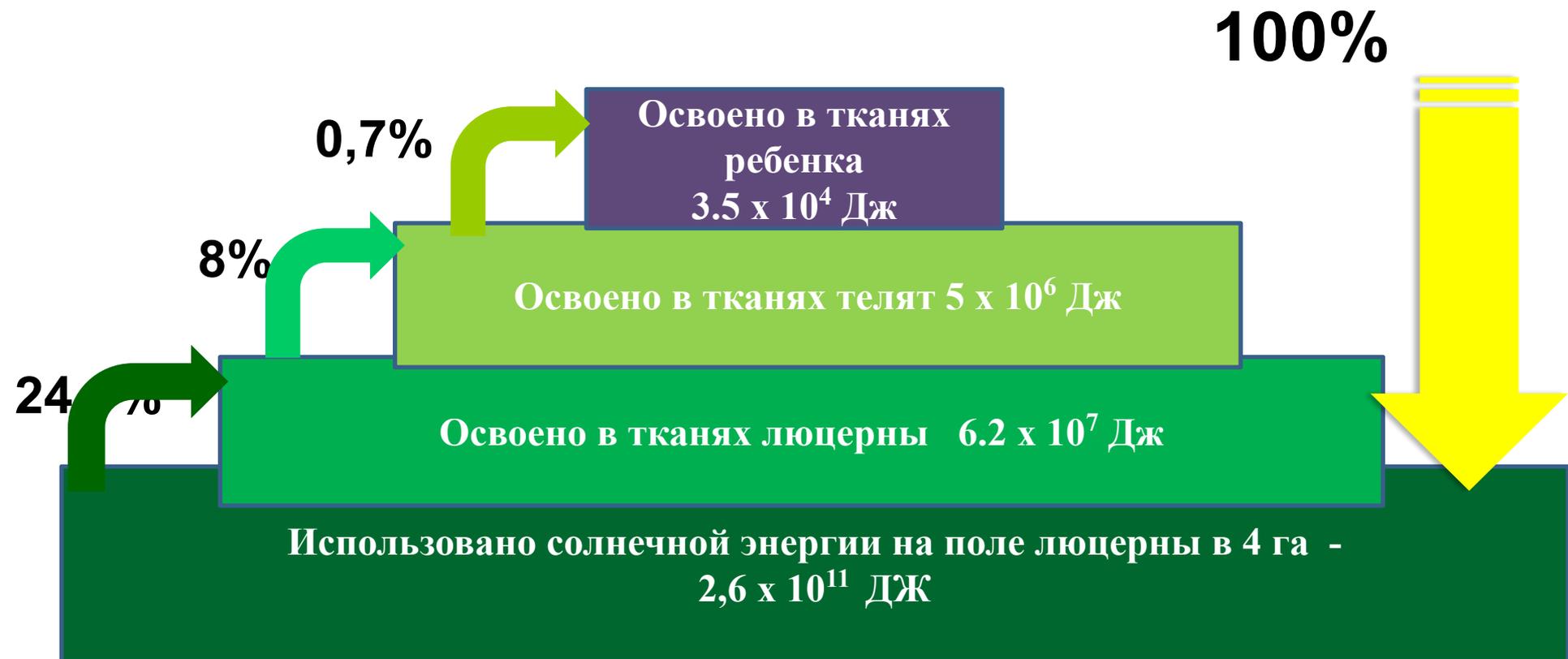
Пирамида биомасс, показывающая количество живого вещества в килограммах на каждом трофическом уровне , в этом примере выглядит следующим образом:



Пирамида энергии

В энергетической пирамиде учтена солнечная энергия.

В результате только около одной миллионной доли солнечной энергии, падающей на поле в 4 га, используется на питание и рост ребенка.



Продукция и биомасса экосистем

Одно из важнейших свойств живых организмов и экосистем в целом – способность создавать органическое вещество, которое называется **ПРОДУКЦИЕЙ**.

Продукцию растений называют первичной, а продукцию животных – вторичной.

Виды продукции:

Валовая первичная продукция – органическое вещество, которое синтезируется растениями в единицу времени на единице площади или объема, включая ту ее часть, которая расходуется на дыхание.

Чистая первичная продукция - органическое вещество, накопленное в растительных тканях, в единицу времени, на единице площади или объема, за вычетом части израсходованной на дыхание растений за то же время.

Чистая первичная продукция экосистемы - это чистая первичная продукция органического вещества в экосистеме за вычетом той части, которая была ассимилирована консументами в единицу времени на единице площади или объема.

Вторичная продукция экосистемы - органическое вещество, синтезированное на уровне консументов в единицу времени на единицу площади или объема.

Чистая первичная продукция считается главным источником питания и является основным показателем потенциала пищевых ресурсов для животных и человека.

Образование продукции в единицу времени на единице площади или объема характеризует **ПРОДУКТИВНОСТЬ** экосистем.

Продуктивность экосистем характеризует их способность концентрировать солнечную энергию в продукцию органических веществ - биомассы различных организмов.

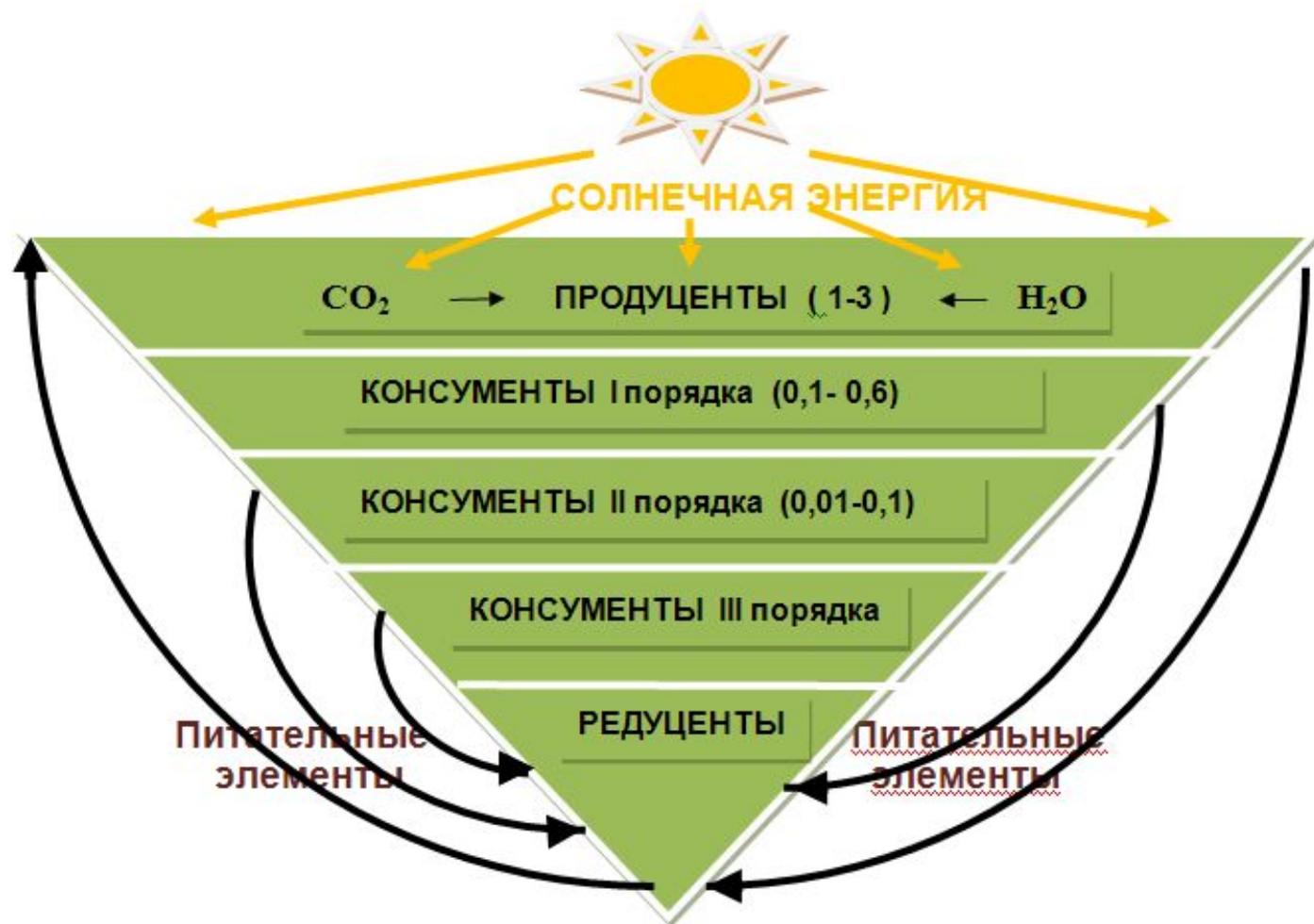
ТИПЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ:



Биомасса

БИОМАССА – вся живая органическая масса, которую содержит экосистема, вне зависимости от того, за какой период времени она накопилась.

Пирамида биомасс и трофические уровни в экосистеме



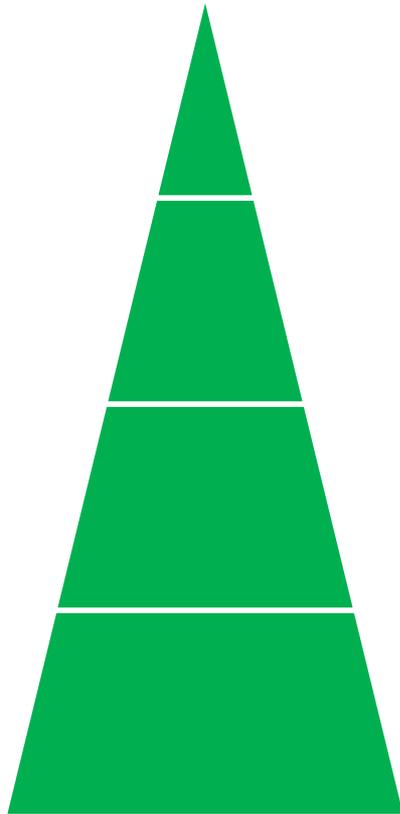
Величина **БИОМАССЫ** экосистем, во многом зависит не столько от ее продуктивности, сколько от продолжительности жизни организмов. Для экосистем, имеющих многолетние организмы, они резко отличаются.

Соотношение биомассы и годовой продуктивности выражается формулой:

$$B = P_{\text{год}} - D_{\text{год}}$$

где : **Б** – биомасса в данный момент времени,
П_г – годовая продукция,
Д_г – годовое дыхание (вся сумма живого вещества отчуждаемого на процессы разложения в результате гибели целых организмов или их частей).

ПИРАМИДЫ ПРОДУКЦИИ ЭКОСИСТЕМ СУШИ И ОКЕАНА

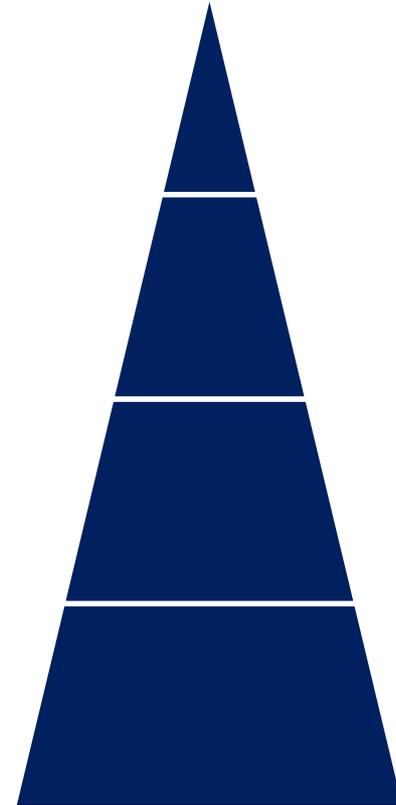


4 уровень

3 уровень

2 уровень

1 уровень



Продукция экосистем суши Продукция экосистем океана

ПИРАМИДЫ БИОМАСС ЭКОСИСТЕМ СУШИ И ОКЕАНА

•
•
•

•
•

Пирамида биомасс суши
океана

Пирамида биомасс

Пирамиды биомасс сходны с пирамидами продукции только для суши.

Для экосистем океана закономерности соотношения биомасс на различных трофических уровнях имеют свою специфику. Здесь пирамида биомасс как бы перевернута. То есть биомасса животных потребляющих растительную продукцию – планктон, больше биомассы растительных организмов.

Причина этого – резкое различие в продолжительности жизни организмов сравниваемых уровней.

В океане выделены две категории сгущения живого вещества – поверхностную или **планктонную, и донную, или **бентосную**.**

- Первый уровень** (продуценты) представлен фитопланктоном с крайне коротким периодом жизни (несколько часов)
- Второй уровень** представлен более долгоживущими организмами, животными и зоопланктоном питающимися фитопланктоном (киты, рыбы, зоопланктон и т.п.).

Благодарю за внимание