

Экосистема. Поток энергии в экосистеме. Продуктивность экосистемы. Расчет коэффициента использования потребляемой пищи.

Ольга Игоревна Лагутенко
ЭБЦ «Крестовский остров»

Экосистема

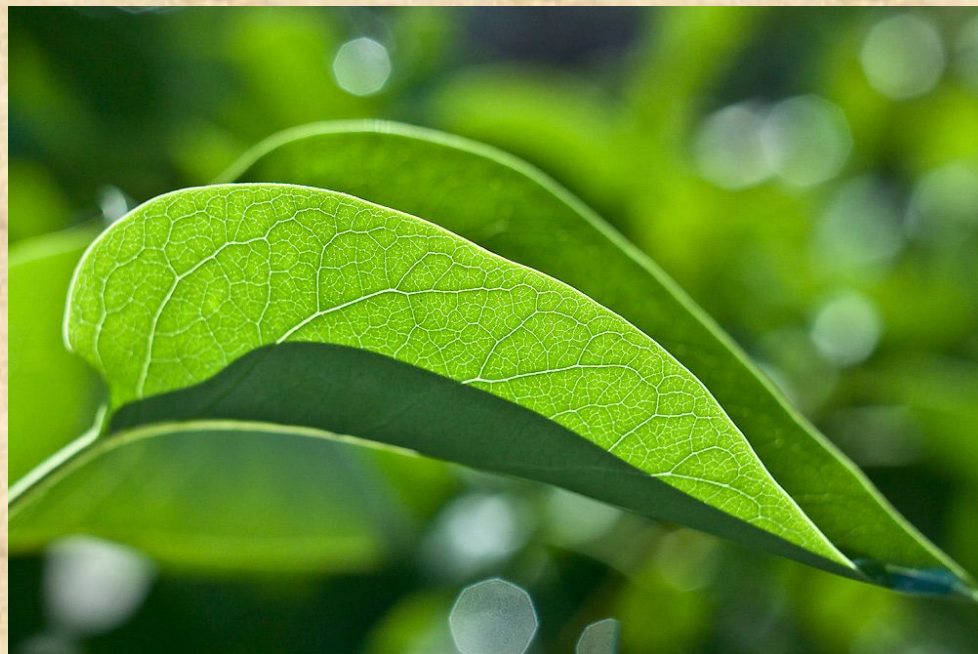
Экосистемой называют биологическую систему (биогеоценоз), состоящую из сообщества живых организмов (биоценоз), среды их обитания (биотоп), системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними.



http://www.balatsky.ru/NSO/mlekopit_NSO/ml_70.htm

Поток энергии в экосистеме

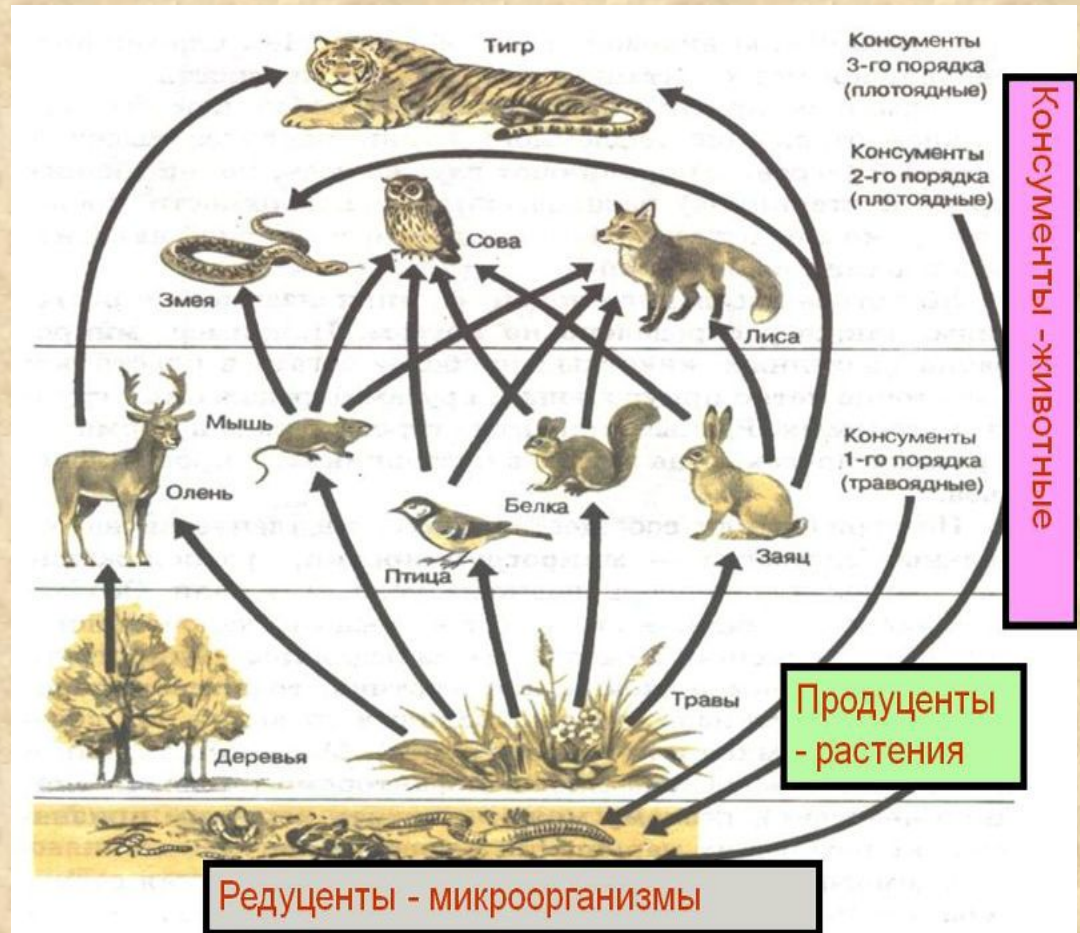
Поддержание жизнедеятельности организмов и круговорот веществ в экосистемах возможны только за счет постоянного притока энергии. В конечном счете вся жизнь на Земле существует за счет энергии солнечного излучения, которая переводится фотосинтезирующими организмами в химические связи органических соединений. Гетеротрофы получают



https://www.photogorky.ru/fullscreen.php?photo_id=122085

Поток энергии. Пищевые цепи

Все живые существа являются объектами питания других, т. е. связаны между собой энергетическими отношениями. Пищевые связи в сообществах – это механизмы передачи энергии от одного организма к другому. В каждом сообществе трофические связи переплетены в сложную сеть.



Трофические уровни

- Место каждого звена в цепи питания называют ***трофическим уровнем***.
- **Первый трофический уровень** – это всегда продуценты, создатели органической массы;
- **Второй трофический уровень** - растительноядные консументы;
- **Третий трофический уровень** - плотоядные, живущие за счет растительноядных форм;
- **Четвертый трофический уровень** – плотоядные, потребляющие других плотоядных и т. д.
- Таким образом, различают **консументов первого, второго и третьего** порядков, занимающих разные уровни в цепях питания. Основную роль при этом играет пищевая специализация консументов.

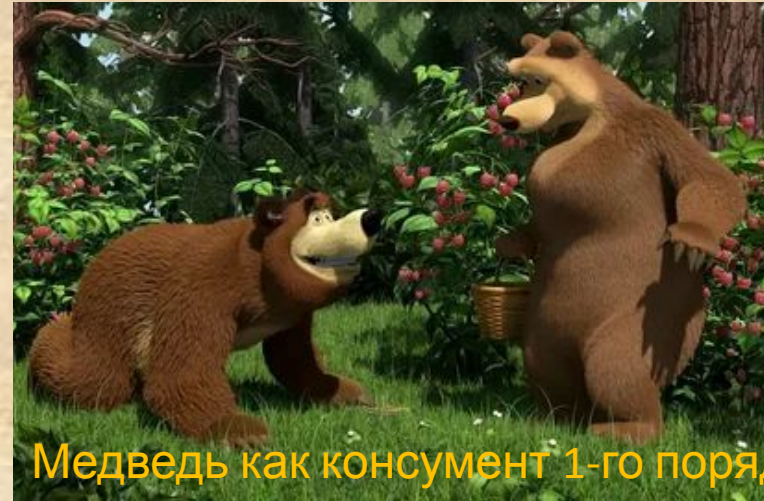
Трофические уровни

Виды с широким спектром питания могут включаться в пищевые цепи на разных трофических уровнях. Так, например, человек, медведь и др. всеядные, в рацион которых входит как растительная пища, так и мясо травоядных и плотоядных животных, выступают в разных пищевых цепях в качестве консумента первого, второго и третьего порядков. Виды, специализированные на растительной пище, например тли, зайцеобразные, копытные, всегда являются вторым звеном в цепях питания.



Медведь как консумент 2 порядка

Мультфильм «Ни пуха ни пера», Киностудия «Башкортостан»



Медведь как консумент 1-го порядка

Мультфильм «Маша и медведь», анимационная студия «Анимаккорд»



Медведь как консумент 3
порядка

<https://www.drive2.ru/b/515364190756536367/>



энергетический баланс

<https://yandex.ru/collections/card/5be548b60ab86e004a795581/>

Энергетический баланс – соотношение между расходом энергии организмом человека и поступлением ее за счет пищи.

Энергетический баланс консументов. Поглощенная пища обычно усваивается не полностью. Неусвоенная часть вновь возвращается во внешнюю среду (в виде экскрементов) и в дальнейшем может быть вовлечена в другие цепи питания.

Процент усвояемости зависит от состава пищи и набора пищеварительных ферментов организма. У животных усвояемость пищевых материалов варьирует от 12–20 % (некоторые сапрофаги) до 75 % и более (плотоядные виды).

Большая часть энергии используется на поддержание рабочих процессов в клетках, а продукты расщепления подлежат удалению из организма в составе экскретов (мочи, пота, выделений различных желез) и углекислого газа, образующегося при дыхании.

Энергетические затраты на поддержание всех метаболических процессов условно называют **тратой на дыхание**, так как общие их масштабы можно оценить, учитывая выделение CO₂ организмом.

Меньшая часть усвоенной пищи идет на рост организма или откладывание запасных питательных веществ, увеличение массы тела. Эти отношения сокращенно можно выразить формулой:

$$P = П + Д + Н,$$

где Р – рацион консумента, т. е. количество пищи, съедаемой им за определенный период времени; П – продукция, т. е. траты на рост; Д – траты на дыхание, т. е. поддержание обмена веществ за тот же период; Н – энергия неусвоенной пищи, выделенной в виде экскрементов.

(Чернова Н.М., Былова А.М., Экология, М., Просвещение, 1981)

Передача энергии в химических реакциях в организме



<https://kotofan.ru/temperatura-tela-koshki/>

Передача энергии в химических реакциях в организме происходит, согласно второму закону термодинамики, с потерей части ее в виде тепла. Особенно велики эти потери при работе мышечных клеток животных, КПД которых очень низок. В конечном счете вся энергия, использованная на метаболизм, переходит в тепловую и рассеивается в окружающем пространстве.

(Черноват Н.М., Вылова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. –

Энергетические затраты организма

Траты на дыхание во много раз больше энергетических затрат на увеличение массы самого организма.

Конкретные соотношения зависят от:

- стадии развития
- физиологического состояния особей.

У молодых траты на рост могут достигать значительных величин, тогда как взрослые используют энергию пищи почти исключительно на поддержание обмена веществ и созревание половых продуктов.

Интенсивность питания снижается с возрастом.

Например, ежесуточный рацион карпов массой от 5 до 15 г составляет почти 1/4 от массы их тела, у более крупных особей – от 150 до 450 г – всего 1/10, а у рыб массой

500–800 г – 1/16 М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. –

С.212)



<https://sodobzor.ru/ryba/razvedenie-karpa.html>

Коэффициент использования потребленной пищи

Коэффициент использования потребленной пищи на рост (К) рассчитывают как отношение продукции к рациону: $K = П/Р$ где П – траты на рост, Р – количество пищи, съеденной за тот же период.

Примеры: Двупарноногие многоножки кивсяки в период роста, продолжающийся до трех лет, тратят на рост от 6 до 25 % съеденной пищи при усвояемости в среднем 30 %. В последующем их масса стабилизируется. Кивсяки живут до 12 лет. В умеренном поясе они активны 4–5 месяцев в году. Особь, масса которой во взрослом состоянии 0,5 г, за свою жизнь потребляет 250–300 г опада (80–90 г абсолютно сухой массы). Так как кивсяки многократно линяют, часть усвоенной энергии идет на восстановление покровов. Таким образом, отношение съеденного в течение жизни корма к массе взрослого животного составляет 500–600: 1.

Малый суслик, который всего 2–2,5 месяца в году, это соотношение всего около 150: 1. Средний рацион суслика 30 г сухой массы растений (или в среднем 100 г сырой) при массе зверька 200 г и продолжительности жизни 4 года.

Постоянно активным в течение года рыжим полевкам нужно гораздо больше энергии для поддержания жизнедеятельности. Взрослые зверьки массой 20 г съедают в среднем до 4 г сухого корма в день. При продолжительности жизни примерно в 24 месяца затрата кормов на жизнь одной особи составляет примерно 30 кг в сырой массе, что приблизительно в 1500 раз больше массы взрослого животного.



<http://nature.doublea.ru/index.php?it=4214>



<https://vandex.ru/collections/card/5981aa42be1d7700ab80c751/>



<https://www.picfair.com/pics/02239495-rose-woelmuis-bank-vole-myodes-glareolus>

(Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. –

Потери энергии в пищевой цепи

- Основная часть потребляемой с пищей энергии идет у животных на поддержание их жизнедеятельности и лишь сравнительно небольшая – на построение тела, рост и размножение.
- Вывод: большая часть энергии при переходе из одного звена пищевой цепи в другое теряется, так как к следующему потребителю может поступить лишь та энергия, которая заключается в массе поедаемого организма.
- По грубым подсчетам, эти потери составляют около 90 % при каждом акте передачи энергии через трофическую цепь. Следовательно, если калорийность растительного организма 1000 Дж, при полном поедании его травоядным животным в теле последнего останется из этой порции всего 100, в теле хищника – лишь 10 Дж, а если этот хищник будет съеден другим, то на его долю придется только 1 Дж, т. е. 0,1 %.

(Чернова Л.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. – С.212)

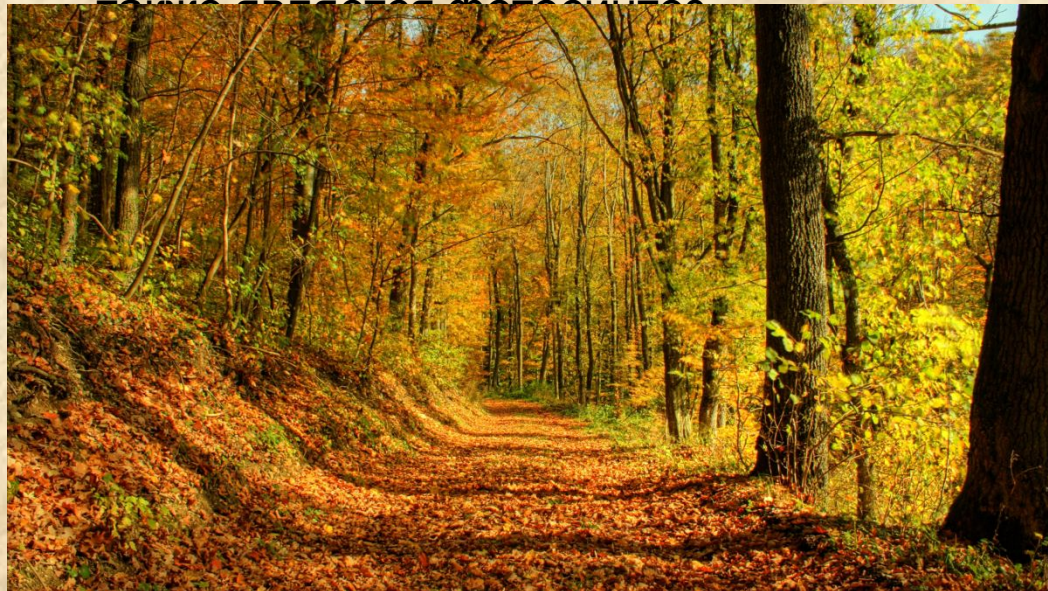
Потери энергии в пищевых цепях

- Запас энергии, накопленный зелеными растениями, в цепях питания стремительно иссякает. Поэтому пищевая цепь включает обычно всего 4–5 звеньев. Потерянная в цепях питания энергия может быть восполнена только поступлением новых ее порций. Поэтому **в экосистемах не может быть круговорота энергии, аналогичного круговороту веществ.**
- Экосистема функционирует только за счет направленного потока энергии, постоянного поступления ее извне в виде солнечного излучения или готовых запасов органического вещества.

(Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. –

Пастбищные и детритные цепи питания

Трофические цепи, которые начинаются с фотосинтезирующих организмов, называют **цепями выедания (или пастбищными, или цепями потребления)**, а цепи, которые начинаются с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных, – **детритными цепями разложения**. Таким образом, поток энергии, входящий в экосистему, разбивается далее как бы на два основных русла, поступая к консументам через живые ткани растений или запасы мертвого органического вещества, источником которого



https://wallpaperscraft.ru/download/les_doroga_listya_oktyabr_zoloto_polden_teni_60667/2560x1440



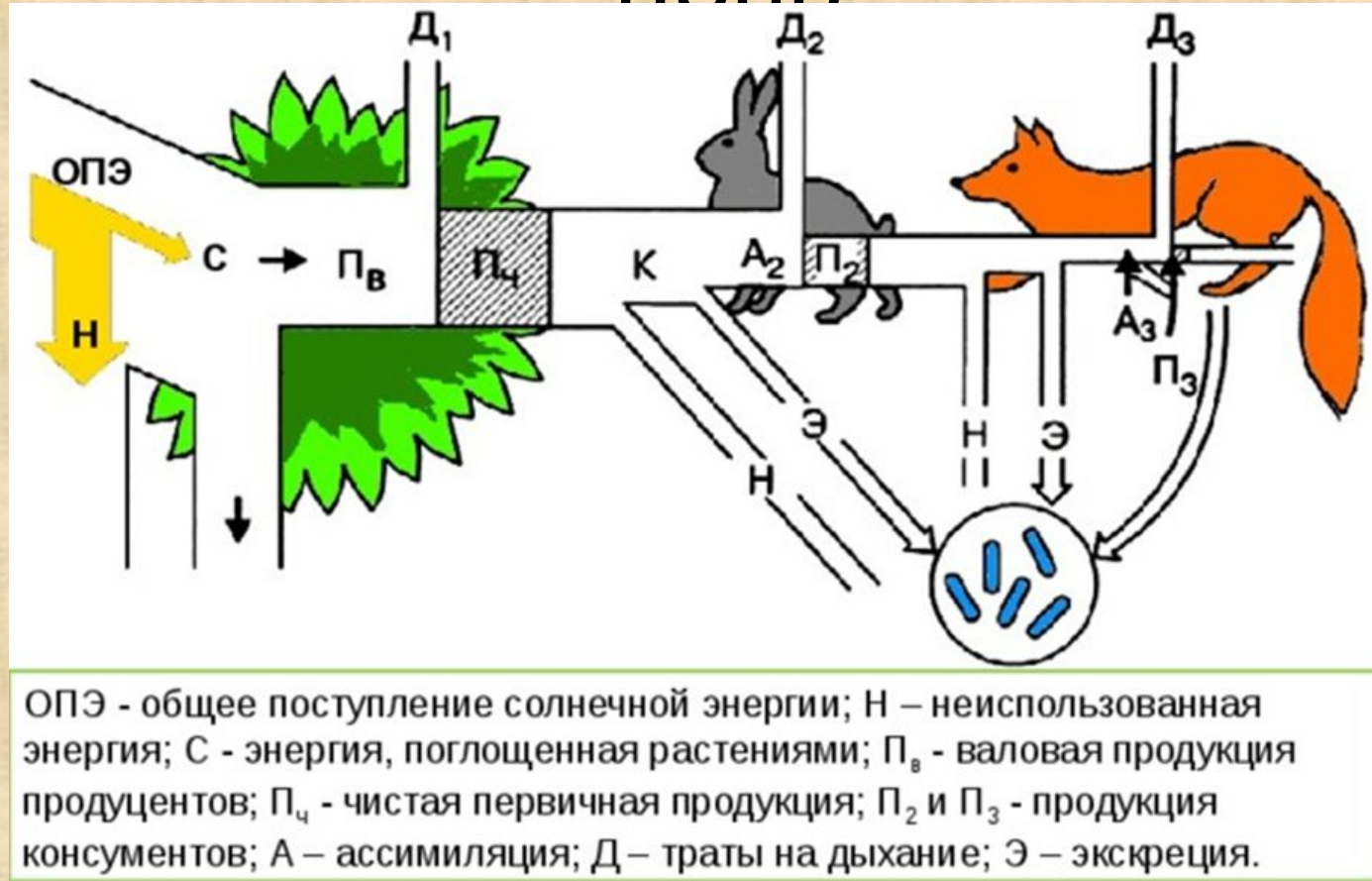
<https://yandex.kz/collections/card/5d42d580af206448628fe252/>

Пастбищные и детритные цепи питания

В разных типах экосистем мощность потоков энергии через цепи выедания и разложения различна: в водных сообществах большая часть энергии, фиксированной одноклеточными водорослями, поступает к питающимся фитопланктоном животным и далее – к хищникам и значительно меньшая включается в цепи разложения. В большинстве экосистем суши противоположное соотношение: в лесах, например, более 90 % ежегодного прироста растительной массы поступает через опад в

детеныши. Биология А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. –

Поток энергии через кормовую цепь



Поток энергии через три уровня простой кормовой цепи (по П. Дарвиньо и М. Тангу, 1968)

Первичная продукция сообщества

Скорость, с которой продуценты экосистемы фиксируют солнечную энергию в химических связях синтезируемого органического вещества, определяет продуктивность сообществ.

Органическую массу, создаваемую растениями за единицу времени, называют ***первичной продукцией сообщества***.

Продукцию выражают количественно в сырой или сухой массе растений либо в энергетических единицах – эквивалентном числе джоулей.

(Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. – с. 104)

Валовая первичная продукция

Валовая первичная продукция – количество вещества, создаваемого растениями за единицу времени при данной скорости фотосинтеза. Часть этой продукции идет на поддержание жизнедеятельности самих растений (траты на дыхание).

В тропических лесах и зрелых лесах умеренного пояса она составляет от 40 до 70 % валовой продукции.

Планктонные водоросли используют на метаболизм около 40 % фиксируемой энергии.

Сходные траты на дыхание у большинства сельскохозяйственных культур. Оставшаяся часть созданной органической массы характеризует чистую первичную продукцию, которая представляет собой величину прироста растений.



<https://www.1zoom.me/ru/wallpaper/462824/z8222.9/>

Вторичная продукция

- Чистая первичная продукция – это энергетический резерв для консументов и редуцентов. Перерабатываясь в цепях питания, она идет на пополнение массы гетеротрофных организмов.
- Прирост за единицу времени массы консументов – это **вторичная продукция сообщества**.
- Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня, так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего.

(Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. – С.215)



<https://fineartamerica.com/featured/giraffe-giraffa-camelopardalis-eating-from-tree-william-ervinscience-photo-library.html>

Биомасса

- Гетеротрофы, включаясь в трофические цепи, живут, в конечном счете, за счет чистой первичной продукции сообщества. В разных экосистемах они расходуют ее с разной полнотой. Если скорость изъятия первичной продукции в цепях питания отстает от темпов прироста растений, то это ведет к постепенному увеличению общей биомассы продуцентов.
- Под **биомассой** понимают суммарную массу организмов данной группы или всего сообщества в целом. Часто биомассу выражают в эквивалентных энергетических единицах.



https://dkphoto.photoshelter.com/gallery-image/Earthworms-Life-Cycle/G0000N6fnEF00eH4/I000kt91PRKm1IQ/C0000378gXP0_Qfw/



<https://yandex.com/collections/card/5ba4bf138653d800a02461aa/>

Накопление органического вещества

Недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения имеет следствием накопление в системе мертвого органического вещества, что происходит, например, при заторфовывании болот, зарастании мелководных водоемов, создании больших запасов подстилки в таежных лесах и т. п. Биомасса сообщества с уравновешенным круговоротом веществ остается относительно постоянной, так как практически вся первичная продукция тратится в цепях питания и разложения.

(Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1981. – С.215)



<http://foto365.privetmi.ru/08092016/>

Пирамида биомасс

В большинстве наземных экосистем действует **правило пирамиды биомасс**, т. е. суммарная масса растений оказывается больше, чем биомасса всех фитофагов и травоядных, а масса тех, в свою очередь, превышает массу всех хищников.

Отношение годового прироста растительности к биомассе в наземных экосистемах сравнительно невелико



Спасибо за внимание!



Кадр из мультфильма «Мешок яблок», Киностудия «Союзмультфильм», 1974