

Круговорот веществ - закономерный процесс многократного участия веществ в явлениях, протекающих в биосфере планеты. Вещество, вовлеченное в круговорот, не только перемещается, но и испытывает трансформацию и нередко меняет свое физическое и химическое состояния. Особенно активную роль в ускорении круговорота и трансформации играют живые организмы.

ТИПЫ КРУГОВОРОТОВ ВЕЩЕСТВ

```
graph TD; A[ТИПЫ КРУГОВОРОТОВ ВЕЩЕСТВ] --> B[большой (геологический)]; A --> C[малый (биотический)];
```

большой
(геологический)

малый
(биотический)

Большой (геологический)

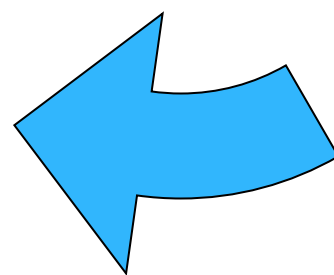
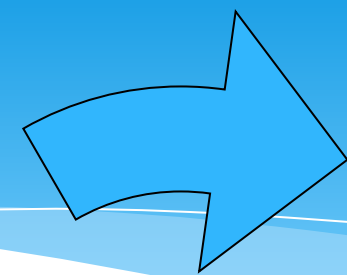
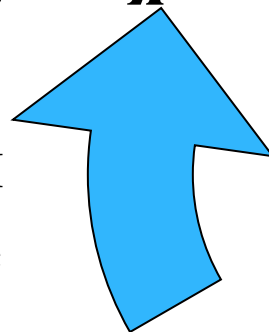
Длится миллионы лет и заключается в том, что горные породы подлежат разрушению, а продукты выносятся потоками воды в мировой океан, где они образуют напластования. Гелиотектонические изменения приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу и процесс начинается снова.

Малый (биотический)

Происходит на уровне экосистем и заключается в том, что питательные вещества, вода и углерод аккумулируются в растениях. Тратятся на построение тела и на жизненные процессы самих растений и других организмов. Продукты распада органического вещества под действием деструкторов и микроорганизмов снова распадаются до минеральных компонентов, доступных растениям, которые вовлекаются ими в потоки вещества.

солнечная энергия
редуценты

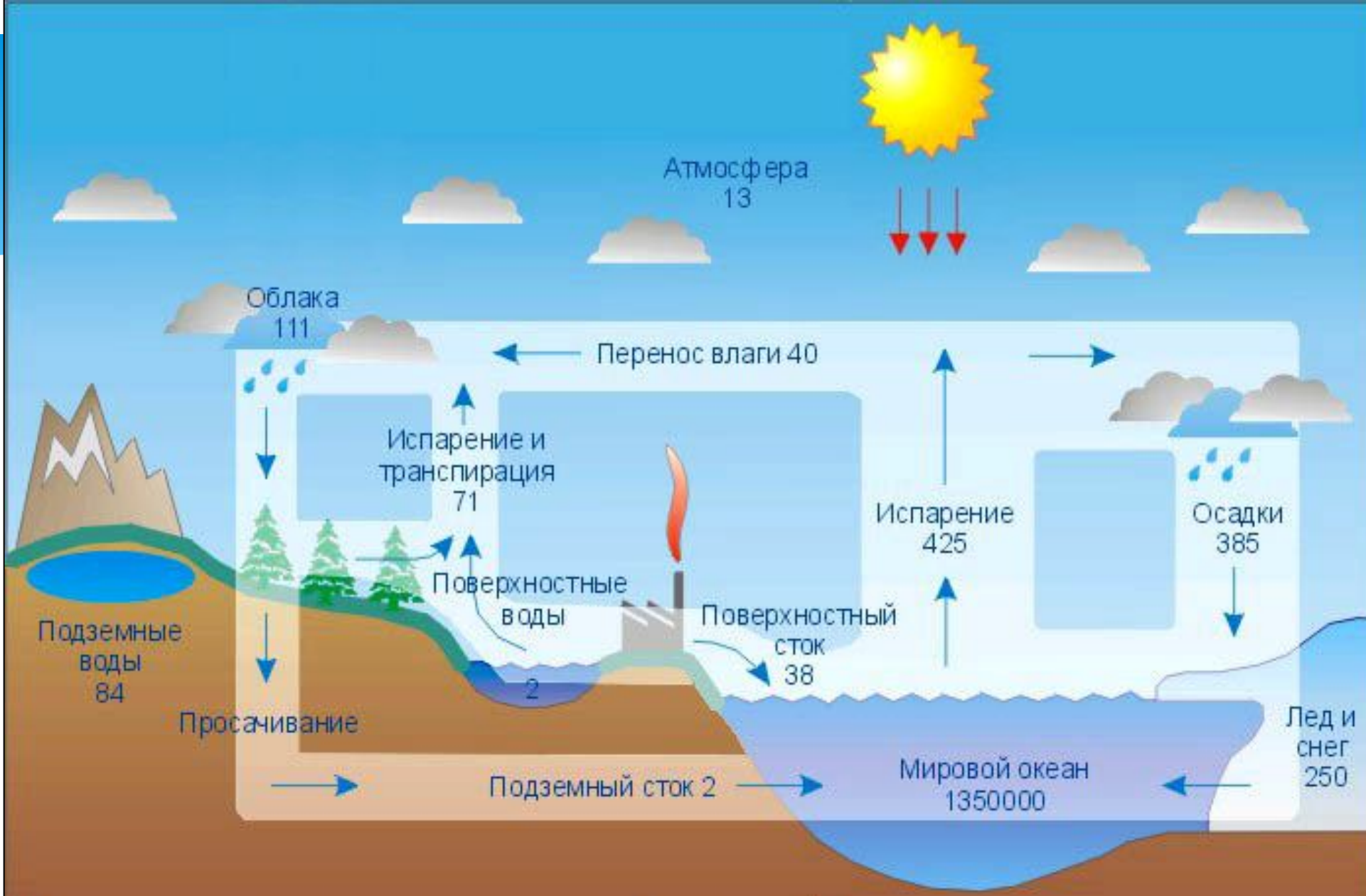
(расщепляют органические вещества до неорганических с высвобождением энергии)



продуценты
(связывают неорганические вещества в органические вещества в процессе фотосинтеза)

Круговорот химических веществ из неорганической среды через растительные и животные организмы назад в неорганическую среду с использованием солнечной энергии и энергии химических связей называется **биогеохимическим циклом**.

Биологический круговорот – это многоразовое участие химических элементов в процессах, происходящих в биосфере



Круговорот воды в природе (тыс. км³)

Источник: ВМО

Биотический круговорот - это явление непрерывного, циклического, но неравномерного во времени и пространстве закономерного перераспределения вещества, энергии и информации в пределах экологических систем различного уровня организации - от биогеоценоза до биосферы.

Живые организмы в биотическом круговороте выступают своеобразными катализаторами, которые быстро синтезируют новые, трансформируют и разрушают имеющиеся органические соединения.

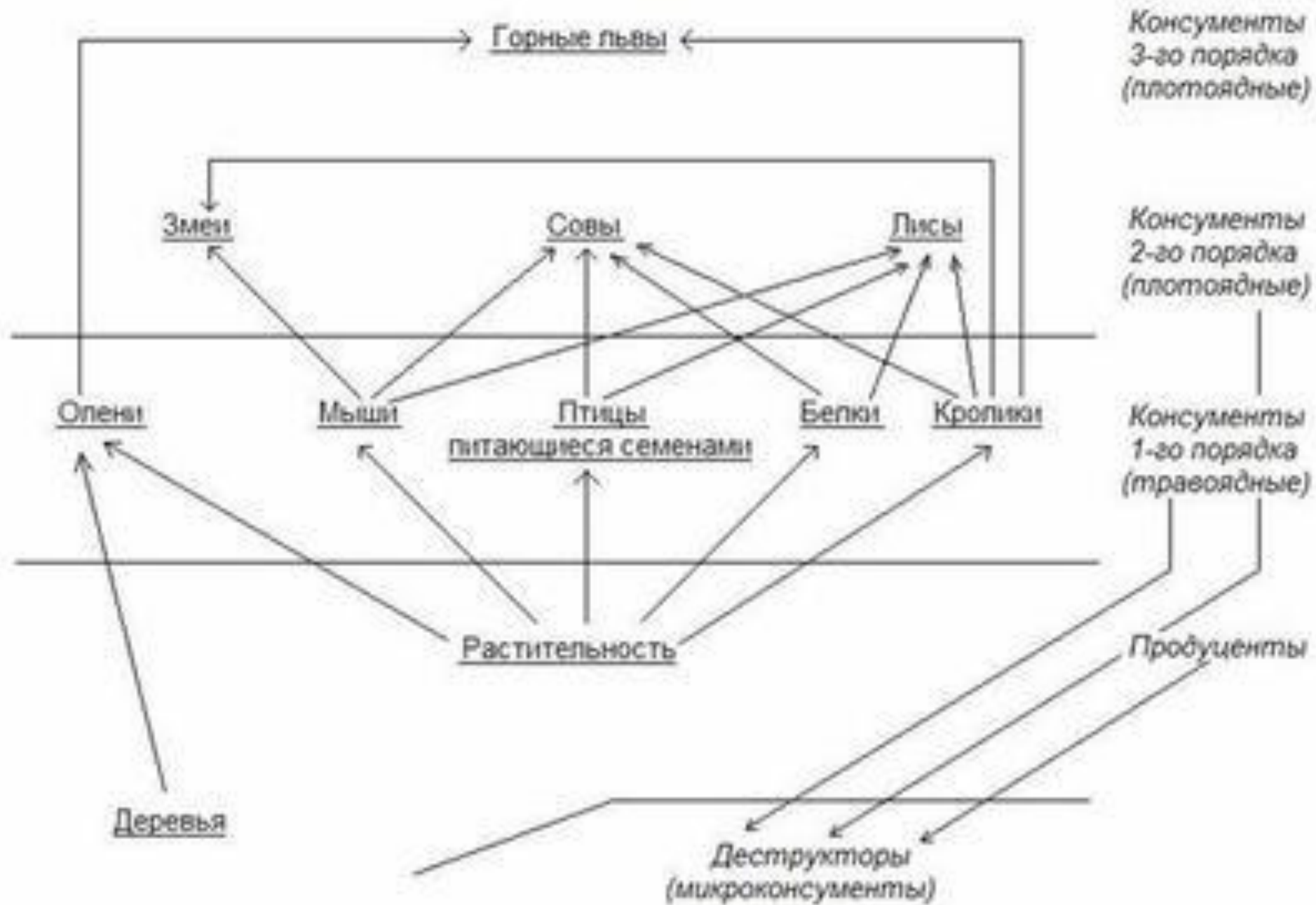
В функционирующей природной экосистеме не существует отходов. Все организмы, живые или мертвые, потенциально являются пищей для других организмов: гусеница ест листву, дрозд питается гусеницами, ястреб способен съесть дрозда. Когда растения, гусеница, дрозд и ястреб погибают, они в свою очередь перерабатываются редуцентами.

Пищевая цепь – последовательность организмов, в которой каждый из них съедает или разлагает другой. Пищевые цепи – это также движение питательных веществ от продуцентов, консументов (травоядных, плотоядных и всеядных) к редуцентам и обратно к продуцентам.



Все организмы, пользующиеся одним типом пищи, принадлежат к одному трофическому уровню (от греческого слова *trophos* – «питающиеся»).

Организмы природных экосистем вовлечены в сложную сеть многих связанных между собой пищевых цепей. Такая сеть называется **пищевой сетью**.

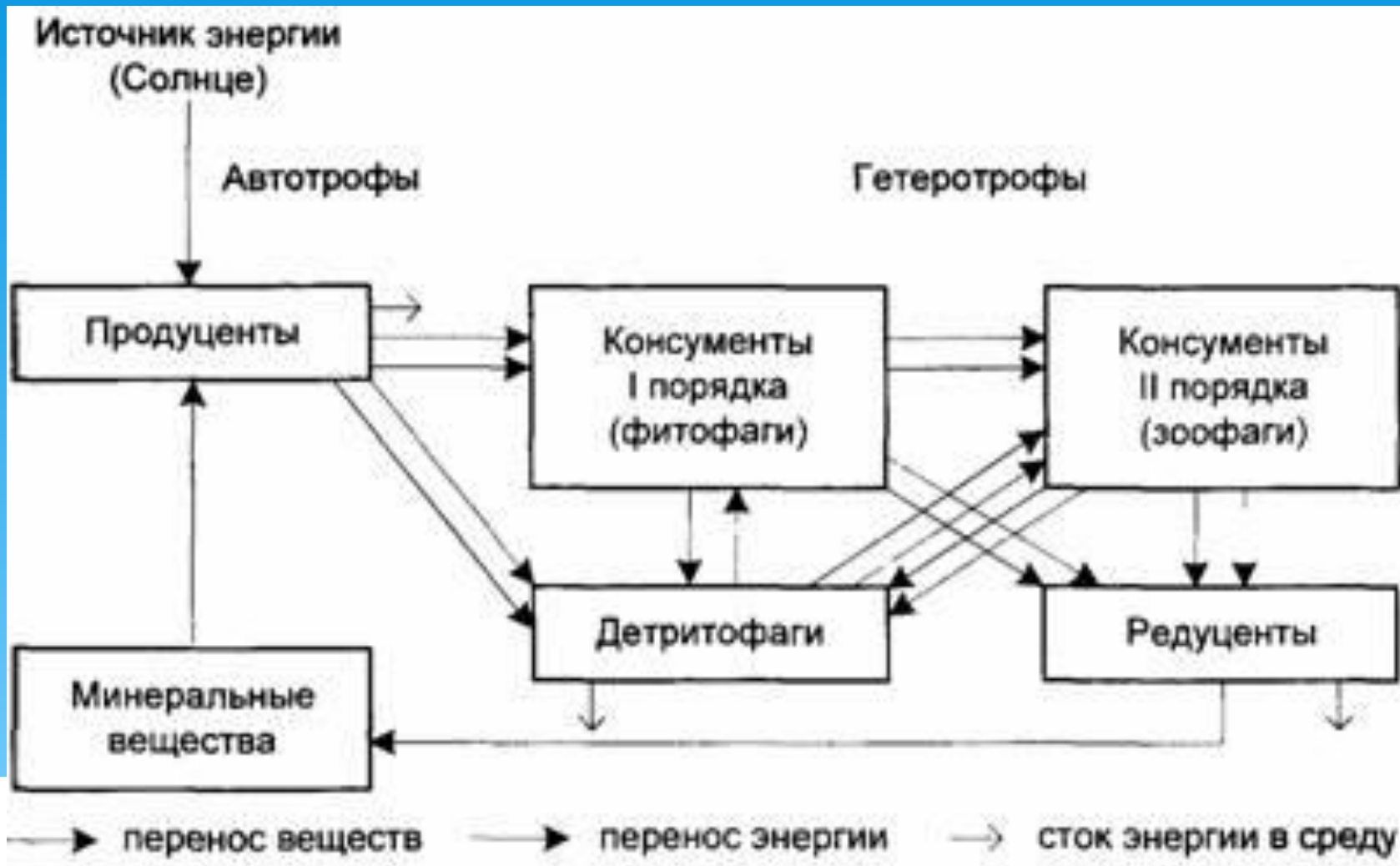


Движение энергии в экосистемах происходит посредством двух связанных типов пищевых цепей: пастбищной и детритной.

В пастбищной пищевой цепи живые растения поедаются фитофагами, а сами фитофаги являются пищей для хищников и паразитов.

В детритной пищевой цепи отходы жизнедеятельности и мертвые организмы разлагаются детритофагами и деструкторами до простых неорганических соединений, которые вновь используются растениями.





Пищевые цепи
биоценоза по Н. Ф.
Реймерсу: обобщенная
(а),

реальная (б).

Стрелками показано
направление
перемещения энергии,

цифрами -
относительное
количество энергии,
приходящей на
трофический уровень.

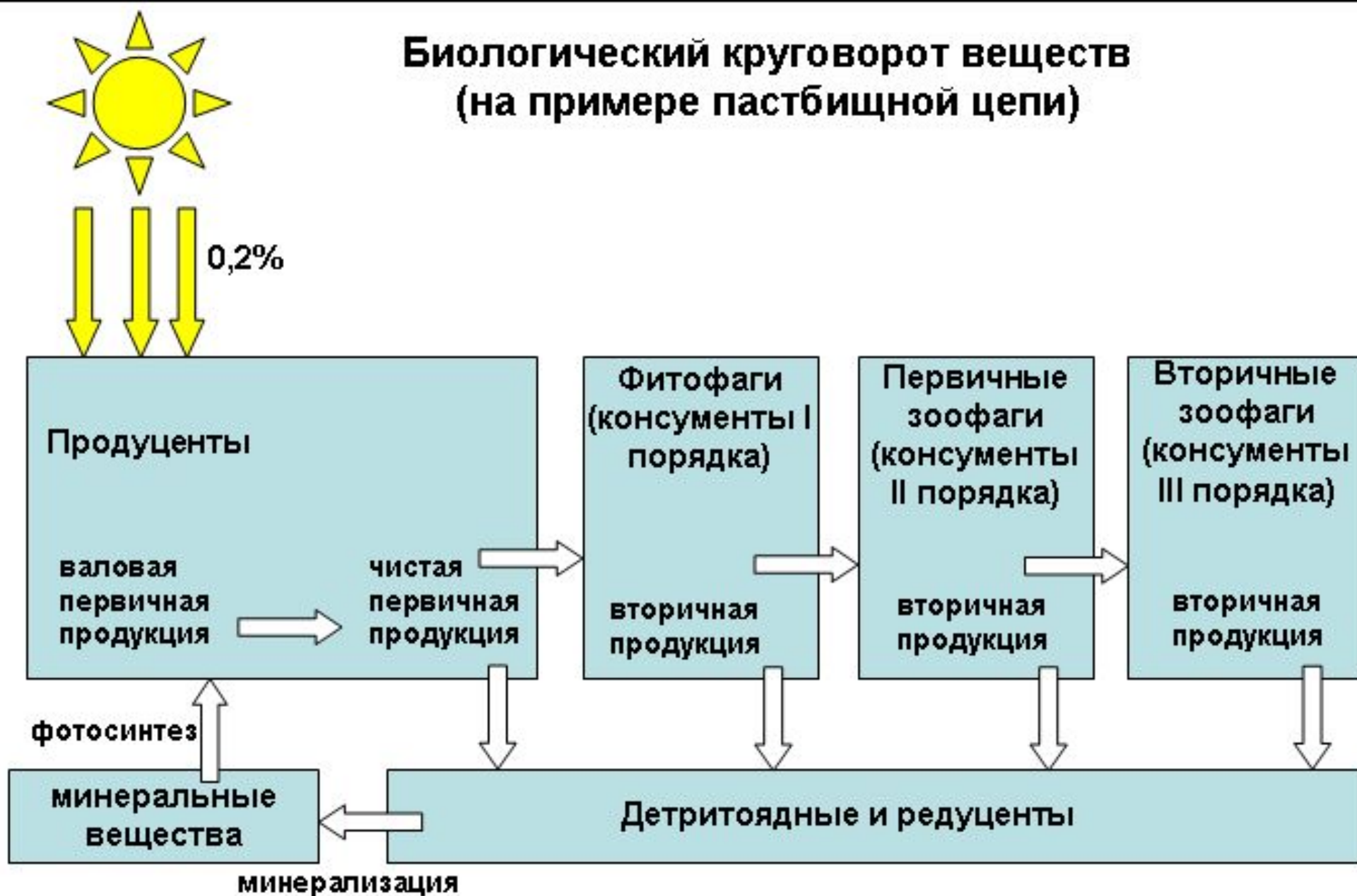


а)

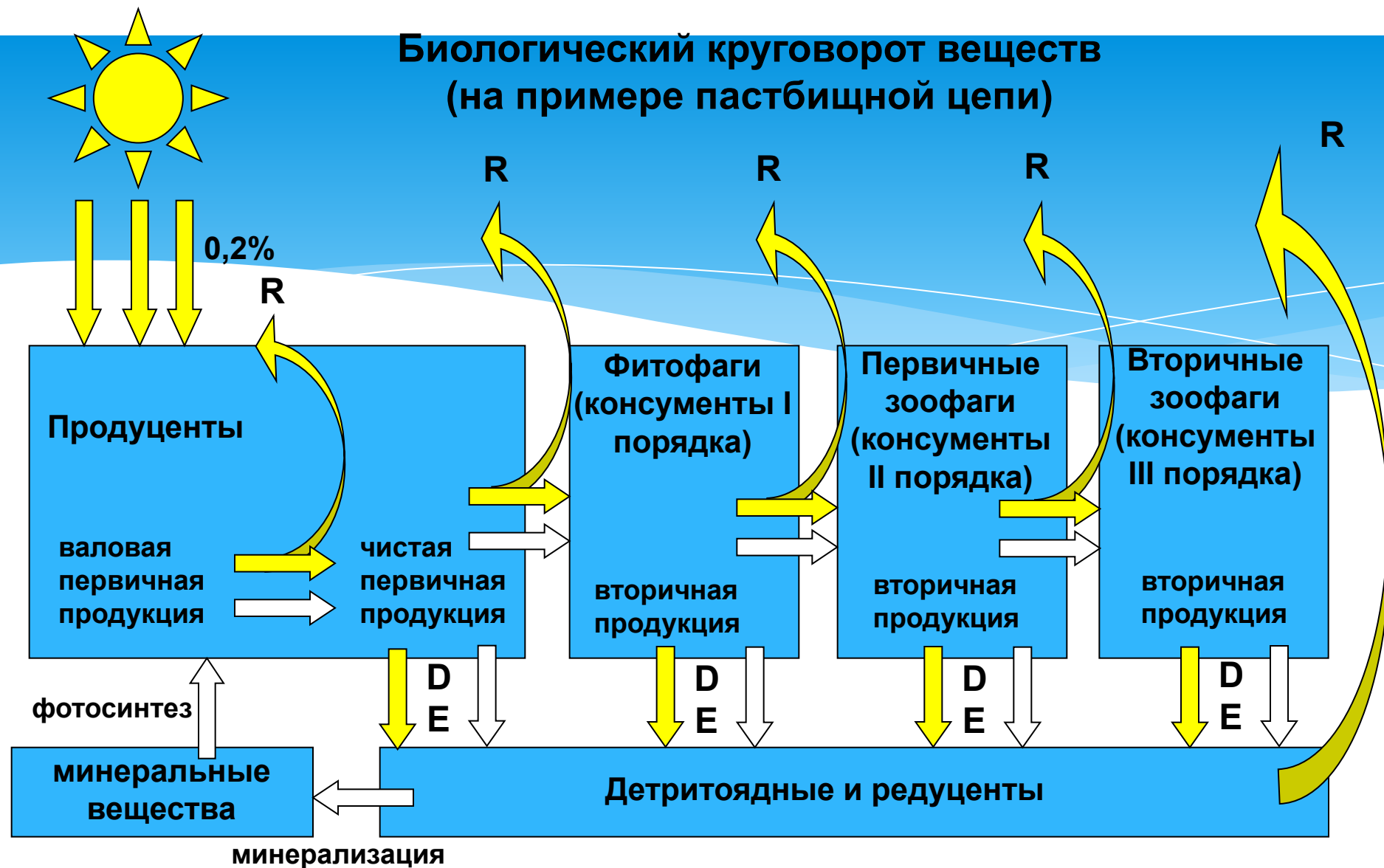


б)

Биологический круговорот веществ (на примере пастбищной цепи)



Биологический круговорот веществ (на примере пастбищной цепи)



R – энергия, теряемая при дыхании

D – естественная смерть

E – энергия, выделяемая с продуктами метаболизма

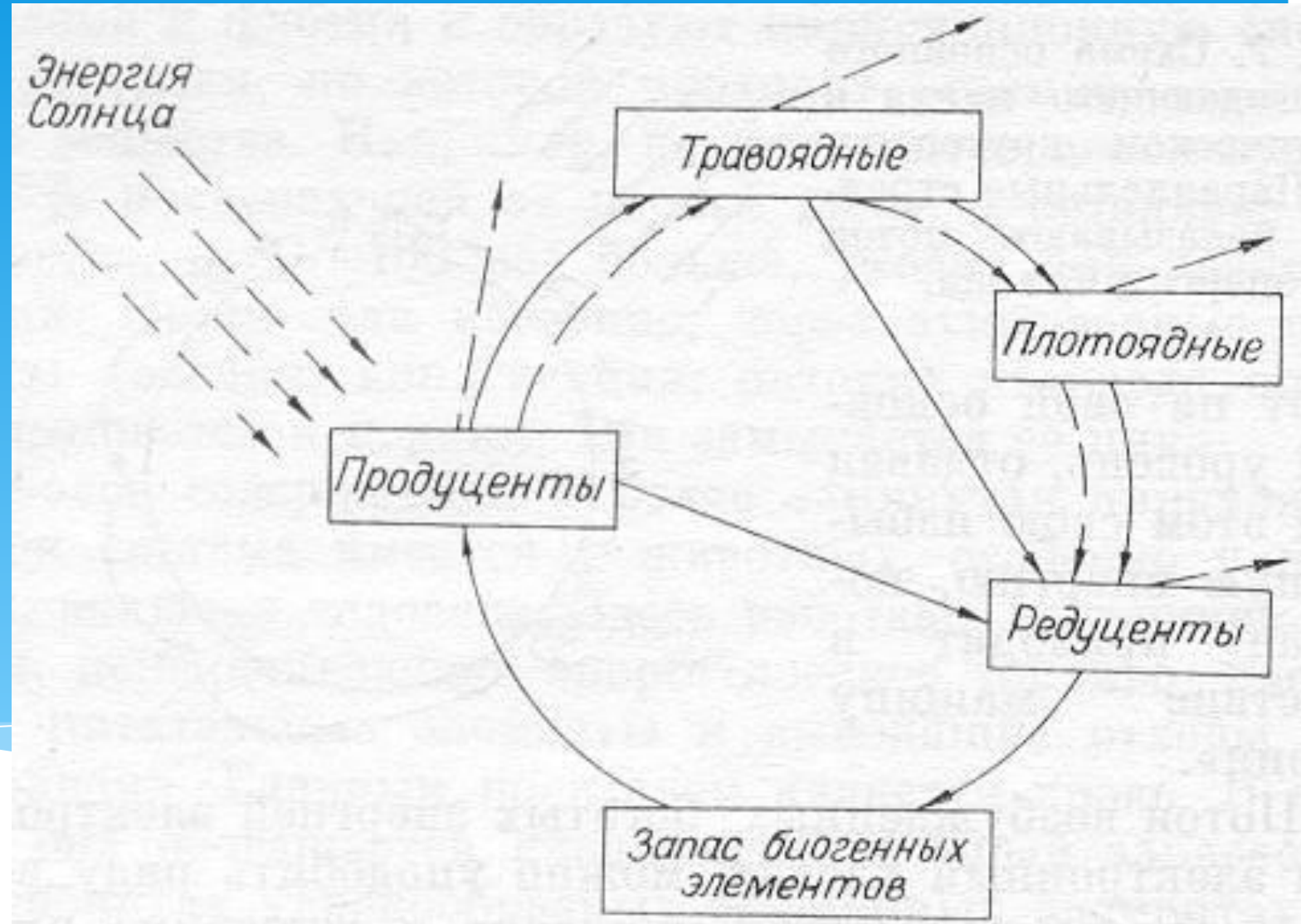
Функционально *биотический круговорот* – это цикл реакций восстановления и окисления, где этап восстановления подкачивается энергией извне, как правило, энергией квантов света.

Схема биотического круговорота и потоков энергии через основные звенья упрощенной экосистемы

Сплошные линии —
потоки вещества;

Штриховые линии —
передача энергии;

стрелки, отходящие от
круга, указывают потери
энергии в каждом звене,
т. е. отток энергии в
космос.



Возмущающий поток энергии раскручивает циклы на всех уровнях живого вещества. Новообразованное органическое вещество («первопища») запускается в круговорот. В конечном счете все органические молекулы расщепляются до неорганических соединений, пополняя запас биогенных элементов, которые опять расходуются на синтез фитомассы (а точнее на синтез биомассы ПП) – самой большой биомассы органического вещества в биосфере.

Большинство продуцентов (растения, водоросли, цианобактерии) используют для производства первичной продукции солнечную энергию, поэтому образование ими первичной продукции называется *фотосинтезом*.

Лишь некоторые продуценты-бактерии производят первичную продукцию с использованием энергии, высвобождающейся при инициируемых ими окислительно-восстановительных реакциях ("*хемосинтез*"). Все же основная часть первичной продукции биосферы Земли создается путем фотосинтеза.

Первичные продуценты – это автотрофные организмы, создающие органические вещества из минеральных, используя энергию Солнца.

Благодаря деятельности первичных продуцентов создается материальная и энергетическая база, т.е. пища, необходимая для существования всех остальных организмов на нашей планете, в том числе и для нас с вами.

Типы первичных продуцентов:

Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит *оксигенный фотосинтез*.

Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит *аноксигенный фотосинтез*.

Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит *бесхлорофилльный фотосинтез*.

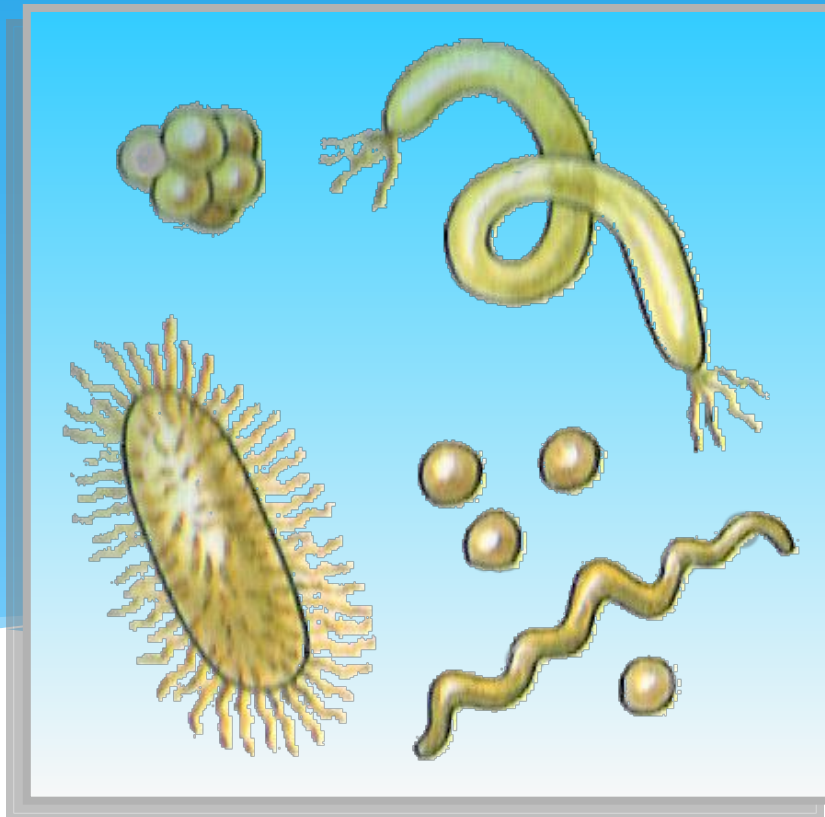
Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит *хемосинтез*.

Продуцентами являются:

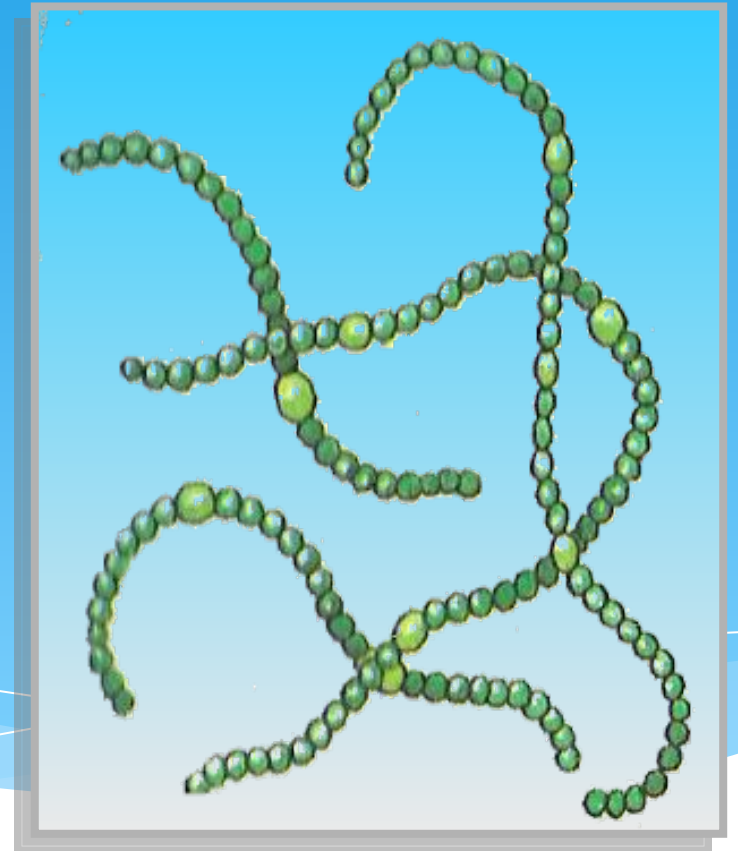
Растения



Хемосинтезирующие бактерии



Цианобактерии



Первичные продуценты в биосфере имеют особый статус – они являются начальным звеном и движущей силой великого биотического круговорота веществ на Земле.

От масштабов этого круговорота, от скорости движения в нем веществ и энергии зависит и сумма жизни на нашей планете, и ее разнообразие и возможность прогресса. Только на уровне первичной продукции идет новообразование органических веществ, сопровождающееся запасанием энергии.

Все звенья пищевых цепей гетеротрофных организмов представляют собой этапы разрушения, минерализации, или другими словами, деструкции органических веществ, сопровождающиеся рассеиванием энергии.

Основное предназначение первичных продуцентов в биосфере — первичное продуцирование органического вещества, т.е. новообразование его из неорганического с использованием энергии Солнца (фотосинтез) или энергии, выделяемой при окислении простых неорганических соединений (хемосинтез).

Продукционный процесс — совокупность процессов создания и трансформации живого вещества, усвоения и прохождения энергии через биологические системы и экосистемы разных уровней организации.

Продуктивность (productivity):

Термин «продуктивность» относится к продукционному процессу в целом и понимается как способность живых организмов создавать, консервировать и трансформировать органическое вещество.

Термин «продуктивность» применяется как синоним термина «продукция».

Продуктивность (= плодородие) рассматривается как свойство биосферы или ее структурной части обуславливать тот или иной характер и темп воспроизводства органического вещества в живых организмах.

«Продуктивность» рассматривается не только как общебиологическое, но и экономическое понятие и трактуется как часть продукции, которую изымает человек из природной популяции без нарушения ее нормального функционирования.

Первичная продуктивность (основная) – понимается в очерченных выше смыслах, но ограничивает первый этап продукционного процесса, т.е. относится только к этапу новообразования органического вещества первичными продуцентами.

Первичная продукция (primary production) – скорость образования органического вещества автотрофными организмами, отнесенная к единице площади или объема среды обитания.

Интегральная продукция – количество продукции за некоторый период времени:

$$(t_1, t_2) \rightarrow P(t_1, t_2)$$
$$P(t_1, t_2) = \int P'(t)$$

Интегральная продукция выражается в тех же единицах, что и биомасса, но обязательно уточняется, за какой промежуток времени она создана.

Первичная продукция составляет материальную и энергетическую основу всех последующих этапов продукционного процесса. Только на этом этапе идет новообразование органического вещества и увеличение общего запаса энергии в системе.

Этап вторичной продукции, т.е. продукции гетеротрофных организмов, сводится к трансформации органического вещества, синтезированного автотрофами, и частичному рассеиванию энергии.

Биотический круговорот складывается из двух взаимозависимых, но противоположных процессов – продуцирования, т.е. создания, и деструкции, т.е. разрушения.

Деструкция – скорость минерализации органического вещества в процессе биологического метаболизма, сопровождающаяся потреблением кислорода и рассеянием энергии.

Одновременно с образованием органического вещества на первом трофическом уровне здесь же происходит и частичное его разрушение, поскольку первичным продуцентам также необходима энергия на поддержание собственного метаболизма – на их дыхание. (Фитопланктон – дыхание составляет 15-20 % валовой ПП; травянистые растения – 40-50 % валовой ПП; древесная растительность – 70–80 %).

Валовая первичная продукция (gross primary production) – скорость образования продукции при фотосинтезе органических веществ.

(Синонимы: общая первичная продукция; общий или истинный фотосинтез; общая ассимиляция)

Т.е., валовая первичная продукция включает все органическое вещество, синтезируемое в процессе фотосинтеза или хемосинтеза.

Величина валовой первичной продукции является исходной при всех последующих исследованиях экологических систем. Она показывает размеры вводимой в систему энергии, скорость ее поглощения.

Чистая первичная продукция – скорость накопления органического вещества первичными продуцентами сверх использованного ими на дыхание за период измерения, т.е. это разность между валовой первичной продукцией автотрофных организмов и их тратами на обмен.

(Синонимы: эффективная первичная продукция; видимый или наблюдаемый фотосинтез; чистая ассимиляция).

Чистая первичная продукция представляет собой фактическую скорость наращивания биомассы автотрофов, доступной для потребления гетеротрофными организмами.

Чистая продукция сообщества – скорость накопления органического вещества в сообществе, т.е. разность между валовой первичной продукцией и деструкцией всех компонентов сообщества, и автотрофов и гетеротрофов.

Величина чистой продукции сообщества дает представление о результирующем значении процессов образования и деструкции (биотического баланса) органических веществ в сообществе в целом.

Удельная продукция – это интенсивность новообразования органического вещества первичными продуцентами, т.е. удельная продукция отражает количество органического вещества, синтезированного за единицу времени единицей массы автотрофных организмов.

(Синонимы: *интенсивность продукции; интенсивность фотосинтеза*).

Для отражения интенсивности продукционного процесса в гидроэкологии широко используют Р/В-коэффициент.

Р/В-коэффициент – отношение чистой первичной продукции к величине биомассы первичных продуцентов.

Время оборачиваемости биомассы (τ) – показывает сколько времени необходимо для возобновления биомассы или для одного деления клетки.

τ - выражается в сутках. Физический смысл: сколько времени необходимо для возобновления биомассы или другими словами, для одного деления клетки.

Широко используют для оценки интенсивности продукционного процесса так называемое ассимиляционное число.

Ассимиляционное число (АЧ, САЧ) – отношение валовой первичной продукции к количеству хлорофилла – «а».

Ассимиляционное число принято выражать в мг С или O₂ (в данном случае это эквивалент органического вещества) за сутки (САЧ – суточное ассимиляционное число) или за час (АЧ).

Потенциальная продукция – максимально возможная продукция системы.

Регенеративная ПП – синтез органического вещества обеспечивается за счет рециклинга биогенных элементов внутри экосистемы.

Новая ПП – синтез органического вещества обеспечивается за счет привноса биогенных элементов извне.

Биомасса – суммарная масса организмов в популяции, сообществе или экосистеме в момент наблюдения, выраженная в показателях массы (или эквивалентных энергетических единицах) на единицу площади или объема местообитания.

Таким образом, биотические и геологические циклы позволяют поддерживать существование жизни на земле. При этом интенсивность жизнедеятельности всех трех основных слагаемых органического мира – продуцентов (производителей), консументов (потребителей) и редуцентов (разрушителей) – обязательно находится во взаимном равновесии. Все они, испытывая на себе влияние факторов неживой природы, своей деятельностью изменяют условия окружающей среды, т.е. среды своего обитания. Это приводит к изменению структуры всего сообщества.

Список использованных источников

Андерсон Дж.М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, эко-системы, человек / Дж.М. Андерсон. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.

Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2-х томах / М. Би-гон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989.

Бульон В.В. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах / В.В. Бульон. СПб.: Наука, 1994.

Гиляров А.М. Популяционная экология / А.М. Гиляров. – М.: Изд-во МГУ, 1990.

Одум Ю. Экология: В 2-х томах / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.

Пианка Э. Популяционная экология / Э. Пианка. – М.: Мир, 1981.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980.