

Экология. Экосистемы. Биоценозы. Биогеоценоз



П л а н

- 1. Введение в экологию. Определение, задачи, объект изучения, разделы экологии. Основные экологические понятия.**
- 2. Экосистема: определение, структура, классификация.**
- 3. Экологические факторы, их классификация. Схема действия экологического фактора. Законы, определяющие действие экологического фактора.**
- 4. Популяция, её структура. Статические и динамические показатели состояния популяции.**
- 5. Сообщества. Биоценоз. Биотоп. Связи организмов в биоценозе. Экониша.**
- 6. Закономерности развития и смены биоценозов. Сукцессии, их типы, этапы.**
- 7. Цепи питания, пищевые сети и трофические уровни.**
- 8. Биологическая продуктивность**
- 9. Круговорот веществ:**
- 10. Биосфера. Ноосфера.**

Экология
(*oikos* - жилище, *logos* –наука)

Комплексная наука, которая изучает законы функционирования живых систем в их взаимодействии с окружающей средой и между собой



Объект исследования экологии - природные и антропогенные экосистемы

Задачи:

- 1.Изучение уровней, законов взаимодействия организмов со средой обитания.**
- 2.Определение границ и опасности техногенного влияния на состояние биосферы.**
- 3.Разработка научных рекомендаций с целью создания безотходных производств, технологически грамотных экосистем, использования принципа круговорота веществ в природе.**
- 4.Прогнозирование будущего на основе изучения законов природы с целью предупреждение экологического кризиса.**
- 5.Сохранение генофонда живой природы**
- 6.Сохранение здоровья и генофонда человечества, управление его адаптационными возможностями.**
- 7.Охрана природы, восстановление естественных экосистем.**

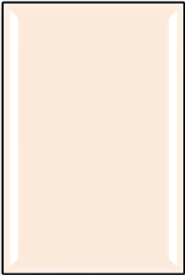
Глобальные проблемы:

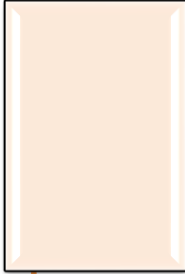
- 1.Предупреждение истощения топливных ресурсов.**
- 2.Сохранение климата на планете.**
- 3.Улучшение качества народонаселения.**
- 4.Предупреждение термоядерной катастрофы**

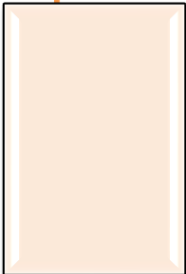


Приоритетные загрязнители окружающей среды

(Ксенобиотики для человека)

- 
1. диоксид серы
 2. тяжелые металлы (кадмий, свинец, ртуть)

- 
3. канцерогенные вещества:
бенз(а)пирен
формальдегид
хлороформ

- 
4. нефть и нефтепродукты
 5. хлорорганические пестициды
 6. оксиды углерода (II и IV), оксиды азота (II и IV)
 7. радионуклиды
 8. диоксины

Методы исследования в экологии:

- 1. Полевые наблюдения и сравнения;***
- 2. Эксперимент в природных условиях;***
- 3. Моделирование процессов и ситуаций, которые встречаются в популяциях и биоценозах.***

В рамках системного метода:

- выявляется состав экосистемы;***
- определяются связи между элементами экосистемы;***
- устанавливаются связи изучаемой экосистемы с внешним окружением***

Этапы развития экологии:

- 1. Период** с древности до 1866г. (заканчивается определением «экология»);
- 2. Период с 1866 по 1935г.** – **период факториальной экологии** изучаются закономерности взаимоотношений животных и растений к абиотическим факторам среды;
- 3. С 1936г. до начала 70 г.** период **синэкологии** - на первый план выступают исследования взаимоотношений сообществ в экосистемах;
- 4. С начала 70-х годов до середины 80–х активно развивается демэкология** , заложены основы глобальной экологии;
- 5. С 89 – х годов до настоящего времени экология человека**

Экосистема - совокупность разных видов организмов, совместно обитающих и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом.



Термин «**экосистема**» был предложен английским ботаником А. Тенсли в 1935 , который писал, что в экосистему входит «... **не только комплекс организмов, но и весь комплекс физических факторов, образующих то, что мы называем средой биома, - факторы местообитания в самом широком смысле**».

особенности экосистемы:

- **Безразмерность:** размер экосистем выражается системной мерой, учитывающей процессы обмена В-в и Е;
- **Безранговость.**

микрoэкоcистемы

- дерево в лесу; прибрежные заросли водных растений

мезоэкоcистемы

- болото; сосновый лес; ржаное поле

макроэкоcистемы

- океан; море; пустыня

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ:

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ ТРИ ГРУППЫ И РЯД ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

I. Наземные экосистемы:

1. Тундра: арктическая и альпийская;
2. Бореальные хвойные леса;
3. Листопадный лес умеренной зоны;
4. Степь умеренной зоны;
5. Тропические злаковники и саванна;
6. Чапараль (районы с дождливой зимой и засушливым летом);
7. Пустыня: травянистая и кустарниковая;
8. Полувечнозеленый тропический лес (районы с выраженным влажным и сухим сезонами);
9. Вечнозеленый тропический дождевой лес



II. Пресноводные экосистемы:

1. Лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища и др.;

2. Лотические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;

3. Заболоченные угодья: болота, болотистые леса, марши (приморские луга)



III. Морские экосистемы:

1. Открытый океан (пелагическая экосистема);



2. Воды континентального шельфа (прибрежные воды);

3. Районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством);

4. Эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, лиманы, соленые марши и др.);

5. Глубоководные рифтовые зоны.



Помимо основных типов природных экосистем (биомов)
различают переходные типы – **ЭКОТОНЫ**:

- лесотундра,



- смешанные леса умеренной зоны,



- лесостепь,



- полупустыни и др.



Структура экосистемы

1. **Неорганические вещества** (CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 , минеральные соли и др.), включающиеся в круговороты;
2. **Органические вещества** (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части;
3. **Воздушная, водная и субстратная среда**, включающая абиотические факторы;
4. **Продуценты** - **автотрофные организмы**, способные производить органические вещества из неорганических (фотосинтез или хемосинтез) (растения и автотрофные бактерии);
5. **Консументы** (макроконсументы, фаготрофы) - **гетеротрофные организмы**. Консументы I порядка (фитофаги, сапрофаги), II порядка (зоофаги, некрофаги) и т. д.;
6. **Редуценты** (микроконсументы, деструкторы, сапротрофы, осмотрофы) - гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ (сапротрофные бактерии и грибы).

1

- Равновесные экосистемы **подчиняются принципу устойчивости** Ле Шателье (гомеостаз)

2

- Способны **минимизировать** внешнее воздействие при сохранении внутреннего равновесия

3

- Устойчивость достигается не смещением химических равновесий, а путем **изменения скоростей синтеза и разложения** биогенных соединений

Экологический фактор — условие среды обитания, оказывающее воздействие на организм.

Экологические факторы:

Абиотические факторы — всё множество факторов, связанных с процессами в неживой природе.

➤ **климатические** (температурный режим, влажность, давление),

➤ **эдафогенные** (механический состав, воздухопроницаемость, плотность почвы),

➤ **орографические** (рельеф, высота над уровнем моря),

➤ **химические** (газовый состав воздуха, солевой состав воды, концентрация, кислотность),

➤ **физические** (шум, магнитные поля, теплопроводность, радиоактивность, космическое излучение)

Биотические факторы — всё множество факторов среды, связанных с деятельностью живых организмов.

- **фитогенные** (растения),
- **зоогенные** (животные),
- **микробиогенные** (микроорганизмы) факторы

Антропогенные факторы — всё множество факторов, связанных с деятельностью человека.

- **физические,**
- **химические,**
- **биологические,**
- **социальные**

Степень воздействия фактора на организм во многом определяется его значимостью для данного организма

Лимитирующие (ограничивающие) экологические факторы
такие факторы, которые ограничивают развитие организмов из-за недостатка или избытка воздействия по сравнению с потребностью (оптимальным содержанием)

Схема действия экологического фактора:



Разные виды живых организмов заметно отличаются друг от друга как по **положению оптимума**, так и по **пределам выносливости**:

- песцы переносят колебания температуры воздуха в диапазоне **от +30 до -55°C**,
- некоторые тепловодные рачки в интервале не более **6°C (от 23 до 29°C)**
- нитчатая цианобактерия осциллятория, живущая при **64°C**, погибает при **68°C** уже через 5—10 мин.
- луговые травы предпочитают почвы с узким диапазоном кислотности — при **pH = 3,5—4,5** (вереск обыкновенный, щавель малый - служат индикаторами кислых почв), другие хорошо растут при широком диапазоне pH — от сильнокислого до щелочного (сосна обыкновенная).

Организмы стенобионтные (греч. *stenos* — узкий, *bion* — живущий) для их существования необходимы строго определенные, относительно постоянные условия среды.

Организмы эврибионтные (греч. *eurys* — широкий) живут в широком диапазоне изменчивости условий среды

Законы, определяющие действие экологического фактора

Закон оптимума: *самое эффективное функционирование любой системы возможно только в определённом пространственно-временном диапазоне (оптимум).*

Природная система не может расширяться без ущерба для её организации и функционирования

Закон относительности: *ограничивающим фактором нормальной жизнедеятельности организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия*

Закон абсолютной незаменимости: *ни один из факторов, влияющих на рост и развитие живого организма не может быть заменен другим фактором (свет не может заменить влагу или температуру, кислород)*

Популяция - совокупность особей **одного вида**, населяющих определенное пространство в течение большого числа поколений и связанных между собой различными взаимоотношениями, которые обеспечивают им устойчивое существование в данной природной среде.



Фундаментальные свойства популяции - **единство морфобиологического типа** составляющих ее особей и способность к воспроизводству путем свободного обмена генетической информацией (**панмиксия**)

Структура популяции

- * **Половая** - представляет собой соотношение в ней особей разного пола
- * **Возрастная** — соотношение в составе популяции особей разного возраста
- * **Генетическая** - определяется *изменчивостью и разнообразием генотипов*, частотами вариаций аллелей, а также разделением популяции на группы генетически близких особей, между которыми при скрещивании происходит постоянный обмен аллелями
- * **Пространственная** - характер размещения и распределения отдельных членов популяции и их групп в ареале. Пространственная структура популяций заметно различается у оседлых и кочующих или мигрирующих животных
- * **Экологическая** - представляет собой разделение популяции на группы особей, по-разному взаимодействующие с факторами среды

Основные характеристики популяций:

- 1) **численность** – общее количество особей на выделяемой территории;
- 2) **плотность популяции** – среднее число особей на единицу площади или объема занимаемого популяцией пространства;
- 3) **рождаемость** – число новых особей, появившихся за единицу времени;
- 4) **смертность** – показатель, отражающий количество погибших в популяции особей за определенный промежуток времени;
- 5) **прирост популяции** – разница между рождаемостью и смертностью; прирост может быть как положительным, так и отрицательным;
- 6) **темп роста** – средний прирост за единицу времени.

Совокупность популяций совместно обитающих видов –
сообщество

(если виды систематически и экологически близки между собой
— **таксоцен**).

Когда сообщество разнообразно в видовом отношении, то есть включает **животных, растения, грибы и микроорганизмы** какого-либо однородного по своим условиям участка среды это **биоценоз (В.Н. Сукачев)**.

Пространство, в котором находится биоценоз (участок воды или суши с определенным типом рельефа, климатом, геоморфологией) – **биотоп**.

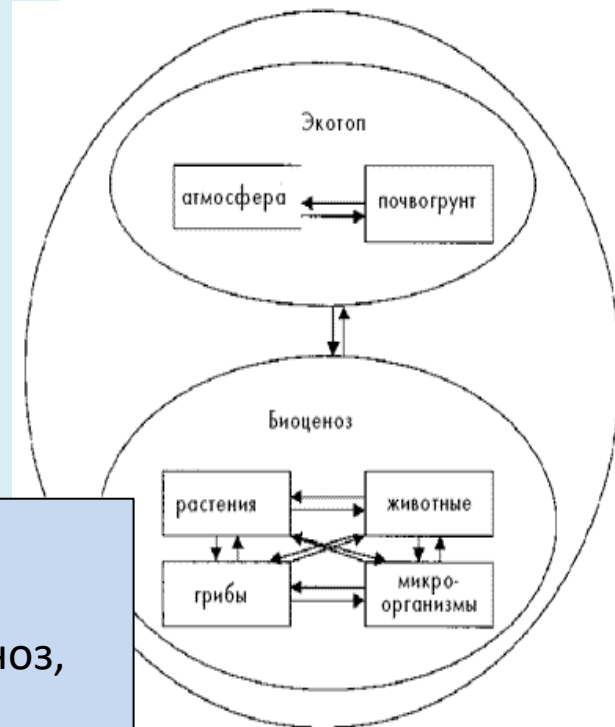
Биотоп + Биоценоз = Экосистема

Особая экосистема — **биогеоценоз** — участок земной поверхности с однородными природными явлениями.

Состав: климатоп, эдафотоп, гидротоп, фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз

Виды:

- космополиты;
- эндемики



Вертикальная **структура биоценоза** типичного леса умеренной зоны включает несколько ярусов.

1. Древесный ярус.

2. Кустарниковый ярус.

3. Травянистый ярус: травы, невысокие лесные растения, полукустарники, кустарники, подрост деревьев, папоротники, мхи и лишайники.

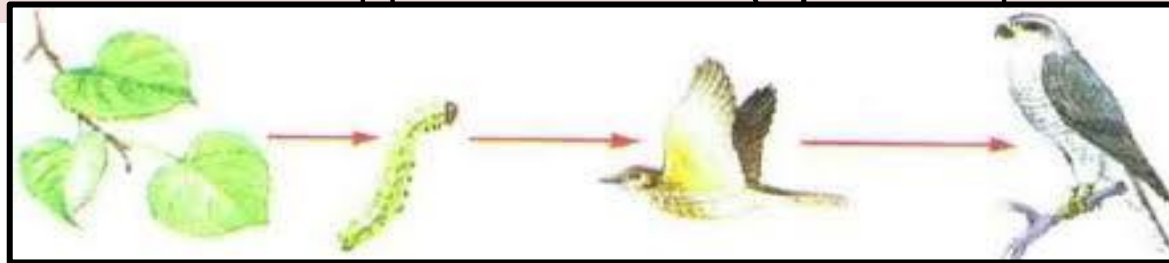
4. Подстилка: мертвые и разлагающиеся организмы. Здесь обитают редуценты: беспозвоночные животные, грибы и бактерии.

5. Почва.



Связи организмов в биоценозе:

***Трофические связи** возникают, когда один вид питается другим – либо живыми особями, либо их мертвыми остатками, либо продуктами жизнедеятельности (прим. - цепь питания)



***Топические связи** характеризуют физическое или химическое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Один вид создает среду обитания для другого (прим. – гнездование птиц, бобровые хатки)



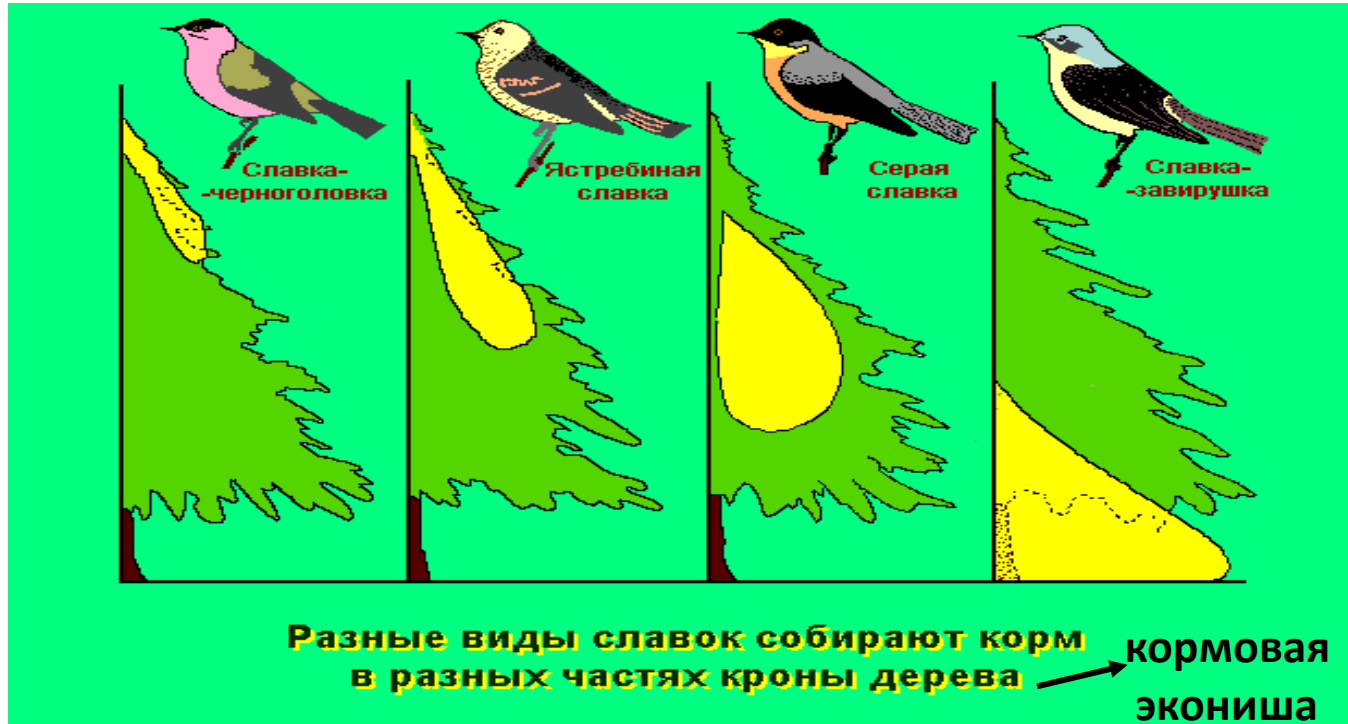
***Форические связи** – это участие одного вида в распространении другого. В роли транспортировщиков выступают животные: захватывают семена растений при случайном соприкосновении тела животного с растением, семена или соплодия которого обладают специальными зацепками, крючками, выростами (череда, лопух)



***Фабрические связи** – это такой тип биоценологических отношений, в которые вступает вид, использующий для своих сооружений (фабрикаций) продукты выделения, либо мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида. (птицы; личинки ручейников)



Экологическая ниша - положение вида, которое он занимает в **общей системе биоценоза**, комплекс его биоценологических связей и требований к абиотическим факторам среды



Организмы в биоценозе связаны между собой посредством цепей питания

Цепь питания (пищевая цепь) — последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника (предыдущего звена) к потребителю (последующему звену).



Пастбищные цепи (цепи выедания) - начинаются с автотрофных фотосинтезирующих или хемосинтезирующих организмов. Схема:

Продуценты -> Консументы I порядка -> Консументы II порядка -> Консументы III порядка

Прим.: пищевая цепь луга: клевер луговой — бабочка — лягушка — змея; 2) пищевая цепь водоема: хламидомонада — дафния — пескарь — судак.

Детритные цепи (цепи разложения) - начинаются с детрита - отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Прим.: погибшая птица → личинки мух → плесневые грибы → бактерии → минеральные вещества

Паразитические пищевые цепи - начинаются свободноживущим организмом, на котором паразитируют паразиты 1 порядка, 2 и т.д. Прим.: аскариды (1 п.) ← одноклеточные эукариоты – (2 п.) ← бактерии – (3 п.) ← вирусы (бактериофаги) (4 п.)

Комбинации различных трофических цепей, имеющих общие уровни в экосистеме это **трофические сети**

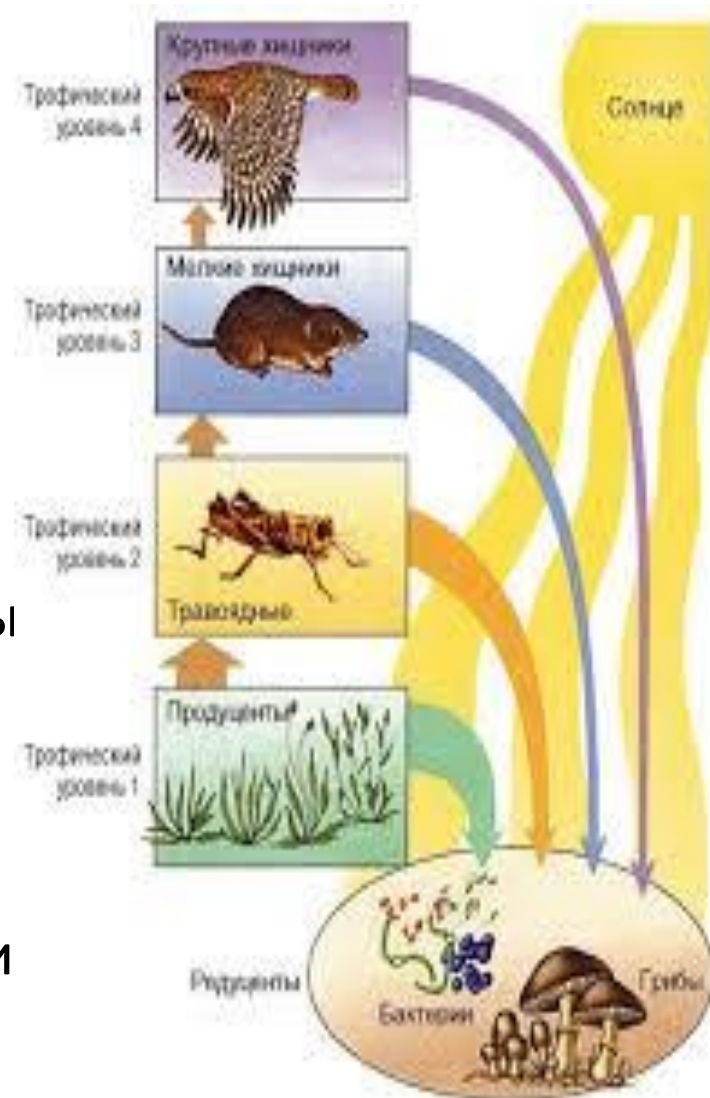
Каждый организм в цепи питания относится к определённому трофическому уровню

Трофический уровень — совокупность организмов, которые в зависимости от способа их питания и вида корма составляют определенное звено пищевой цепи

□ Первый трофический уровень — автотрофные организмы — **растения** (продуценты)

□ Второй трофический уровень - **растительноядные животные** (консументы I порядка)

□ Третий трофический уровень - **плотоядные животные** (консументы II, III и т. д. порядков)



В природе почти все организмы питаются не одним, а несколькими видами корма => любой организм может находиться на разных трофических уровнях в одной и той же пищевой цепи в зависимости от характера корма:



Ястреб → мыши (3-й троф. уровень)



Ястреб → змеи (4-й троф. уровень)



Один и тот же организм может быть звеном разных пищевых цепей, связывая их между собой:

Прим.: Ястреб → ящерица, заяц или змея, - входят в состав разных цепей питания

Процесс превращения вещества и энергии в пастбищных цепях имеет **определенные закономерности**.

Большая часть вещества и содержащейся в нем энергии при переходе от одного трофического уровня к другому (к концу цепи питания) теряется.

Если на каждом трофическом уровне пищевой цепи определить число особей, или биомассу, или количество заключенной в ней энергии, то станет очевидным уменьшение этих величин по мере продвижения к концу цепи питания. Эту закономерность впервые установил английский эколог Ч. Элтон в 1927 г. Он назвал ее **правилом экологической пирамиды** и предложил выражать графически в виде экологической пирамиды:



Американский эколог Р. Линдеман в 1942 г. сформулировал эту закономерность как «**правило 10 %**»:

С одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой её уровень в среднем не более 10% энергии

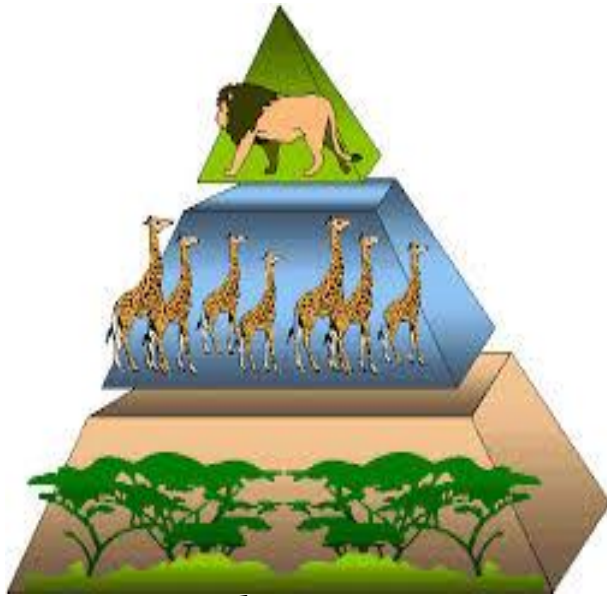
Экологические пирамиды:

- **Пирамида чисел** отражает численность особей в каждом звене пищевой цепи (пирамида Элтона): **количество особей, составляющих ряд звеньев от продуцентов к консументам неуклонно уменьшается**

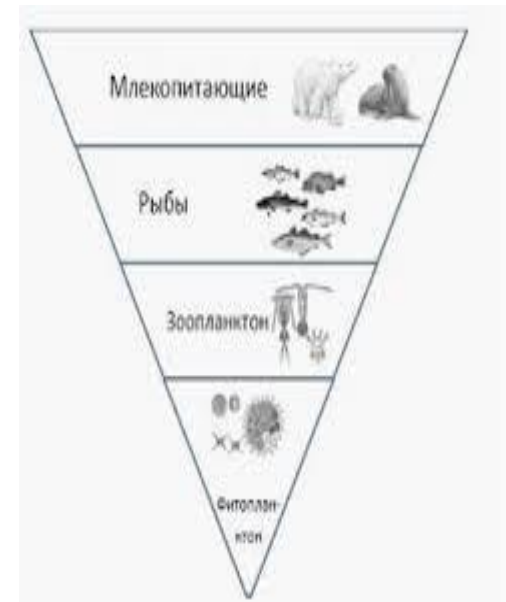
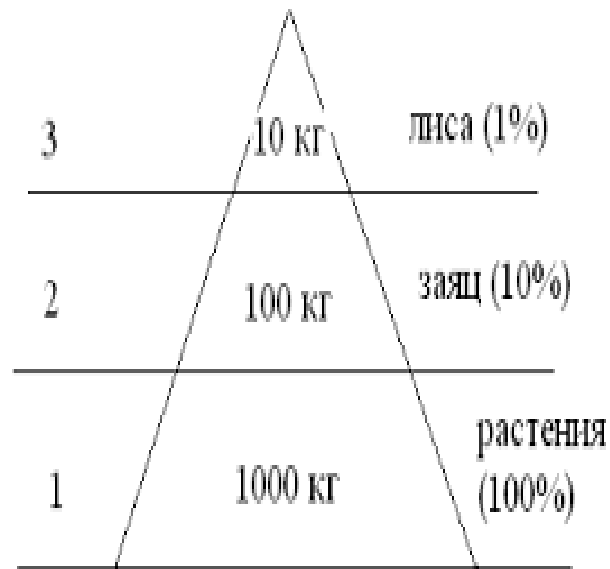


- **Пирамида биомассы** отражает количество органического вещества, накопленного на каждом трофическом уровне пищевой цепи.

Правило пирамиды биомасс: **суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников**



Пирамида биомассы наземной экосистемы



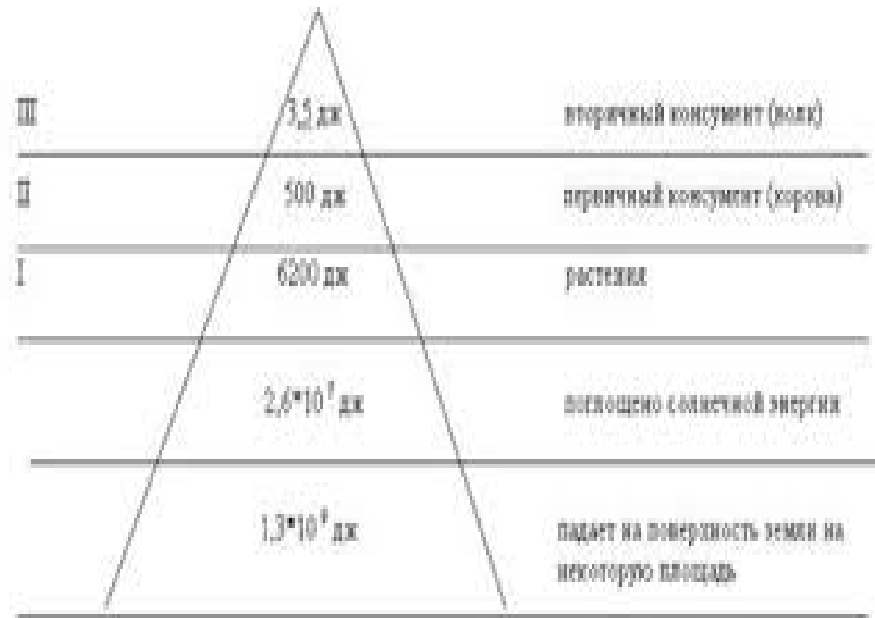
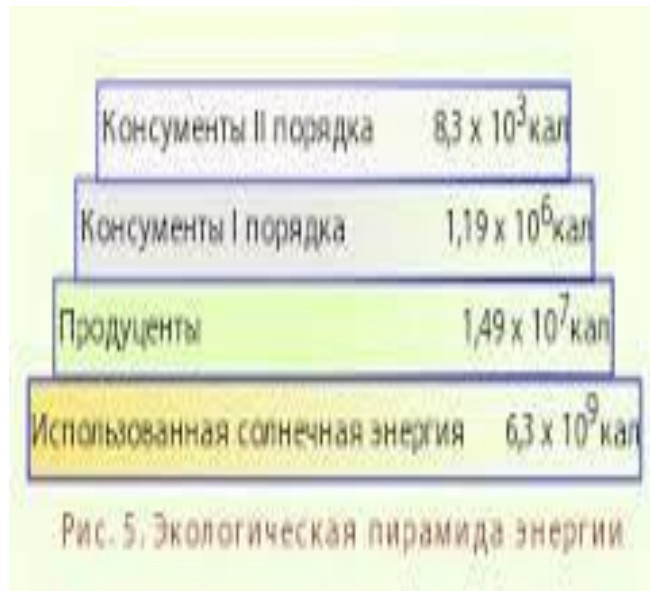
Пирамида биомассы водной экосистемы

- Пирамида энергии

отражает закономерности расходования энергии на разных трофических уровнях.

Правило пирамиды энергии: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем.

Уменьшение энергии

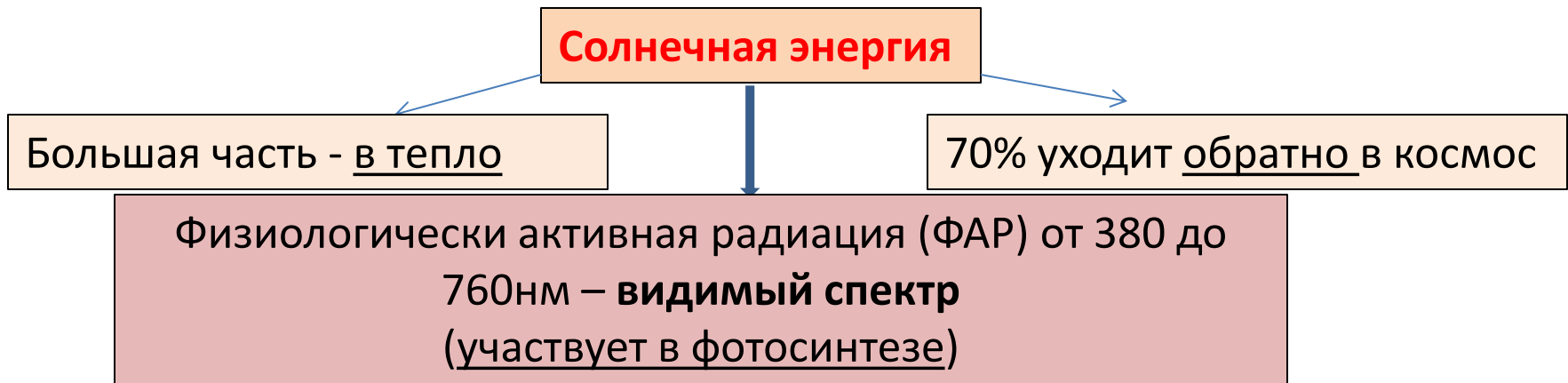


Пирамида энергии

Первоисточник энергии для экосистем - **Солнце**



Поток энергии, посылаемый Солнцем к Земле превышает 20млн ЭДж в год
(ЭДж – эксаджоуль равен $1 \cdot 10^{18}$ Дж)

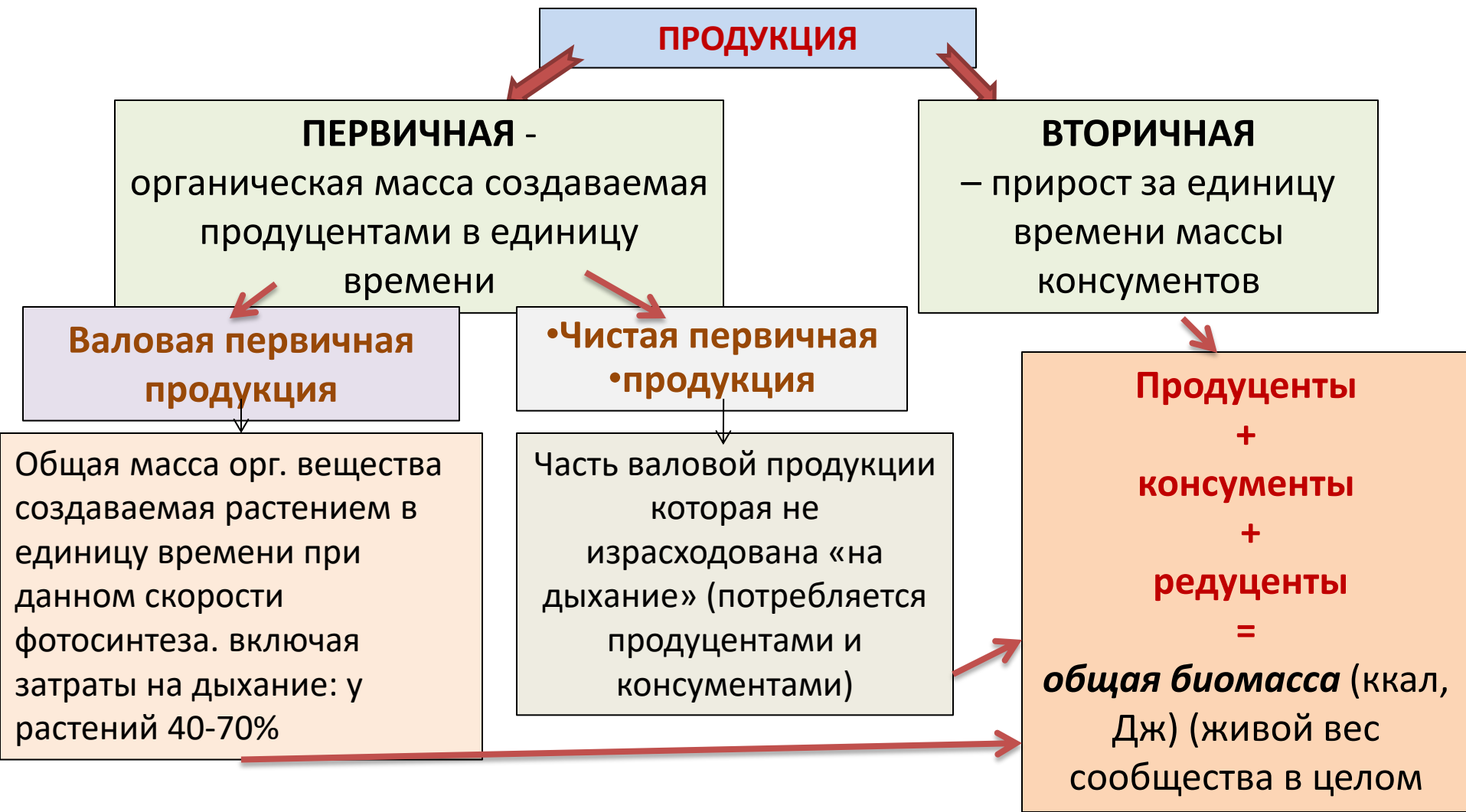


За пределами видимого спектра и ФАР :

➤ **Инфракрасное излучение** (ИК – излучение) (800нм -1мм) – обладает малой энергией, легко поглощается водой, используется некоторыми организмами;

➤ **Ультрафиолетовое излучение** (УФ – излучение) (180-200нм) – обладает большой энергией и фотохимическим воздействием – организмы к нему очень чувствительны

Продуктивность экологической системы – это скорость с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество



1. Сообщества **высшей продуктивности**, 3000—2000 г/м²/год. (тропические леса, посевы риса и сахарного тростника)



2. Сообщества **высокой продуктивности**, 2000—1000 г/м²/год. (листопадные леса умеренной полосы, луга при применении удобрений, посевы кукурузы)



3. Сообщества **умеренной продуктивности**, 1000—250 г/м²/год. К этому классу относится основная масса возделываемых сельскохозяйственных культур, кустарники, степи.



4. Сообщества **низкой продуктивности**, ниже 250 г/м²/год — пустыни, полупустыни, тундры.



Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека.



Виды-эдификаторы

Виды - ассектаторы

Экологическая сукцессия на примере смен фитоценозов в южной тайге

Сукцессия называется **первичной** - если развитие сообществ идет **на вновь образовавшихся, ранее не заселенных местообитаниях (субстратах)**, где растительность отсутствовала — на песчаных дюнах, застывших потоках лавы, породах, обнажившихся в результате эрозии или отступления льдов.

Пример: процесс заселения вновь образованных песчаных дюн, где растительность прежде отсутствовала

- **пыреем ползучим.**

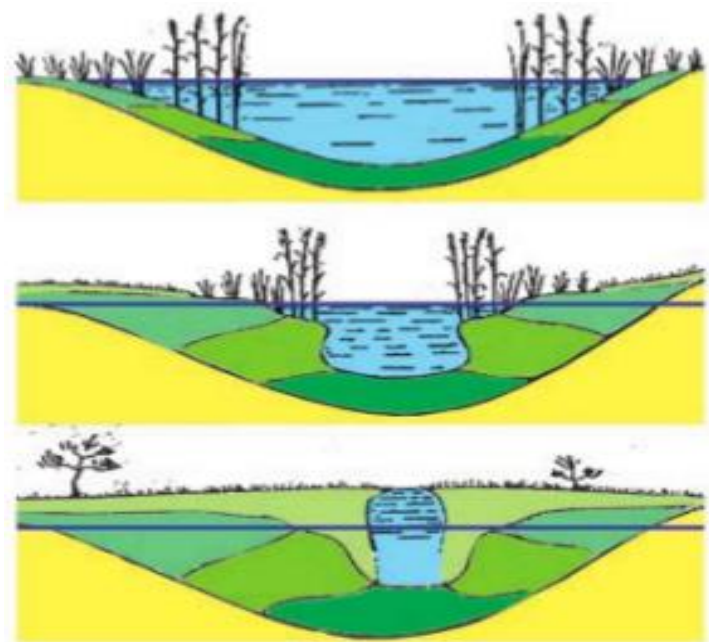


лишайники на камнях



Если на определенной местности ранее существовала растительность, но по каким-либо причинам она была уничтожена, то ее **естественное восстановление** называется **вторичной сукцессией**

Пример: образование торфяного болота при зарастании озера. Изменение растительности на болоте начинается с того, что края водоема зарастают водными растениями - **камыш, тростник, осока**.



- Дно водоема
- Торф из остатков водорослей
- Тростниковый торф
- Осоковый торф
- Сфагновый торф

Сукцессия

```
graph TD; A[Сукцессия] --> B[Автотрофная]; A --> C[Гетеротрофная];
```

Автотрофная -
соотношение $P/R > 1$, т.к.
-высокая продуктивность
-структура экосистемы
еще не сформирована
-нет возможности
утилизировать всю
биомассу
**«местность после
лесного пожара»**

Гетеротрофная –
соотношение $P/R < 1$, т.к.
-много органического в-ва
-нет необходимости в его
синтезе
-идет активное построение
сообщества
«осушенное болото»

На ранних стадиях развития сукцессии сообщество характеризуется **малым видовым разнообразием**, но большой скоростью размножения; далее начинают преобладать виды со сложными продолжительными жизненными циклами, появляются симбиозы и кооперации

Круговорот веществ

Устойчивость экосистем и биосферы поддерживается благодаря круговороту веществ и потокам энергии.

Существуют **два основных круговорота веществ**: **большой — геологический** и **малый — биогеохимический**.

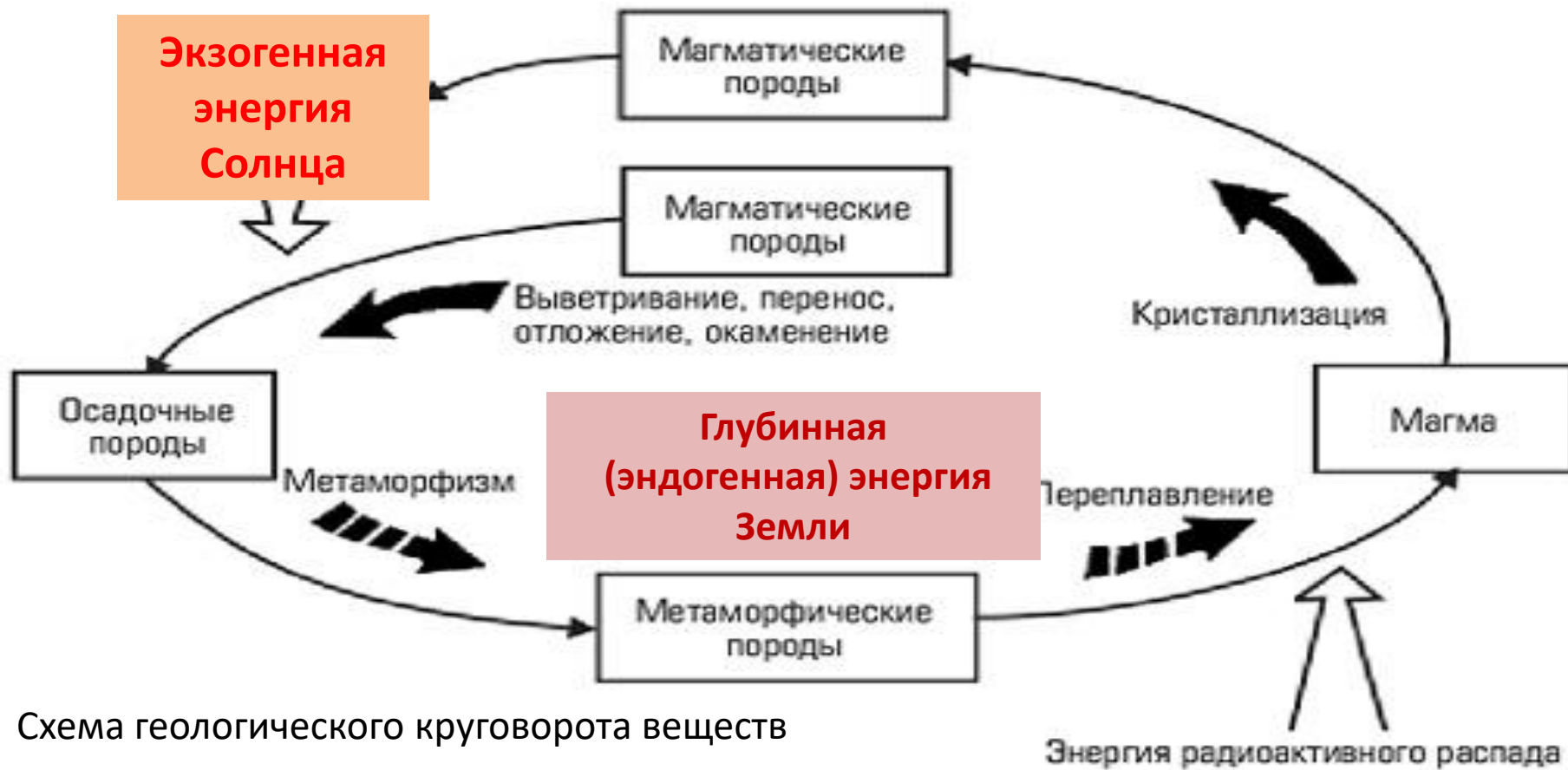


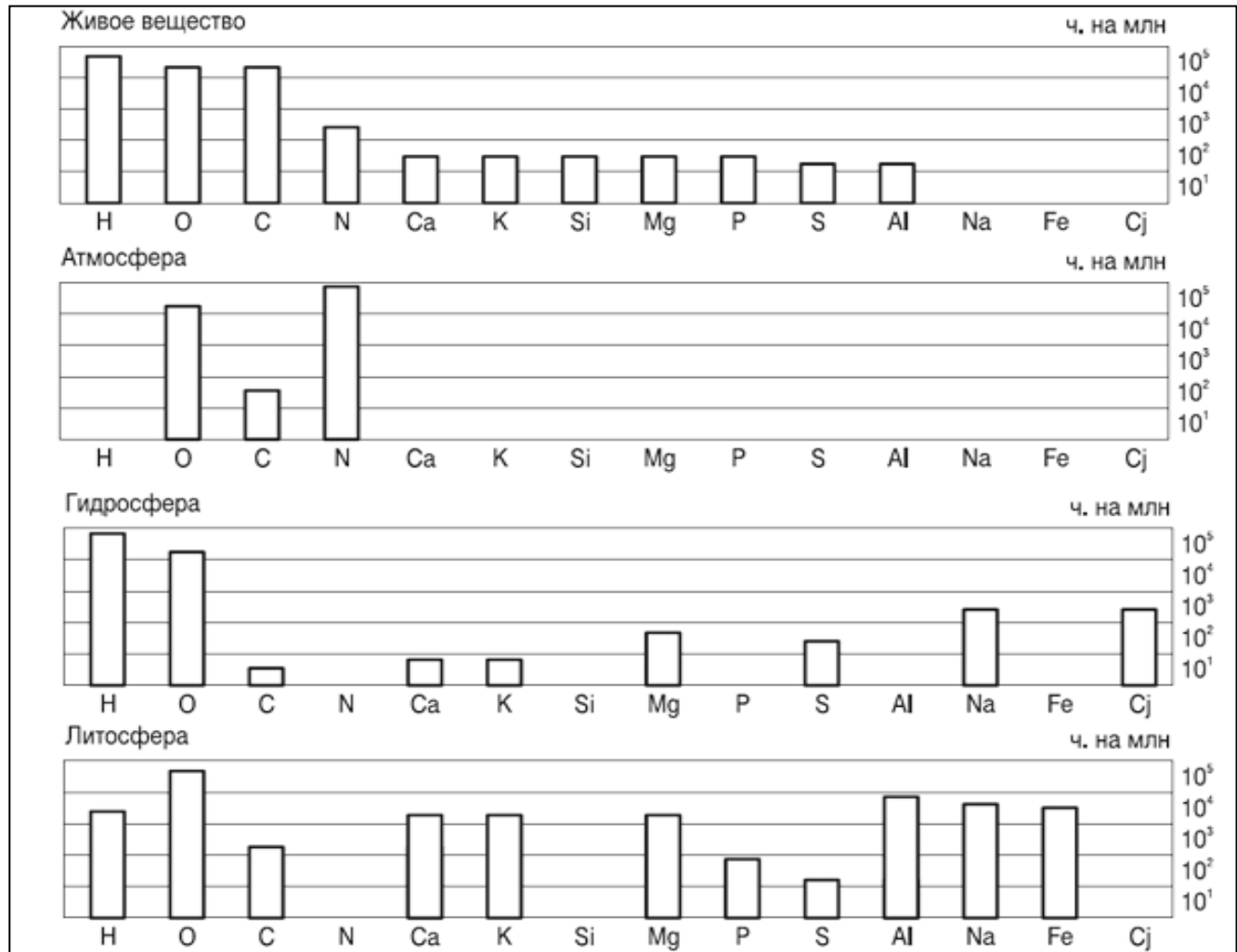
Схема геологического круговорота веществ

Большой круговорот перераспределяет вещества между биосферой и глубокими горизонтами планеты

Химические элементы в биосфере

!!!
разнообразие по
элементному
составу

!!!
разнообразие по
элементному
составу



Участие различных химических элементов в построении живого вещества (относительные числа атомов) (по В. Лархеру, 1978) [Электронный ресурс].

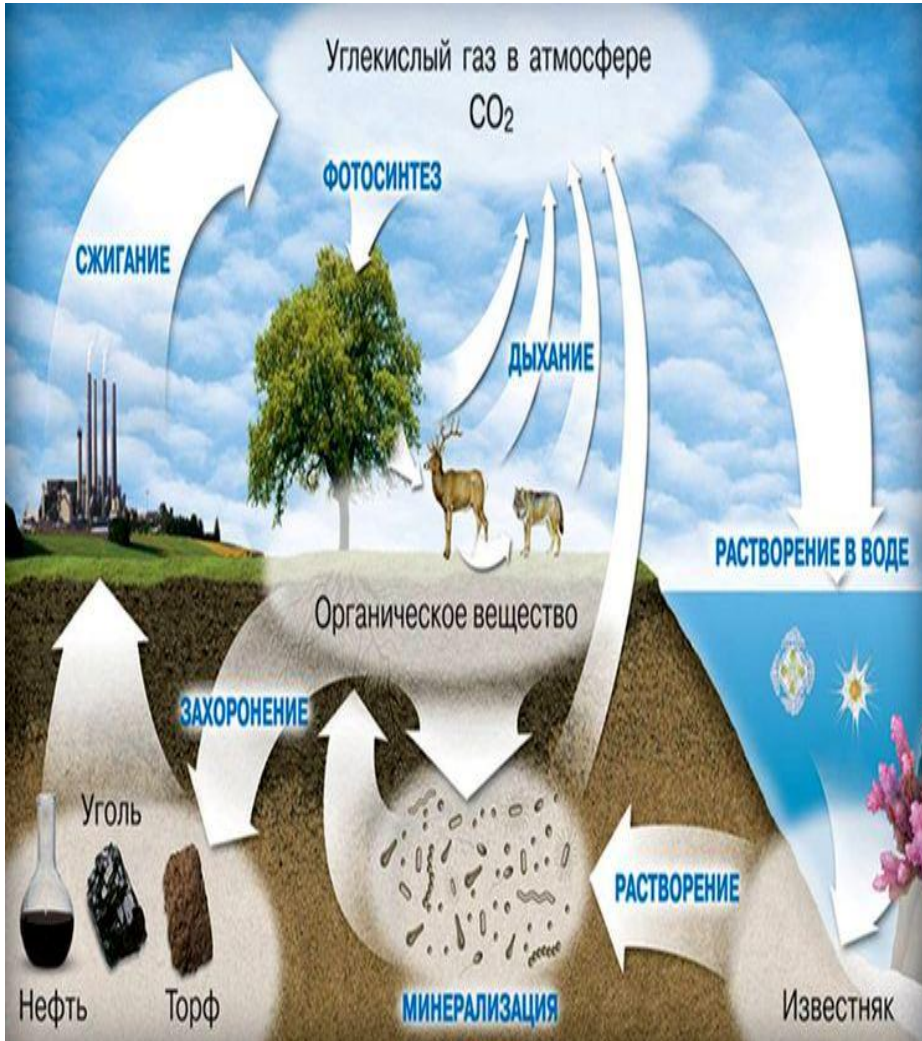
URL: <https://studfile.net/preview/2990732/page:40/>

Большим круговоротом называется также и круговорот воды между гидросферой, атмосферой и литосферой, который движется энергией Солнца

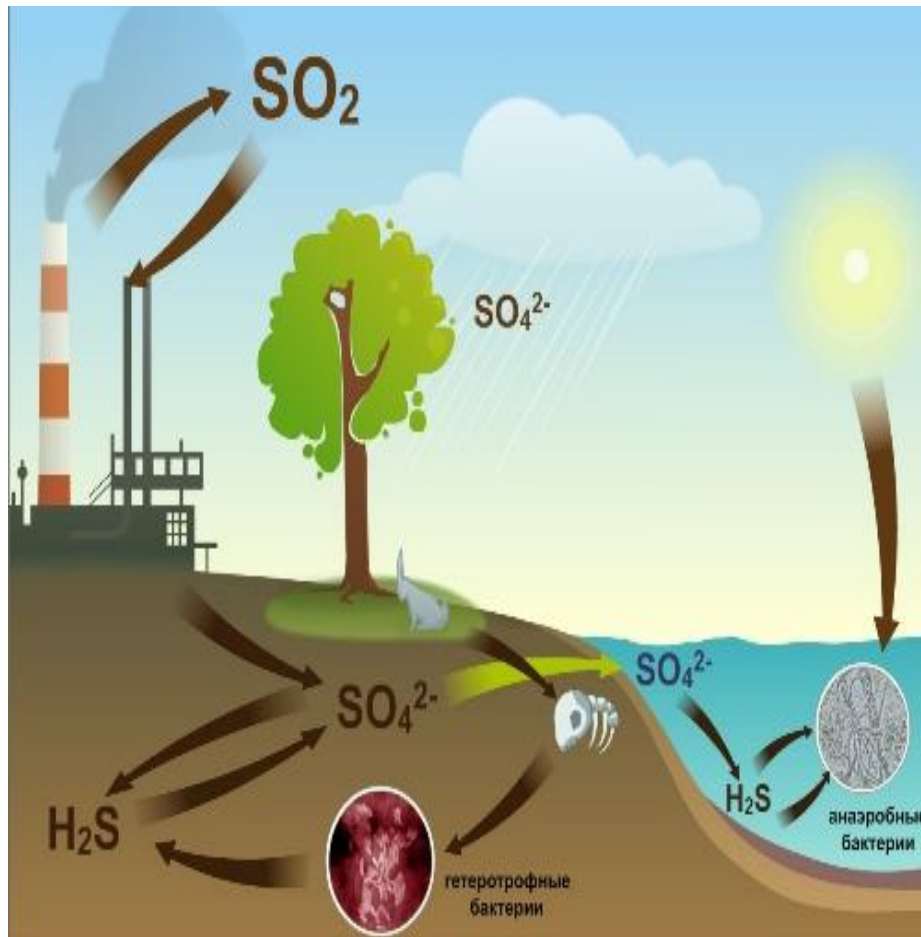


Малые круговороты **биогенных элементов** происходят лишь в пределах биосферы

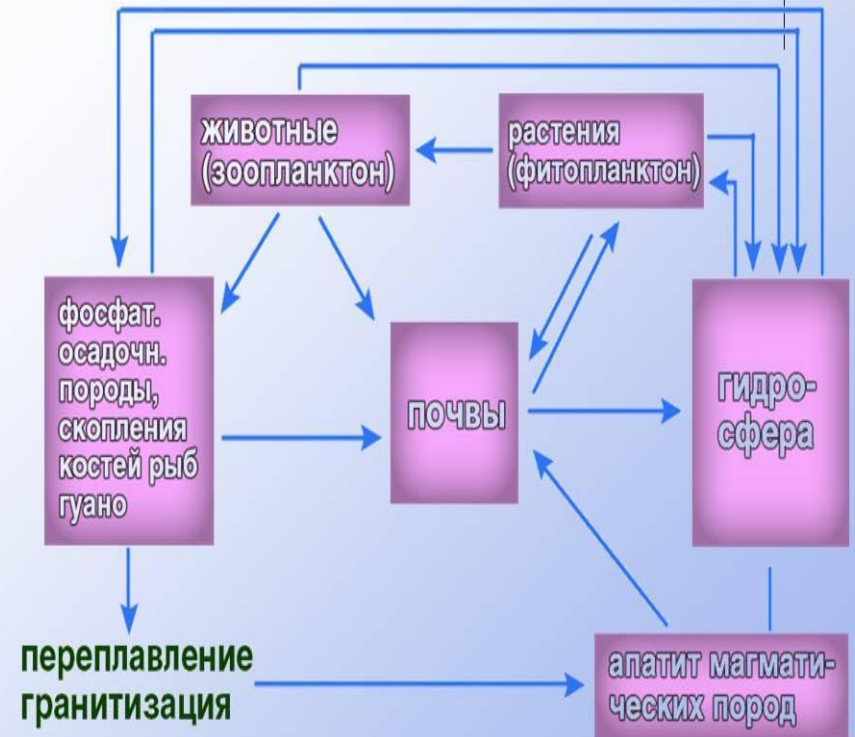
Круговорот углерода



Круговорот серы



Круговорот фосфора



Главным двигателем указанных круговоротов является **живое вещество планеты**, все живые организмы, обеспечивающие процессы синтеза, трансформации и разложения органического вещества.

Закон В.И. Вернадского о биогенной миграции атомов в биосфере

В биосфере Земли происходит рециклинг материи – вторичное использование атомов

Процесс движения и перераспределения вещества определяет формирование литосферы за счет осадочных пород под влиянием биоты
В биогеохимических циклах атомы проходят многократно через живое вещество

Так, кислород атмосферы оборачивается через биоту за 2000 лет, углекислый газ – за 200-300 лет, вода – за 2 млн. лет

Биосфера – глобальная экосистема Земли

(поддерживает общепланетарный круговорот веществ)

Биосфера (греч. - жизнь, - шар, сфера) – сложная наружная оболочка Земли, населенная организмами, которые составляют **живое вещество планеты**.

Впервые это понятие предложил Ж.Б. Ламарк.

Широкое распространение термина связано с работами **В.И.Вернадского**, который в 20-х гг. XXв. создал учение о биосфере.



Состав биосферы по Вернадскому:

1. Живое вещество (растения, животные, микроорганизмы);



2. Биогенное вещество (продукты жизнедеятельности живых организмов, каменный уголь, битумы, нефть);



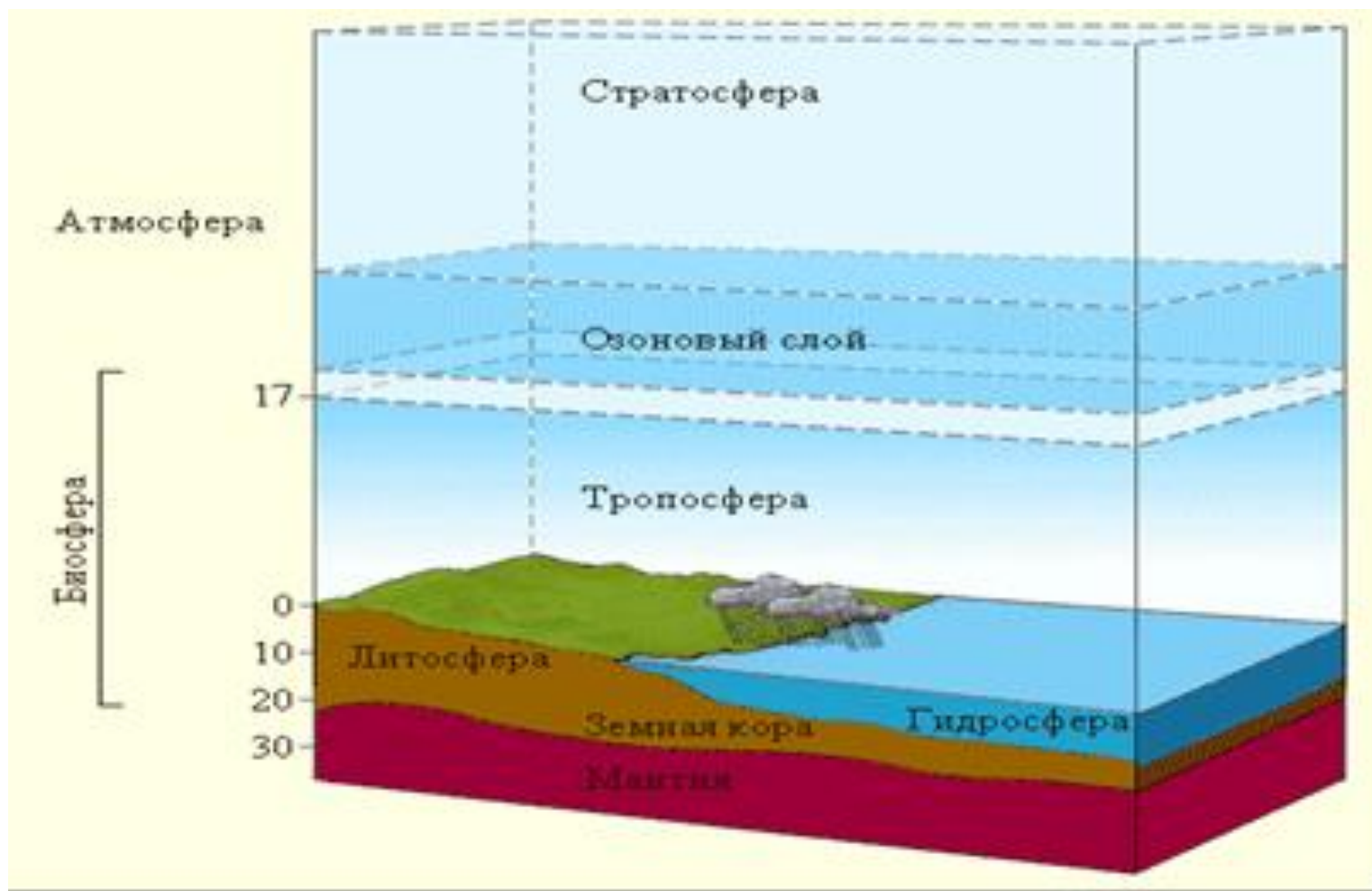
3. Биокосное вещество (продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами, кора выветривания, природные воды);



4. Косное вещество (горные породы магматического происхождения, космическая пыль, метеориты)



Современная биосфера наряду с **живым веществом** включает в себя полностью гидросферу, верхнюю часть литосферы и **нижнюю часть атмосферы (тропосферу)**.



Биогеохимические функции живого вещества биосферы (по Вернадскому):

- **Газовая** – основные газы атмосферы Земли: азот и кислород – биогенного происхождения – продукт разложения отмершей органики;
- **Концентрационная** – организмы накапливают многие химические элементы: углерод, кальций, кремний концентрируют диатомовые водоросли (ламинария), фосфор - в скелетах позвоночных животных;
- **Окислительно-восстановительная** – организмы, обитающие в водоёмах регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или же осаждения ряда металлов (ванадий, марганец, железо) и неметаллов с переменной валентностью;
- **Биохимическая** – размножение, рост и перемещение в пространстве живых организмов;
- **Биогеохимическая деятельность человека** – охватывает все вещества земной коры, в том числе таких концентраторов углерода как уголь, нефть, газ – для хозяйственных и бытовых нужд

Концентрационная функция биосферы

Таблица №1. Сведения о содержании некоторых элементов в различных организмах

примеры организмов-концентраторов	концентрируемый элемент	превышение содерж. в ЗК
все организмы	C,N,O,S,Na,Mg,K,Cl,Ca,Fe,P	различно
растения	1) C; 2) N	1)>200; 2)>30
моллюски	Ca	в сотни раз
асцидии, голотурии	V	до 15 %
дождевые черви	Zn, Cu, Pb, Cd	в 10-20 раз
железобактерии	Fe	в сотни раз
хвощи, радиолярии	Si	в 10-100 раз
губки, водоросли	J	различно

Основные этапы эволюции биосферы:

I. Синтез органических (простых) и неорганических соединений (**химическая эволюция**). Начало этапа – 3,5–4,5 млрд. лет) в геосферах Земли под действием УФ – радиации;

II. **Биогенез** – преобразование косного вещества геосферы земли в живое вещество биосферы. Начало этапа – 2,5–3,5 млрд. лет назад;

III. **Антропогенез** – появление человека (начало этапа – 1,5–3 млн. лет назад);

IV. **Техногенез** – преобразование природных комплексов биосферы в процессе производственной деятельности человека (начало этапа – 10–15 тыс. лет назад) (появление городских поселений);

V. **Ноогенез** – процесс превращения биосферы в состояние разумно управляемой социально–природной системы (ноосферы)

Ноосфера – это высшая стадия развития биосферы, когда преобразующая деятельность человека основывается на научном понимании естественных и социальных процессов с учетом общих законов развития природы.

Термин «**ноосфера**» - сфера разума. Впервые ввел Э. Леруа в 1927 году. Вместе с П.Тейяром де Шарденом он рассматривал ноосферу как идеальное образование, внебиосферную оболочку мысли, окружающую Землю.



Основные критерии ноосферы по М.Будыко (1984):

1
2

- Человечество стало единым целым, НТР охватила весь земной шар
- Ноосфера явилась единым организованным целым, все части которого действуют согласованно

3
4

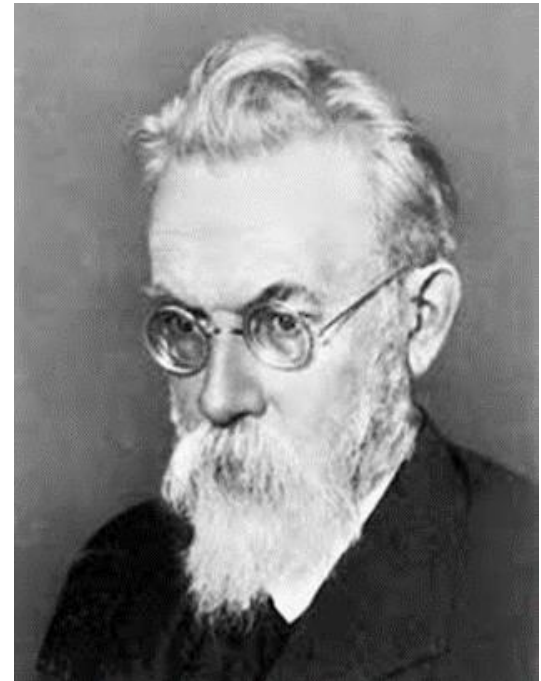
- Открытие новых источников энергии, ноосфера предусматривает коренную перестройку человеком окружающей природы
- Ноосфера предусматривает социальное равенство всех людей и подъем их благосостояния

5

- По мере развития ноосферы появится возможность регулировать состояние биосферы в соответствии с потребностями человеческого общества

Учение о ноосфере было разработано В.И. Вернадским. Он впервые попытался осуществить синтез естественных и общественных наук при изучении проблем глобальной деятельности человека.

Главное в учении Вернадского о ноосфере: **человек несет прямую ответственность за эволюцию планеты**



В.И. Вернадский (1863 – 1945)