

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Колесников С.И.

Южный федеральный университет

*кафедра экологии и
природопользования*

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Структура и границы биосферы

Биосфера (от греч. *bios* — жизнь и *sphaira* — шар) — оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.



Структура и границы биосферы

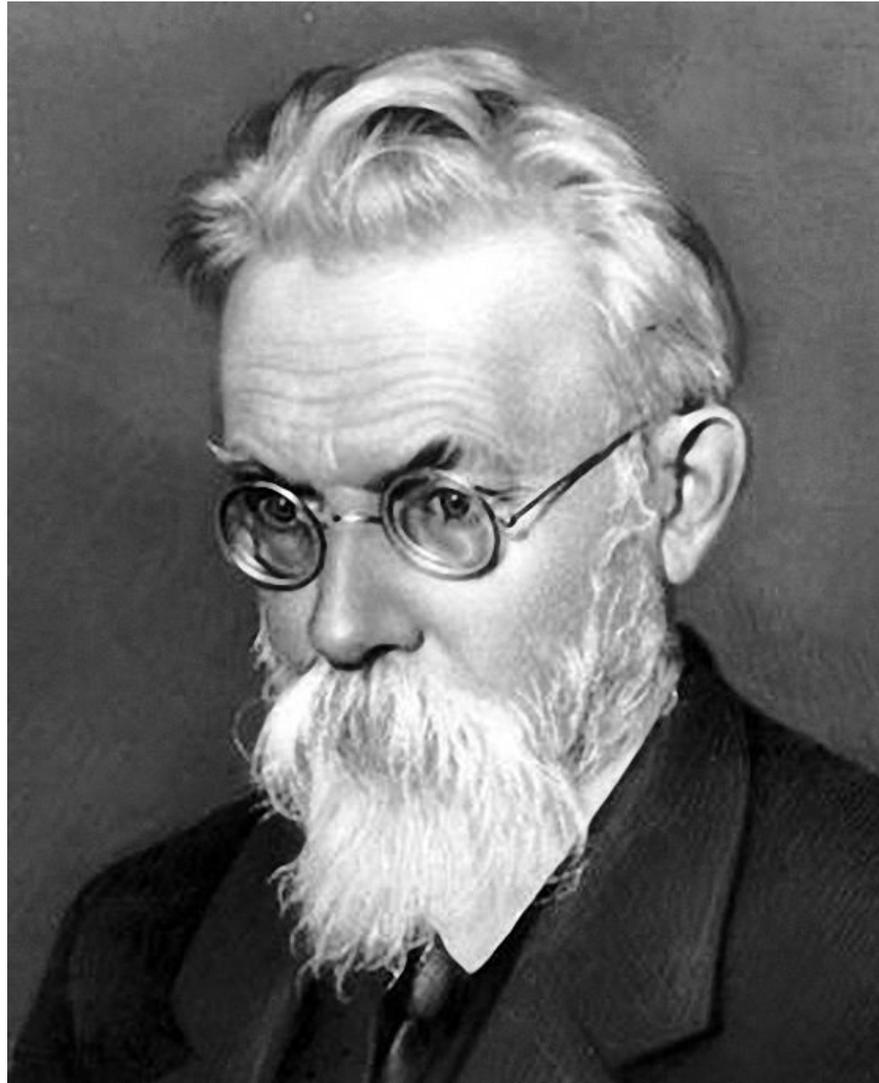
Термин «биосфера» впервые применил австрийский геолог Э. Зюсс (1875), понимавший ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую «Лик Земли».



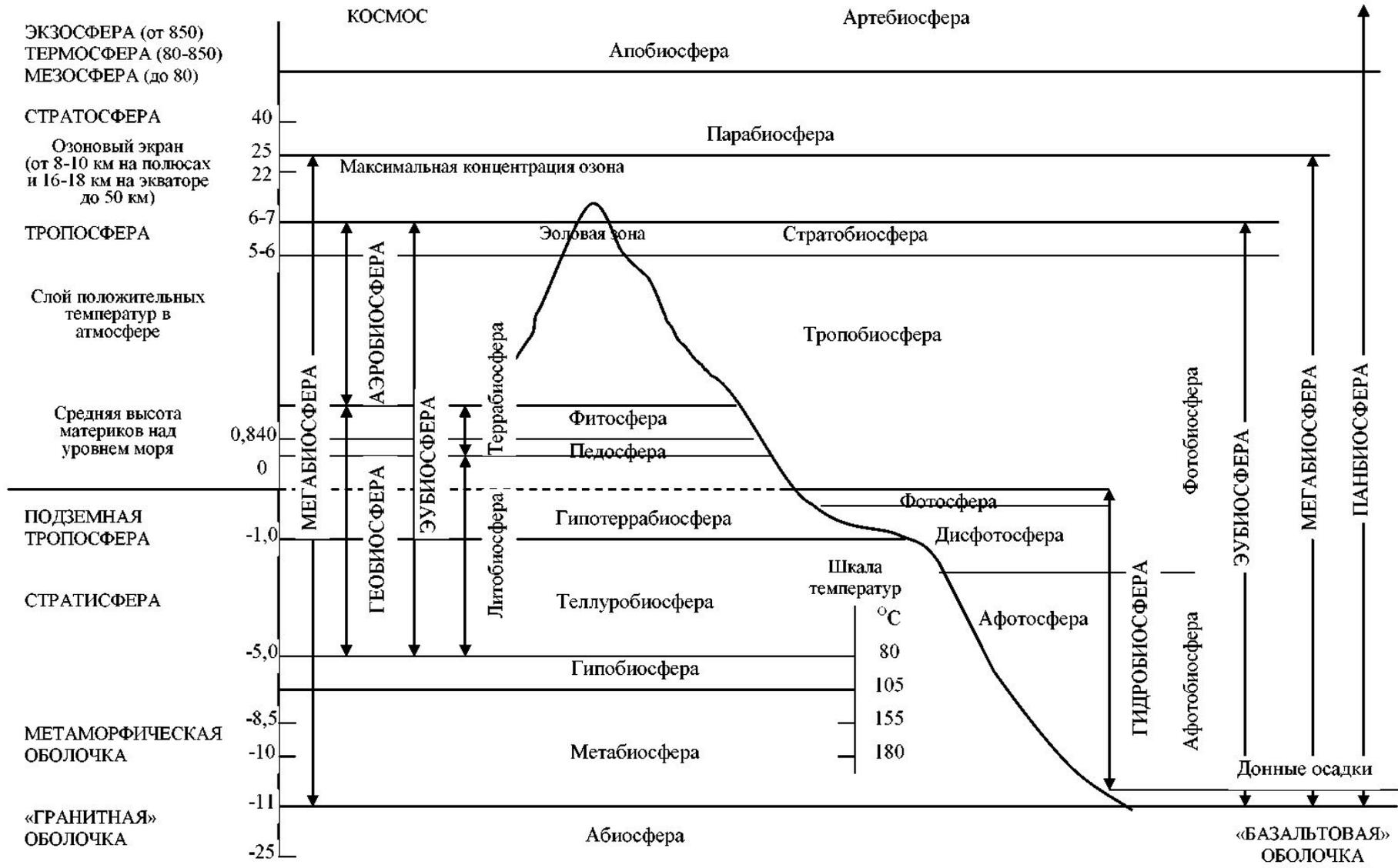
Эдуард Зюсс(1831—1914) — австрийский геолог и общественный деятель.
Автор гипотезы о существовании суперконтинента
Гондваны и океана Тетис.

Структура и границы биосферы

Однако заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому, так как именно он развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания.



Владимир Иванович Вернадский (1863—1945) — отечественный ученый, философ. Основоположник геохимии, биогеохимии, радиогеологии. Автор учений о биосфере и ноосфере.



Общая структура биосферы (по Н.Ф. Реймерсу, 1990, с изменениями).

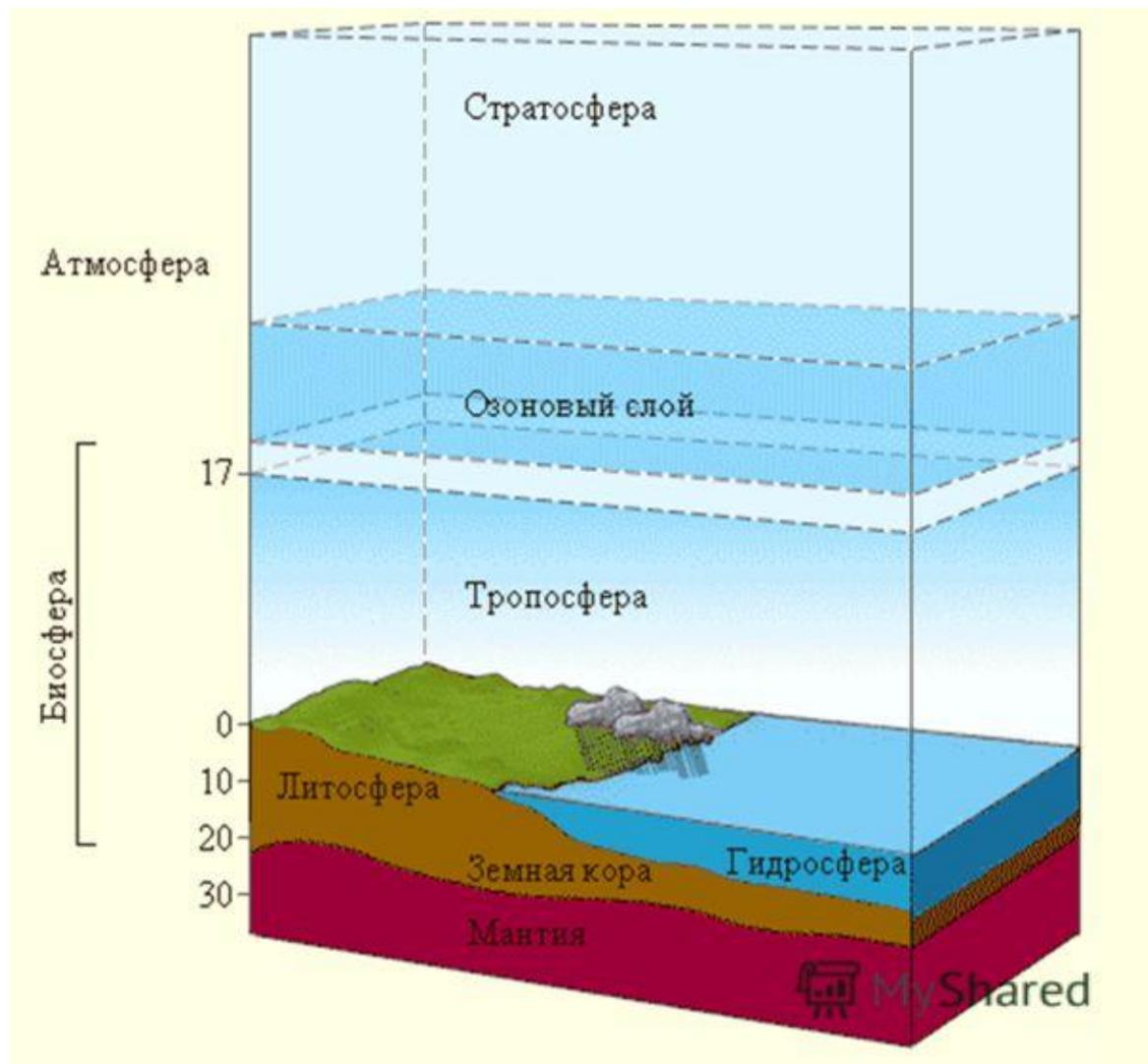


Схема биосферы

Структура и границы биосферы

Границы биосферы в большой степени условны.

Обычно считают, что верхняя граница биосферы находится на высоте 22-24 км от поверхности Земли, где образуется озоновый экран. Здесь свободный кислород под влиянием солнечной радиации превращаются в озон ($O_2 \rightarrow O_3$), который образует экран и отражает губительные для живых организмов космические излучения и частично ультрафиолетовые лучи.

Нижняя граница биосферы проходит по литосфере на глубине 3-4 км, а по гидросфере по дну Мирового океана, местами свыше 11 км.

Более широкое распространение живых организмов ограничено лимитирующими факторами. Так, проникновению вверх препятствует космическое излучение, а проникновению вглубь — высокая температура земных недр.

Вещество биосферы

В.И. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания.

Он выделил в биосфере семь типов веществ.



Вещество биосферы

1. **Живое вещество** — живые организмы, населяющие нашу планету.

Вещество биосферы

2. Косное вещество — неживые тела, образующиеся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов.

Например

- породы магматического происхождения,
- породы метаморфического происхождения,
- некоторые осадочные породы.



Магматическая



Осадочная



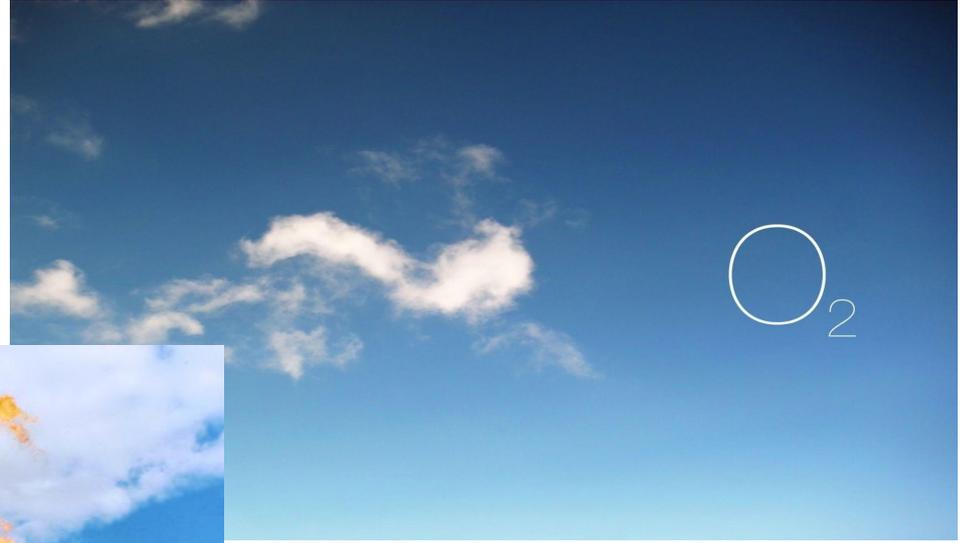
Метаморфическая

Вещество биосферы

3.Биогенное вещество — неживые тела, образующиеся в результате деятельности живых организмов.

Например

- некоторые осадочные породы: известняки, мел и др.,
- нефть, газ, каменный уголь,
- кислород атмосферы и др.



Вещество биосферы

4.Биокосное вещество — биокосные тела, представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов.

Например

- почвы,
- илы,
- кора выветривания и др.



Вещество биосферы

5. Радиоактивное вещество — атомы
радиоактивных элементов.

Например

- уран (^{238}U , ^{235}U),
- торий (^{232}Th),
- радий (^{226}Ra),
- радон (^{222}Rn , ^{220}Rn),
- калий (^{40}K),
- кальций (^{48}Ca),
- углерод (^{14}C) и др.

Вещество биосферы

6.Рассеянные атомы — отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии.

Например в таком состоянии часто существуют атомы микро- и ультрамикроэлементов:

- Mn,
- Co,
- Zn,
- Cu,
- Au,
- Hg и др.

Вещество биосферы

7. Вещество космического происхождения — вещество, поступающее на поверхность Земли из космоса

Например

- метеориты,
- космическая пыль.

Вещество биосферы

Классификация вещества биосферы, предложенная В. И. Вернадским, с логической точки зрения не является безупречной, так как выделенные категории вещества частично перекрывают друг друга.

Так, вещество космического происхождения одновременно является и косным.

Атомы многих элементов являются и радиоактивными, и рассеянными одновременно.

При этом и атомы радиоактивных элементов, и рассеянные атомы могут входить в состав как живого, так и косного вещества.

«Биокосное вещество» нельзя рассматривать в качестве особого типа вещества, поскольку оно состоит из двух веществ — живого и косного. По своему характеру это не вещество, а динамическая система, что подчеркивает и сам В. И. Вернадский.

Распределение живого вещества в биосфере

Масса живого вещества составляет лишь 0,01% от массы всей биосферы.

Тем не менее живое вещество биосферы — это главный ее компонент.

Важнейшим свойством живого вещества является способность к воспроизводству и распространению по планете.

Живое вещество распространено в биосфере неравномерно: пространства, густо заселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями.

Распределение живого вещества в биосфере

Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек:

- атмосферы и литосферы (поверхность суши),
- атмосферы и гидросферы (поверхность океана),
- гидросферы и литосферы (дно океана),
- и особенно на границе трех оболочек — атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны).

Эти места наибольшей концентрации жизни В.И. Вернадский назвал «пленками жизни».

Вверх и вниз от этих поверхностей концентрация живой материи уменьшается.

Распределение живого вещества в биосфере

В настоящее время по видовому составу на Земле преобладают животные (более 2,0 млн видов) над растениями (0,5 млн).

В водной среде обитает около 7% животных от общего их количества и 8% видов растений.

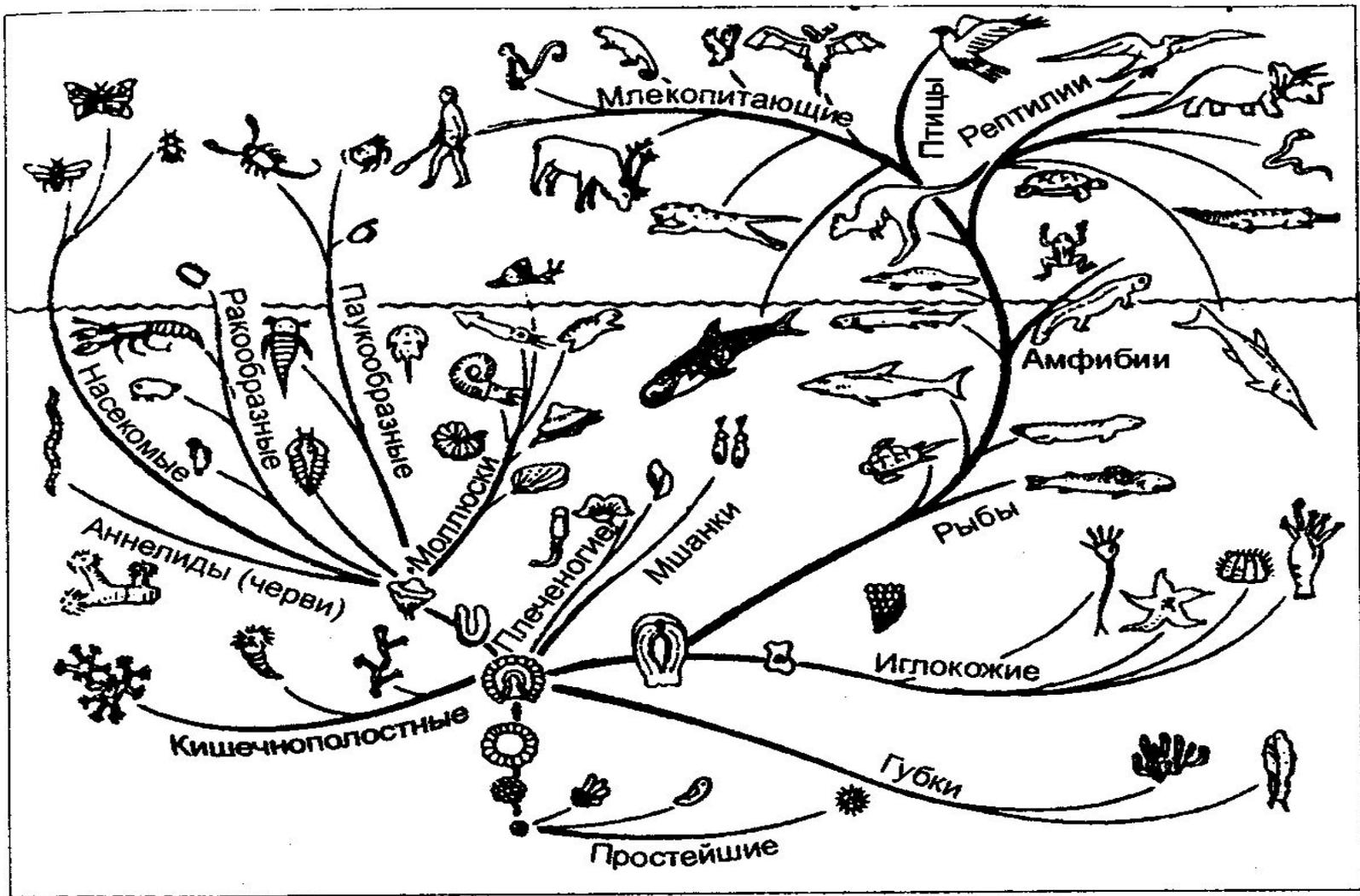
Эволюция на суше проходила значительно быстрее.

В то же время запасы фитомассы составляют 99% запасов живой биомассы Земли.

Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана.

При этом продуктивность экосистем суши и океана примерно одинаковы.

На суше биомасса и количество видов организмов в целом увеличиваются от полюсов к экватору.



Распределение основных классов животных по средам обитания (по Г. В. Войткевич и В. А. Вронскому, 1989).

Животные, помещенные ниже волнистой линии, обитают в море, выше ее — в наземно-воздушной среде

Масса живого вещества на Земле (по Н.И. Базелевич с соавт.,
1971)

| Среда | Группа организмов | Масса, 10^{12} т | Соотношение, % |
|--------|------------------------------|--------------------|----------------|
| Суша | Зеленые растения | 2,40 | 99,8 |
| | Животные и микроорганизмы | 0,02 | 0,8 |
| | Итого | 2,42 | 100,0 |
| Океаны | Зеленые растения | 0,0002 | 6,3 |
| | Животные и микроорганизмы | 0,0030 | 93,7 |
| | Итого | 0,0032 | 100,0 |
| | Биомасса организмов Земли | 2,4232 | — |

Свойства живого вещества

К основным уникальным особенностям живого вещества, обуславливающим его крайне высокую преобразующую деятельность, можно отнести следующие (по Н.А. Воронкову, 1997).

- 1.Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство.
- 2.Движение не только пассивное, но и активное.
- 3.Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти.
- 4.Высокая приспособительная способность (адаптация).
- 5.Феноменально высокая скорость протекания реакций.
- 6.Высокая скорость обновления живого вещества.

Свойства живого вещества

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии.

По В.И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

Функции живого вещества

Живое вещество обеспечивает биогеохимический круговорот веществ и превращение энергии в биосфере.

Выделяют следующие основные геохимические функции живого вещества:

1. Энергетическая (биохимическая) — связывание и запасание солнечной энергии в органическом веществе и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества.

Эта функция связана с питанием, дыханием, размножением и другими процессами жизнедеятельности организмов.

Функции живого вещества

2.Газовая — способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

С газовой функцией связывают два переломных периода (точки) в развитии биосферы.

Первая из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1 % от современного уровня (первая точка Пастера).

Это обусловило появление первых аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород).

С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными.

Это произошло примерно 1,2 млрд лет назад.

Функции живого вещества

Второй переломный период связывают со временем, когда концентрация кислорода достигла примерно 10 % от современной (вторая точка Пастера).

Это создало условия для синтеза озона и образования озонового слоя в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных ультрафиолетовых лучей выполняла вода, под слоем которой возможна была жизнь).

Функции живого вещества

3. Концентрационная — «захват» из окружающей среды живыми организмами и накопление в них атомов биогенных химических элементов.

Концентрационная способность живого вещества повышает содержание атомов химических элементов в организмах по сравнению с окружающей средой на несколько порядков.

Содержание углерода в растениях в 200 раз, а азота в 30 раз превышает их уровень в земной коре.

Содержание марганца в некоторых бактериях может быть в миллионы раз больше, чем в окружающей среде.

Результат концентрационной деятельности живого вещества — образование залежей горючих ископаемых, известняков, рудных месторождений и т.п.

Функции живого вещества

4. Окислительно-восстановительная — окисление и восстановление различных веществ с участием живых организмов.

Под влиянием живых организмов происходит интенсивная миграция атомов элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, S, P, N и др.), создаются их новые соединения, происходит отложение сульфидов и минеральной серы, образование сероводорода и т.п.

Функции живого вещества

5.Деструктивная — разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе и после их смерти, как остатков органического вещества, так и косных веществ.

Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют редуценты (деструкторы) — сапротрофные грибы и бактерии.

Функции живого вещества

6. Транспортная — перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов.

Такой перенос может осуществляться на огромные расстояния, например, при миграциях и кочевках животных.

С транспортной функцией в значительной мере связана концентрационная роль сообществ организмов, например, в местах их скопления (птичьи базары и другие колониальные поселения).

Функции живого вещества

7. Средообразующая — преобразование физико-химических параметров среды.

Эта функция является в значительной мере интегральной — представляет собой результат совместного действия других функций.

Она имеет разные масштабы проявления.

Результатом средообразующей функции является и вся биосфера, и почва как одна из сред обитания, и более локальные структуры.

Функции живого вещества

8. Рассеивающая — функция, противоположная концентрационной — рассеивание веществ в окружающей среде.

Она проявляется через трофическую и транспортную деятельность организмов.

Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, смене покровов и т.п.

Железо гемоглобина крови рассеивается кровососущими насекомыми.

Функции живого вещества

9. Информационная — накопление живыми организмами определенной информации, закрепление ее в наследственных структурах и передача последующим поколениям.

Это одно из проявлений адаптационных механизмов.

Функции живого вещества

10. Биогеохимическая деятельность человека — превращение и перемещение веществ биосферы в результате человеческой деятельности для хозяйственных и бытовых нужд человека.

Например, использование концентраторов углерода — нефти, угля, газа и др.

Функции живого вещества

Таким образом, биосфера представляет собой сложную динамическую систему, осуществляющую улавливание, накопление и перенос энергии путем обмена веществ между живым веществом и окружающей средой.

Свойства биосферы

- Целостность и дискретность.
- Централизованность.
- Устойчивость и саморегуляция.
- Ритмичность.
- Круговорот веществ и энергозависимость.
- Горизонтальная зональность и высотная поясность.
- Большое разнообразие условий обитания и живых организмов.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Качественно новый этап развития биосферы наступил в современную эпоху, когда деятельность человека, преобразующая поверхность Земли, по своим масштабам стала соизмеримой с геологическими процессами.

Как отмечал В.И. Вернадский, биогеохимическая роль человека за последнее столетие стала значительно превосходить роль других, даже наиболее активных в биогеохимическом отношении организмов.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

В 1944 г. В.И. Вернадский развил представление о переходе биосферы в ноосферу, то есть в такое ее состояние, когда развитие биосферы будет управляться разумом человека.

Сам термин «ноосфера» предложен Э. Леруа (1927) и П. Тейяром де Шарденом (1930).

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Ноосфера (от греч. noos — разум, мышление) — сфера разума, высшая стадия развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития биосферы.

По убеждению В.И. Вернадского, биосфера вступает в новую стадию своего развития — стадию ноосферы.

На этой стадии человек разумный выступает как геохимическая сила невиданного масштаба. Особенность этой силы — ее разумность.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Кроме понятия «ноосфера» часто употребляют такие понятия, как «антропосфера», «техносфера», «какосфера» и др.

Антропосфера (от греч. anthropos — человек) — сфера Земли, где живет и куда временно проникает (с помощью спутников и т.п.) человечество.

Понятие «антропосфера» употребляют для характеристики пространственного положения человечества и его хозяйственной деятельности.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Техносфера (от греч. *techne* — искусство, ремесло, мастерство) — сфера Земли (часть биосферы, со временем, по-видимому, вся биосфера), преобразованная технической деятельностью человека.

Понятие «техносфера» используют, когда хотят подчеркнуть вещественную сторону отношений человек—природа, а также то, что на настоящем этапе хозяйственная деятельность людей не настолько разумна, чтобы говорить о ноосфере.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Какосфера (от греч. kakos — дурной, плохой) — сфера Земли (часть биосферы), измененная деятельностью человека настолько, что в ней искажены природные связи и ограничена способность к восстановлению; область дисгармонично измененной человеком биосферы.

Понятие «какосфера» используют для отражения плохого, негативного воздействия человека на природу, как «сферу неразумия».

Сравнение биосферы и техносферы (Т.А. Акимова, В.В. Хаскин, 2001)

| Сравниваемые показатели | Биосфера | Техносфера |
|--|----------------|----------------|
| Сферообразующее число биологических видов | 10^7 | 1 |
| Число контролируемых видов | 10^7 | 10^4 |
| Масса сферы, Гт * | $5 \cdot 10^4$ | $2 \cdot 10^4$ |
| в том числе активное вещество, Гт | 10^4 | 15 |
| неактивное, произведенное вещество, Гт | $4 \cdot 10^4$ | $2 \cdot 10^4$ |
| Кратность обновления активного вещества, год | 0,10 | 0,10 |
| Годовая нетто-продукция, Гт | 625 | 1,5 |
| Годовой расход органического вещества, Гт | 212 | 24 |
| Годовой расход энергии, ЭДж** | 12000 | 450 |
| Годовой расход воды, км ³ | $3 \cdot 10^4$ | $5 \cdot 10^3$ |
| Степень замкнутости круговорота веществ, % | 99,9 | <10 |
| Запас генетической информации, Гбит*** | 106 | 7 |
| Запас сигнальной информации, Гбит | – | 8 |
| Скорость переработки информации, бит/с | 10^{36} | 10^{16} |
| Информационная скорость эволюции, бит/с | 0,1 | 10^7 |

Примечание:

* 1 Гт — 1 гигатонна = 10^9 т.

** 1 ЭДж — 1 эксаджоуль = 10^{18} Дж.

*** 1 Гбит = 10^9 бит.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Можно выделить ряд основных признаков превращения биосферы в ноосферу:

1. Возрастание количества механически извлекаемого материала земной коры (рост разработки месторождений полезных ископаемых). Геохимическая деятельность человека становится сравнимой по масштабам с биологическими и геологическими процессами. В геологическом круговороте резко возрастает звено денудации.

2. Массовое потребление (сжигание) продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох (нефти, газа, каменного угля и пр.). Следствием является усиление парникового эффекта и глобальное потепление

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

3. Рассеивание энергии, в отличие от ее накопления в биосфере до появления человека. Основным следствием является энергетическое загрязнение биосферы.

4. Образование в больших количествах веществ, ранее в биосфере отсутствовавших (чистые металлы, пластмассы и др.). В результате наблюдается химическое загрязнение биосферы — ее металлизация, загрязнение промышленными и другими отходами и т.д.

Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

5. Создание, хотя и в ничтожно малых количествах, трансурановых химических элементов (плутония и др.). Освоение ядерной энергии за счет деления тяжелых ядер и (в обозримом будущем) термоядерной энергии за счет синтеза легких ядер атомов. Возникает опасность теплового загрязнения биосферы и загрязнения радиоактивными отходами ядерной энергетики.

6. Расширение границ ноосферы за пределы Земли в связи с научно-техническим прогрессом. Возникновение космонавтики обеспечило выход человека за пределы родной планеты. Ноосфера в будущем займет большее пространство, чем биосфера до появления человека. Создается принципиальная возможность создания искусственных биосфер на других планетах.

Благодарю за внимание !