

# УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

На роль жизни в эволюции Земли обратил внимание Ж. Б. Ламарк в 1802 г.

Термин *биосфера* ввел в геолог Э. Зюсс 1875 г.

В России становление учения о биосфере связывают с В. И. Вернадским.

*«Биосфера - единственная область земной коры, занятая жизнью. Только в ней, в тонком наружном слое нашей планеты, сосредоточена жизнь: в ней находятся все организмы, всегда резкой, непроходимой гранью отделенные от окружающей их косной материи».*

**Для биосферы характерно:**

- на нее падает поток солнечной энергии;
- в ней содержится вода;
- здесь проходят границы раздела твердой, жидкой и газообразной фазах.

***Все это предпосылка для активного обмена веществом и энергией между организмами и окружающей средой.***



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БИОСФЕРЕ



Границы биосферы обусловлены пределами существования организмов:

- верхняя граница определяется губительным для биоты ультрафиолетовым излучением, приходящим из космоса. Его поглощает озоновый слой атмосферы на высоте около 20 км;
- нижний предел существования жизни в литосфере связан с повышением температуры в недрах Земли, а также наличием воды и достигает глубин 3–7 км. . В Мировом океане организмы проникают на всю глубину, т.е. до 10–11 км

*Таким образом, биосфера включает в себя часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть земной коры.*

## **Вещество биосферы представлено:**

- совокупностью живых организмов;
- биогенным веществом, созданным и переработанным жизнью;
- косным веществом, в формировании которого организмы не участвуют;
- биокосным веществом, которое образуется с участием биоты и косных процессов.

# СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ

Вернадский выделил в биосфере пять основных феноменов:

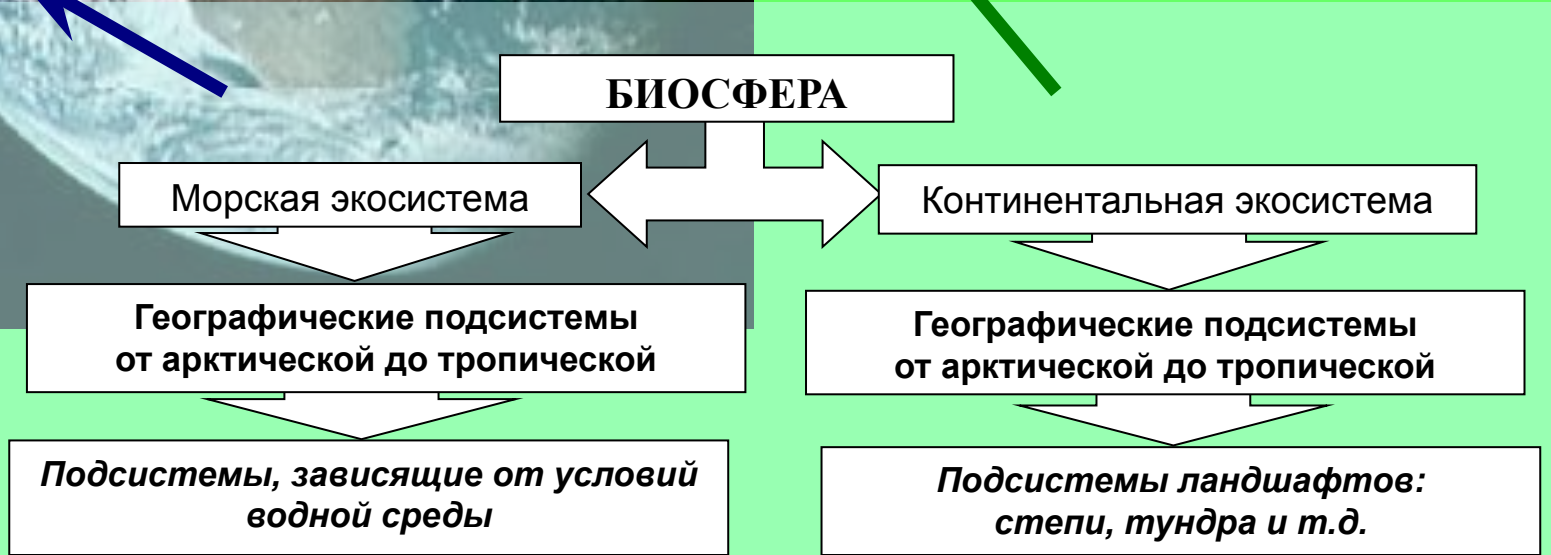
- жизнь (тайна ее возникновения до сих пор не разгадана);
- организм (термин относится к любому живому существу);
- биоразнообразиие (многообразие видов не случайно);
- экосистема (структурная единица, связывающая разные виды и среду их обитания);
- биосфера (самая крупная система, охватывающая все формы жизни планеты).

Следуя Вернадскому, можно выделить основные структурные единицы биосферы:

- организм,
- популяция – сообщество организмов одного вида, более или менее постоянно проживающих на одной территории,
- экосистема,
- биосфера.

# СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ

**Основная структурная единица биосферы -- экосистема,**  
*Это сообщество организмов разных видов, проживающих на одной территории и тесно связанных между собой и средой обитания.*



## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СРЕД ОБИТАНИЯ

1. Континентальная биосфера : O – 47%; Si – 29,5%; Al – 8%; Fe - 4,6%. В сумме это 92% массы. Если к этим элементам добавить Na – 2,5%, K – 2,5% и Mg – 1,9%, то получим 99% массы.
2. Атмосфера: 98,7% – N+O, 1,3% – Ar и 0,04% – CO<sub>2</sub>.
3. Мировой океан: 96,5% - H<sub>2</sub>O, около 3% - K + Na.

**Содержание важнейшего элемента любого организма углерода –  $2,3 \cdot 10^{-3}$  % в литосфере и 0,04% в атмосфере.**

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМОВ

В живых организмах обнаружено более 60 химических элементов. Главные: **O, C и H – в сумме 98,5% массы** (у микробов, составляющих 50% массы биоты).

Важны **N и P**. Их соотношение с углеродом **C:N:P = 106:16:1**.

Для многих организмов нужен Ca (позвоночные) или Si (радиолярии).

В микроколичествах в состав клеток входят многие элементы, играющие роль катализаторов.

*Следует подчеркнуть, что низкое содержание некоторых элементов (C, N и P) и воды лимитирует развитие жизни.*

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

1. Химический состав живого вещества в основных чертах сложился еще на этапе отбора химических элементов и соединений, необходимых для поддержания целостности метаболических процессов и передачи наследственной информации (А. И. Опарин и др.).

2. Последующая экспансия жизни, ее приспособление к различным геохимическим средам сопровождались нарастающей дифференциацией живого вещества.

3. Химические элементы, входящие в состав живых организмов, подчиняются тенденциям геохимических процессов – концентрации наиболее подвижных элементов (Ферсман). Биогенные элементы группируются в поле ионов наименьших энергетических показателей и наибольшей химической активности.

С точки зрения таблицы Менделеева, –стремятся к верхним периодам таблицы.

# ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВА

1. Отбор основных элементов (С, Н, О, N и Р) . Показано, что из случайной смеси С, Н, О, N, Р и их простейших соединений ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.) с большой вероятностью образуются аминокислоты, углеводы, нуклеотиды и другие соединения, которые способны вступать во взаимодействия, ведущие к образованию более сложных молекул. В конечном счете, это привело к образованию биополимеров, являющихся основой живых организмов.

2. Экспансия и адаптация жизни к разным геохимическим условиям сопровождались усложнением строения и увеличением разнообразия организмов, а также включением в их состав микроэлементов, которые играют роль катализаторов, но в состав биополимеров, как правило, не входят.

3. Формирование защитных и опорных органов (например,  $[\text{SiO}_4]^{-4}$ ,  $\text{Ca}^{+2}[\text{CO}_3]^{-2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}[\text{PO}_4]^{-3}$ ) привело к использованию элементов, способных образовывать устойчивые решетки с большими энергиями связи внутри нее.

4. Биохимические процессы могут влиять и на изотопный состав элементов. Так, при фотосинтезе происходит фракционирование изотопов углерода и отношение  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  в растениях меньше, чем в неживой природе.

## ВЫВОД

*«Химический состав не является одинаковым на всем лике Земли, но резко меняется как функция лито состава горных пород и климатических зон в разных частях биосферы» (Вернадский, 1965).*

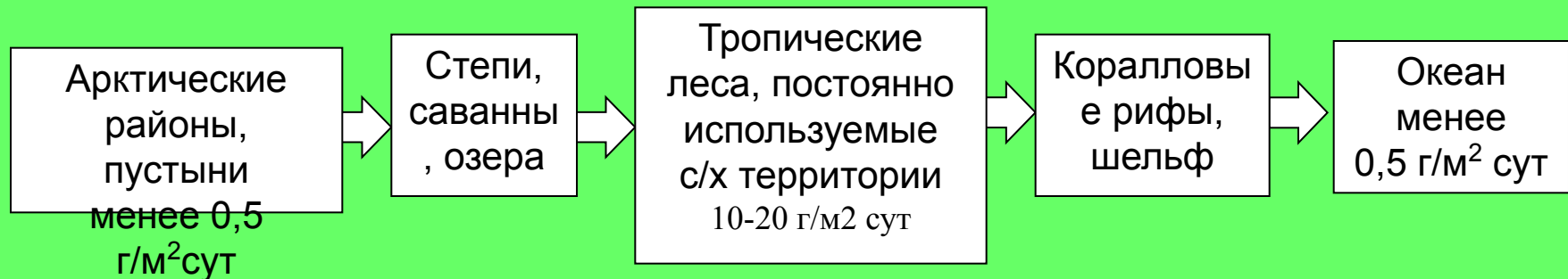
Морские организмы содержат больше элементов нечетного ряда, чем наземные. Это объясняется тем, что их содержание в морской воде выше, чем в почве. В морских водорослях содержание Na – 3300 мг/100 г сухого вещества, K – 5200. В наземных растениях Na – 120, K – 140 (Химический элементарный состав организмов моря, Виноградов, 1944).

Виноградовым показана и географическая изменчивость состава организмов. В теплых морях, воды которых насыщены углекислым газом, многие организмы отличаются способностью концентрировать карбонат кальция. С перемещением в холодные воды такие организмы встречаются реже, а главную роль в планктоне играют диатомовые водоросли с кремниевым скелетом и рачки с хитиновым покровом.



# ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ БИОСФЕРЫ

Один из факторов, определяющих влияние биосферы на глобальный круговорот вещества в геосферных оболочках, является производительность ее экосистем. Она связана количеством поступающей энергии Солнца. Тропики, составляя 5% территории суши, дают около 33% продукции биосферы.



Наиболее активная часть литосферы – почва. Здесь сосредоточена основная масса органического вещества континентальной биосферы

В гидросфере основная область жизни – шельф, особенно коралловые рифы. Продуктивность теплых вод открытого океана низка из-за невысокого биогенных веществ (N, P и др.).

## БИОСФЕРА - ЭТО СЛОЖНАЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

За рубежом распространена образная гипотеза, согласно которой Земля есть один огромный организм, регулирующий обстановку для оптимального развития жизни. Эта идея обычно приписывается Лавелоку (Lovelock, 1995).

Ранее гипотезу сформулировал С. Н. Виноградский в лекции для императорской семьи (1896 г):

*«...вся живая материя восстает перед нами как одно целое, как один огромный организм, заимствующий свои элементы из резервуара неорганической природы, целесообразно управляющий всеми процессами своего прогрессивного и регрессивного метаморфоза и, наконец, отдающий снова всё заимствованное назад мертвой природе».*

С другой точки зрения биосфера представляет сложную термодинамическую систему.

# БИОСФЕРА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОХОДА

**Особенности экосистем любого уровня.:  
сложная, адаптивная, неравновесная; открытая.**

**Сложная система** – состоит элементов, которые могут взаимодействовать друг с другом. В результате система приобретает свойства, которых нет у ее элементов.

**Адаптивная система** – автоматически устанавливает и поддерживает на определенном уровне те или иные показатели.

**Неравновесная система** – в ней происходит необратимое превращение энергии, а потому она может существовать, если получает энергию из вне.

Это следует из основных законов термодинамики:

- **закон сохранения энергии** – энергия может превращаться из одной формы в другую, но не может быть создана или уничтожена;
- **второй закон термодинамики** – при совершении работы энергия не может быть использована на все 100% и часть ее неизбежно превращается в тепло.

**Открытая система** - для нее характерен обмен веществом с окружающей средой.

## ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЕ – БРАУНА

Геологические процессы, в которых биота не участвует, а так же жизнедеятельность самих организмов влияют на внешние геосферы. Со временем изменения накапливаются и основные структурные элементы биосферы – экосистемы должны адаптироваться к этим изменениям

**Биота реагирует на изменения среды согласно принципу Ле Шателье – Брауна:**

*Внешнее воздействие, выводящее систему из термодинамического равновесия, вызывает в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия.*

**Следствие:**

*Если система не может скомпенсировать влияние внешнего воздействия, то она либо разрушается, либо переходит в новое устойчивое состояние.*

# ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ, КАК СЛЕДСТВИЕ ПРИНЦИПА ЛЕ-ШАТЕЛЬЕ-БРАУНА

Эволюция есть реакция биоты на изменение физико-химических условий в атмосфере, гидросфере и литосфере, в результате которой она приспосабливается к новым условиям.



Изменение геохимической обстановки за время существования биосферы

В истории Земли неоднократно происходили резкие изменения доминирующих форм жизни в результате смены внешних по отношению к биоте факторов – среды обитания.

# ЭВОЛЮЦИОННАЯ СВЯЗЬ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ И ДОМИНИРУЮЩИХ ФОРМ ЖИЗНИ НА ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

**Этап безжизненной Земли (азой)** – господство *гидридной формы водорода (H)*. Свободный кислород в атмосфере отсутствует. Идут процессы, подготовившие условия для возникновения жизни - появляются скопления аминокислот, формальдегида, воды и пр.

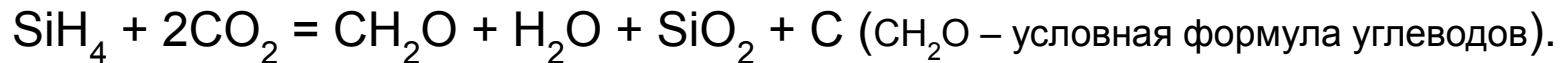
- Образуется вода и свободный азот



- Образуются амины, необходимые для синтеза белков



- Образуются первые органические соединения



**Эра зарождения жизни (эозой)** – время аминного водорода ( $\text{NH}_2$ ). По мере накопления аминокислот, формальдегида, воды начинают образовываться устойчивые органические макромолекулы, способные к усложнению и воспроизводству. Появляются гетеротрофы – простейшие организмы, которые используют накопленное ранее органическое вещество.

**Эра древней жизни (археозой)** – восстановительная обстановка сохраняется. Эпоха простейших организмов прокариот, которые не имеют ядра.

Эволюция биосферы отражает и глобальные процессы литогенеза. С археозоя до рифея (~1 млрд. лет) идет осаждение Fe и Si из морских вод и формирование джеспилитов (железистых кварцитов). Это эпоха господства железобактерий, которые могли синтезировать глюкозу по схеме



Постепенно запасы органики в биосфере сокращаются. Появляются и начинают доминировать автотрофы, освоившие хемо- и фотосинтез.

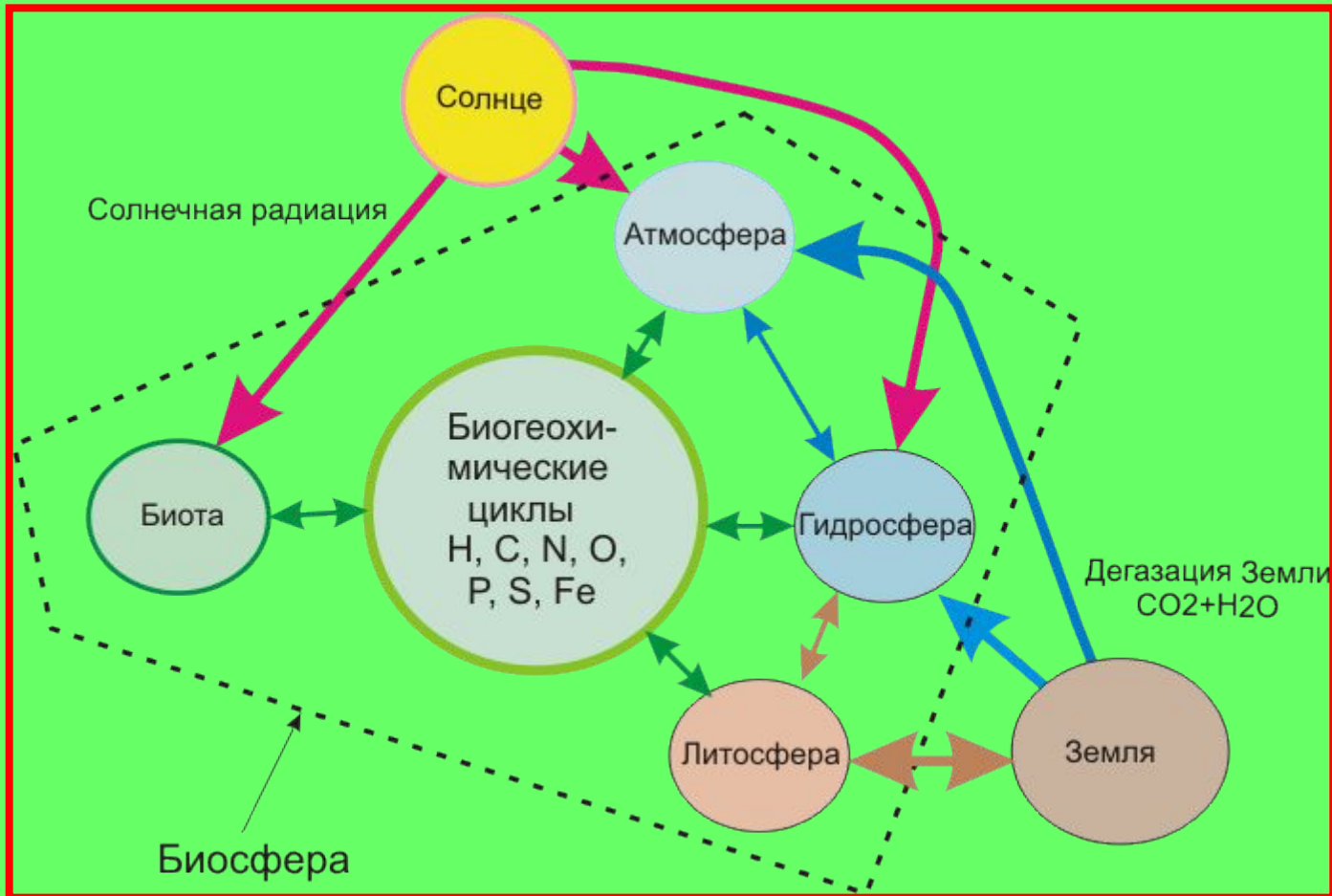
### **Эра ранней жизни (протерозой).**

- Исчезает свободный водород.
- Снижается содержание углекислого газа в атмосфере.
- В атмосфере растет концентрация кислорода.

Последнее является предпосылкой для возникновения эукариотов с более интенсивным обменом веществ. Простейшие вытесняются в экологические ниши с экстремальными условиями.

**Эра современной жизни (фанерозой).** Накопление кислорода в атмосфере приводит к образованию озонового слоя в атмосфере, который экранирует поверхность Земли от ультрафиолетового излучения, губительного для многих организмов. Появляются растения и жизнь выходит на сушу.

# ВЗАИМОСВЯЗИ БИОТЫ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ



Биота получает из геосфер необходимые вещества и депонирует в геосферы продукты своей жизнедеятельности.

Миграция химических элементов в биосфере, так называемые биогеохимические циклы, связывают биоту и геосферы Земли в единое целое.



# СКОРОСТЬ КРУГОВОРОТА ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ

В какой степени концентрация важнейших для биоты веществ зависит от сбалансированности биогеохимических циклов и геохимических процессов Земли?

Здесь уместно привести слова Осорио де Альмейра, главы делегации Бразилии на Генеральной Ассамблее ООН, посвященной окружающей среде, в 1968 г:

*«Слушая эти ужасные пророчества, разумно задать вопрос: Сколь велика их вероятность и как скоро все это может произойти? ...если речь идет о ближайшем десятилетии, необходимо предпринимать какие-либо действия. Если же, однако, мы имеем сто лет, то у нас есть время расширить и углубить наши знания, а значит, сократить риск возможных ошибок при решении данной проблемы. Если же это сотни тысяч или миллионы лет, то давайте забудем об этом».*

Ответ вопрос дает анализ скорости круговорота веществ в биосфере. Биогенное вещество обновляется в среднем за 8 лет. В атмосфере смена  $\text{CO}_2$ , связанная с деятельностью биоты, происходит за время около 10 лет, кислорода – более 100 лет, вод в гидросфере за период около 3000 лет, а время, необходимое для фотосинтетического разложения всей массы воды, исчисляется 5–6 млн. лет.

**Следствие:**

*Приемлемые для биоты характеристики окружающей среды могут сохраняться только при условии сбалансированных биогеохимических циклов и прежде всего цикла углерода.*