

**Живое вещество:  
биогеохимические принципы и  
биогеохимические функции**

Основы биогеохимии

Д.Ю. Шишкина

Лекция 3

# Биогеохимические принципы живого вещества

(1)

Живое вещество обладает высокой функциональной активностью, связанной с его способностью к размножению, количественному росту. Это свойство Вернадский назвал «напором жизни» и в 1928-31 гг. выделил биогеохимические функции живого вещества. В планетном масштабе они определяют основные химические проявления жизни и являются основными химическими реакциями живого вещества. Биогеохимические функции живого вещества в биосфере развиваются в соответствии с тремя биологическими принципами.

- 1. Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному проявлению.** Жизнь стремится заполнить в максимальном объеме любое пригодное для неё пространство. Принцип обусловлен способностью живого вещества неограниченно размножаться в оптимальных условиях. Одно из проявлений геологической активности живого вещества – скорость размножения организмов.

# Биогеохимические принципы живого вещества

## (2)

2. **Эволюция видов идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов в ней.** Вторая формулировка: «При эволюции видов выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают биогенную геохимическую энергию».

Преимущества в ходе эволюции получают те организмы, которые приобрели способность усваивать новые формы энергии или «научились» полнее использовать химическую энергию, запасенную в других организмах.

Образовались ферменты, роль которых заключается в резком увеличении скоростей реакций.

Зольность растений возрастает от представителей древних таксонов к более молодым.

У высших растений от примитивных видов к цветковым происходит интенсификация смен органов в ходе индивидуального развития организма. У древних древовидных плаунов - лепидодендронов - смене была подвержена только часть листьев. У папоротникообразных опадают также только листья, но больше в единицу времени. У наиболее примитивных голосеменных — саговников - сменам также подвержены только листья, без оснований. У хвойных периодически сменяются ветви и кора. У цветковых идет переход от многолетних форм (деревья и кустарники) к однолетним (травы). Эти переходы усиливают биогенную миграцию атомов в биосфере.

# Биогеохимические принципы живого вещества (3)

**3. В течение всего геологического времени заселение планеты должно быть максимально возможным для всего живого вещества, которое существовало в тот или иной момент. Принцип связан с «давлением» жизни. Этот фактор обеспечивает безостановочный захват живым веществом любой территории, где возможно нормальное функционирование живых организмов.**

Живое вещество, достигшее качественно новой высшей формы развития – формы человеческого общества, получило возможность существования на всем пространстве земной поверхности.

# Биогеохимические функции живого вещества

Газовые

Концентрац  
ионные

Окислительно-

восстановитель

ные

Биохимиче

ские

Биогеохимическ

ие функции

человека

# Газовые функции (1)

1. **Кислородно-углекислотная.** Создается подавляющая масса свободного кислорода на планете. Носителями этой функции являются хлорофилльные зеленые организмы. Выделение кислорода идет только при освещении зеленого вещества солнечными лучами, ночью этот процесс прекращается. На смену ему приходит процесс образования угольной кислоты, которую зеленые растения выделяют при дыхании.
2. **Углекислотная** (независимая от кислородной). Создается биогенная угольная кислота в результате дыхания животных, жизнедеятельности грибов, бактерий. Эти 2 функции являются стадиями единого биогеохимического цикла углерода.
3. **Озонная.** Генетически связана с жизнью, т.к. озон – продукт жизни (через кислород, идущий на его образование). Биогенный кислород, переходя в озон, предохраняет жизнь от действия у/ф излучения.
4. **Азотная.** Свободный азот тропосферы создается живым веществом почвы.

## Газовые функции (2)

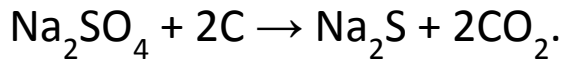
**5. Углеводородная.** Тысячи биогенных газов – углеводородов – создаются живым веществом. Все запахи биосферы. В хвойных лесах в солнечные дни количество углеводородов в воздухе достигает нескольких % по весу. Роль этих газов в биосфере чрезвычайно велика, но мало изучена. В небольших примесях к тропосфере они уменьшают тепловое лучеиспускание планеты в космическое пространство и охраняют растения от ночного теплоизлучения.

**6. Водная.** Биогенный круговорот воды. Состояние растительного покрова закономерно связано с влажностью воздуха, содержанием воды в почве и подпочве. Растения поглощают воду из почвы и подпочвы, понижают уровень грунтовых вод и играют основную роль в круговороте воды на нашей планете. Например, 1 га пшеницы испаряет за период развития 3 750 т воды; у вечнозеленых растений, транспирирующих круглый год, расход воды на транспирацию составляет 4-6 тыс. т с 1 га.

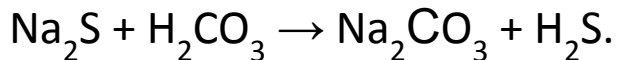
Транспирация (испарение) воды растениями – это только одна стадия биогеохимического цикла воды в биосфере. Расходуемая на фотосинтез вода из гидросферы вновь поступает в нее в процессах транспирации, дыхания и аэробного окисления.

## Газовые функции (3)

7. **Сероводородная и сульфидная функции.** Окислительно-восстановительная система сульфаты ↔ сульфиды играет большую роль во всех почвах, особенно в условиях щелочной и нейтральной реакции среды. В присутствии органического вещества и при недостатке кислорода система сульфаты ↔ сульфиды при участии микроорганизмов резко сдвигается в сторону сульфидов; развивается процесс восстановления сульфатов до сернистых металлов. Эта реакция протекает в интервале ОВП от +100 до (-100) мВ:



Под действием уголекислоты сернистые металлы разлагаются, образуя бикарбонаты и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов:



Образующийся сероводород уходит в атмосферу, развивается процесс десульфирования или десульфации почвенного раствора, подземных вод, сопровождающийся постепенным исчезновением серноокислых солей и подщелачиванием раствора. Процессы десульфирования наблюдаются в хлоридно-сульфатных солончаках, соляных грязях, торфяных болотах; в донных отложениях застойных водоемов, на полях орошаемого риса при их длительном затоплении стоячей водой.



## Газовые функции (4)

Доступ кислорода и снижение уровня грунтовых вод в период просыхания переувлажненных почв вызывают сдвиг окислительно-восстановительной системы в обратном направлении. Интенсивно развиваются окислительные процессы. В результате в почвах и грунтах образуются соединения серы, окисляемые в дальнейшем до серной кислоты и сульфатов. Часть серы из системы утрачивается в виде сероводорода, поэтому полной обратимости реакции окисления-восстановления нет.

Биогенное образование сероводорода является важнейшим звеном биогеохимического цикла серы в биосфере. Превращение органической серы животными и бактериями в конечный продукт – сероводород – и восстановление минеральной серы бактериями в сероводород – 2 стадии сероводородной функции живых организмов.

# Концентрационные функции

Способность живых организмов накапливать химические элементы. Химические элементы избирательно поглощаются живыми организмами. Это приводит к резко выраженной аккумуляции химических элементов в осадочных породах и в гумусовых горизонтах почв. Скопление в осадочных толщах углей, горючих сланцев, фосфоритов, известняков начало проявляться лишь тогда, когда жизнь на Земле достигла высокого уровня развития.

**Концентрационные функции I рода** – живым веществом из окружающей среды захватываются те химические элементы, соединения которых встречаются в теле всех без исключения живых организмов (H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe) – всего 14 элементов.

**Концентрационные функции II рода** – наблюдается концентрация определенных химических элементов, которые могут в других живых организмах не встречаться или находиться в малых количествах. Например, водоросли-ламинарии накапливают I до 1%, т.е. в количествах, в миллион раз превосходящих содержание этого элемента в окружающей среде.

# Окислительно-восстановительные

**Окислительная** – окисляются более бедные кислородом соединения (в почве, коре выветривания, гидросфере): соли, закиси Fe, Mn, нитриты,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ . Окислительная функция выполняется бактериями, преимущественно гетеротрофами.

**Восстановительная** – выражена для сульфатов при переходе их в  $\text{H}_2\text{S}$ , FeS,  $\text{FeS}_2$ . Выполняется специфическими бактериями и грибами, обуславливающими развитие реакций десульфирования, денитрификации, с образованием сероводорода, окислов азота, сернистых металлов, метана, водорода.

Ряд окислительно-восстановительных пар

$\text{Fe}^{+3} - \text{Fe}^{+2}$	$\text{NO}_3 - \text{NO}_2 - \text{NH}_3$	$\text{Mn}^{+2} - \text{Mn}^{+3} - \text{Mn}^{+4}$
$\text{CO}_2 - \text{CH}_4$	$\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{S}$	$\text{Cu}^+ - \text{Cu}^{+2}$

Во многих случаях переход ионов в низковалентные формы способствует повышению их геохимической подвижности. Так, 2-валентные формы ионов железа и марганца более подвижны, чем высоковалентные. Низковалентные соединения азота и серы отличаются летучестью. Однако для урана, ванадия, молибдена, хрома наиболее растворимыми и геохимически подвижными являются высоковалентные окисленные формы. Это приводит к существенным различиям в почвенной и геохимической истории элементов, влияет на их дифференциацию во времени и пространстве.

# Биохимические функции

Эта группа функций резко отличается от остальных тем, что центр её действия находится не во внешней среде, а внутри организмов и тесно связан с биохимическими процессами построения организма и смерти.

**I биохимическая** – связана с питанием, дыханием, размножением организмов.

**II биохимическая** – связана с постмортальным разрушением тел живых организмов. При этом происходит ряд биохимических превращений: живое тело – биокосное – косное.

# Биогеохимические функции человека

Связаны с биогенной миграцией атомов, многократно усиливающейся под влиянием деятельности человека.

В.И. Вернадский: «Биогеохимическая функция человека является новой геологической силой, которая никогда не существовала на нашей планете в таком размере».

Наиболее важные группы:

газовые, водные, пылевые, нефтяные, тяжело-металлические, хлор-углеводородные и легко летучие органические.

Антропогенное поступление веществ в биосферу, связанное с этими функциями человека, составляет от долей % до сотен % от природного их поступления. Отличительная особенность многих биогеохимических функций человека – их чужеродность биосфере, поэтому с ними связана нецикличность антропогенных веществ, которая проявляется как их неразлагаемость, синергизм, токсичность и, в конечном счете, подавление естественных биогеохимических функций живого вещества.

# Современные взгляды на биогеохимические функции

- 1. Средообразующая:** преобразование физико-химических параметров среды в результате процессов жизнедеятельности. Наиболее очевидное проявление – механическое воздействие. Многоклеточные животные, строя свои норы в грунте, сильно изменяют его свойства (при рыхлении червями объем воздуха увеличивается в 2,5 раза). Изменяют механические свойства почвы и корни высших растений, скрепляя и предохраняя почву от эрозии.
- 2. Транспортная.** Неживое вещество в биосфере перемещается под действием силы тяжести, сверху вниз. Живое вещество определяет обратное движение снизу вверх, против уклона местности, из океана на сушу и т.д. Растения перемещают растворы из подземных органов в надземные. Главную роль в горизонтальном перемещении веществ играют птицы, крылатые насекомые, также стаи морских рыб, поднимающиеся на нерест вверх по рекам.