

# Биологический круговорот

Учение о биосфере

Д.Ю.Шишкина

Тема 5

# Общее понятие

**Биологический круговорот веществ** - совокупность процессов поступления химических элементов из почвы и атмосферы в живые организмы; биохимического синтеза новых сложных соединений и возвращения элементов в почву и атмосферу с ежегодным опадом части органического вещества.

Атомы химических элементов испытывают постоянные превращения, состоящие в образовании кристаллических решеток первичных минералов, их последующем разрушении с высвобождением химических элементов и образовании из них новых соединений типа вторичных минералов и различных органоминеральных комплексных соединений. При высвобождении из кристаллических решеток минералов химические элементы переносятся в пространстве, т.е. мигрируют.

Биологический круговорот веществ не является полностью компенсированным замкнутым циклом. Часть веществ постоянно из него изымается и захороняется в толще осадочных пород в виде известняков, гумуса, торфа и др.

Поэтому символом биологического круговорота является не круг, а циклоида, и правильнее говорить не о биологическом круговороте, а о биогеохимическом цикле (БГХЦ).

# Биологические и абиогенные циклы веществ

Биологические циклы обусловлены во всех звеньях жизнедеятельностью организмов (питание, пищевые связи, размножение, рост, передвижение метаболитов, смерть, разложение, минерализация).

Абиогенные циклы сложились на планете намного раньше биогенных. Они включают весь комплекс геологических, геохимических, гидрологических, атмосферных процессов.

В добиогенный период планеты в геологических, гидрологических, геохимических, атмосферных круговоротах определяющая роль принадлежала водной и воздушной миграции и аккумуляции. В условиях развитой биосферы круговорот веществ направляется совместным действием биологических, геологических и геохимических факторов.

Ненарушенные биогеохимические циклы имеют почти замкнутый характер. Степень повторяющегося воспроизводства циклов 90-98%.

# Основные показатели биогеохимического круговорота: биомасса

**Биомасса** (фитомасса) – количество живого вещества, накопленного к данному моменту времени биогеоценозом, на единицу площади (кг/га, т/га, т/км<sup>2</sup>). Этот критерий учитывает только живое вещество (растения, почвенная фауна, микроорганизмы). Отмершие растения учитываются отдельно в виде опада, лесных подстилок и степного войлока.

**Опад** - ежегодно отмирающая фитомасса.

**Отпад** – только стволовой опад древесного яруса.

**Подстилка** – масса многолетних отложений растительных остатков разной степени минерализации.

**Структура биомассы** – состав и количественные соотношения всех компонентов биомассы. Позволяет оценить долю участия различных компонентов биоценоза в накоплении биомассы. Обычно учитывается соотношение между надземной и подземной частями растений, иногда – между однолетними и многолетними травянистыми растениями; древесными и кустарниковыми; древесными и травянистыми растениями; между различными вертикальными ярусами растительной ассоциации.

# Основные показатели биогеохимического круговорота: продукция

**Прирост** или продукция фитоценоза – масса организма или сообщества организмов, накопленная на единице площади за единицу времени.

**Первичная** продукция – масса живого вещества, создаваемая зелеными растениями автотрофами на единице площади за единицу времени.

**Вторичная** продукция – масса живого вещества, создаваемая растениями гетеротрофами.

**Фактическая** продукция – количество органического вещества, созданного за биогеохимический цикл (суточный, годичный, вековой), за вычетом опада.

# Основные показатели биогеохимического круговорота

**Отношение массы подстилки к массе годового опада** – характеризует интенсивность разложения опада и длительность сохранения подстилки в условиях данного биогеоценоза. Наибольшее значение этого показателя характерно для условий, при которых процессы разложения и минерализации опада наиболее замедлены. При этом накапливаются органические остатки и на поверхности почв формируются лесные подстилки и даже торфянистые горизонты. Это проявляется в таежных районах, особенно в переувлажненных ландшафтах, где идет заболачивание и образуются торфянистые почвы. В условиях высоких температур и оптимального увлажнения происходит быстрое разложение и минерализация опада. При таких условиях значение показателя близко к 1, подстилка не формируется. Характерно для степей и пустынь.

**Емкость биологического круговорота** выражается количеством химических элементов, находящихся в составе биомассы сформировавшегося зрелого биогеоценоза. Теоретически это количество равно биомассе. Выражается в единицах массы на единицу площади. Наибольшая для лесных ассоциаций и наименьшая для тундровых.

# Основные показатели биогеохимического круговорота: зольность

Сумма всех зольных элементов называется **зольностью** растения или всей биомассы. Выражается в % на сухое вещество.

К зольным элементам относятся все нелетучие химические элементы. Обычно учитывают в основном макроэлементы: Si, Ca, Mg, Na, S, P, Fe, Al, а иногда и микроэлементы. Азот и углерод не входят в состав зольных элементов, т.к. при сжигании органических веществ они улетучиваются и не обнаруживаются в золе.

Наибольшей зольностью обладают галофиты (20-45%), у трав 5-19, у деревьев 5-10%. Содержание отдельных химических элементов, входящих в состав золы, также выражается в % и обычно рассчитывается или на общую зольность растения, или на его сухую массу.

Зольность растений, выраженная в %, указывает на долю участия зольных элементов в создании органического вещества.

# Полный цикл биологического круговорота элементов складывается из следующих составляющих

1. Поглощение ассимилирующей поверхностью растений из атмосферы углерода, а корневыми системами из почвы – азота, зольных элементов и воды, закрепление их в телах растительных организмов, поступление в почву с отмершими растениями или их частями, разложение опада и высвобождение заключенных в них элементов.
2. Отчуждение частей растений питающимися ими животными, превращение их в тела животных в новые органические соединения и закрепление части из них в животных организмах, последующее поступление их в почву с экскрементами растений или с их трупами, разложение и тех и других и высвобождение заключенных в них элементов.
3. Газообмен между ассимилирующей поверхностью растений и атмосферой, между корневой системой и почвенным воздухом.
4. Прижизненные выделения надземными органами растений и в особенности корневыми системами некоторых элементов непосредственно в почву.



# Биогеохимические циклы

Выделяется 3 уровня биогеохимических циклов, которые позволяют выявить роль и долю участия различных организмов в круговороте химических элементов:

1. на уровне микробных популяций;
2. на уровне низших беспозвоночных организмов почв и водоемов;
3. в лесных и травянистых биогеоценозах.
  1. Значение микробных популяций состоит в той работе, которую они производят по превращению органических остатков (минерализация). Кроме этого, известны микроорганизмы, которые специализируются на превращениях N, Fe, Mn, S и т.обр., принимают участие в их круговороте. Отмирая, микроорганизмы высвобождают 6-7% от своей массы различных зольных элементов, которые вступают в новые циклы круговорота.
  2. Запасы зоомассы в почвах и водоемах до сих пор точно не учтены, поэтому пока нельзя судить о доли участия их в биогеохимических циклах круговорота элементов. Хорошо известна роль беспозвоночных организмов в переработке органических остатков в почвах и трансформации химических элементов в водоёмах. Эти организмы способствуют аккумуляции гумуса в почвах и влияют на состав почвенного воздуха.

# Биогеохимический цикл в лесных биогеоценозах

В таежных биогеоценозах основная часть биомассы сосредоточена в надземных органах – 30-50 т/га, а в тропиках 150-170 т/га. Соотношение надземной части древостоя к подземной 3:1, 4:1. Среди надземной части на долю зеленых органов (листья, хвоя) приходится в молодых насаждениях около 50, а в зрелых – около 10%. Отношение массы подстилки к массе зеленой части опада равно 10-15 вследствие медленного разложения и минерализации органических остатков.

Масса подстилки в хвойных лесах 20-70 т/га. Она содержит 1-3,6 т/га зольных элементов и 0,5-0,8 азота. В широколиственных лесах масса подстилок значительно меньше (2-20 т/га), но они содержат столько же зольных элементов.

Древесная растительность активно участвует в почвообразовании. Под покровом леса формируются различные типы почв: подзолистые, серые лесные, буроземы, красноземы и др. Все они являются кислыми. Эти почвы выщелочены, отличаются отрицательным балансом веществ. В составе гумуса лесных почв преобладают фульвокислоты. Особое место занимают ксерофитные леса средиземноморского климата, где формируются нейтральные и карбонатные почвы.

# Биогеохимический цикл в травянистых биогеоценозах

Надземный запас фитомассы луговых степей и прерий равен всего 7-8 т/га. На долю корней в травянистых биогеоценозах приходится 4-7 т/га (65-95%). У однолетних травянистых растений ежегодно возвращается 100% надземной фитомассы, у многолетних 45-60%. Корневые системы обновляются через 2-3 года, а ежегодно отмирает 40-50% корней, которые становятся сырьем для микробного разложения. Отношение массы подстилки к массе зеленой части опада близко к 1. Таким образом, биогеохимический цикл в травянистых биогеоценозах оказывается значительно короче, чем в лесных. При этом в биологический круговорот вовлекается столько же элементов, сколько и в лесных.

Под травянистой растительностью формируются черноземы, каштановые почвы, лугово-черноземные, луговые и др. Для всех этих почв характерны высокая скорость гумусообразования, нейтральная реакция среды, насыщенность почв, преобладание гуминовых кислот в составе гумуса.