

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

## **БИОГЕОХИМИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ**

Учебное пособие для вузов

Составитель  
Н. А. Протасова

Издательско-полиграфический центр  
Воронежского государственного университета  
2012

## Содержание

Введение.....	4
1. Компоненты и функции биосферы.....	4
2. Живое вещество в биосфере и почвах .....	7
3. Углерод в биосфере и почвах .....	7
4. Биогеохимия азота в почвах и ландшафтах суши .....	10
5. Особенности миграции продуктов выветривания и почвообразования ...	11
6. Миграция и аккумуляция соединений кремнезема в почвах .....	17
7. Миграция и аккумуляция соединений железа, марганца и алюминия в почвах.....	18
8. Миграция и аккумуляция фосфатов в почвах .....	20
9. Миграция и аккумуляция микроэлементов в почвах .....	21
10. Биогеохимия химических элементов в зональных почвах Центрального Черноземья.....	24
10.1. Геохимия макро- и микроэлементов в горных и почвообразующих породах региона .....	24
10.2. Биогеохимия макро- и микроэлементов в почвах региона.....	26
Список литературы .....	31

Первичным и наиболее активным структурным компонентом, составляющим биосферу, являются экологические системы (биогеоценозы).

Экосистемы – это совокупность локальных устойчивых популяций растений и животных, обитающих в условиях однородного местного рельефа, почв, микроклимата, связанных между собой общим потоком космической энергии, пищевыми цепями и общей историей происхождения (Ковда, 1985). Благодаря этому в природных ненарушенных экосистемах складывается биогеохимический круговорот и последовательность многократного повторного вовлечения в ткани живого вещества главных биофильных элементов и соединений: энергия, вода, органическое вещество, углекислота, кислород, азот, фосфор, сера, кальций, калий и т.д. Пищевые цепи обеспечивают длительное удержание внутри экосистем энергии, связанной фотосинтезом, и резерва биофильных элементов, необходимых для нового поколения живого вещества. На этой основе слагаются главные звенья биогеохимического круговорота суши.

Биогеоценозы (экосистемы), сложившиеся в процессе длительной эволюции, становятся весьма сложенными (интегрированными), устойчивыми образованиями, способными путем саморегулирования противостоять как изменениям в среде, так и изменениям в численности компонентов экосистемы. Это положение распространяется и на сложные экосистемы, охватывающие ландшафты, природные зоны, а также и на биосферу в целом.

Но есть пределы этой устойчивости и саморегулирования. Если изменения в среде (почва, климат, тектоника, грунтовые воды) выходят за пределы периодических колебаний, к которым приспособлены организмы, то сложность экосистемы необратимо нарушается. Часть связанной энергии и биофильных элементов, которая при эрозионном или промывном режиме местности была вырвана из экосистемы, поступает в биогеохимический цикл вещества ландшафта, бассейна, континента, мигрируя с водными или воздушными массами. Миграция веществ в горизонтальном направлении (водная или воздушная) является важнейшим звеном самоуправления биосферы условиями жизни и элементами питания организмов.

Жизнь, живое вещество, биосфера, используя непрерывность поступления космической энергии развивались по принципу «самоуправляемого расширенного воспроизводства» биомассы, численности организмов, их разнообразия и растущей сложности. Биосфера и ее структурные компоненты накопили за время существования автотрофных организмов огромные запасы энергии в виде ископаемых горючих сланцев, торфов, гумуса почв и органических остатков, живого вещества (Ковда, 1985).

Таким образом, за время биогенной истории планеты сложился современный состав атмосферы и гидросферы; возник защитный озоновый экран, сформировались оболочка осадочных пород, почвенный покров суши и мелководий.

## 2. Живое вещество в биосфере и почвах

Регулярный фотосинтез, образование и отмирание растительной, животной и микробной биомассы выполняют в биосфере колоссальную биогеохимическую и механическую работу, поддерживая локальные и глобальные круговороты веществ, процессы механического и геохимического транспорта, дифференциации, новообразования и аккумуляции биогенных элементов и их соединений.

По данным А. П. Виноградова (1957), наибольшая доля в составе живого вещества приходится на кислород и водород (~ 80 %), содержание С, N<sub>2</sub>, Са колеблется от 1 до 10 %; S, P, К – 0,1–1 %; Fe, Na, Mg, Al – 0,1–0,01 %. Микроэлементы в живом веществе представлены ничтожно малыми величинами: Zn, Mn, Cu – 0,01–0,001 %; As, F, Pb, Cr – 0,001–0,0001 %; Co, Ba – 0,0001–0,00001 %; Hg, U, Ra < 0,00001 %.

Растения аккумулируют в своей биомассе в десятки раз больше, чем в земной коре, С и Н<sub>2</sub>; в несколько раз больше N<sub>2</sub>; на десятки процентов O<sub>2</sub>. Это связано с тем, что фитомасса состоит прежде всего из воды и органических соединений С и N<sub>2</sub>. В биомассе животных также господствуют С, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, но заметная доля принадлежит Р, S – компонентам белка.

Вся совокупность процессов потребления, деструкции и минерализации растительной биомассы живыми организмами столь же обязательна и необходима в природе, как и создание фитобиомассы. Для самоуправления и самовоспроизводства экосистемам, как и всей биосфере, необходимо почти полное рециклирование всех биофилов и, наоборот, «выбрасывание ненужных» токсических соединений. Только сочетание процессов синтеза, хранения, использования и минерализации биомассы обеспечивает локальные и глобальные биогеохимические циклы вещества и потоки энергии на Земле, сохраняет сложившуюся систему биосферы и связанных с нею организмов.

Таким образом, живое вещество экосистем было и остается главным механизмом функционирования биосферы и поддержания почвенного плодородия. Живое вещество – это высокоорганизованная система соединений углерода, кислорода, водорода и азота – углеводов и белков (Ковда, 1985).

## 3. Углерод в биосфере и почвах

Согласно данным А. А. Нечипоровича (1972) и П. Дювиньо (1974), продуцентом кислорода в биосфере и основным потребителем углекислоты является фотосинтез, а хранителем углерода – живая биомасса, органическое вещество, известковые осадочные породы, горючие ископаемые и каустобиолиты, гумусовая оболочка почв суши и мелководий. Соединения углерода составляют основу жизнедеятельности автотрофных организмов,

обладающих способностью накапливать и преобразовывать солнечную энергию в энергию органических веществ, что позволяет фиксировать азот и обеспечивать рост, питание, воспроизводство биомассы растений, травоядных, хищников и низших в пищевых цепях экосистем.

Коэффициенты концентраций углерода в живом веществе и почвах по сравнению с литосферой выражаются величинами соответственно 180–900 и 20–150. Но углерод обладает и наибольшей технофильностью, так как входит в состав угля, нефти, газов, стройматериалов, органического сырья, пищи, фуража, многих препаратов. Общее количество углерода, поступившего из мантии в атмосферу и литосферу за время существования Земли, измеряется порядком величин  $n \cdot 10^{16}$  т.

Поступления  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$  в атмосферу из верхней мантии продолжаются и поныне в форме фумарол и при излиянии лавы из кратеров вулканов, а также в областях тектонических разрывов земной коры (Ковда, 1985).

В распределении соединений углерода наибольшую роль сыграли два основных биогеохимических процесса: углекислотное выветривание магматических пород с образованием карбонатов металлов, развитие жизни, образование и захоронение масс органического вещества на планете.

Процесс углекислотного выветривания изверженных пород на Земле происходил параллельно образованию и миграции водных масс и в соответствии с содержанием углекислоты в воздухе и в воде. Полевые шпаты и другие алюмосиликаты при выветривании давали массы каолинита и гидрослюд и в растворе углекислые соли кальция, натрия, магния. В результате в осадочных толщах земной коры накапливались колоссальные массы доломитов, известняков и других карбонатов.

Образование карбонатов щелочей и щелочных земель происходило и происходит в результате обменных реакций, возникающих в грунтах и почвах между поглощенными катионами и водородом угольной кислоты при восходящих или нисходящих движениях растворов.

Процесс образования карбонатов различных металлов связал огромные количества углекислоты атмосферы и перевел их путем подземного и речного стока в осадки донных отложений, толщи известняков и доломитов. Важнейшим этапом в биогеохимическом круговороте и миграции соединений углерода было возникновение фотосинтеза и развитие флоры и фауны в океане, в прибрежных мелководьях и затем наиболее пышно – на суше.

Образование масс живого и мертвого органического вещества проходило в условиях древнего гидроморфного почвообразовательного процесса в аккумулятивных ландшафтах. Образование и захоронение в литосфере органического вещества (угли, нефть, асфальты, сланцы, сапропель, газовые месторождения) было вторым процессом выключения углерода из атмосфе-