

Лекция 10

Геохимия почв

1. Эколого-геохимическое значение почвы

Ранее мы с вами пришли к выводу, что педосфера или почва является, по сути, самым верхним деятельным слоем элювия, в котором самым активным химическим преобразователем породного субстрата является живое вещество. Поэтому почва является биокосной геоэкологической системой и химизм ее обусловлен вот таким двойственным ее происхождением.

Состав почвы весьма сложен. В ней имеется не только твердая фаза, но также жидкая (почвенный раствор) и газовая (почвенный воздух). Твердая фаза представляет собой полидисперсную систему, в которой присутствуют относительно крупные обломки размером более 0,01 мм и высокодисперсные частицы размером менее 1 мкм. Минеральная часть очень разнородна и помимо обломков минералов исходных горных пород представлена также различными аутигенными почвенно-гипергенными новообразованиями. Кроме того, почва состоит не только из минеральных, но и из органических соединений.

Обеспечение фотосинтезирующих организмов элементами почвенного питания связано с двумя важнейшими компонентами почвы. Первым из них является **мертвое органическое вещество**, из которого в результате жизнедеятельности мезофауны и микроорганизмов постепенно выделяются элементы, аккумулированные фотосинтетиками и необходимые для их воспроизводства. Благодаря взаимодействию фотосинтетиков и гетеротрофных организмов происходит циклическая миграция элементов в системе растительность – органическая часть почвы.

Второй компонент почвы, являющийся источником доступных форм химических элементов **тонкодисперсные минеральные частицы**. Для высших растений ценность дисперсных минеральных частиц в том, что они благодаря огромной поверхности в единице объема содержат значительное количество сорбированных химических элементов. Эти элементы не могут вымываться фильтрующимися через почву атмосферными осадками, но легко поглощаются корнями растений. Высокодисперсное минеральное вещество играет существенную роль в механизме биологического круговорота элементов.

Экологическое значение почвы в том, что она сложилась как оптимальный природный механизм обеспечения жизнедеятельности фотосинтезирующих растений, создающих основу функционирования биоценозов – первичное органическое вещество. В дальнейшем благодаря разнообразным взаимосвязанным биогеохимическим процессам в почве стало осуществляться взаимодействие всех факторов и компонентов, образующих конкретную биогеосистему (ландшафт). Это взаимодействие происходит путем непрерывной циклической миграции масс химических элементов.

Распространившись на всю поверхность Мировой суши, почва превратилась в педосферу и приобрела значение главного звена и регулятора глобальных циклических процессов массообмена химических элементов. Педосфера в равной мере связана массообменом элементов с земной корой, живым веществом и атмосферой. В педосфере происходит мобилизация химических элементов, вовлекаемых в водную миграцию и затем выносимых в океан. В педосфере начинается и заканчивается грандиозный кругооборот химических элементов: педосфера – растительность Мировой суши. Все перечисленные процессы являются в основе биогеохимическими. Также как и элювий вследствие разнообразия природных условий в разных зонах и регионах мира очень разнообразны и почвы, составляющих его почвенный покров (педосферы), но при этом они подчиняются общей природной

зональности, явление которой впервые показал В.В. Докучаев, назвав почву зеркалом ландшафта.

2. Химический состав педосферы

Химический состав педосферы весьма неоднороден. Относительное содержание большей части химических элементов в почвах разных районов может различаться в сотни и тысячи раз. Эта закономерность, обнаруженная Р. Митчеллом (1955) на первых этапах изучения рассеянных элементов в почвах, имеет фундаментальное значение для биогеохимии педосферы. Наименьшие вариации свойственны лишь некоторым макроэлементам, например кремнию и алюминию, относительное содержание которых в педосфере меняется в 10^2 раз. Среди многих факторов, влияющих на значения концентраций рассеянных элементов в почве, главным является содержание высокодисперсных минералов (фракция частиц $< 0,001$ мм) и органического вещества. С увеличением содержания глинистых минералов и органического вещества возрастает концентрация тяжелых металлов. На уровни концентраций рассеянных элементов также влияют провинциальные геохимические особенности покровных отложений, на которых сформирована почва, и минералого-петрографическое разнообразие коренных пород, служащих источником обломочных минералов, слагающих покровные отложения. Важным фактором также является гидрологический режим и интенсивность промывания профиля почвы.

Концентрация элементов меняется по профилю почв, причем неодинаково в разных типах почв. Поэтому при характеристике концентрации элементов в почвенном покрове конкретной территории имеется в виду прежде всего их концентрация в верхнем гумусовом горизонте. Так как основная часть суши покрыта автоморфными (зональными) типами почв, сведения о средней концентрации элементов в почвенном покрове крупных регионов или всей суши базируются на данных,

относящихся к автоморфным почвам. Что же касается интразональных почв, вариации их химического состава имеют более сложный характер, они в первую очередь обусловлены рельефом и локальными особенностями ландшафтов.

Органическое вещество

Огромная масса органического вещества преимущественно растительного происхождения ежегодно поступает в педосферу. Поступление мертвого органического вещества в почвы колеблется от 100 до 2500 т/км² в год. Разложение его дает комплекс органических соединений разной степени преобразования (минерализации), именуемый как гумус почв. Состав почвенного гумуса динамичен: он непрерывно обновляется в результате разложения и синтеза его компонентов.

Гумусовые вещества образуются в условиях хорошей аэрации. При длительном водонасыщении почвы деятельность мезофауны и аэробных микроорганизмов подавляется и преобразование растительных остатков замедляется. В таких условиях из осадков гидрофильных растений, главным образом мхов, образуется торф. Его характерные черты: слабая разложенность растительных осадков (менее 30%).

Образование гумусовых веществ протекает при участии процессов двух типов. Процессы первого типа обеспечивают частичное разложение поступивших органических соединений до более простых. Например, белки расщепляются на аминокислоты, углеводы – на простые сахара и т.д.

Процессы второго типа значительно сложнее. Это связано с тем, что гидролиз органических полимеров прерывается, остатки трудно преобразуемых веществ накапливаются и служат исходным материалом для специфических химических реакций конденсации. Эти реакции, отсутствующие среди биологических реакций полимеризации, приводят к образованию весьма устойчивых соединений, типа ароматических соединений фенольного типа (продуктов распада лигнина и целлюлозы) с аминокислотами (продуктами распада микроорганизмов). В процессе

окисления и конденсации образуются карбоксильные группы, которые вместе с фенолгидроксильными группами способствуют кислотному характеру гумусовых веществ.

Основными компонентами гумуса являются гуминовые и фульвокислоты, их соли, а также гумин – своеобразный комплекс сильно полимеризованных высокомолекулярных гумусовых кислот, связанных с высокодисперсными минеральными частицами. Между этими компонентами существуют переходные разности. Гумусовые кислоты – высокомолекулярные соединения со сложной структурой. В составе гуминовых кислот содержание углерода колеблется от 40 до 60%, азота – от 3,5 до 6%. Фульвокислоты содержат меньше углерода и азота: соответственно от 35 до 50% и от 3 до 4,5%.

3. Процессы формирования химического состава почвы

Процесс превращения горной породы в почву очень длителен. Скальные породы заселяются микроорганизмами (бактерии, плесневые грибки, актиномицеты) задолго до того как они превращаются в обломочные массы. Выделяемые ими кислотные вещества способствуют разложению минералов горной породы. Этой стадии (начальной сукцессии) соответствует первичный (примитивный) процесс почвообразования.

Следующая стадия почвообразования начинается после поселения лишайников и мхов.

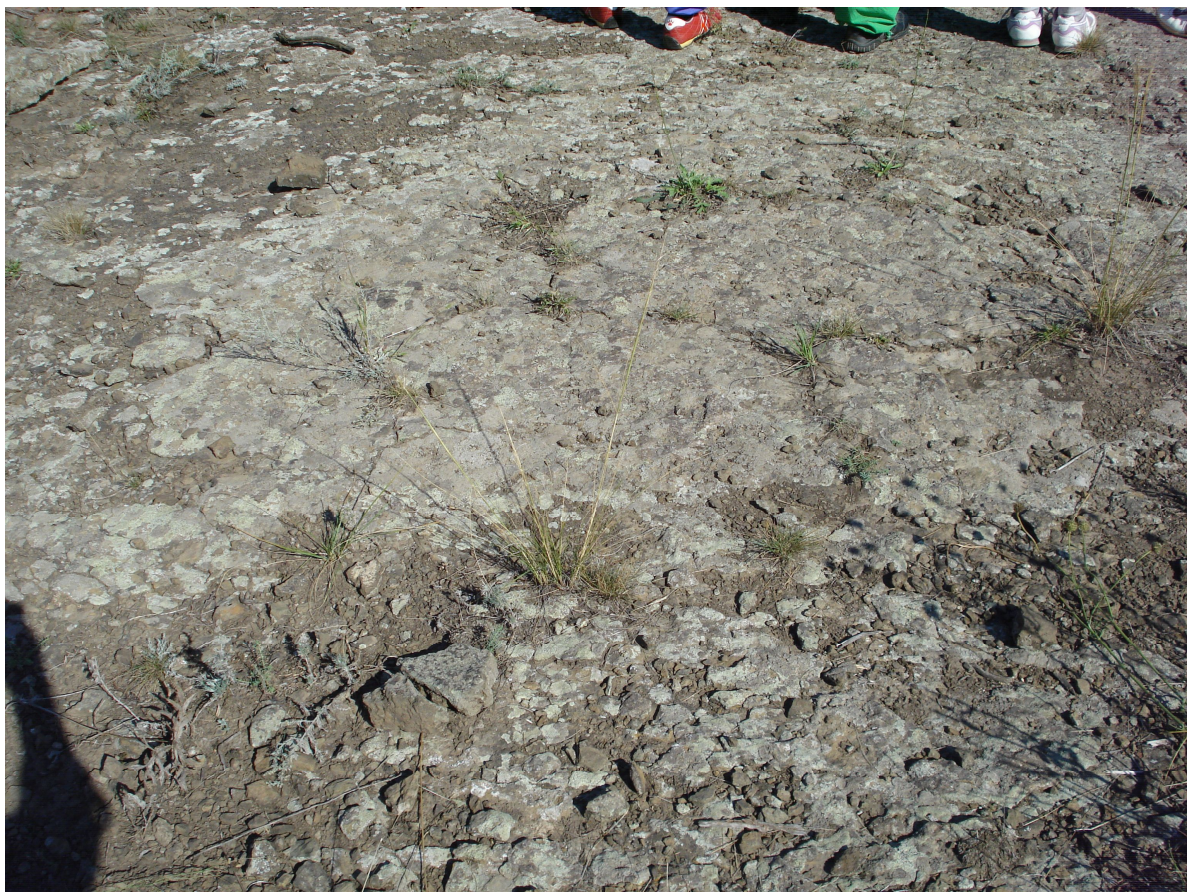


Рис. 1. Стадия развития лишайников на скалах из песчаников (Донбасс).



Рис. 2. Сукцессия на вулканитах р. Бешенная. Туапсе

На горную породу они воздействуют корневой системой чисто механическим путем, расщепляя минеральные зерна. В трещинах пород происходит накопление мелкозема, представляющего смесь мелких обломков породы и продуктов синтеза органоминеральных соединений, выделяемых бактериями, лишайниками и мхами.

На дальнейшей стадии развития почвы при воздействии высших растений происходит накопление органических веществ и последующее их разрушение. В верхнем слое почвы накапливаются зольные элементы, образуется специфическое органическое вещество – почвенный перегной (гумус), который определяет плодородие почвы.

Органическая часть почвы представлена как азотосодержащими, так и безазотистыми органическими соединениями. Они накапливаются в почве не только при разложении растительных и животных остатков, а также в процессе жизнедеятельности самих организмов (например, жиры, углеводы, белки, аминокислоты, дубильные вещества, смолы и др.). Количество подобных соединений в почве достигает 15%.

Образование гумуса происходит под воздействием микроорганизмов. Роль микроорганизмов в почвообразовании очень велика. Делая такую оценку, следует исходить из того количества микроорганизмов, которые находятся в почве. Подсчитано, что в 1 г подзолистой почвы развивается до 0,6 млрд. бактерий, в черноземной почве 2,5 млрд. Вес живой массы бактерий на 1 га площади почвы составляет от 2 до 5 т.

В зависимости от воздушных условий почвенной среды микроорганизмы можно подразделить на две группы: 1) аэробы (грибы, актиномицеты, бактерии), жизнедеятельность которых проявляется при достаточном доступе кислорода; 2) анаэробы, развивающиеся при недостатке или полном отсутствии кислорода. Необходимый для дыхания кислород анаэробы получают от различных химических кислородных соединений. Анаэробные условия создаются в застойных водоемах, на болоте, в переувлажненной почве.

Роль микроорганизмов сводится не только к разложению растительных остатков, но и к закреплению атмосферного азота. Бактерии, усваивающие азот (азотофиксаторы), превращают его в белки и способствуют закреплению в почве.

В почве одновременно с разложением органической массы происходит синтез гумуса – высокомолекулярных перегнойных веществ при участии окислительных ферментов, которые выделяют микроорганизмы. Основу гумуса составляют перегнойные кислоты, образованные в результате аэробного или анаэробного разложения травянистых растений и древесных остатков. Наибольшее количество гумуса образуется под лесом и луговой растительностью.

4. Химические свойства неорганической части почвы

Для элементарного химического состава почвы характерно преобладание таких элементов, как O_2 (55%); Si (20%); Al (7%); H (5%); C (5%). Содержание Ca, Fe, K, Na, Mg не превышает в сумме 1-5%. Химические соединения представлены в почве преимущественно минеральными кислотами и их солями, а также органическими соединениями.

Химические свойства почвы во многом определяются минеральными особенностями почвообразующих пород. В процессе химического выветривания происходят значительные изменения элементарного и минерального состава горных пород. Минералогический состав почвы представлен первичными и вторичными минералами.

Первичными минералами называют такие, которые перешли неизменными из горных пород в почву (преимущественно магматические и метаморфические). В химическом отношении это окислы (кварц, гематит и др.), силикаты (роговая обманка, авгит), алюмосиликаты (ортоклаз, слюды), сульфиды, фосфаты и др.

Первичные минералы в процессе выветривания подвергаются дальнейшему преобразованию.

При разрушении первичных минералов образуются вторичные минералы – относительно простые продукты выветривания. Среди них можно выделить такие группы: 1) гидраты окислов кремния, железа и алюминия и др., находящиеся в аморфном дисперсном состоянии (размеры частиц 0,1-0,01); 2) алюмо- и феррисиликаты с различным соотношением окислов кремнезема вторичных глинистых минералов (типа каолинита) и биолитов (опал, халцедон); 3) подвижные углекислые, сернокислые, хлористые соли кальция, магния, натрия, которые образуют в почве значительные скопления в виде гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), кальцита (CaCO_3), натрита ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), сильвина (KCl) и др.

Почвенные соли отличаются разной степенью растворимости. Легкорастворимыми являются нитраты, хлориды, сульфаты калия, натрия и магния. Все эти соли за исключением нитратов вредны для растений. К среднерастворимым относятся сульфаты кальция, к труднорастворимым – карбонаты и фосфаты кальция. При взаимодействии указанных солей с водой образуется почвенный раствор, являющийся наиболее подвижной и активной частью почвы, так как вещества в нем находятся в молекулярном и коллоидальном состоянии.

Наиболее важным химическим свойством почвы является ее поглотительная способность.

Поглотительная (обменная) способность почвы связана с образованием почвенных коллоидов. Под почвенными коллоидами понимают ту часть почвы, которая состоит из мельчайших частиц, с диаметром, измеряемым долями микрона (0,1-0,001 мк). Почвенные коллоиды образуются двумя путями: путем дробления горных пород при физическом выветривании и в процессе реакций при химическом выветривании. Для почвенных коллоидов характерно состояние золя и геля. Для почвообразования особенно важен процесс коагуляции золя, так как при этом прекращается движение

почвенных частиц и происходит их закрепление в почве. Основной причиной, вызывающей коагуляцию почвенных коллоидов, является действие электролитов. Энергичными коагуляторами почвенных растворов являются катионы Al, Fe, Ca, Mg, которые особенно широко распространены в почве.

Почвенные коллоиды играют большую роль в развитии почвы, оказывают цементирующее воздействие, скрепляя песчаные, пылеватые и иловатые частицы. Поэтому чем богаче представлены в почве коллоиды, тем прочнее почвенные агрегаты и почва меньше распыляется при механической обработке.

Под обменной поглотительной способностью почвы понимают ее способность задерживать в своем составе минеральные и органические соединения, находящиеся в растворенном состоянии. Поглотительная способность почвы проявляется, прежде всего, по отношению к электролитам, находящимся в почвенном растворе. Ионы притягиваются к почвенным частицам под воздействием сил натяжения. Одновременно они вступают в обменные реакции с ионами, находящимися на поверхности почвенных коллоидальных частиц. В результате этих обменных реакций изменяется состав как почвенного раствора, так и самих почвенных частиц. Так в почве происходит избирательное накопление различных веществ.

Изучение поглотительной способности почв помогло объяснить многие ее особенности: плодородие, причины засоления и др., а также наметить пути улучшения почв, разработать систему удобрений.