**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ**

Долгие годы почва рассматривалась либо как разрушенная выве­триванием разновидность горных пород, либо как нанос, либо как рыхлый пахотный слой, в котором находятся корни растений. Тер­мины «земля» и «почва» были равнозначны. Лишь в 1874 г. ве­ликий русский естествоиспытатель В. В. Докучаев дал первое на­учное определение понятия «почва». В. В. Докучаеву принадлежит открытие законов происхождения и географического распростране­ния ночи. Он первый показал, что именно в почвах наиболее тесно переплетены и взаимосвязаны геологические и биологические про­цессы, развивающиеся на поверхности Земли.

Почвенный покров Земли представляет собой тончайшую обо­лочку планеты на суше и дне мелководий, которая значительно уступает по массе другим геосферам. Однако это хрупкое и лег­коранимое природное образование является источником существо­вания множества живых организмов, включая и человека.

Почвенный покров тесно взаимодействует со всеми геосферами: атмосферой, гидросферой, литосферой, а также с биосферой. Про­цессы, протекающие в почвенном слое, являются частью глобаль­ных и региональных кругооборотов вещества в природе. Поэтому знания о генезисе почв, протекающих в них химических процессах и физических свойствах почв необходимы при рассмотрении вопро­сов трансформации примесей в окружающей среде и являются не­отъемлемой частью представлений о химии биосферы.

**Строение литосферы и структура земной коры**

К важнейшим научным открытиям начала 20-го века безусловно следует отнести вывод о наличии на Земле концентрических оболочках.

Рассеянные элементы распределены в земной коре очень нерав­номерно. Поэтому для характеристики распространенности элемен­тов в отдельных участках земной коры недостаточно только сред­него содержания элемента. Для количественной оценки распреде­ления химических элементов в земной коре В. И. Вернадский ввел понятие кларк концентрации Кк:

*Кк –А/К,* (3.1)

где А -содержание элемента в земной коре в данном регионе, %(мас.); К — кларк элемента в земной коре, %(мас.).

Многочисленные анализы проб земной коры позволяют выделить территории, различающиеся уровнем содержания определен­ных элементов. Такие территории называют *геохимическими про­винциями.* Так, например, районы Уральских гор, характеризую­щиеся повышенным содержанием меди, хрома, никеля и других эле­ментов, следует отнести к уральской геохимической провинции.

В пределах провинций также имеются участки, различающиеся содержанием рассеянных элементов. Это так называемый *геохими­ческий фон элементов.*

**2. Минералы и горные породы**

Химические элементы в земной коре находятся преимущественно в виде химических соединений. Однородные по составу и строению природные химические соединения или однородные структуры, воз­никающие при различных химических и физико-химических процессах в земной коре, принято называть *минералами. В* земной коре минералы встречаются в твердом, жидком и газообразном состоя­ниях. Основную массу составляют твердые минералы. Каждый ми­нерал характеризуется внутренней однородностью, определенными физическими свойствами и признаками, по которым его можно от­личить от других минералов.

В природе минералы находятся чаще всего в виде комплексных минеральных агрегатов – *горных пород,* образующих самостоятель­ные геологические тела более или менее постоянного минералоги­ческого и химического состава. В настоящее время известно око­ло 3000 минералов, и ежегодно открываются все новые их разно­видности. Однако лишь около 100 минералов имеют сравнительно большое практическое значение, и только 30 из них могут быть от­несены к породообразующим минералам. В табл. 3.2 представлено ориентировочное содержание главных породообразующих минера­лов земной коры.

В зависимости от условий образования горные породы принято делить на три главные группы: магматические, осадочные и мета­морфические. *Магматические породы* возникают при затвердева­нии магматического расплава на поверхности или в глубинах зем­ной коры. При этом образуются глубинные *(интрузивные)* и по­верхностные *(эффузивные)* породы. *Осадочные породы* образуются путем отложения материала разрушенных или растворенных гор­ных пород любого генезиса как на суше, так и в море. Осадочные породы залегают слоями. *Метаморфические породы* формируют­ся путем преобразования магматических или осадочных пород в глубинах земной коры под воздействием высоких температур и да­влений.

**Таблица 3.2.**

Породообразующие минералы земной коры (до глубины 16 км, но Г. Шуману, 1957)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Главные породо­образующие минералы | Соде ржание в земной коре, %(мас.) | Наиболее типичные минералы групп |
| Полевые пшаты и фельд-шпатоиды  | 60 | Ортоклаз — K[AlSi3O8] Альбит — Na[AlSi3O8] Анортит — Са[АlSi3О8] Лейцит — K[AlSi2O8] Нефелин –K[AISiO4]  |
| Пироксены и амфиболы  | 16 | Авгит — Ca(Mg,Fe)[Si2O8] Диопсит — CaMg[Si2O6]  |
| Кварц  | 12 | Кварц–SiO2  |
| Слюды  | 4 | Биотит —K(Mg,Fe)3(OH,F)2[(Al,Fe)Si3O10]Мусковит –KAl2(OH)2[AlSi3O10]  |
| Прочие минералы  | 8 | — |

Верхний слой земной коры (до глубины 16 км) на 95% сложен из магматических пород. Осадочные породы составляют лишь 1% от массы этого слоя земной коры, метаморфические породы — 4%.

**3. Гипергенез и почвообразование**

Процесс разрушения минералов и горных пород на поверхности Зе­мли обычно называют выветриванием, хотя ветер к этому почти ни­какого отношения не имеет. А. Е. Ферсман в 1922 г. предложил дру­гое название этого процесса – гипергенез. Оно построено из древ­негреческих слов «гипер» (сверх) и «генезис» (происхождение).

В настоящее время под *выветриванием,* или *гипергенезом,* по­нимают сумму процессов преобразования твердого вещества земной коры на поверхности суши под влиянием воды, воздуха, колебаний температуры и жизнедеятельности организмов. Сущность этих про­цессов заключается в перегруппировке атомов и образовании но­вых, устойчивых к условиям земной поверхности соединений.

Различают два типа выветривания: физическое, или механиче­ское, и химическое.

*Физическое выветривание* приводит к чисто механическому раз­рушению пород. Частые изменения температуры, морозное выве­тривание с образованием морозоустойчивых трещин и солевое ра­стрескивание пород (возникновение трещин под давлением кристал­лов образующихся солей) обусловливают разрыхление структуры и распад пород на минеральные зерна.

*Химическое выветривание —* разрыхление коренных пород под действием кислорода воздуха, диоксида углерода, воды, органиче­ских кислот, сопровождающееся изменением их состава.

Часто выделяют еще третий тип выветривания – *биологическое* (или органогенное). Но этот процесс связан либо с физическим дей­ствием (например, давлением корней растений), либо с химическим воздействием (например, воздействием органических кислот, выде­ляемых корнями растений).

В зависимости от климатической зоны, времени года и мест­ных условий процессы выветривания различных типов протекают
с различной интенсивностью. Все магматические минералы, попадая на поверхность Земли, оказываются в неустойчивом состоянии. Наименее устойчивы силикаты, структуру которых образуют изолированные кремнекислородные тетраэдры, соединяющиеся катионами железа и магния. Из них более устойчивы силикаты с одинарными цепочками кремнекислородных тетраэдров (пироксены), затем —с двойными цепочками (роговые обманки), далее —с листовыми структурами (слюды). Железомагниевые слюды (биотиты) менее устойчивы, чем алюминиевые (мусковиты). Устойчивость полевых шпатов, обладающих каркасной структурой, зависит от размера катиона (Са2+, К+, Na+). Устойчивость плагиоклазов постепенно возрастает при переходе от кальциевого представителя к натриевому. Наиболее устойчив кварц, структура которого полностью состоит из кремнекислородных тетраэдров. В целом устойчивость главных породообразующих минералов магматических пород возрастает симбатно с последовательностью их кристаллизации. В процессе гипергенеза наблюдается значительное изменение в структурах силикатных пород, происходит образование глинистых минералов. Так, например, в процессе разрушения полевого шпата (ортоклаза) может образоваться глинистый минерал каолинит:



Элементарная ячейка каолинита несимметрична: один слой состоит из кремнекислородных тетраэдров, другой — из сочетания ионов ОН- и А13+. Каждый ион А13+ связан с 4 ионами ОН- и дву­мя атомами кислорода. Координационное число алюминия в этом соединении равно 6. Как видно из рис. 3.2, а, одна поверхность па­кета образована атомами кислорода. Между пакетами образуется довольно прочная водородная связь, поэтому каолинит не набухает, и его межплоскостное расстояние стабильно.

В другом распространенном глинистом минерале — монтмориллоните — плоские пакеты трехслойны. Верхний слой, так же, как и нижний, представлен слоями кремнекислородных тетраэдров, между которыми располагаются ионы ОН- и А13+ (см. рис. 3.2,5). Формула монтмориллонита (Al2,Mg3)(OH)2[Si4O10\*nH20. В отли­чие от каолинита, пакет монтмориллонита построен симметрично. Между слоями кислородных атомов не возникает водородной связи. Взаимодействие между пакетами слабое, и в межпакетные промежутки легко проникает вода, вызывая набухание, при этом объем монтмориллонита увеличивается в 1,5-2,5 раза.

Необходимо отметить, что в монтмориллоните, так же, как и в каолините, координационное число алюминия равно 6. В то же время в наиболее распространенных глубинных минералах и гор­ных породах основное количество ионов А13+ окружено лишь че­тырьмя ионами кислорода. Энергия связи А1—О в окружении че­тырех ионов кислорода приблизительно равна 6700 кДж/моль. При увеличении координационного числа А13+ до шести энергия связи А1-0 возрастает до 7500 кДж/моль. Таким образом, глинистые ми­нералы являются своеобразным аккумулятором солнечной энер­гии — основного энергетического источника процессов гипергенеза.

Процессы выветривания горных пород происходят и происходили на Земле и до появления живых организмов. В то же время дальнейшее преобразование горных пород, связанное с возникнове­нием почв, всегда протекает только при непосредственном участии живых организмов.

*Почвообразованием* называется сложный природный процесс пе­рехода горной породы в качественно новое состояние. Этот процесс протекает при взаимодействии минерального вещества земной ко­ры с живыми организмами и продуктами их жизнедеятельности. Причем такое взаимодействие в земных условиях происходит при

прямом и косвенном влиянии других факторов внешнем среды. Ра­стительные сообщества извлекают из горных (материнских) пород (в дальнейшем–«из почв») питательные элементы, синтезируют сложные органические соединения –биомассу –и возвращают эти соединения в почву в виде отмирающей и опавшей на землю расти­тельной массы корней.

Одним из главных факторов, играющих большую роль в пре­образовании этих органических остатков, являются дождевые чер­ви, личинки многочисленных насекомых и микроорганизмы. В про­цессе питания они измельчают растительную массу, перемещают ее, перемешивая органические и минеральные вещества.

Находясь в тесном взаимодействии между собой и с минераль­ной частью горных пород и почв, живые организмы активно уча­ствуют в малом биологическом круговороте веществ. В результате этого процесса в верхних горизонтах, почвообразующих породах и почвах накапливаются биогенные элементы (азот, углерод, фосфор, сера и др.), происходит образование и дальнейшее развитие почв.