1. Морфология минералов как кристаллических и аморфных тел.

Свойства минералов, используемые в макроскопической диагностике.

Минералы - понятие очень широкое. Минералами называют однородные по составу и строению части горных пород и руд. Они представляют собой природные химические соединения, возникшие в результате различных геологических процессов. Минералов в природе великое множество. Для изучения и поиска их объединяют в однородные группы по химическому составу и физическим свойствам.

Большинство минералов встречается в земной коре в твердом состоянии. Однако есть жидкие (самородная ртуть) и даже газообразные минералы (углекислый газ, сероводород). Поразительно разнообразны внешние признаки, по которым минералы отличаются друг от друга. Одни из них прозрачны, другие мутны, полупрозрачны или совершенно не пропускают свет.

Кальцит (известковый шпат) - один из наиболее часто встречающихся в земной коре минералов. Иногда целые горы состоят из чистого кальцита.

Важной особенностью многих минералов является их окраска. Так, киноварь всегда карминно - красная, а малахит ярко-зеленый, по металлически золотистому цвету легко узнаются кубические кристаллики пирита. Очень важный внешний признак минералов - их форма. Чаще она кристаллическая, но для одних это форма куба (пирит), для других - шестигранной призмы (берилл), для третьих - многогранника (гранат) и т. д. Многие минералы образуют натечные массы причудливой формы, ничего общего не имеющие с кристаллами. Таковы, например, почковидные выделения малахита и. сталактитоподобные наросты лимонита.

Одни минералы тверды настолько, что легко оставляют царапины на стекле (кварц, полевые шпаты, гранат). .другие сами царапаются обломками стекла или острием ножа (кальцит). Третьи мягки, и на них можно прочертить след ногтем (графит).

В минералогии применяется наиболее простой способ определения твердости - царапанием одного минерала другим. Для оценки твердости используется так называемая шкала Мооса, представленная десятью минералами. Их порядковый номер и соответствует условной единице твердости. Вот они: 1. Тальк. 2. Гипс. 3. Кальцит. 4. Флюорит. 5. Апатит. 6. Ортоклаз. 7. Кварц. 8. Топаз. 9. Корунд. 10. Алмаз. Каждый последующий в шкале Мооса минерал царапает своим острым концом все предыдущие.

Чтобы определить твердость неизвестного минерала, устанавливают, какой из эталонов минералов он царапает последним. Например, неизвестный минерал царапает апатит, а сам царапается ортоклазом, то его твердость заключена между 5 и 6.

По-разному ведут себя минералы и при раскалывании. Одни из них легко расщепляются по определенным плоскостям, образуя обломки правильной формы, похожие на кристаллы (галенит, кальцит); другие дают в изломе кривые, раковистые поверхности (кварц). Свойство минералов раскалываться по определенным направлениям называется спайностью. Различают спайность весьма совершенную, при которой кристалл способен расщепляться на тонкие листочки (слюды); совершенную, когда при ударе образуются обломки, внешне напоминающие настоящие кристаллы (кальцит, галенит); среднюю - на обломках минералов наблюдаются геометрически правильные плоскости и неровные изломы (роговые обманки); несовершенную - изломы, как правило, представлены неровными поверхностями (оливин, апатит); весьма несовершенную, когда спайность практически отсутствует и обломки имеют, раковистый (как у стекол) излом.

Отличаются минералы и по цвету черты, т. е. цвету тонкого порошка, который оставляет минерал на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки. Иногда цвет черты совпадает с цветом самого минерала, как, например, у киновари. Но в ряде случаев цвет минерала и цвет его черты резко различны. Так, минерал гематит серо-стального цвета, а черта его красная, пирит латунно-желтый, а оставляет черную черту.

Удельный вес, магнитность, радиоактивность и ряд других свойств также являются важными признаками по которым геологи определяют, или диагностируют, минералы.

Свойства минералов зависят от их химического состава, кристаллической структуры, т.е. той пространственной фигуры, которую образуют слагающие минерал атомы и ионы, и от характера и сил сцепления между ними.

По химическому составу и структуре все минералы подразделяются на большие группы, или разделы.

Здесь мы упомянем лишь некоторые минералы, наиболее часто встречающиеся в земной коре и входящие в состав широко распространенных горных пород.

Кальцит (или известковый шпат) принадлежит к числу наиболее распространенных минералов. В природе встречаются целые горы. сложенные известняками или мраморами, которые состоят из одного почти чистого кальцита.

По химическому составу кальцит представляет собойуглекальциевую соль - СаСОз. Бесцветные прозрачные разновидности его называются исландским шпатом. Очень красивы так называемые друзы кальцита, представляющие собой скопление хорошо образованных кристаллов, возникших в пустотах горных пород.

Большей частью кальцит бесцветен или обладает молочно-белым цветом. Но встречается и окрашенный в различные оттенки серого, желтого, красного, бурого и черного цвета. Твердость кальцита3 (легко царапается острием ножа или иглы), спайность совершенная (легко раскалывается на обломки правильной формы). Важный диагностический признак кальцита - его реакция на соляную кислоту: от одной ее капли, попавшей на минерал, начинается бурное вскипание - выделение углекислого газа..

Огромные массы кальцита образуются в морских бассейнах в виде известковых илов, отмерших морских растений и беспозвоночных животных с известковым скелетом. Позднее эти вещества превращаются в горную породу - известняк или мрамор.

Кварц, так же как и кальцит, относится к числу наиболее широко распространенных минералов. Состав его прост - это окись кремния Si02. Встречаются кристаллы кварца очень крупных размеров, весом до 40 т. Формы кристаллов весьма разнообразны, но для них характерны грани призмы, на которых заметна горизонтальная штриховка.

Чаще всего цвет кварца молочно-белый или серый. Бесцветные водяно-прозрачные кристаллы кварца называются горным хрусталем, фиолетовые разновидности - аметистом, дымчатые - раухтопазом, а черные - морионом.

Твердость кварца 7, спайность весьма несовершенная (при раскалывании обломки отличаются раковистым изломом).

Кварц чаще всего входит в состав кислых магматических горных пород - гранитов, липаритов, гранитных пегматитов и т. д.

Полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты натрия, калия и кальция. Из всех известных в природе силикатов (солей кремниевой кислоты) на долю полевых шпатов приходится около 50% по весу. По химическому составу различаются известково-натриевые и кали - натриевые полевые шпаты.

Более распространены известково-натриевые полевые шпаты, или плагиоклазы, состоящие из двух существенно различных молекул – NаАISi3О8 и CaAI2Si208. Количественное соотношение между этими молекулами в минерале может быть различно. Чисто натриевый полевой шпат (NаАISi3О8) называется альбитом, чисто кальциевый (CaAI2Si208)анортитом. Плагиоклазы представляют собой все разновидности непрерывно меняющегося состава, отальбита до анортита (их различают по номерам, соответствующим проценту содержания анортита).

Хорошо образованные кристаллы плагиоклазов довольно редки, облик их таблитчатый или таблитчато-призматический. Цвет плагиоклазов белый или серовато-белый, иногда с зеленоватым, синеватым, реже красноватым оттенком. Блеск стеклянный, твердость 6-6,5. Спайность совершенная по двум направлениям.

Плагиоклазы главным образом входят в состав магматических горных пород.

Кали - натриевые полевые шпаты встречаются в земной коре реже, чем плагиоклазы. Состав их выражается формулой KАISi3О8 (чисто калиевый полевой шпат). Обычно к калиевой составляющей минерала примешано некоторое количество альбитовой молекулы (NаАISi3О8). По структуре среди кали натриевых полевых шпатов различают ортоклаз имикроклин. Облик кристаллов кали - натриевых полевых шпатов чаще всего призматический, цвет - светло-розовый, буровато-желтый, красновато-белый, иногда мясо-красный. Блеск стеклянный. Твердость 6-6,5. Спайность совершенная по двум направлениям.

Кали - натриевые полевые шпаты входят в состав магматических горных пород кислого состава.

Слюды. В эту группу объединены минералы достаточно сложного и изменчивого состава. Здесь мы остановимся лишь на магнезиально-железистой темной слюде - биотите и алюминиевой светлой мусковите. В состав слюд входят легколетучие соединения.

Химическая формула биотита достаточно сложна К(Мg1Fе)3 [Si3АlO10][OН1F2]; он состоит из калия, магния, железа, алюминия, кремния и кислорода. В качестве легколетучих веществ в биотите присутствуют вода (точнее, группа гидроксила - ОН) и фтор. Цвет биотита черный, бурый, иногда с оранжевым, красноватым или зеленоватым оттенком. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Твердость 2-3, спайность весьма совершенная (кристалл биотита легко расщепить на отдельные тончайшие листочки), облик кристаллов таблитчатый, нередко столбчатый или пирамидальный. Большей частью встречается в сплошных пластинчато - или чешуйчато-зернистых массах. Биотит встречается во многих магматических и метаморфических горных породах.

Светлая слюда - мусковит - получила свое название по старинному итальянскому наименованию города Москвы – Муска. В древние времена из Москвы в Западную Европу вывозились большие листы мусковита под названием московское стекло., которое вставляли в оконные рамы домов.

Мусковит - КАI2[АISi3О10][0Н]2 - состоит из калия, алюминия, кремния и кислорода. Из легколетучих соединений присутствует вода (группа гидроксила ). Облик кристаллов обычно таблитчатый или пластинчатый. Боковые грани сильно исштрихованы в горизонтальных направлениях. Как и биотит, мусковит чаще всего встречается в сплошных листовато-зернистых или чешуйчатых массах.

В тонких спайных листочках мусковит бесцветен. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый и серебристый. Твердость 2-3. Листочки мусковита, как у всех слюд, гибки и при сгибании упруги. Спайность совершенная (легко расщепляется на тонкие прозрачные листочки).

Мусковит встречается в земной коре чаще других слюд. Он входит в состав многих магматических и метаморфических горных пород.

Из большой группы минералов, объединенных под общим названием амфиболы, упомянем лишь наиболее часто встречающуюся роговую обманку. Состоит она из кальция, натрия, магния, железа, алюминия, кремния и кислорода. Обязательной составной частью роговой обманки является вода. Химический состав ее не постоянен, и количественные соотношения между магнием и железом, железом, алюминием и калием меняются в широких пределах. Облик кристаллов призматический или столбчатый. Обыкновенные роговые обманки окрашены в зеленый или бурый цвет разных оттенков. Блеск стеклянный, твердость 5,5-6. Спайность совершенная только по одному направлению и несовершенная по другим.

Роговая обманка - минерал, типичный для ряда магматических и многих метаморфических горных пород.

Большая группа минералов, представляющих собой магнезиально-железистые, известково-магнезиальные и известково-железистые силикаты, объединена под общим названием пироксены. По кристаллографическим признакам различают ромбические и моноклинные пироксены.

К ромбическим пироксенам относится энстатит - Mg2[Si206].

Разновидности его, в которых присутствуют заметные количества окислов железа, называются бронзитом.

Чаще всего встречается в виде зерен неправильной удлиненной формы. Энстатит бесцветен или серовато-белый с зеленоватым оттенком, реже буровато-зеленый. Блеск его стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Твердость 5,5, спайность средняя.

Энстатит - типичный минерал изверженных горных пород, образовавшихся из магматических расплавов, обогащенных магнием (магмы основного состава). Совместно с оливином, о котором мы скажем дальше, энстатит входит в состав таких магматических горных пород, как габбро и базальты.

Примером моноклинных пироксенов служит авгит – известково-магнезиально-железистый алюмосиликат.

Химический состав его гораздо сложнее, чем у других пироксенов. Облик кристаллов его короткостолбчатый. Для разрезов характерны очертания восьмиугольника с более или менее развитыми сторонами. Чаще всего встречается в виде зернистых агрегатов. Цвет черный, зеленовато- и буровато-черный, реже темно-зеленый или бурый. Блеск стеклянный. Твердость 5-6. Спайность средняя.

Авгит чаще всего встречается в магматических горных породах основного и среднего состава - базальтах, габбро, андезитах, диоритах.

Наконец, весьма распространен оливин - магнезиально-железистый силикат (Mg,Fe)2Si04. Иногда его называют еще хризолитом.

Обычно оливин встречается в виде зернистых агрегатов. Цвет его желтый с зеленоватым оттенком, но часты бесцветные разновидности. Блеск стеклянный, жирный. Твердость 6,5-7. Спайность несовершенная (при раскалывании дает неровный излом). Оливин - минерал магматического происхождения. Он характерен для изверженных горных пород, образовавшихся из бедного кремнием и богатого магнием и железом магматического расплава основного состава, - дунитов, габбро и базальтов.

2. Выветривание горных пород. Источник энергии, факторы, виды

выветривания, геологический результат.

Под выветриванием понимается совокупность физических, химических и биохимических процессов преобразования горных пород и слагающих их минералов в приповерхностной части земной коры. Это преобразование зависит от многих факторов: колебаний температуры; химического воздействия воды и газов - углекислоты и кислорода (находящихся в атмосфере и в растворенном состоянии в воде); воздействия органических веществ, образующихся при жизни растений и животных и при их отмирании и разложении. Сказанное свидетельствует о том, что процессы выветривания тесно связаны с взаимодействием приповерхностной части земной коры с атмосферой, гидросферой и биосферой. Именно граничная область разных фаз обладает высокой реактивной способностью. Часть земной коры, в которой происходит преобразование минерального вещества, называется зоной выветривания или зоной гипергенеза (от греч. «гипер» - над, сверху). Процесс гипергенеза, или выветривания, очень сложен и зависит от климата, рельефа, того или иного органического мира и времени. Разнообразные сочетания перечисленных факторов обусловливают сложность и многообразие хода выветривания. Особенно велика роль климата, являющегося одной из главных причин и движущих сил процессов выветривания. Из всей совокупности климатических элементов наибольшее значение имеют тепло (приходно-расходный баланс лучистой энергии и др.) и степень увлажнения (водный режим). В зависимости от преобладания тех или иных факторов в едином и сложном процессе выветривания условно выделяются два взаимосвязанных типа: 1) физическое выветривание и 2) химическое выветривание.

ФИЗИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

В этом типе наибольшее значение имеет температурное выветривание, которое связано с суточными и сезонными колебаниями температуры, что вызывает то нагревание, то охлаждение поверхностной части горных пород. Вследствие резкого различия теплопроводности, коэффициентов теплового расширения и сжатия и анизотропии тепловых свойств минералов, слагающих горные породы, возникают определенные напряжения. Особенно ярко это выражено в много минеральных магматических и метаморфических породах (гранитах, сиенитах, габ6ро, гнейсах, кристаллических сланцах и др.), образовавшихся в глубинах Земли в специфической термодинамической обстановке, в условиях высоких температур и давлений. При выходе на поверхность такие породы оказываются малоустойчивыми, так как коэффициент расширения разных породообразующих минералов неодинаков. В качестве примера можно привести такие важные породообразующие минералы гранита, как ортоклаз, альбит и кварц. Коэффициент объемного расширения ортоклаза, например, в три раза меньше, чем у альбита, и в два раза меньше, чем у кварца. Кроме того, коэффициент расширения даже у одного и того же породообразующего минерала неодинаков по разным кристаллооптическим осям, как, например, у кристаллов кварца и кальцита, что приводит при колебаниях температуры к возникновению местных напряжений и разрушению одно минеральных горных пород, таких, как мраморы, известняки, кварцевые песчаники и др.

Большие различия коэффициента «расширение - сжатие» породообразующих минералов при длительном воздействии колебаний температуры приводят к тому, что взаимное сцепление отдельных минеральных зерен нарушается, образуются трещины и в конце концов происходит дезинтеграция горных пород, их распад на отдельные обломки различной размерности (глыбы, щебень, песок и др.). Дезинтеграции горных пород, возможно, способствуют также конденсация и адсорбция (от лат. «ад» - при, «сорбере» - глотать) водяных паров и пленок на стенках возникающих трещин.

Процесс температурного выветривания, вызывающего механическую дезинтеграцию горных пород, особенно характерен для экстра аридных и нивальных ландшафтов с континентальным климатом и непромывным типом режима увлажнения. Особенно наглядно это проявляется в областях пустынь, где количество выпадающих атмосферных осадков находится в пределах 100-250 мм/ год (при колоссальной испаряемости) и наблюдается резкая амплитуда суточных температур на незащищенной растительностью поверхности горных пород. В этих условиях минералы, особенно темноцветные, нагреваются до температур, превышающих температуру воздуха, что и вызывает дезинтеграцию горных пород и на консолидированном ненарушенном субстрате формируются обломочные продукты выветривания. В пустынях наблюдается шелушение, или деСlC8амация (лат. «десквамаре» - снимать чешую), когда от гладкой поверхности горных пород при значительных колебаниях температур отслаиваются чешуи или толстые пластины, параллельные поверхности. Этот процесс особенно хорошо можно проследить на отдельных глыбах, валунах.

В жарких пустынных областях механическое воздействие на горные породы и их дезинтеграция осуществляются также ростом кристаллов солей, образующихся из вод, которые попадают в капиллярные трещины в виде растворов. При сильном нагревании вода испаряется, а соли, содержащиеся в ней, кристаллизуются, в результате увеличивается давление, капиллярные трещины расширяются, что способствует нарушению монолитности горной породы. Нередко возникают карбонатные пленки. Температурное выветривание весьма активно протекает также на вершинах и склонах гор, не покрытых снегом и льдом, где воздух прозрачный и инсоляция больше, чем в прилежащих низменностях. Более или менее выположенные поверхности гор нередко бывают покрыты глыбово-щебнистыми продуктами выветривания. В то же время на горных склонах наряду с выветриванием развиваются различные гравитационные процессы: обвалы, камнепад, осыпи, оползни. Все данные об указанных гравитационных процессах детально рассмотрены в учебнике по геоморфологии. Здесь же отметим, что накопившиеся в основании склонов и их подножий продукты гравитационных процессов (осыпей, обвалов) представляют своеобразный генетический тип континентальных отложений, называемых коллювием (от лат. «коллювио» - скопление).

Интенсивное физическое (механическое) выветривание происходит в районах с суровыми климатическими условиями (в полярных и субполярных странах) с наличием многолетней мерзлоты, обусловливаемой ее избыточным поверхностным увлажнением. В этих условиях выветривание связано главным образом с расклинивающим действием замерзающей воды в трещинах и с другими физико-механическими процессами, связанными с льдообразованием. Температурные колебания поверхностных горизонтов горных пород, особенно сильное переохлаждение зимой, приводят к объемно-градиентному напряжению и образованию морозобойных трещин, которые в дальнейшем разрабатываются замерзающей в них водой. Хорошо известно, что вода при замерзании увеличивается в объеме более чем на 9% (П.А. Шумский, 1954). В результате развивается давление на стенки крупных трещин, вызывающее большое расклинивающее напряжение, раздробление горных пород и образование преимущественно глыбового материала. Такое выветривание иногда называют морозным. Расклинивающее воздействие на горные породы оказывает также корневая система растущих деревьев.

Механическую работу производят и разнообразные роющие животные. В заключение следует сказать, что чисто физическое выветривание приводит к раздроблению горных пород, к механическому разрушению без изменения их минералогического и химического состава.

ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

Одновременно с физическим выветриванием в областях с промывным типом режима увлажнения происходят и процессы химического изменения с образованием новых минералов. При механической дезинтеграции плотных горных пород образуются макротрещины, что способствует проникновению в них воды и газа и, кроме того, увеличивает реакционную поверхность выветривающихся пород. это создает условия для активизации химических и биогеохимических реакций. Проникновение воды или степень увлажненности не только определяют преобразование горных пород, но и обусловливают миграцию наиболее подвижных химических компонентов. Это находит особенно яркое отражение во влажных тропических зонах, где сочетаются высокая увлажненность, высоко термические условия и богатая лесная растительность. Последняя обладает огромной биомассой и значительным спадом. Эта масса отмирающего органического вещества преобразуется, перерабатывается микроорганизмами, в результате в большом количестве возникают агрессивные органические кислоты (растворы) . Высокая концентрация ионов водорода в кислых растворах способствует наиболее интенсивному химическому преобразованию горных пород, извлечению из кристаллических решеток минералов катионов вовлечению их в миграцию. Особая роль биосферы в геологических процессах была отмечена в работах крупнейшего русского ученого В. И. Bepнaдcкoго. Он ввел понятие о «живом веществе» как перманентном геологическом деятеле, как. аккумуляторе и перераспределителе солнечной энергии. Он писал: «3ахватывая энергию Солнца, живое вещество создает химические соединения, при распадении которых эта энергия освобождается в форме, могущей производить химическую работу»; «живое вещество есть форма активизированной материи и эта энергия тем больше, чем больше масса живого вещества... К процессам химического выветривания относятся окисление, гидратация, растворение и гидролиз.

Окисление особенно интенсивно протекает в минералах, содержащих железо. В качестве примера можно привести окисление магнетита, который переходит в более устойчивую форму - гематит

(FeFe2О4 ~ Fе2Оз). Такие преобразования констатированы в древней коре выветривания КМА, где разрабатываются богатые гематитовые руды. Интенсивному окислению (часто совместно с гидратацией) подвергаются сульфиды железа. Так, например, можно представить выветривание пирита

FeS2 + т02 + nН20 ~ FeSO4 ~ Fe2(SO4) 3 ~ Fе2О3 пН20

Лимонит (бурый железняк)

На некоторых месторождениях сульфидных и других железных руд наблюдаются «6урожелезняковые шляпы», состоящие из окисленных и гидратированных продуктов выветривания. Воздух и вода в ионизированной форме разрушают железистые силикаты и превращают двухвалентное железо в трехвалентное.

Гидратация. Под воздействием воды происходит гидратация минералов, т.е. закрепление молекул воды на поверхности отдельных участков кристаллической структуры минерала. Примером гидратации является переход ангидрита в гипс: ангидрит - CaS04 + 2H20~ ~CaS04 2H20 - гипс. Гидратированной разновидностью является также гидрогётит: гётит - FeOOH + пН2О ~ FeOH nH20 - гидрогётит. Процесс гидратации наблюдается и в более сложных минералах силикатах.

Растворение. Многие соединения характеризуются определенной степенью растворимости. Их растворение происходит под действием воды, стекающей по поверхности горных пород и просачивающейся через трещины и поры в глубину. Ускорению процессов растворения способствуют высокая концентрация водородных ионов и содержание в воде 02, CО2 и органических кислот. Из химических соединений наилучшей растворимостью обладают хлориды - галит (поваренная соль), сильвин и др. На втором месте - сульфаты - ангидрит и гипс.

На третьем месте карбонаты – известняки и доломиты. В процессе растворения указанных пород в ряде мест происходит образование paзличных карстовых форм на поверхности и в глубине (см. гл. 7).

Гидролиз. При выветривании силикатов и алюмосиликатов жное значение имеет гидролиз, при котором структура кристаллических минералов разрушается благодаря действию воды и растворённых в ней ионов и заменяется новой существенно отличной от первоначальной и присущей вновь образованным гипергенным минералам. В этом процессе происходят:

1) каркасная структура полевых шпатов /превращается в слоевую, свойственную вновь образованным глинистым гипергенным минералам;

2) вынос из кристаллической решетки: полевых шпатов растворимых соединений сильных оснований (К, Na, Са), которые, взаимодействуя с СО2, образуют истинные растворы бикарбонатов и карбонатов (К2СО3, Nа2СО3, СаСО3).

В условиях промывного режима карбонаты и бикарбонаты выносятся за пределы места их образования. В условиях же сухого климата они остаются на месте, образуют местами: пленки различной толщины, или выпадают на небольшой глубине от поверхности (происходит карбонатизация);

З) частичный вынос кремнезема;

4) присоединение гидроксильных ионов.

Процесс гидролиза протекает стадийно с последовательным возникновением нескольких минералов. Так, при гипергенном преобразовании полевых шпатов возникают гидрослюды, которые затем превращаются в минералы группы каолинита или галуазита:

К [AlSi3О5) ... (К,Н3О)Al2(ОН)2[AlSi3Оl0) Н2О ... Al4(ОН)5[Si4Оl0]

орmoклазгидрослюдакаолинит

В умеренных климатических зонах каолинит достаточно устойчив и в результате накопления его в процессах выветривания образуются месторождения каолина.

Но в условиях влажного тропического климата может происходить дальнейшее разложение каолинита до свободных окислов и гидроокислов:

Al4(OH)8 [Si4010) Al(ОН)3 + Si02.n H2O

Таким образом, формируются окислы. И гидроокислы алюминия, являющиеся составной частью алюминиевой руды - бокситов.

При выветривании основных пород и особенно вулканических туфов среди образующихся глинистых гипергенных минералов наряду с гидрослюдами широко развиты монтмориллониты(Al2Мg3) [Si4О10](ОН)2 nН2О и входящий в эту группу высокоглиноземистый минерал 6ейде.ллит Al2(ОН)2[AlSi3Оl0) nН2О. При выветривании ультраосновных пород (ультрабазитов) образуются нонтрониты, или железистые монтмориллониты (FeAl2> [Si4О10) (ОН)2 nН2О.

В условиях значительного атмосферного увлажнения происходит разрушение нонтронита, при этом образуются окислы и гидроокислы железа (явление обохривания нонтронитов) и алюминия.

КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ

В результате единого и сложного взаимосвязанного физического, химического и хемобиогенного процессов разрушения горных пород образуются различные продукты выветривания. Остаточные или несмещенные продукты выветривания, остающиеся на месте разрушения материнских (коренных) горных пород, представляют собой один из важных генетических типов континентальных образований и называют элювием. Кора выветривания объединяет всю совокупность различных элювиальных образований. Такая остаточная кора выветривания называется автоморфной (греч. «аутос» - сам). Помимо первичной автоморфной коры выветривания ряд исследователей (П.И. Гинзбург, В.А. Ковда, В.В. Добровольский и др.) выделяют вторичную, или гидроморфную, кору выветривания, образующуюся в результате выноса почвенными и грунтовыми водами химических элементов в виде истинных и коллоидных растворов в ходе формирования первичной автоморфной коры. Эти элементы, выносимые растворами, выпадают в виде минералов в пониженных элементах рельефа. Такую взаимосвязь автоморфной и гидроморфной кор выветривания называют геохимической сопряженностью, что имеет важное значение. Так, например, с автоморфными латеритными корами выветривания с гидроокислами алюминия сочетаются местами расположенные по соседству и орографически ниже залежи бокситов осадочного происхождения. Главное внимание в этой главе уделяется формированию первичной автоморфной коры выветривания.

В истории геологического развития земной коры неоднократно возникали благоприятные условия для образования мощных автоморфных кор выветривания, к числу которых относятся: сочетания высоких температур и влажности, относительно выровненный рельеф, обилие растительности и продолжительность периода выветривания. При достаточно длительном времени выветривания и соответствующих условиях образуются хорошо выраженные зоны коры выветривания, имеющие свои текстурно - структурные особенности и сложенные минералами, отражающими последовательные стадии развития. Значительная мощность и наиболее полный профиль коры выветривания Формировался в тропической лесной области, где выделяются следующие зоны: дезинтегрированная гидрослюдисто-монтмориллонитов-6ейделлитовая каолинитовая – гиббсит – гематит - гётитовая. Благодаря присутствию окислов и гидроокислов А1 и Fe элювий верхней части коры выветривания в сухом состоянии напоминает обожженный кирпич, часто образующий панцири и окрашенный в красный цвет. Поэтому такие коры выветривания называются латеритнымu (лат. латер - кирпич). Приведенные данные показывают, что состав полного профиля автоморфной коры выветривания изменяется снизу вверх от свежей исходной породы до продуктов наиболее глубокого гипергенного преобразования.

Б.Б. Полыновым и П.И. Гинзбурroм была намечена схема последовательности, или стадийности, процесса выветривания магматических пород. Были выделены четыре стадии: 1) обломочная, в которой гипергенное преобразование сводится к дроблению, механическому разрушению породы до обломочного материала (обломочный элювий);

2) сиаллитная., когда происходит извлечение щелочных и щелочно-земельных элементов, главным образом Са и Na, которые образуют пленки и конкреции кальцита. Поэтому эта стадия называется обызвесткованной; 3) кислая сиаллитная, в которой происходят глубокие изменения кристаллохимической структуры силикатов с образованием глинистых минералов (монтмориллонита, нонтронита, каолинита); 4) аллитная, когда кора выветривания обогащается окислами железа, а при наличии определенного состава исходных пород - окислами алюминия.

Изложенное представление понимается исследователями как идеализированная схема, иллюстрирующая общую направленность процесса выветривания. Конкретные климатические условия и состав горных пород, существовавшие в отдельные этапы геологической истории, могли задерживать или, наоборот, ускорять этот процесс, в результате чего формировались сокращенные и неполные профили вплоть до образования однозонального профиля коры выветривания, как, например, в пустынях и полупустынях элювий состоит преимущественно из различных обломков, щебня, дресвы, образующихся при физическом выветривании, местами с карбонатными пленками. Аналогичный обломочный профиль характерен для тундры. В отличие от указанных наблюдаются сокращенные и неполные профили в условия особо высоких температур и интенсивного водообмена, где в ряде случаев выпадают промежуточные зоны, местами вплоть до образования однозонального профиля, состоящего из свободных окислов и гидроокислов железа и алюминия, располагающихся на неизмененных породах.

Кроме того, и в полном профиле коры выветривания вертикальная зональность может быть объяснена не только стадийностью процесса, но возможностью различия степени химического разложения первичных минералов в верхних и более глубоких зонах профиля. Ведь именно в верхней (приповерхностной) зоне расходуется значительная часть химически и биохимически активных веществ и происходят наиболее интенсивные химические реакции и преобразования первичных минералов в глинистые и даже в свободные окислы и гидроокислы железа и алюминия. Глубже поступают уже обедненные, менее активные растворы, вследствие чего процессы преобразования минералов там замедляются и образуются промежуточные минералы гидрослюды, монтмориллонит и др. Следует также учитывать избирательный характер выветривания. Не все породы и не все части одной породы выветриваются равномерно. В трещиноватых участках пород выветривание происходит значительно легче, вдоль трещин образуются карманы продуктов выветривания. Кроме того, одни компоненты породы растворяются (или гидролизируются) легче, другие трудней. В слоистых, различных по составу породах также в ряде случаев наблюдается избирательное выветривание. Одни слои более подвержены выветриванию, другие менее, в результате местами возникают останцы более устойчивых слоев (в виде столбов, башен) на фоне продуктов выветривания разрушенных слоев.

Среди кор выветривания выделено два основных морфогенетических типа: площадной и линейный. Площадные коры выветривания развиваются в виде покрова или плаща, занимают местами обширные площади до десятков и сотен квадратных километров, представляющие различные выровненные тектонически спокойные поверхности рельефа. Линейные коры выветривания имеют линейное распространение в плане и приурочены к зонам повышенной трещиноватости, к разломам и контактам различных по составу и генезису горных пород. В этих условиях происходит более свободное проникновение воды и связанных с ней химически активных компонентов, что вызывает интенсивный процесс химического выветривания. Кроме того, существует представление, развиваемое В. Н. Разумовой, что в формировании линейных кор выветривания участвуют глубинные гидротермально - вадозные растворы, с которыми связаны миграция химических элементов и, возможно, метасоматическое замещение одних минералов другими. Такой процесс может быть приурочен к разломам и зонам повышенной трещиноватости, где наблюдается и наибольшая мощность коры в виде глубоко уходящих карманов. Менее обоснованно влияние гидротермальных растворов на формирование широко распространенных площадных кор выветривания на поверхностях выравнивания.

Строение полных профилей выветривания на серпентинитах Урала

Древние коры выветривания формировались в различные этапы геологической истории, совпадающие с крупными перерывами в осадконакоплении, они изучены и изучаются в отложениях разного возраста, начиная с докембрия. Самые древние протерозойские коры выветривания отмечены в Карелии и на Украинском кристаллическом щите Русской платформы. Под Москвой глубокими скважинами встречена допалеозойская кора выветривания, представленная преимущественно дресвянистой, гидрослюдистой, иногда каолинитизированной зоной суммарной мощностью около 30 м. Богатые железные руды Курской магнитной аномалии представляют собой древнюю кору выветривания (дораннекаменноугольную) развивавшyюcя на метаморфических протерозойских магнетит содержащих кварцитах. Как видно из рисунка, на дислоцированных неизмененных магнетитсодержащих кварцитах располагаются мартитизированныe кварциты, выше которых - богатые железные гематитовые руды по железистым кварцитам. На том же рисунке хорошо выражен латеритный профиль выветривания на кварцхлорит - серицитовых сланцах.

Особенно широко развиты древние коры выветривания мезозойского и мезозойско-кайнозойского времени в Казахстане, на Алтае, в ряде районов Сибири, на Урале и в других местах. Классическим развитием этих кор является Южный и Средний Урал, где они характеризуются большой мощностью и хорошо изучены многими исследователями (И.И. Гинзбургом, В.П. Петровым, Н.П. Херасковым, В. Н. Разумовой и др.). Полный профиль выветривания на серпентинитах Урала отмечается определенной зональностью. В нем неизмененные серпентиниты сменяются выщелоченными, далее монтмориллонитизированными и нонтронитизированными и, наконец, охрами по серпентинитам. В пределах развития габбро и долеритов также намечается полный профиль коры выветривания - от дезинтегрированных пород через промежуточные минералы к латеритным бокситам и охрам. По данным В.П. Петрова, строение площадной древней коры выветривания на гранитах Урала отличается достаточно четко выраженной зональностью: дресвянистая зона '" гидрослюдистая'" каолинитовая, суммарной мощностью около 100м. Здесь же выражена линейная кора выветривания, соответствующая контакту гранита со сланцами. и характеризующаяся мощностью около 200 м и отсутствием дресвянистой зоны.

По данным С.Л. Шварцева, зона окисленных руд в Гвинее образуется на хорошо дренируемых возвышенных участках и не всегда сопровождается образованием глинистых минералов. Латеризацию пород он объясняет не только конечными стадиями выветривания (когда образуются окислы и гидроокислы), но и при вносом в верхние горизонты коры Ре и Аl путем выщелачивания и миграции их из покрывающих почв.

Своеобразный тип линейной коры выветривания описан В.П. Егоровым и В.М. Новиковым в пределах Ново-Бурановского рудного месторождения Кемпирсайского массива Урала. Здесь в контактной зоне основных пород - габбро и ультраосновных - серпентинитов выражен полный профиль коры выветривания с латеритным бокситом. В профиле выветривания габброидов выделяются четыре минерало - геохимические зоны (снизу вверх):

Схема строения древней коры выветривания на гранитах Урала

1) механической дезинтеграции;

2) выщелачивания (гидрохлори - монтмориллонитовая);

З) каолинитоохристая;

4) гиббси-каолинито-охристая с латеритным бокситом. Залежи бокситов имеют гнездообразную форму. В центральной части габброидного тела завершает кору выветривания каолинито - охристаязона. Здесь же в профиле коры выветривания серпентинитов выделяются следующие зоны:

1) дезинтегрированных серпентинитов;

2) керолитовых;

З) никельсодержащих нонтронитов;

4) охр.

Местами же непосредственно на серпентинитах располагаются никель содержащие нонтрониты, переходящие в охры.

В работах Н.А. Лисицыной приведены интересные данные о современно-четвертичных корах выветривания южного полушария. Особенностью всех описанных ею типов кор является отсутствие дезинтегрированной зоны и непосредственный переход базальтов в различные глинистые образования и даже в охристую латеритную зону. Так, например, в Индонезийском типе на базальтах располагаются сильно выветренные гиббсит - каолинитовые образования мощностью до 20 м, выше которых гиббсит – гематит - гётитовые образования конкреционной структуры мощностью 0,3-5,5 м. Наиболее интенсивное разложение базальтов отмечено в Гвинейском типе, где кора состоит из маломощноro (0,5 м) гиббсит - каолинитового горизонта, а выше из гиббсит – гематит - гётитовых образований мощностью около 12 м. Близкие данные получены С.П. Прокофьевым по Западной Гвинее в пределах Фута-Мандингскоro свода. При этом указывается на возможность проявления во времени двух циклов гипергенеза: 1) позднемеловой - миоценовый и 2) плиоцен-четвертичный.

Рассмотренные примеры показывают, что общий процесс формирования кор выветривания весьма сложен, зависит от сочетания многих факторов и представляет собой несколько взаимосвязанных явлений: 1) разрушение и химическое разложение горных пород с образованием продуктов выветривания; 2) частичный вынос и перераспределение продуктов выветривания; 3) синтез новых минералов в результате взаимодействия продуктов выветривания в ходе их миграции; 4) метасоматuческое (греч. «мета» - после, «сома»тело) замещение минералов материнских пород.

В направленности общего процесса выветривания большая роль принадлежит миграционной способности химических элементов.

а. Определить истинную мощность пласта Ми, если вертикальная мощность пласта Мв = 18 м; угол падения пласта - 67º.

Ми = Мв∙cos 67º = 18∙0,3907 = 7,03 (м)

б. Изобразить положение пласта в горизонтальной плоскости в масштабе 1:500, если азимут падения ЮЗ 205º; угол падения 16º; Ми = 4 м.

в. Изобразить в горизонтальной плоскости брахисинклинальную складку

г. Изобразить в вертикальной плоскости согласный сброс и несогласный взброс.

Сбросами называются нарушения, в которых поверхность разрыва наклонена в сторону расположения опущенных пород.

Классификация сбросов. Сбросы различаются по ряду признаков: углу наклона сместителя, ориентировке по отношению к простиранию нарушенных пород, соотношению наклона смесителя и нарушенных пород, направлению перемещения крыльев, взаимному расположению сбросов в плане и в разрезе. По углу наклона сместителя выделяются: пологие сбросы с углом наклона сместителя до 30°, крутые с углом наклона сместителя от 30 до 80° и вертикальные с углом наклона сместителя более 80°.

По отношению к простиранию нарушенных пород различаются: продольные сбросы, у которых общее простирание сместителя совпадает с простиранием нарушенных пород, косые (диагональные) сбросы, сместитель которых ориентирован под углом к простиранию пород, и поперечные сбросы, направленные вкрест простирания пород.

По соотношению наклонов сместителя и нарушенных пород выделяются согласные и несогласные сбросы. У согласных сбросов наклон пород и сместителя направлен в одну и ту же сторону; у несогласных сбросов породы и сместитель падают в противоположные стороны.

Взбросами называются нарушения, в которых поверхность разрыва наклонена в сторону расположения приподнятых пород.

Классификация взбросов почти совпадает с классификацией сбросов. Взбросы также различаются по ряду признаков.

По углу наклона сместителя выделяются: пологие взбросы с углом наклона сместителя до 30°, крутые — с углом наклона от 30 до 80° и вертикальные — с углом наклона сместителя от 80 до 90°. По отношению к простиранию нарушенных пород различаются продольные взбросы, у которых простирание сместителей совпадает с направлением простирания пород, косые или диагональные взбросы, ориентированные под углом к простиранию пород, и поперечные, направленные под прямым углом к простиранию пород. По соотношению наклона пород и сместителя (в вертикальных разрезах) выделяют согласные и несогласные взбросы. У согласных взбросов наклон пород и сместителя направлен в одну и ту же сторону, у несогласных - породы и сместитель наклонены в противоположные стороны.

