**Общая геология**

1. **Химический состав земной коры и Земли. Кларки**

Верхняя каменная оболочка Земли — земная кора — сложена различными по составу и происхождению горными породами. Любая горная порода представляет собой определенное сочетание минералов, являющихся, в свою очередь, химическими элементами или их природными соединениями.

Таким образом, вещество земной коры в порядке усложнения степени его организации образует иерархический ряд: химический элемент — минерал — горная порода. Именно в такой последовательности и рассматривается ниже вещественный состав земной коры.

Наиболее достоверные сведения о химическом составе земной коры относятся к ее верхней части (до глубины 16-20 км), доступной для непосредственного изучения. Проблемами химического состава, закономерностями его изменения в пространстве и во времени занимается сравнительно молодая еще наука геохимия.

По данным современной геохимии, в земной коре установлено 93 химических элемента. Большинство из них являются сложными, то есть представлены смесью различных изотопов. Лишь 22 химических элемента (например, натрий, марганец, фтор, фосфор, золото) не имеют изотопов и поэтому называются простыми.

Распределены химические элементы в земной коре крайне неравномерно.

Первые серьезные исследования, касающиеся распространенности химических элементов, принадлежат американскому геохимику Ф. Кларку. Путем математической обработки имевшихся в его распоряжении результатов 6000 химических анализов различных горных пород Ф. Кларк установил средние содержания в земной коре 50 наиболее распространенных химических элементов. Данные Ф. Кларка, опубликованные впервые в 1889 г., впоследствии уточнялись многими отечественными и зарубежными исследователями: Г. Вашингтоном, В. Гольшмидтом, Г. Хевеши, В. Мейсоном, В. И. Вернадским, А. Е. Ферсманом, А. П. Виноградовым, А. А. Ярошевским и др.

В знак особой заслуги Ф. Кларка перед геохимической наукой средние содержания химических элементов в земной коре называют Кларками и выражают в весовых, атомных или объемных процентах. Наиболее и часто используют весовые кларки элементов. Ниже в таблице приведены кларки наиболее распространенных элементов земной коры по данным различных исследователей.

Весовые кларки наиболее распространенных химических элементов земной коры.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Химический  элемент | Кларк, вес. % | | | |
| По Ф. Кларку (1924) | По А. П. Виноградову (1962) | по  В. Мейсону(1971) | По А. А. Ярошевскому(1988) |
| Кислород | 49,52 | 49,13 | 46,60 | 47,90 |
| Кремний | 25,75 | 26,00 | 27,72 | 29,50 |
| Алюминий | 7,51 | 7,45 | 8,13 | 8,14 |
| Железо | 4,70 | 4,20 | 5,00 | 4,37 |
| Кальций | 3,29 | 3,25 | 3,63 | 2,71 |
| Натрий | 2,64 | 2,40 | 2,83 | 2,01 |
| Калин | 2,40 | 2,35 | 2,59 | 2,40 |
| Магний | 1,94 | 2,35 | 2,09 | 1,79 |
| Водород | 0,88 | 0,15 | — | 0,16 |
| Титан | — | 0,61 | — | 0,52 |
| Углерод | — | 0,36 | — | 0,27 |

Приведенные данные показывают, что главными элементами-строителями земной коры являются О, Si, Al , Fe, Са, Na, К, Mg, составляющие более 98 % ее веса. Ведущее место среди них принадлежит кислороду, на долю которого приходится почти половина массы земной коры и около 92 % ее объема. По преобладающим химическим элементам земную кору иногда называют оксисферой, а также сиалической оболочкой.

Распространенность химических элементов связана с их положением в периодической системе. Как отмечал еще Д. И. Менделеев, наиболее распространенные элементы земной коры располагаются в начале периодической системы. С увеличением порядкового номера распространенность элементов неравномерно убывает.

Так, среди первых 30 элементов кларки редко опускаются ниже сотых долей процента и чаще выражаются в десятых долях или даже в целых процентах. У остальных элементов преобладают малые кларки, которые лишь очень редко поднимаются до тысячных долей процента.

Таким образом, в земной коре явно преобладают легкие элементы, что отличает ее от других внутренних геосфер, более бедных этими элементами и обогащенных тяжелыми металлами. Взаимосвязь между кларками химических элементов и их положением в периодической системе позволяет предположить, что одной из основных причин различной распространенности химических элементов в земной коре являются строение и энергетическая устойчивость ядер их атомов.

Следует отметить, что наши представления о распространенности химических элементов не всегда согласуются с истинными значениями их кларков. Например, такие обычные элементы, как медь, цинк, свинец, имеют кларки во много раз меньшие, чем считающиеся редкими цирконий, ванадий. Причиной такого несоответствия является различная способность химических элементов к образованию значительных концентраций в земной коре — месторождений. Эта способность определяется их химическими свойствами, зависящими от структуры внешних электронных оболочек атомов, а также термодинамическими условиями земной коры.

Химический состав земной коры изменяется в течение геологического времени, причем эта эволюция продолжается по сей день. Основными причинами изменения химического состава являются:

- процессы радиоактивного распада, приводящие к самопроизвольному

превращению одних химических элементов в другие, более устойчивые в условиях земной коры. Согласно расчетам В. И. Вернадского, в современную эпоху только за счет ядерных превращений ежегодно обновляют свой химический состав 10в -101Н т вещества земной коры;

- поступление метеорного вещества в виде метеоритов и космической пыли (16 тыс. т. ежегодно);

- продолжающиеся процессы дифференциации вещества Земли, приводящие к миграции химических элементов из одной геосферы в другую.

Атомы химических элементов в земной коре образуют разнообразные сочетания друг с другом, главным образом химические соединения. Формы их нахождения достаточно многообразны, однако основной формой существования химических элементов в земной коре является минеральная. При этом в одних случаях они образуют самостоятельные минеральные виды, в других — входят в кристаллические решетки других минералов в виде примесей.

1. **Формы залегания магматических горных пород**

Формы залегания магматических пород зависят от условий их образования. Наиболее разнообразные условия могут возникать при формировании интрузивных горных пород, образование которых происходит на разных глубинах при различных сочетаниях условий давления, температуры, количества магмы, ее состава, а также тектонических условий, при которых затвердевает расплав. Разнообразие условий приводит к образованию специфичных и разнообразных форм залегания интрузивных горных пород, называемых интрузивными массивами, или интрузивами, или плутонами. Обычно на дневную поверхность выступает только часть интрузивного тела.

По размерам (по площади на карте) различают интрузивы крупные - более 100 км2, средние - 100-10 км2 и мелкие - менее 10 км2.Интрузивныетела делятся на секущие (интрузивы прорывают вмещающие породы) **рис.1**, согласные (интрузивы залегают согласно с вмещающими породами) **рис.2** и частично согласные (интрузивы располагаются между складчатой и полого залегающей толщами). К наиболее широко распространенным секущим интрузивам относятся батолиты, штоки, дайки, магматические диапиры **рис.1**. Основными согласными интрузивными телами являются лополиты, лакколиты, факолиты, силлы **рис.2**, а частично согласные - гарполиты, магматические диапиры **рис.1** (*II в, г*).

Глубинные интрузивные породы в земной коре образуют обычно батолиты, гарполиты, лополиты и крупные штоки, а полуглубинные - более мелкие тела: штоки, дайки, лакколиты, факолиты, силлы, магматические диапиры.

Условия образования вулканических горных пород, формирующихся на земной поверхности, менее разнообразны. Эффузивные горные породы в зависимости от химического состава лавы и особенностей излияния образуют покровы и потоки и связанные с ними некки-жерла вулканов **рис**.**3**. Наиболее вязкие (кислые) лавы образуют вулканические купола. Пирокластические породы имеют такие же формы залегания, как и осадочные: слой, линза.

1. **Геологическая деятельность озер и болот**

кларк горный порода магматический

**Озера**

Озерами называются впадины на поверхности суши, заполненные водой и не имеющие непосредственной связи с Мировым океаном. Их суммарная площадь составляет около 2,7 млн. км2 , или 1,8 % поверхности суши.

Озера очень разнообразны по своим размерам, происхождению озерных впадин, гидрогеологическому режиму, химическому составу воды. Самыми крупными по занимаемой площади являются Каспийское море-озеро (395 тыс. км2), озеро Верхнее в Северной Америке (82,4 тыс. км2) и озеро Виктория в Африке (69,4 км2).

Работа озер очень близка к деятельности морских водоемов и отличается в основном масштабами своего проявления. Она складывается из разрушения берегов и прибрежных частей дна, переноса и сортировки материала внутри водоема, накопления осадков. Разрушительная работа (озерная абразия) происходит в основном в прибрежной зоне и связана с воздействием ветровых волн. Под ударами волн берег разрушается и постепенно отступает. Интенсивность разрушения находится в прямой зависимости от величины водоема. У относительно небольших озер с установившимся уровнем абразия минимальна. Детальное изучение разрушительных процессов проводилось на берегах искусственных водоемов. Так, в Цимлянском водохранилище на р.Дон за пять лет берега были срезаны волнами в среднем на - 50 м. В целом в геологической работе озер разрушительная деятельность играет второстепенную роль. Весь материал, поступающий в озера в результате их разрушительной деятельности, а также принесенный реками, ручьями, ветром, разносится волнами и течениями по всему водоему и в конечном итоге отлагается на его дне. Перенос происходит как в механической форме - перекатыванием по дну и в виде взвесей, так и в химической - в виде истинных и коллоидных растворов.

Осадконакопление, или аккумулятивная деятельность, играет наиболее важную роль в геологической работе озер. В озерах образуются все генетические типы осадков: терригенные, органогенные и хемогенные. Преобладание тех или иных типов осадков зависит от климатических условий, рельефа, проточности озер и их солености. Озерные отложения часто обладают тонкой горизонтальной слоистостью, что обусловлено сравнительно спокойным гидродинамическим режимом среды осадконакопления.

Терригенные (обломочные) осадки наиболее характерны для пресноводных проточных озер, расположенных в районах влажного климата, с которыми связан интенсивный поверхностный сток. Благоприятствует их образованию расчлененный гористый рельеф окружающей суши. Представлены обломочные отложения терригенными илами, песками, иногда гравием и галечниками.

Сравнительно небольшая глубина озер, спокойные гидродинамические условия благоприятствуют развитию богатого органического мира, а следовательно, и формированию органогенных отложений. Наиболее широко органогенные осадки развиваются в пресных и солоноватых озерах гумидных областей. К ним относятся сапропели, диатомиты и известняки-ракушечники.

Хемогенные осадки достаточно разнообразны и встречаются в различных типах озер. Преимущественным развитием они пользуются в озерах областей аридного климата, чаще всего бессточных. Усиленное испарение, свойственное этим водоемам, приводит к перенасыщению растворов и химическому осаждению (садке) солей. Главными видами химических осадков являются поваренная соль, калийная соль, глауберова соль, или мирабилит, гипс, сода, реже бура.

**Болота**

Болотами называются участки земной поверхности с избыточным увлажнением верхних горизонтов горных пород и развитием влаголюбивой болотной растительности. На земном шаре они занимают площадь около 2 млн. км2.

Геологическая деятельность болот преимущественно сводится к процессам осадконакопления. Здесь накапливаются органогенные и в значительно меньшей степени хемогенные осадки. Терригенные осадки практически отсутствуют.

Среди органогенных отложений наиболее важным является торф. Исходным материалом для его образования являются остатки различной болотной растительности, мхов, трав, кустарников и деревьев, при этом важнейшую роль играет клетчатка растений, состоящая из углерода, водорода, кислорода и азота.

В болотах вследствие накопления значительных толщ органических остатков доступ воздуха ограничен. Поэтому дальнейшие преобразования органической массы происходят при ограниченном доступе или без доступа кислорода. В верхних частях бассейнов, где имеется ограниченный доступ воздуха, происходит частичное преобразование растительного материала в перегной, или гумус (от лат. «хумус» — земля).

В нижних частях в условиях полного отсутствия кислорода и в среде деятельности анаэробных бактерий перегнивающая растительная масса преобразуется в торф. Этот медленный процесс гниения, происходящий без доступа воздуха и ведущий к образованию торфа, называют гумификацией, или начальной стадией углефикации. В ходе него происходит постепенное возрастание в породе содержания углерода (до 57-59 %).

Хемогенные осадки образуются в болотах в очень небольшом количестве и связаны с привносом соответствующих компонентов подземными водами. Так, в низинных болотах, питающихся жесткими грунтовыми водами с большим количеством карбонатов кальция, образуются линзы известняков (болотная известь).

Из растворенных железистых соединений в восстановительной среде формируются болотные железные руды сидеритового состава, а в окислительной - бурые железняки.

1. **Магматические породы**

Магматические горные породы образуются в результате затвердевания магмы на глубине или на земной поверхности при вулканических извержениях. Магматические породы также называют изверженными.

По условиям образования магматические горные породы подразделяются на следующие виды.

1. Интрузивные (внедрившиеся):

• глубинные (абиссальные),

• полуглубинные (гипабиссальные).

2. Вулканические:

• эффузивные (излившиеся),

• пирокластические.

Интрузивные, или внедрившиеся (от лат. «интрузио» - внедрение), горные породы образуются при застывании магмы под земной поверхностью и по глубине застывания делятся на глубинные и полуглубинные.

Глубинные, или абиссальные (от греч. «абиссос» - бездонный), или плутонические, породы формируются на больших глубинах, в условиях длительно сохраняющихся высоких температур и давлений и характеризуются полной раскристаллизацией магматического расплава.

Полуглубинные (гипабиссальные) горные породы, затвердевшие на средних и небольших глубинах, по условиям образования являются промежуточными между глубинными интрузивными и эффузивными. Температура и давление магмы на разных глубинах меняются по-разному, и могут возникать как полно-, так и неполнокристаллические породы.

Излившиеся, или эффузивные, породы (от лат. «эффузио» — излияние) образуются при излиянии лавы на дневную поверхность, где резко понижаются температура и давление. Эффузивные породы характеризуются неполной кристаллизацией или быстрым затвердеванием расплава в виде вулканического стекла.

Различия в условиях образования магматических пород четко отражаются на их внешнем облике и легко распознаются макроскопически по характеру структуры и текстуры.

По степени кристаллизации магматического расплава выделяют следующие структуры.

1. Полнокристаллические, когда все вещество раскристаллизовано в агрегат минералов.

2. Неполнокристаллические, когда часть расплава раскристаллизовалась и образовались минеральные зерна, а другая часть затвердела в виде вулканического стекла.

3. Стекловатые, когда вся порода представлена вулканическим стеклом.

В основу классификации магматических горных пород положены химический и минералогический состав и структурные особенности.

Химический анализ магматических горных пород показывает, что они состоят в основном из восьми окислов: SiО2 , Al2O2 Fe2O3 FeO, MgO, CaO, Na2О, K2О. В значительно меньших количествах присутствуют ТiO2 , МgО, Р2О5 Н2О и некоторые другие. Из главных окислов только SiО2 присутствует во всех магматических породах в значительных количествах. Окисел SiО2 и принят за основу химической классификации изверженных горных пород. По содержанию кремнезема (окисла SiО2) магматические породы подразделяются на четыре группы:

• кислые, SiО2 = 64-78 %,

• средние, SiО2 = 53-64 %,

• основные, SiО2 = 44 - 53 %,

• ультраосновные, SiО2 = 30-44 %.

1. **Разрывные движения**

Разрывы в горных породах весьма разнообразны. Различают трещины, представляющие собой расколы, вдоль которых не происходит заметных перемещений, и разрывы, где отделившиеся блоки горных пород смещаются относительно друг друга. В разрывных нарушениях выделяют следующие главные элементы: поверхность разрыва, или сместитель, сместившиеся блоки, или крылья, и величину смещения - амплитуду.

Среди разрывов со смещениями различают несколько типов, разных по своему строению. Наиболее обычны среди них сбросы, взбросы, сдвиги, надвиги.

К сбросам относятся нарушения, у которых поверхность разрыва (сместитель) наклонена в сторону опущенного блока. На **рис.4** приведена схема строения сброса в разрезе и плане. У сбросов различают следующие элементы: поднятое крыло *А*, опущенное крыло *Б*, сместитель *ГГ*, угол падения сместителя *а*, вертикальную амплитуду *вб*, горизонтальную амплитуду *ав* и амплитуду по сместителю (истинное смещение) *аб* **рис4**.

Иногда определяется так называемая стратиграфическая амплитуда, то есть величина смещения по нормали к поверхности наслоения пород. По углу наклона сместителя различают: пологие сбросы (с углом падения сместителя до 45°), крутые (с углом падения сместителя от 45 до 80°) и вертикальные (с углом падения сместителя от 80 до 90°).

Взбросами называются нарушения, в которых поверхность разрыва (сместитель) наклонена в сторону приподнятого блока. Во взбросах различаются те же элементы, что и в сбросах, и их так же делят по углу падения сместителя, как и сбросы **рис.4** (*II*), (*II'*).

Широко распространены групповые сбросы и взбросы, нередко образующие закономерные сочетания. Структуры, образованные сбросами или взбросами, центральные части которых опущены и сложены наземной поверхности более молодыми породами, чем породы, обнажающиеся в их краевых приподнятых частях, называются грабенами **рис.5** (*I*), (*I'*). В противоположность грабенам горсты представляют собой структуры, образованные сбросами и взбросами; центральные части их относительно приподняты и на поверхности сложены более древними породами, чем породы, обнаженные в краевых опущенных частях **рис.5** (*II*), (*II'*).

Следующую группу разрывов образуют сдвиги. К ним относятся все разрывы, смещения блоков в которых происходят в горизонтальном направлении. В сдвигах различаются крылья, сместитель, угол падения сместителя и амплитуда смещения.

По углу падения сместителя сдвиги делятся на горизонтальные, пологие, крутые и вертикальные; по относительному перемещению крыльев различаются правые и левые сдвиги **рис.6** (*I*).

Особую группу разрывов составляют надвиги. К ним относятся разрывы взбросового строения, обычно тесно связанные со складками.

По углу падения сместителя надвиги делятся на три вида **рис.6** (*II*):

• крутые — с углом падения сместителя более 45°;

• пологие — с углом падения сместителя менее 45°;

• горизонтальные — с приблизительно горизонтальным расположением сместителя.

Помимо описанных выше разрывов, имеющих обычно местное, локальное распространение, в земной коре развиваются и крупные, региональные разрывные структуры, протягивающиеся на десятки и многие сотни километров. К ним относятся тектонические покровы и глубинные разломы. Тектоническими покровами (или шаръяжами) называются крупные надвиги, по которым вдоль пологих или горизонтальных поверхностей перемещаются не отдельные складки, а целые складчатые комплексы. В покровах выделяются перемещенные массы верхнего, надвинутого крыла, называемые аллохтоном, и оставшиеся на месте массы нижнего, перекрытого крыла — автохтоны.

Глубинные разломы представляют собой линейные зоны, в которых сосредоточены разрывы, интенсивная складчатость и трещиноватость. Их ширина может составлять километры или первые десятки километров. Глубинные разломы характеризуются большой протяженностью, глубиной проникновения, нередко ниже подошвы земной коры, и длительным развитием, растягивающимся на несколько периодов или даже целые эры. Зоны глубинных разломов имеют повышенную проницаемость, и к ним часто приурочены эффузивные и интрузивные породы и жильные образования. Глубинные разломы могут быть выражены различно: в складчатых областях они обычно имеют взбросовое и сдвиговое строение, а на платформах чаще сбросовое; вдоль последних нередко возникают опускания с образованием крупных региональных грабенов, называемых рифтами. Примером последних может служить Байкальский рифт.