

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Г.И.РЫЧАГОВ

ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«ГЕОМОРФОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ
ГЕОЛОГИИ»

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОСКВА - 2002

ПРЕДИСЛОВИЕ

Программой курса "Геоморфология с основами геологии" учебного плана Географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова предусмотрены практические занятия по геологическому разделу курса. В задачу этих занятий входит: 1) познакомить студентов с важнейшими породообразующими и рудными минералами, а также с наиболее широко распространенными горными породами; 2) дать представление о содержании общих геологических карт, научить читать такие карты и составлять простейшие геологические профили.

В соответствии с этими задачами книга состоит из следующих разделов: 1) начальные сведения из минералогии; 2) начальные сведения из петрографии; 3) геологическая карта; 4) геологические профили (разрезы).

Исходя из того, что курс "Геоморфология с основами геологии" читается общему потоку студентов-первокурсников (независимо от их будущей специализации) в книге не рассматриваются сведения из кристаллографии. Дается лишь представление о кристаллических решетках и их влиянии на внешний облик и свойства кристаллических тел.

Значительное место в книге уделено характеристике физических свойств и форм минеральных агрегатов (являющихся важными диагностическими признаками), а также макроскопическим признакам горных пород различного происхождения.

К книге прилагаются:

- 1) геохронологическая (стратиграфическая) шкала;
- 2) условные обозначения состава и генезиса наиболее распространенных горных пород;
- 3) краткий определитель горных пород, с которыми студенты-географы могут встретиться на учебных практиках и при полевых экспедиционных исследованиях.

Для закрепления изложенного в книге материала приводятся вопросы (тесты), которые могут быть использованы преподавателями при проведении контрольных работ и зачетных занятий.

При работе над Практикумом широко использованы материалы учебного пособия "Практические работы по общей геологии" (Издательство "Просвещение", М., 1971), одним из авторов которого была Валентина Федоровна Барская, светлой памяти которой и посвящается эта книга.

ВВЕДЕНИЕ

Геология — одна из наук о Земле. Она занимается изучением строения, состава, условий образования и истории развития Земли. В более узком смысле слова геологией обычно называют комплекс научных дисциплин, связанных с изучением твердой каменной оболочки Земли (земной коры). В задачу геологии входит изучение состава, строения, условий образования и истории развития земной коры.

Объект изучения геологии — *земная кора* — сложена плотными или рыхлыми минеральными агрегатами, называемыми **горными породами**. Наука, занимающаяся изучением горных пород, называется **петрографией**¹.

Горные породы являются сложными природными телами, состоящими из сочетания более простых тел — минералов. Минералы — природные химические соединения (реже самородные элементы), являющиеся продуктом различных физико-химических процессов, совершающихся внутри земной коры и на ее поверхности, включая продукты жизнедеятельности организмов. Наука, занимающаяся изучением минералов, называется **минералогией**².

Основное принципиальное отличие минерала от горной породы заключается в том, что минерал, как в отношении химического состава, так и по своим свойствам, есть тело относительно однородное, тогда как горные породы представляют собой агрегаты, состоящие, как правило, из нескольких минеральных компонентов. Принимается во внимание и распространенность минеральных тел в земной коре. Горные породы обычно занимают большие пространства по сравнению с минералами. Минералы в своем залегании подчинены горным породам: они входят в состав горных пород или образуют в них отдельные самостоятельные скопления.

Горные породы могут быть **полиминеральными**, когда они состоят из различных минералов, и **мономинеральными**³, состоящими из одного минерала. К полиминеральным породам относится, например, гранит. В состав которого входят минералы: кварц, полевой шпат, слюда, реже — роговая обманка. В качестве примера мономинеральной породы можно привести мрамор, состоящий из одного минерала — кальцита. *Минералы, содержание которых в породе превышает 5%, называются породообразующими.* Эти минералы определяют состав, свойства, облик и название горных пород. Кроме того, в любой породе (даже мономинеральной) встречаются в виде незначительной примеси (менее 5%) второстепенные минералы, называемые

¹ от греческого "петрос" — камень, "графо" — пишу, описываю.

² от латинского "минера" — руда.

³ от греч. "полис-" — многий; "монос-" — один

аксессуарными⁴. Они могут присутствовать или отсутствовать в породе, не изменяя общего характера породы и не влияя на ее название.

В настоящее время известно до 4000 минералов. Мы познакомимся с небольшим количеством наиболее часто встречающихся (породообразующих) минералов, а также с некоторыми из сравнительно редких минералов, но являющихся ценными полезными ископаемыми.

Минералы могут иметь сложный или простой химический состав. К числу простых относятся такие минералы, как кальцит (CaCO_3), кварц (SiO_2), пирит (FeS_2) и др. К сложным минералам относится, например, ортоклаз (калиевый полевой шпат), химический состав которого отображается следующей формулой: $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Иногда минерал представляет собой скопление одного элемента. Такие минералы называются самородными. К их числу относится самородная сера (S), графит (C), алмаз (C), самородное золото (Au), самородная медь (Cu) и др.

По своему агрегатному состоянию минералы могут быть твердыми, жидкими (пример: самородная ртуть) и газообразными (пример: газ метан и др.). В двух последних случаях это обычно смеси сложного химического состава: нефть, морская вода с растворенными в ней солями, природные газы. Как правило, эти образования в курсах минералогии не рассматриваются.

Твердые минералы в большинстве своем являются телами кристаллическими (на их долю приходится около 98% известных минералов), хотя встречаются и некристаллические (янтарь, опал и др.).

Минералы, имеющие кристаллическое строение, характеризуются правильным, упорядоченным расположением составляющих их частиц. Материальные частицы, слагающие кристаллическое вещество, не заполняют все пространство, а отстоят друг от друга на некотором расстоянии. Внутреннее строение кристаллического вещества можно представить в виде множества прилегающих друг к другу совершенно одинаковых субмикроскопически малых ячеек (кубов, призм, параллелепипедов и т. д.), в вершинах которых, называемых **узлами**, располагаются материальные частицы. Совокупность таких равных, плотно пригнанных друг к другу ячеек образует так называемую **кристаллическую** или **пространственную решетку**.

В зависимости от характера частиц, лежащих в узлах решеток, различают три типа кристаллических решеток:

- 1) **атомная** — в узлах решетки находятся атомы. Пример: алмаз, графит.
- 2) **ионная** — в узлах решетки расположены ионы. Пример: каменная соль.

⁴ от лат. "аксессуарииус" — добавочный

3) **молекулярная** — в узлах решетки находятся молекулы. Пример: сахар.

Из строения кристаллических решеток видно, что расстояния между частицами могут быть различными, но строго постоянными для каждого направления (вектора).

Внутреннее строение кристаллического вещества накладывает отпечаток на его свойства, главными из которых являются:

1) **анизотропность** (неравносвойственность) — изменение свойств вещества с изменением направления;

2) **однородность** — любые два участка кристаллического вещества обладают совершенно одинаковыми свойствами по параллельным направлениям;

3) **способность самоограняться** — способность неправильных кусков кристаллического вещества принимать при росте в насыщенном растворе форму правильных многогранников. Поэтому кристаллические вещества часто встречаются в природе в виде кристаллов или их зерен.

Под **кристаллами** понимают тела, находимые в природе или полученные искусственно. Имеющие форму многогранников.

Некристаллические вещества не обладают упорядоченным расположением материальных частиц и не способны образовывать кристаллы. Поэтому такие вещества называют **аморфными** (бесформенными). В отличие от кристаллических тел аморфные тела **изотропны**⁵, т. е. Их свойства по всем направлениям одинаковы.

В природной обстановке кристаллы образуются: 1) из охлаждающихся растворов и расплавов при их кристаллизации; 2) путем выпадения вещества из перенасыщенных растворов; 3) при возгонке паров и газов; 4) при перекристаллизации твердых масс (в частности, коллоидов).

Как и в любом многограннике, в кристалле различают следующие элементы ограничения: **грани, ребра и углы** (вершины). Грани — это плоскости, ограничивающие кристалл; ребра — линии пересечения граней; углы — точки пересечения ребер.

Форма кристалла зависит от строения кристаллической решетки. Так как определенным минералам свойственна своя форма кристаллической решетки, то каждому минералу присуща более или менее постоянная форма кристаллов, которая может служить одним из важнейших диагностических признаков при определении минералов.

Строение кристаллической решетки не только влияет на форму кристалла. Но и оказывает существенное воздействие на физические свойства минералов. Так, например, минерал кальцит (CaCO_3) имеет различную твердость в зависимости от расстояния между

⁵ от греч. "изос" — равный; "тропос" — поворот, изменение.

слагающими его частицами. Если это расстояние соответствует $2,96 \text{ \AA}$ ⁶ относительная твердость кальцита равна 3,2; при увеличении расстояния между частицами до $3,17 \text{ \AA}$ твердость кальцита понижается до 2,9. Другой пример. В кристаллической решетке графита горизонтальное расстояние между узлами равно $1,43 \text{ \AA}$, а вертикальное — $3,35 \text{ \AA}$. Поэтому графиту свойственна так называемая **спайность**⁷ в одном направлении. А именно в направлении, перпендикулярном к бóльшим межузловым расстояниям, т. е. В горизонтальном.

Алмаз, химический состав которого одинаков с графитом, имеет другую кристаллическую решетку и спайность ему несвойственна.

Способность двух или нескольких веществ одинакового состава кристаллизоваться в разных формах, иначе говоря, в разных пространственных решетках называется **полиморфизмом**. Слово "полиморфизм" означает многоформность. Ярким примером полиморфизма являются алмаз и графит. Алмаз — самый твердый из всех минералов, встречается в виде изометрических кристаллов. В чистом виде бесцветен, обладает прозрачностью, имеет удельный вес 3,5 и представляет вещество, отличающееся плохой электропроводностью. В отличие от алмаза, графит очень мягок и непрозрачен даже в тонких пластинках, имеет темно-серый или черный цвет, кристаллизуется в виде чешуйчатых шестиугольных пластинок, имеет удельный вес 2,2 и является хорошим проводником электричества. Все эти взаимно противоположные качества есть не что иное, как следствие двух разных структур.

Изоморфизм — свойство некоторых веществ, обладающих разным химическим составом, кристаллизоваться порознь в кристаллах, весьма близких по форме и строению, и давать однородные смешанные кристаллы, содержащие исходные вещества в различных количествах. Такие смеси принято называть изоморфными. Примером природной изоморфной смеси может служить минерал оливин — $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$, состоящий из m молекул форстерита (Mg_2SiO_4), и n молекул фаялита (FeSiO_4), где m может быть больше или меньше n .

Геометрически правильные формы кристаллов в природных условиях образуются редко. При кристаллизации расплавов или выпадении вещества из насыщенных растворов образуется большое количество одного или нескольких минералов. Вполне понятно, что в таких условиях кристаллы мешают друг другу свободно расти и образовывать правильные многогранники. В результате получаются геометрически не вполне правильные, искаженные или недоразвившиеся формы. Одни грани у таких кристаллов развиты лучше,

⁶ \AA — ???рем, равен 10^{-8} см.

другие — хуже. Форма граней часто получается не вполне правильная. Иногда образуется количество граней меньше, чем следует. Но как бы ни была искажена форма кристалла, его внутреннее строение сохраняется, сохраняются и закономерности сочетания граней — углы между соответствующими гранями кристаллов одного и того же вещества остаются одинаковыми и постоянными. Этот **закон постоянства граничных углов** дает возможность по углам точно определять минералы, встречающиеся в виде мелких обломков кристаллов, если только обломки в какой-то мере сохранили естественные грани, а также в кристаллах, различающихся по внешнему виду.

НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ МИНЕРАЛОГИИ

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Минералы, отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску. Твердости, удельному весу, форме кристаллов и др. В зависимости от химического состава и внутреннего строения каждый минерал характеризуется какими-либо особыми, только ему свойственными признаками, по которым он может быть опознан. Для одних минералов постоянным признаком является цвет, для других — блеск, для третьих — твердость и т. д.

Метод определения минералов по их внешним признакам — физическим свойствам — относительно прост. Однако необходимо помнить. Что макроскопически минерал можно определить лишь в случае тщательного изучения **всех** его свойств, так одно-два свойства могут быть сходными у разных минералов, и напротив, разные образцы одного и того же минерала могут отличаться друг от друга по некоторым признакам.

Следует также иметь в виду, что свойства одного и того же минерала могут меняться в зависимости от того, с какой агрегатной форме он находится. То, что четко видно в крупном зерне минерала, будет плохо заметно или даже совсем не видно в его мелкозернистом агрегате. Поэтому при описании минерала необходимо указывать, в какой агрегатной форме он находится.

Нельзя, конечно, думать, что по физическим свойствам определимы все встречающиеся в природе минералы. Многие из них могут быть достоверно определены лишь при условии применения более совершенных методов исследования.

Цвет. Достаточно беглого взгляда на минералы в музейных витринах или лотках, чтобы убедиться в разнообразии их цвета. Окраска минерала невольно обращает на себя внимание при первом же знакомстве с ним. Поэтому вполне естественно стремление при определении минералов воспользоваться цветом как наиболее простым признаком.

⁷ спайность — способность кристаллических веществ раскалываться или расщепляться по определенным направлениям с образованием ровных, зеркально-блестящих поверхностей.

Однако часто такой подход неправилен. Во-первых, потому, что разные минералы могут иметь одинаковый цвет. Во-вторых, один и тот же минерал может иметь различную окраску в зависимости от ряда причин.

Чем же вызвана окраска минерала?

Чаще всего окраска минерала связана с содержанием в нем элемента, являющегося хромофором (носителем окраски). К числу таких элементов относятся: Fe, Ni, Co, Ti, Cr, Mn, Cu и др. Присутствие даже незначительных количеств этих элементов может вызвать интенсивную окраску минералов.

Окраска минерала *зависит также от внутренней структуры и состояния атомов или ионов, его слагающих*. Под действием нагревания, электрических разрядов, катодных лучей, радиоактивных излучений состояние атомов и ионов может меняться, что приводит к изменению окраски минерала. Так, например, минерал *флюорит* (плавиковый шпат) может быть окрашен в различные оттенки зеленого, фиолетового, бурого и желтого цветов. При *нагревании окраска его исчезает, а при действии радиоактивного излучения появляется вновь*. Бесцветный галит становится синим вследствие превращения части ионов натрия в нейтральные атомы под действием катодных лучей.

Цвет минерала может зависеть от содержания различных примесей, окрашенных в тот или иной цвет хромофорами. Так, *корунд в чистых разновидностях бесцветен*. Примесь Cr делает его красным (рубин), а примесь Fe и Ni — синим (сапфир). Цинковая обманка в зависимости от содержания примеси Fe бывает бурой, желто-серой, коричневой и даже черной, а при отсутствии Fe — светло-медово-желтой или даже бесцветной.

Большую роль в изменении цвета играет наличие трещин и механических примесей в минерале, вызывающих интерференцию и дифракцию цветовых волн.

Иногда наблюдается радужная игра цветов (опалесценция), свойственная обычно гелям (благородный опал) и некоторым кристаллическим минералам. Опалесценция вызывается наличием в минералах пустот, обуславливающих разложение белого цвета.

Следует также заметить, что восприятие цвета зависит от освещения, характера поверхности минерала, физиологических особенностей глаза и т. д. Так, например, минерал александрит, темно-зеленый на солнце, кажется малиново-красным при вечернем электрическом освещении. Цвет мокрого камня воспринимается иначе, чем сухого. Большую роль при восприятии цвета играет полировка минерала: чем лучше камень отшлифован, тем ярче становится его окраска.

Таким образом, цвет минералов нельзя считать основным признаком при их определении.

Однако, несмотря на непостоянство окраски, цвет все же является одним из важных и характерных признаков минералов. Надо только пользоваться им с осторожностью, учитывая все разнообразие природной окраски минералов. Так, для многих минералов окраска является постоянной и может служить хорошим диагностическим признаком. Например, минерал галенит всегда имеет свинцово-серый цвет, пирит — светлый, латунно-желтый, малахит — зеленый, киноварь — красный, графит — стально-серый, железно-черный.

В ряде случаев окраска является настолько характерным признаком минерала, что позволяет не только определить его, но и дает указание на его химический состав. Так, все водные соли меди имеют зеленый или синий цвет, а черный или зеленовато-черный цвет силикатов может указать на присутствие в данном минерале соединений Fe в разных степенях окисления.

Во избежание ошибок цвет минералов, как, впрочем, и многие другие их физические свойства, следует определять на **свежих поверхностях излома**.

Побежалость. Побежалостью называется дополнительная окраска тонкой поверхностной пленки минералов.

Побежалость может быть одноцветной или радужной, когда поверхность минерала переливается синим, красным, розовато-фиолетовым и другими цветами. Это явление хорошо всем знакомо по иризирующим пленкам керосина, нефти или масла, плывущим по воде и окрашенным в различные "цвета радуги". Обусловлено оно интерференцией света в связи с отражением его от внутренних поверхностей тонких трещин или от поверхности каких-либо включений.

Иризирующие одноцветные или радужные пленки (побежалости) часто наблюдаются на слегка окислившейся поверхности халькопирита, на поверхности натечных образований бурого железняка, кристаллах железного блеска и др.

Во всех этих случаях ложная окраска тонкой пленки, образовавшаяся на поверхности минерала в результате окисления или иных химических процессов, не имеет ничего общего с цветом самого минерала.

Цвет черты. Цвет черты — это цвет минерала в тонком порошке, который легко получить, если проводить (чертить) испытуемым минералом по неглазированной поверхности фарфоровой пластинки, называемой "бисквитом".

Цвет черты в ряде случаев совпадает с цветом минерала в куске. Например, минерал киноварь и в куске, и в порошке имеет красный цвет, магнетит — черный, малахит — зеленый и т. д. У других минералов наблюдается резкое различие между цветом в куске и цветом порошка (цветом черты). Так, минерал пирит, характеризующийся светлым

латунно-желтым цветом, дает черную черту; кристаллический гематит имеет стально-серый или железно-черный цвет, черта же у него всегда вишнево-красная и т. д.

Цвет черты в ряде случаев является более постоянным, а, следовательно, и более надежным диагностическим признаком, чем цвет минерала в куске. Так, например, минерал гипс в куске, в зависимости от примесей, может быть медово-желтого, красного, бурого, серого или черного цвета. Черта у гипса всегда белая. То же наблюдается и таких минералов, как галит, кальцит и др.

Минералы, твердость которых значительно превышает твердость фарфоровой пластинки, дают слабоокрашенную черту или черты не дают совсем.

Блеск. Падающий на минерал световой поток частично отражается. Этот отраженный свет и создает впечатление блеска минерала. Интенсивность блеска, т. е. количество отраженного света, зависит, прежде всего, от показателя преломления: чем больше показатель преломления, тем интенсивнее блеск.

Вторым важным фактором (независимо от показателей преломления и поглощения), влияющим на блеск минералов, является характер поверхности, от которой происходит отражение. Поэтому один и тот же минерал приобретает различный блеск в зависимости от того, в каких агрегатах он встречается.

Минералы по блеску делятся на две большие группы:

- а) минералы с металлическим блеском и**
- б) минералы с неметаллическим блеском.**

Минералы с металлическим блеском непрозрачны даже в тонких пластинках, часто дают черную или темноокрашенную черту, как правило, имеют большой удельный вес (обычно больше 4), блеск их сходен с блеском свежеизломанных или полированных поверхностей металлов. Металлический блеск характерен для самородных металлов (золото, серебро, медь, платина) и минералов, являющихся рудами различных металлов. Минералы с металлическим блеском часто называют "**блесками**" или **колчеданами**: свинцовый блеск (галенит), железный блеск (гематит), медный колчедан (халькопирит), серный или железный колчедан (пирит) и т. д.

Минералы с неметаллическим блеском в тонких пластинках прозрачны или просвечивают, дают светлоокрашенную черту или черты не дают совсем, как правило, имеют небольшой удельный вес (обычно меньше 4).

В зависимости от показателя преломления и характера поверхности различают следующие виды неметаллического блеска.

Стекланный — сходен с блеском полированной поверхности стекла. Характерен для горного хрусталя, кальцита, магнезита и др.

Алмазный — сильный, искрящийся стеклянный блеск. Характерен для алмаза, кристаллической киновари и др.

Жирный блеск наблюдается у минералов со стеклянным блеском на изломах, характеризующихся мельчайшими неровностями. В результате рассеивания света такими поверхностями создается впечатление. Что они смочены водой или покрыты тонкой пленкой жира. Жирным блеском обладают: каменная соль после некоторого пребывания во влажной атмосфере, самородная сера, нефелин, кварц на неровном изломе и др.

Поверхности с более грубо выраженной неровностью обладают *восковым блеском*. Последний характерен для минералов со скрытокристаллической структурой и твердых светлоокрашенных гелей. Примеры: халцедон, кремень и др.

Поверхности минералов с тонкопористым строением за счет полного рассеивания света характеризуются *матовым блеском*. Примеры: каолин в сухом виде, сажистый пиролюзит и др.

У минералов, обладающих совершенной спайностью на плоскостях спайности наблюдается *перламутровый блеск*. Примеры: слюда, пластинчатый гипс, тальк и др.

Минералы с волокнистым или игольчатым строением (асбест, селенит и др.) характеризуются *шелковистым блеском*.

У некоторых минералов наблюдается так называемый *металловидный блеск*, напоминающий блеск потускневших поверхностей металлов. Такой блеск характерен, например, для графита, некоторых разновидностей лимонита и др.

Определение блеска минералов (а в ряде случаев и цвета) представляет для начинающих известные трудности. Поэтому при изучении минералов рекомендуется непосредственное сравнение изучаемых образцов, для чего необходимо поместить их рядом, возможно ближе друг к другу. Тогда различие минералов по блеску и цвету выступает особенно отчетливо.

Спайность. Спайностью называется способность минералов расщепляться или раскалываться по определенным направлениям с образованием **ровных, зеркально-блестящих** поверхностей, называемых **плоскостями спайности**. Спайность свойственна исключительно кристаллическим веществам и всегда направлена параллельно одной из возможных или действительно наблюдаемых граней кристалла.

Явление спайности обусловлено особенностями строения пространственной решетки и характером связи между материальными частицами, расположенными в ее узлах. Как правило, плоскости спайности проходят параллельно наиболее удаленным друг от друга плоским сеткам пространственной решетки.

Спайность служит одним из важных и постоянных диагностических признаков, помогающих определить минерал. Не случайно многие минералы, обладающие хорошей спайностью в нескольких направлениях, называются *шпатами*. Например: полевой шпат, тяжелый шпат, плавиковый шпат, исландский шпат и т. д.

В зависимости от того, насколько отчетливо проявляется это свойство, различают следующие степени совершенства спайности.

Спайность весьма совершенная — минерал *легко* расщепляется на тонкие листочки или пластинки. Примеры: слюда, пластинчатый гипс, тальк и др.

Спайность совершенная — при *любом ударе* молотком минерал раскалывается на обломки, ограниченные плоскостями спайности. Неровные поверхности (не по спайности) получаются очень редко. Примеры: кальцит (в кристаллах), галенит, галит и др.

Средняя спайность — при раскалывании минералов получаются обломки, ограниченные как плоскостями спайности, так и неровными поверхностями по случайным направлениям. Примеры: ортоклаз, авгит и др.

Спайность несовершенная — обнаруживается с трудом, ее приходится искать на обломке минерала. Примеры: апатит, оливин и др.

Спайность весьма несовершенная, т. е. Практически отсутствует. Примеры: кварц, пирит, магнетит и др.

Блеск плоскостей спайности хорошо заметен в отраженном свете. Поэтому при изучении минерал следует поворачивать под разными углами к лучу зрения. В противном случае можно не заметить наличие спайности.

Спайность может наблюдаться по одному направлению (слюда, тальк, гипс), двум (ортоклаз, роговая обманка), трем (галенит, галит, кальцит), четырем (флюорит) и шести направлениям (сфалерит). Количество направлений спайности, как и сама спайность, также является важным диагностическим признаком.

При определении спайности начинающие иногда принимают за плоскости спайности грани кристаллов. Во избежание подобных ошибок необходимо получить раскол минерала и рассмотреть поверхность раскола. У минералов, обладающих спайностью, нарушение грани кристалла при расколе не повлияет на проявление спайности (например, у кальцита). У минералов, не имеющих спайности (например, у кварца), нарушение грани кристалла при расколе приводит к образованию неровного излома.

Излом. Изломом называются поверхности, полученные при раскалывании минерала не по плоскостям спайности. Различают следующие виды излома:

Раковистый, похожий на внутреннюю поверхность раковин. Этот вид излома наблюдается у минералов, характеризующихся отсутствием спайности, например, у кварца, халцедона, опала и др.

Занозистый (игольчатый), когда на поверхности излома заметны мелкие полусвободные занозы (иглы). Характерен для минералов с игольчатым или волокнистым строением: волокнистого гипса, роговой обманки и др.

Зернистый — наблюдается у минералов с зернисто-кристаллическим строением, например, у магнетита, хрома, апатита и др. Зернистый излом характерен и для многих горных пород: гранита. Мрамора и др.

Землистый — шероховатый излом, как бы покрытый пылью. Характерен для мягких и сильно пористых минералов, например, для каолина, некоторых разновидностей лимонита и др.

Ступенчатый — наблюдается у минералов с ясно выраженной спайностью на поверхностях, перпендикулярных направлению плоскостей спайности, например, у ортоклаза, галенита и др.

Твердость. Под твердостью в минералогии понимают степень сопротивления, которое оказывает данный минерал проникновению в него другого минерала. Это свойство является функцией структуры пространственной решетки и характера сил сцепления материальных частиц, слагающих решетку.

Твердость является одним из характерных свойства минералов и издавна служит важным диагностическим признаком при их определении. Она более или менее одинакова у одного минерала и разная у разных минералов.

В минералогии широко применяется наиболее простой способ определения твердости *царапаньем* одного минерала другим, т. е. Устанавливается *относительная твердость* минералов. С этой целью пользуются шкалой твердости, или, как ее часто называют, шкалой Мооса (по имени немецкого минералога Ф. Мооса). Шкала твердости представлена десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие.

За эталоны этой шкалы приняты следующие минералы:

1. тальк
2. гипс
3. кальцит
4. флюорит
5. апатит
6. ортоклаз (полевой шпат)

7. кварц
8. топаз
9. корунд
10. алмаз.

Порядковый номер минерала в этой шкале определяет его относительную твердость. Так, твердость кальцита равна трем, кварца – семи и т. д.

Твердость какого-либо минерала определяется так. На испытуемом минерале выбирается ровная площадка плоскости спайности или излома. Слегка надавливая. По этой площадке проводят острыми углами минералов шкалы твердости, начиная от более мягких. При этом наблюдают, какой из них дает черту (пишет) и какой оставляет царапину. Твердость испытуемого минерала будет выше *последнего* минерала, давшего черту, и ниже *первого* минерала, оставившего царапину. Так, например, минералы тальк, гипс и кальцит пишут на поверхности испытуемого минерала, а минерал флюорит (и, разумеется, все последующие) оставляют на нем царапину. Следовательно, твердость испытуемого минерала больше 3, но меньше 4 и равна примерно 3,5.

Если испытуемый и эталонный минерал царапают друг друга, их твердость одинакова.

Для испытания твердости порошковых минералов следует порошком потереть минералы шкалы твердости. Если поверхность минерала-эталона покроется царапинами, значит, испытуемый порошковый минерал тверже эталона.

Всегда следует после царапанья стереть порошок и убедиться в том. Что действительно осталась царапина. Черта при этом сотрется.

При определении твердости минералов, вкрапленных в породу, очень важно следить, чтобы испытанию подвергся самый минерал, а не породу, что легко может случиться при невнимательной работе. Особенно это важно учитывать при определении мягких минералов, вкрапленных в более твердые.

Говоря о твердости, следует заметить:

1. Твердость кристаллических тел, обладающих анизотропностью, в разных направлениях неодинакова.

2. Скрытокристаллические, тонкопористые и порошковатые разновидности минералов обладают пониженной твердостью. Например, гематит в кристаллах имеет твердость 6, а в виде красной охры — 1.

3. В целом главная масса природных соединений обладает твердостью от 2 до 6–7. Минералы с большей твердостью встречаются редко. К ним относятся: гранаты (7,5–8),

топаз (8), берилл (8). Корунд является единственным минералом с твердостью 9, так же, как алмаз — единственный минерал с твердостью 10.

При определении твердости минералов можно пользоваться упрощенной шкалой, по которой все минералы по твердости делятся на следующие четыре группы.

Мягкие минералы, с твердостью ниже 2,5. Такие минералы царапаются ногтем. Примеры: тальк, гипс, графит и др.

Минералы средней твердости, с твердостью от 2,5 до 5–5,5. Они оставляют царапину на ногте, но не оставляют царапины на стекле (твердость около 5) и стальном ноже (твердость около 5,5). Примеры: кальцит, галенит, флюорит и др.

Минералы твердые, с твердостью от 5 до 7. Оставляют царапину на стекле и стальном ноже, но не оставляют царапины на кварце (твердость 7). Пример: пирит, ортоклаз, опал и др.

Минералы очень твердые, с твердостью выше 7. Оставляют царапину на кварце. Примеры: топаз, корунд и др.

Удельный вес. Удельный вес минералов колеблется в широких пределах: от значений меньше 1 до 23,0. Зависит удельный вес от химического состава и структуры минералов. Важно научиться определять удельный вес приблизительно, "взвешивая" кусок минерала на ладони, и различать, таким образом, минералы легкие, средней тяжести, тяжелые и очень тяжелые.

К *легким* относятся минералы с удельным весом до 2,5. Примеры: гипс (2,3), галит (2,1–2,5) и др.

К минералам *средней тяжести* — минералы с удельным весом от 2,5 до 4,0. Примеры: кварц (2,65), апатит (3,2) и др.

Удельный вес *тяжелых* минералов колеблется от 4,0 до 10,0. Примеры: барит (4,6), пирит (4,9–5,2), галенит (7,5) и др.

Очень тяжелые минералы имеют удельный вес больше 10,0. Сюда относятся самородные металлы: серебро (10–11), ртуть (13,6), золото (15–19) и др.

Чтобы получить наглядное представление о разнице удельных весов минералов первых трех групп, достаточно выбрать три из них (по одному из каждой группы) примерно одинакового объема и сравнить их вес. Для этого можно взять гипс (удельный вес 2,3), апатит (удельный вес 3,2) и пирит (удельный вес 4,9–5,2).

Ковкость и хрупкость. Ковкие минералы при ударе молотком сплющиваются, хрупкие — рассыпаются на мелкие куски. При царапании ножом хрупких минералов образуется порошок, при царапании ковких порошка не образуется, на поверхности минералов остается блестящий цвет. Примером хрупких минералов может служить сера,

апатит и др. Ковкие минералы редки. К ним относятся самородные элементы: медь, золото и др.

Упругость. Это свойство вещества изменять свою форму под влиянием приложенных сил и вновь восстанавливать ее после прекращения действия деформирующих сил. Этим свойством обладают, например, слюды. Листочки слюды гибки и упруги. Похожие на слюду листочки хлорита или талька тоже гнутся, но, не обладая упругостью, не восстанавливают своего прежнего положения.

Прозрачность. По степени прозрачности, т. е. по способности пропускать свет в тонких пластинах, среди минералов выделяют:

1) *прозрачные*, через которые ясно видны предметы (примеры: горный хрусталь, гипс, мусковит и др.);

2) *полупрозрачные*, через которые можно видеть лишь очертания предметов (примеры: халцедон, опал и др.);

3) *просвечивающие*, которые пропускают свет только в очень тонких пластинках, причем сами предметы остаются неразличимы (пример: полевые шпаты);

4) *непрозрачные*, через которые свет совсем не проходит (примеры: пирит, магнетит и др.).

Шероховатость и жирность. Эти свойства обнаруживаются при ощупывании, а если минерал порошковатый, то при растирании между пальцами. Различают минералы "сухие", или "тощие", на ощупь. При ощупывании или растирании они производят ощущение сухости, шероховатости. Порошок их легко сдувается с рук. Таковы: порошковатый опал, боксит и др. Им противопоставляют "жирные" минералы, вроде талька или каолина.

Магнитность. Некоторые минералы обладают магнитностью, т. е. действуют на магнитную стрелку или сами притягиваются магнитом. Так как число минералов, обладающих магнитными свойствами, невелико, то этот признак имеет важное диагностическое значение. Испытание на магнитность производится при помощи свободно вращающейся магнитной стрелки, к концам которой подносится испытуемый образец. Примером минерала, обладающего ярко выраженной магнитностью, является магнетит.

Реакция с соляной кислотой. Многие минералы из класса карбонатов легко опознаются по взаимодействию с соляной кислотой. Так, кальцит бурно вскипает при действии на него холодной разбавленной (10%) соляной кислотой. Доломит вскипает с такой кислотой только в порошке. А порошок магнезита вскипает только при действии нагретой соляной кислоты.

Во всех этих случаях соляная кислота вытесняет угольную. Последняя быстро разлагается на воду и углекислый газ. Выделение свободного углекислого газа и создает эффект вскипания.

Гигроскопичность. Так называется способность некоторых минералов поглощать влагу из воздуха. Легкорастворимые минералы при этом иногда расплываются (карналлит), нерастворимые липнут к языку и влажным губам (каолин).

Горючесть и плавкость. Самородная сера, некоторые сернистые минералы и органические соединения (янтарь, озокерит, асфальт) легко плавятся или загораются от спички. Для таких минералов горючесть и плавкость наряду с другими физическими свойствами является важным диагностическим признаком.

Запах. При горении, при ударе и выбивании искр. При растирании в порошок, при трении некоторые минералы издают характерные запахи. Ароматический запах издает горящий янтарь. Запах сернистого газа ощущается при горении серы и при резком ударе по пириту или марказиту. При трении одного куска фосфорита о другой появляется запах, напоминающий запах сгоревшей головки спички или жженой кости. При смачивании водой каолин приобретает запах "печки".

Вкус. Некоторые хорошо растворимые в воде минералы — галоидные соединения, сульфаты и карбонаты — вызывают вкусовые ощущения. По вкусу минералы бывают: соленые (галит), горько-соленые (сильвин, мирабилит) и др. Испытывая на вкус, мы, до некоторой степени, определяем, растворяется ли минерал в воде. Испытание надо проводить осторожно, с небольшим количеством *чистого* вещества, так как есть ядовитые минералы (арсенолит — As_2O_3).

Скульптура граней кристаллов. Грани кристаллов не представляют собой идеальных плоскостей. При рассматривании их в отраженном свете почти всегда можно обнаружить те или иные неровности, и, в частности, штриховатость, которая в некоторых случаях может служить важным диагностическим признаком. У одних минералов она проявляется вдоль вытянутости кристаллов, например, у турмалина, у других — поперек, например, на призматических гранях кварца. Для кубических кристаллов пирита весьма характерно, что штрихи одной грани расположены перпендикулярно к штрихам каждой соседней грани.

Двулучепреломление. Некоторые прозрачные минералы обладают характерным свойством — двулучепреломлением. Это свойство особенно четко выражено у исландского шпата (кальцита).

Таким образом, при макроскопическом определении минералов могут принимать участие различные органы наших чувств: зрение, осязание, обоняние, вкус.

Исключительную роль играет, конечно, зрение и развивающаяся при опыте зрительная память.

ФОРМЫ МИНЕРАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Естественные скопления зерен или кристаллов минералов называются минеральными агрегатами. Последние бывают мономинеральными, т. е. состоящими из кристаллических зерен одного минерала, и полиминеральными, представленными несколькими различными по составу и свойствам минералами.

По своему строению и морфологическим признакам минеральные агрегаты весьма разнообразны.

Многие из них настолько типичны, что получили особые названия и наряду с описанными выше физическими свойствами служат важными диагностическими признаками при определении минералов.

Форма минеральных агрегатов зависит не только от химического состава минералов, но и от условий их образования, позволяя, таким образом, судить о генезисе (происхождении) минералов.

Различают следующие наиболее типичные формы минеральных агрегатов.

Дендриты — разнообразные ветвистые формы минеральных тел, напоминающие по внешнему виду ветки растений (от слова "дендрон" — ветвистый, древовидный). Образуются дендриты при быстрой кристаллизации минералов, при кристаллизации в тонких трещинах или же в вязкой среде, например, в глине. Значительная роль в образовании дендритов принадлежит циркулирующим подземным водам, несущим в себе растворимые соли тех или иных минералов. В виде дендритов встречаются: самородная медь, самородное серебро, железисто-марганцевые соединения и др.

Друзы — сростки хорошо образованных кристаллов, прикрепленных одним концом к общему основанию. Наросты мелких, тесно сросшихся кристалликов, называются *щетка*ми. Друзы и щетки образуются при кристаллизации минерального вещества из растворов, циркулирующих в трещинах и пустотах горных пород. Примером могут служить часто встречающиеся друзы и щетки кристаллов кварца, кальцита и др.

Секреции — полости в горной породе (округлой или неправильной формы), частично или полностью выполненные кристаллическим или коллоидным минеральным веществом. Секреции указывают на образование минерала из раствора, попавшего в полость горной породы.

Характерной особенностью многих секретий является последовательное, концентрически-послойное отложение минерального вещества по направлению от стенок пустоты к ее центру. При этом отдельные слои (концентры) отличаются друг от друга по

цвету, а часто и по составу. Мелкие пустоты обычно нацело заполняются минеральным веществом. Нередко в центре пустот наблюдается полость, стенки которой устланы друзами (щетками) кристаллов или натечными образованиями.

Мелкие секрции (до 10 мм в поперечнике) называются *миндалинами*, крупные — *жеодами*. Чаще всего встречаются секрции, заполненные халцедоном, кристаллами горного хрусталя, кальцита и других минералов.

Конкреции представляют собой шаровидные или неправильной формы образования (желваки), главным образом в глинах и песках, за счет стяжения минерального вещества к отдельным точкам — центрам кристаллизации, которыми часто, но не обязательно, являются чужеродные тела. Кристаллы при этом нарастают в виде радиально расположенных лучей, конце которых образуют очертания конкреций (желваков). Поэтому в изломе (через центр) конкреции во многих случаях обнаруживают радиально-лучистое строение. Иногда наблюдается неясно выраженное концентрически-зональное строение минеральной массы, слагающей конкрецию.

Таким образом, конкреции по своему происхождению отличаются от рассмотренных выше секретий. В противоположность последним, отложение минерального вещества в конкрециях происходит от центра к периферии.

Размеры конкреций колеблются в широких пределах от миллиметров до десятков сантиметров, иногда до метров в поперечнике. Разрастаясь и соединяясь вместе, они могут образовывать сложные по форме крупные тела. Наиболее часто в виде конкреций встречаются: фосфорит, марказит, кремнь, сидерит и др.

Оолиты внешне несколько напоминают конкреции. Это такие же сферические образования, но малых размеров (от долей миллиметра до 5–10 мм). Характерной особенностью оолитовых стяжений является их четко выраженное концентрически-скорлуповатое, реже волокнистое строение. Аналогичные по форме, но не обладающие концентрической слоистостью образования называются *псевдооолитами* или *бобовинами*.

Образования современных известковых оолитов происходит в *подвижной водной среде* (водных потоках, прибрежной полосе морей и озер) за счет осаждения минерального вещества вокруг каких-либо затравок (песчинок, тел бактерий), находящихся *во взвешенном состоянии*. По мере достижения определенных размеров оолиты падают на дно, соединяясь между собой минеральным цементом сходного или иного состава. Таким образом возникают минеральные агрегаты, характеризующиеся оолитовым строением. Осадочные породы, состоящие из сцементированных оолитовых стяжений, в зависимости от размера носят название гороховых или икряных камней.

Оолитовое строение наблюдается в арагоните (CaCO_3), отлагающемся в теплых известковых источниках Карловых Вар (Чехия), в бурых железняках, марганцевых рудах и бокситах морского и озерного происхождения.

Натечные формы минеральных образований возникают путем выпадения из растворов, циркулирующих через горные породы. К натечным образованиям относятся сталактиты и сталагмиты, почковидные и гроздевидные образования, корочки, "стеклянные головы" и др.

Размеры натечных образований могут быть самыми различными, начиная с микроскопических и кончая толстыми столбообразными сталактитами и сталагмитами в больших пещерах.

В поперечном разрезе натечные образования часто характеризуются концентрически-зональным или радиально-лучистым строением. В натечных формах встречаются минералы: лимонит, кальцит, халцедон, опал, малахит и др.

Выцветами обычно называют периодически появляющиеся на поверхности горных пород и почв, на дне высохших озер и болот рыхлые пленки, корочки и пушистые образования чаще всего хорошо растворимых минералов. В дождливые периоды года они, как правило, исчезают, а в сухую погоду появляются вновь. Таковы, например, выцветы железного купороса, поваренной соли, гипса и др.

Зернисто-кристаллические агрегаты сложены кристаллическими зернами иногда в комбинации с хорошо образованными кристаллами одного или нескольких минералов. Этот тип агрегатов пользуется наибольшим распространением. Примерами могут служить полнокристаллические глубинные магматические породы и многие другие рудные и нерудные минералы и полезные ископаемые: пирит, галенит, апатит и др.

Различают крупнозернистые агрегаты — с размерами зерен свыше 3 мм в поперечнике, среднезернистые — с зернами от 1 до 5 мм и мелкозернистые, в которых размеры зерен меньше 1 мм.

Форма и расположение слагающих зерен также накладывают свой отпечаток на морфологические особенности зернисто-кристаллических агрегатов. Если агрегат сложен зернами более или менее изометрической формы, то его называют просто зернистым. Плоскопризматические зерна, в зависимости от их толщины, имеют *пластинчатый*, *листоватый* или *чешуйчатый* облик (слюды, хлорит, тальк и др.). в зависимости от соотношения длины и толщины удлинённых призматических кристаллов различают *столбчатые*, *шестоватые*, *игольчатые* и *волокнистые* агрегаты.

В зависимости от расположения кристаллических зерен различают агрегаты: *параллельно-волокнистые* (асбест), *радиально-лучистые*, *скорлуповатые*.

Плотные (скрытокристаллические) агрегаты. Это гели или те же зернисто-кристаллические агрегаты, зерна которых неразличимы даже через лупу. Пример: опал, халцедон, лимонит и др.

Землистые агрегаты представляют собой мягкие мучнистые образования, напоминающие своим видом куски рыхлой почвы. Обычно пачкают руки. В таком виде часто встречаются: каолин, боксит, пиролюзит, лимонит и др.

Псевдоморфозы. Так называют минеральные образования, форма которых не соответствует веществу, составляющему эти образования (отчего произошло и название "псевдоморфозы", в буквальном переводе — ложные формы). Простейшим примером псевдоморфоз являются окаменелости, в которых органическое вещество животного или растения замещено каким-либо минералом, сохранившим, однако, все особенности строения первоначальной формы.

Различают следующие виды псевдоморфоз.

Псевдоморфозы превращения одного минерала в другой, с сохранением части входивших в него элементов. К числу распространенных псевдоморфоз этого типа могут быть отнесены псевдоморфозы лимонита ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) по пириту (FeS_2). Здесь сера пирита замещается кислородом и происходит присоединение воды, в присутствии которой и идет весь процесс. При этом лимонит, будучи аморфным веществом, принимает форму кристаллов пирита. К псевдоморфозам превращения относятся также псевдоморфозы малахита по азуриту, каолина по ортоклазу и др.

Псевдоморфозы вытеснения, когда первоначальное вещество нацело заменяется другим. Например, нередко можно встретить псевдоморфозы кварца или халцедона (SiO_2) по кристаллам кальцита (CaCO_3) или гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и пр. К числу псевдоморфоз вытеснения принадлежат упомянутые выше окаменелости — псевдоморфозы кальцита, фосфорита или пирита по остаткам растительных или животных организмов. При этом очень часто полностью сохраняется не только внешняя форма, но и все особенности внутреннего строения давно исчезнувших с лица Земли животных и растений.

Псевдоморфозы выполнения образуются в том случае, когда пустота, оставшаяся в породе от растворившегося кристалла или разложившегося организма, в дальнейшем выполняется новым веществом. В отличие от псевдоморфоз вытеснения в данном случае сохраняется *только внешняя форма* первичных тел.

ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ В ПРИРОДЕ

Минералы образуются под воздействием самых разнообразных процессов, протекающих в толще земной коры и на ее поверхности.

По источнику энергии их можно разделить на две группы:

эндогенные ("изнутри рожденные"), образующиеся за счет внутренней энергии Земли; процессы минералообразования протекают на различных глубинах и при различных, но обычно высоких значениях температуры и давления;

экзогенные ("извне рожденные"), образующиеся за счет энергии, получаемой землей извне, главным образом от Солнца; процессы минералообразования развиваются на поверхности или вблизи поверхности Земли за счет внешних факторов при низких температурах и давлении (близком к атмосферному). Различают следующие типы минералообразования.

Магматический. Минералы образуются из магмы при медленном ее остывании и кристаллизации на больших глубинах в земной коре или при изливании и застывании ее на поверхности⁸. Таким путем образуются многие главнейшие породообразующие минералы: кварц, полевые шпаты (ортоклаз, лабрадор и др.), слюды (мусковит, биотит и др.), оливин, нефелин, роговая обманка, авгит и др., а также многие рудные и нерудные полезные ископаемые: магнетит, хромит, ильменит, апатит и др.

Пегматитовый. Образование минералов идет за счет кристаллизации *остаточных* магматических расплавов, насыщенных летучими газообразными компонентами. Обычно этот процесс происходит в верхних краевых частях магматических массивов на больших глубинах в условиях высокого внешнего давления, способствующего удержанию летучих компонентов в остаточных расплавах. Этот процесс обычно имеет жильный характер. Отличительной особенностью пегматитовых жил является относительная *крупность зерен* минералов, их слагающих, и наличие минералов, в состав которых входят *летучие компоненты* (F, Cl, B, Be и др.) Пегматитовые жилы отличаются исключительным разнообразием минералов, к наиболее типичным из которых относятся: кварц и его разновидности (горный хрусталь, раухтопаз, морион и др.), полевые шпаты (альбит, амазонит и др.), слюды (биотит, мусковит и др.), топаз, турмалин, берилл, апатит и др.

Пневматолитовый. Явления пневматолита могут иметь место в тех случаях, когда расплавы, насыщенные летучими компонентами, кристаллизуются в условиях пониженного внешнего давления. Вследствие этого в известный момент происходит дистилляция (перегонка) вещества, т. е. переход летучих веществ в твердое состояние, минуя жидкую фазу. Обычно в этих процессах принимают участие пары различных соединений металлов, а также пары воды. В результате взаимодействия газообразных компонентов между собой и с минералами вмещающих пород образуются новые

⁸ Магма представляет собой сложный природный высокотемпературный силикатный расплав, насыщенный газообразными компонентами. Она возникает в виде отдельных очагов в глубоких зонах Земли при изменении физико-химической обстановки (давления, температуры и т. п.). Магма, излившаяся на поверхность и потерявшая часть газообразных компонентов, называется лавой.

вещества — *пневматолиты*. Пневматолитовые жилы бывают весьма разнообразными. Характерными минералами этих жил являются: касситерит (оловянный камень). Железный блеск (гематит), молибденит и др. Явления пневматолита наблюдаются и при вулканической деятельности, когда газообразные продукты вулканических извержений, главным образом пары воды, CO₂, H₂S, SO₂, HCl, HF и др., вступая в реакцию друг с другом и с газами атмосферы, дают начало различным минералам, отлагающимся в вулканических трещинах и по краям кратеров. Так образуется сера, железный блеск, нашатырь и др.

Гидротермальный. Минералы образуются из восходящих горячих водных растворов, которые возникают в результате сжижения паров воды и газов, выделяющихся из магмы. При ее остывании и кристаллизации в глубине. Так образовались многие гидротермальные жилы, сложенные обычно кварцем, кальцитом. Флюоритом или баритом. Кроме того, внутри основного тела жил содержатся включения многих минералов, являющихся ценными полезными ископаемыми: халькопирит (медная руда), галенит (свинцовая руда), сфалерит (цинковая руда), киноварь (ртутная руда) и многие другие.

Минералообразование в области контактов. Во время остывания магмы выделяющиеся из нее летучие соединения проникают в трещины и поры вмещающих пород, вступают с ними в реакцию и вызывают явления *метасоматоза*, т. е. процесс замещения одних минералов и горных пород другими. Так, например, в контактных зонах известняки и доломиты превращаются в *скарны* — крупнозернистые породы, состоящие в основном из силикатов Ca, Fe и Al. На контакте внедрившейся магмы с вмещающими горными породами изменение последних происходит также под влиянием давления и теплового воздействия. Совокупность процессов, приводящих к глубоким изменениям горных пород на контакте с магматическими очагами, называется *контактным метаморфизмом*. В зонах контакта образуется ряд весьма характерных минералов, в том числе ценных полезных ископаемых: магнетит, халькопирит, корунд, гранаты и др.

Процессы метасоматоза происходят также в результате взаимодействия горячих водных растворов (гидротерм) с окружающими породами.

Гипергенный (осадочный). Минералы образуются вблизи или на поверхности Земли в результате ряда сложных процессов, среди которых можно выделить следующие:

а) *Образование минералов при выветривании*⁹, когда ранее созданные минералы и горные породы разрушаются и за счет их образуются новые. Примеры: образование

⁹ Выветривание — совокупность процессов физического и химического разрушения минералов и горных пород на месте их залегания под влиянием колебаний температуры, замерзания и оттаивания воды в

каолинита, боксита, лимонита, опала и некоторых других минералов при гидролизе (разложении под действием CO_2 и H_2O) силикатов; образование лимонита, ангидрита, гипса, малахита, азурита и других минералов при окислении сульфидов Fe и Cu и т. п.

б) *Образование минералов в морях, озерах и болотах.* В морские, озерные водоемы и болота приносится поверхностными водотоками большое количество разнообразных веществ, которые при благоприятных условиях откладываются на их дне. Таким путем образуется железная руда (лимонит), марганцевая руда (пиролюзит), алюминиевая руда (боксит), а также кальцит, доломит, фосфорит и другие минералы.

В лагунах (отчлененных от моря заливах) и бессточных озерах, расположенных в областях с жарким и сухим климатом, в результате усиленного испарения воды концентрация солей повышается настолько, что даже хорошо растворимые соли начинают выпадать в осадок. Таким путем образуются в озерах Эльтон и Баскунчак каменная соль, в заливе Кара-Богаз-Гол — мирабилит (глауберова соль) и т. п.

в) *Минералообразование как результат жизнедеятельности организмов.* Значительная часть минеральных веществ (кальцит, кремнезем, соединения фосфора и др.), сносимых в море в виде растворов и взвесей, используется различными организмами на построение твердых скелетов. После отмирания скелетные части организмов накапливаются на дне водоемов (морей, озер) и дают иногда мощные скопления кальцита, опала и других минералов, из которых состоят такие породы, как известняк, мел, диатомит и др. Некоторые минералы образуются в результате жизнедеятельности бактерий.

Минеральные вещества, образованные в результате жизнедеятельности организмов, называются *органогенными* или *биолитами*.

Особую важность представляют собой так называемые *каустобиолиты* (горючие горные породы: угли, горючие сланцы, нефти и др.), образованные самими организмами или продуктами их разложения.

Метаморфический. Метаморфизм — совокупность сложных процессов, происходящих вне зоны выветривания, и вызывающих различные, часто глубокие изменения горных пород и минералов. Главными факторами метаморфизма являются: высокое давление. Высокая температура и химически активные вещества. При участии указанных факторов созданные при определенных условиях породы и минералы разрушаются, изменяются и превращаются в новые минеральные образования, устойчивые в новых условиях.

трещинах горных пород, под химическим воздействием воды (циркулирующей в верхних частях литосферы) и газов (находящихся в атмосфере и растворенных в воде), а также в результате деятельности растительных

В результате метаморфических процессов образуются такие минералы, как тальк, асбест, графит, гематит и др.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Для удобства изучения минералов их классифицируют. Существует целый ряд классификаций, в основу которых положены различные признаки:

Химическая, основанная на химическом составе минералов.

Кристаллохимическая — в основу положены химический состав и кристаллографическая структура минералов.

Генетическая, основанная на группировке минералов по их происхождению.

Геохимическая — в основу классификации положено пространственное распределение химических элементов в земной коре.

Географическая — основана на географическом распределении минералов в связи с теми или иными месторождениями.

Классификация минералов по *практическому использованию*.

Наиболее общепринятой является химическая классификация, по которой все известные минералы группируются в несколько классов. В пределах классов выделяются подклассы, а внутри последних — группы минералов.

Сокращенно химическая классификация выглядит следующим образом:

I класс. *Самородные элементы* — простые тела, находящиеся в природе в свободном состоянии. Сюда относятся: золото, платина, графит, алмаз, сера и др.

II класс. *Сульфиды* — сернистые соединения металлов и металлоидов. Примеры: пирит — FeS_2 , галенит — PbS , киноварь — HgS и др.

III класс. *Галоидные соединения* — хлористые, фтористые и другие соединения: галит — NaCl , сильвин — KCl , флюорит — CaF_2 и др.

IV класс. *Оксиды* — кислородные соединения металлов и металлоидов. В пределах этого класса выделяются два подкласса:

простые оксиды: кварц — SiO_2 , гематит — Fe_2O_3 , корунд — Al_2O_3 и др.;

водные оксиды: лимонит — $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, опал — $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и др.

V класс. *Кислородные соли*. Этот обширный класс подразделяется на следующие подклассы:

карбонаты — соли угольной кислоты: кальцит — CaCO_3 , магнезит — MgCO_3 и др.;

сульфаты — соли серной кислоты: ангидрит — CaSO_4 , барит — BaSO_4 и др.;

фосфаты — соли фосфорных кислот: апатит — $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3[\text{ClF}]$, фосфорит и др.;

силикаты — соли гипотетических кремневых и алюмокремневых кислот. Этот подкласс делится на ряд групп. Деление силикатов на группы основано на структурных признаках.

VI класс. Углеродородные (органические) соединения: янтарь, асфальт и др.

ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

I класс. Самородные элементы

К самородным элементам относится около 50 минеральных видов. В эту группу входят минералы, представляющие собой простые тела, находящиеся в природе в свободном состоянии. По своей массе они составляют менее 0,1% от массы земной коры. К ним относятся элементы химически инертные, а также элементы, легко восстанавливающиеся из своих соединений: самородная медь, самородное серебро, самородное золото, платина, сера, графит, алмаз и др. Эта группа очень важна в практическом отношении. В генетическом отношении самородные элементы чрезвычайно разнообразны.

Графит. Химический состав C. Твердость 1. Уд. Вес 2,1–2,2. Цвет стально-серый до черного. Блеск металлоидный, матовый. Черта серовато-черная, черная, блестящая. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Пишет на бумаге. Пачкает руки. Жирен на ощупь. Встречается в виде листоватых, чешуйчатых, плотных, мелкозернистых и землистых масс.

Происхождение преимущественно метаморфическое.

Применение. В производстве тиглей для металлургии, электродов, красок, карандашей, смазочных составов и др.

Сера. Химический состав S. Твердость 1,5–2,5. Уд. Вес 1–2,1. Цвет соломенно-желтый до бурого, иногда серый до черного. Блеск на гранях кристаллов алмазный, в изломе жирный, смолистый. Черта желтоватая, почти белая, иногда черты не дает. Спайность несовершенная. Излом раковистый. Очень хрупкая. При трении электризуется. Легко загорается от спички и горит синим пламенем, издавая резкий запах SO₂. Встречается в виде зернистых, плотных или землистых масс, а также в виде корок, налетов, реже кристаллов.

Происхождение. Образуется из сульфатов (гипса) в зоне восстановления в присутствии органических веществ, в результате окисления сероводорода, осаждается в виде возгонов при вулканических извержениях, а также является продуктом жизнедеятельности организмов.

Применение. В химической промышленности — для получения серной кислоты; в резиновой промышленности, в производстве спичек, пороха, средств борьбы с вредителями сельского хозяйства.

II класс. Сульфиды

К сульфидам относится около 200 минералов, но по своей массе они составляют не более 0,25% от массы земной коры. В основном это соединения цветных металлов (меди, цинка, свинца, ртути и др.) с серой. Характеризуются сульфиды, как правило, большим удельным весом, металлическим блеском, небольшой твердостью. Образуются преимущественно в глубинных частях Земли, причем преобладают минералы гидротермального происхождения. Часто встречаются в жилах совместно с кварцем, кальцитом, флюоритом. Близ поверхности Земли, в зоне окисления, легко разрушаются и переходят в разнообразные вторичные минеральные тела. Служат важнейшими рудами цветных металлов.

Пирит (серный или железный колчедан). Химический состав FeS_2 . Твердость 6–6,5. Уд. Вес 4,9–5,2. Цвет бледный, латунно-желтый, золотистый. Блеск сильный металлический. Черта зеленовато-черная или черная. Спайность несовершенная. Излом неровный до раковистого. Кристаллы часто имеют форму кубов. Грани кристаллов бывают покрыты взаимно перпендикулярной штриховкой. Встречается в виде вкраплений, сплошных плотных или зернистых масс.

Происхождение. Гидротермальное, отчасти магматическое, метаморфическое, осадочное.

Применение. Сырье получения серной кислоты.

Халькопирит (медный колчедан). Химический состав CuFeS_2 . Твердость 3,5–4. Уд. Вес 4,1–4,3. Цвет латунно-желтый, зеленовато-золотистый. Блеск сильный металлический, часто с радужной или синей побежалостью. Черта черная, с зеленоватым оттенком. Спайность несовершенная. Излом неровный. Встречается в виде зернистых и плотных масс, вкраплений (отдельные кристаллы редки).

Происхождение. Преимущественно гидротермальное, реже магматическое, метаморфическое.

Применение. Важнейшая медная руда.

Галенит (свинцовый блеск). Химический состав PbS . Твердость 2–3. Уд. Вес 7,4–9,6. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Черта черная, серо-черная. Спайность совершенная в трех направлениях (по граням куба). Форма кристаллов — кубы, октаэдры. Встречается в виде зернистых (таблитчатых) масс.

Происхождение. Гидротермальное, иногда образуется в контактовых зонах.

Применение. Важнейшая свинцовая руда.

Сфалерит (цинковая обманка). Химический состав ZnS . Твердость 3,9–4,0. Уд. Вес. 3,9–4,1. Бесцветный, желтый, бурый или коричневый, реже зеленовато-желтый, серый до черного. Блеск алмазный, полуметаллический. Черта коричневая или окрашенная в бурые и желтые оттенки, иногда белая, буровато-черная. Спайность совершенная в шести направлениях. Встречается в виде вкраплений, сплошных зернистых или плотных масс, а также в виде щеток, друз.

Происхождение. Гидротермальное, редко пневматолитовое, еще реже осадочное.

Применение. Главная цинковая руда.

Молибденит (молибденовый блеск). Химический состав MoS_2 . Твердость 1. Уд. Вес 4,7–5,0. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Черта серая, часто с зеленоватым оттенком. Спайность совершенная в одном направлении. Пишет на бумаге, оставляя голубовато-серую черту (отличие от графита). Жирен на ощупь. Листочки гибкие, но не упругие. Встречается в виде чешуйчатых и листоватых масс, часто радиально-лучистые агрегаты.

Происхождение. Пневматолитовое, гидротермальное.

Применение. Важнейшая молибденовая руда.

Кинovarь. Химический состав HgS . Твердость 2–2,5. Уд. Вес 8–8,5. Цвет ярко-красный, кроваво-красный, темно-красный до черного. Блеск алмазный до металлического или сильный полуметаллический. Черта красная, багряная. Спайность совершенная в одном направлении. Встречается в виде зернистых, плотных или землистых масс, также налеты. Кристаллы редки.

Происхождение. Гидротермальное.

Применение. Важнейшая ртутная руда, а также природная краска.

III класс. Галоидные соединения

К галоидным соединениям относится около 100 минералов, представляющих соли галоидно-водородных кислот: HCl , HF , HJ и др. Наибольшее распространение имеют соединения Cl и F ; из металлов чаще всего присутствуют K , Na , Mg , Ca . Это минералы легкие, мягкие. Светлые, часто прозрачные. Одни из них широко распространены, другие — редко. В генетическом отношении среди них выделяются: 1) минералы высоких температур, связанные с магматическими, пневматолитовыми и гидротермальными процессами; эти минералы в обычных условиях в воде нерастворимы; 2) минералы легко растворимые в воде, представляющие собой химические осадки морей и озер.

Галит. Химический состав $NaCl$. Твердость 2,0–2,5. Уд. Вес 2,1–2,6. Бесцветный, белый, желтый, иногда красный, бурый, голубой, серовато-синий. Блеск стеклянный, на

поверхности выветрелых разностей жирный. Черта белая. Спайность совершенная в трех направлениях (по граням куба). Хрупкий. Легко растворяется в воде. Обладает соленым вкусом. Форма кристаллов кубическая. Встречается в виде рыхлых или сплошных плотных и зернисто-кристаллических масс, корок (пластинок), налетов, друз и отдельных кристаллов (нередко очень крупных).

Происхождение. Осадочное — образуется путем осаждения в замкнутых и полузамкнутых бассейнах в условиях жаркого и сухого климата; выцветы почв. В небольшом количестве возгоны вулканов.

Применение. Пищевой продукт и сырье для химической промышленности.

Сильвин (калийная соль). Химический состав KCl . Твердость 1,5–2,0. Уд. Вес около 2. Цвет: чистые разновидности водяно-прозрачные, бесцветные; в зависимости от примесей молочно-белый, розовый, ярко-красный, голубой, синий. Черта белая. Блеск стеклянный, на поверхностях слегка выветрелых разностей жирный. Спайность совершенная в трех направлениях (по граням куба). Хорошо растворим в воде. Вкус горько-соленый, жгучий (отличие от галита). Встречается обычно в виде сплошных зернистых масс, иногда со слоистой текстурой.

Происхождение. Осадочное — образуется путем осаждения в замкнутых и полузамкнутых бассейнах в условиях жаркого и сухого климата.

Применение. Калийное удобрение; в химической промышленности для получения едкого кали, поташа и др.; в медицине, лакокрасочной промышленности и др.

Флюорит (плавиковый шпат). Химический состав CaF_2 . Твердость 4. Уд. Вес 3–3,2. Цвет фиолетовый, зеленый, желтый, розовый, реже бесцветный. Блеск стеклянный, жирноватый. Черта белая, реже бледно-фиолетовая. Спайность совершенная в четырех направлениях. Хрупкий. Облик кристаллов: кубы, реже октаэдр. Встречается в виде вкраплений, сплошных зернистых (реже землистых) масс, друз.

Происхождение. Гидротермальное, реже пневматолитовое, еще реже осадочное (ратовкит).

Применение. Хороший флюс для руд, ускоряет их плавление; исходный материал для изготовления фтористых препаратов; в оптике.

IV класс. Оксиды и гидроксиды

К этой группе относится около 200 минералов. На их долю приходится около 17% от массы земной коры. К ним относятся такие распространенные минералы, как кварц и оксиды железа. Твердость минералов этой группы большая, обычно больше 5,5. Удельный вес находится обычно в соответствии с химическим составом. Блеск чаще неметаллический. Образуются при самых разнообразных процессах, как эндогенных, так

экзогенных. Распространены широко и используются в разных отраслях промышленности и народного хозяйства. Оксиды железа, хрома, марганца, алюминия и др. являются важнейшими рудами соответствующих металлов.

Кварц. Химический состав SiO_2 . Твердость 7. Уд. Вес 2,5–2,8. Бесцветный, белый (молочно-белый), дымчатый, желтоватый, розовый, фиолетовый, серый, черный. Блеск стеклянный на гранях кристалла, на изломе жирный. Спайность весьма несовершенная. Излом раковистый, неровный. Черты не дает. Прозрачный или просвечивает. Кристаллы имеют вид шестигранных призм с пирамидальными окончаниями. Часто грани призм имеют поперечную штриховку. Встречается в виде жил, желваков, друз, плотных и мелкозернистых масс. Породообразующий минерал кислых изверженных, а также метаморфических и осадочных пород.

Происхождение. Магматическое, пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое, осадочное.

Разновидности. Бесцветный, с хорошо образованными кристаллами прозрачный кварц называется *горным хрусталем*; фиолетовый — *аметистом*; дымчатый — *раухтопазом*; черный — *морионом* и др.

Применение. В оптике и радиотехнике (горный хрусталь), ювелирном деле (аметист, раухтопаз и др.), стекольном (кварцевый песок) и других производствах.

Халцедон (скрытокристаллическая разновидность кварца). Химический состав SiO_2 . Твердость 6,5. Уд. Вес 2,6. Цвет светло-серый, голубоватый, молочно-серый, синевато-черный, желтый, красный, оранжевый, коричневатый-черный, зеленый. Блеск мутно-жирный, восковой. Черты не дает. Спайность отсутствует. Излом раковистый. просвечивает. Кристаллов не образует. Встречается в виде гроздевидных и почковидных образований.

Происхождение. Осадочное, гидротермальное.

Разновидности халцедона с ясно выраженными концентрическими полосами (синими, желтыми, голубоватыми и т. д.) называют *агатом*, с примесью глинистого и песчаного материала — *кремнем*.

Применение. В технике точных приборов, поделочный камень.

Опал. Химический состав $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Твердость от 5,5 до 6,5. Цвет белый, желтый, серый, синий, бурый. Блеск восковой, тусклый, черты не дает. Спайность отсутствует. Излом раковистый (скорлуповатый). Просвечивает. Аморфный. Образует натечные формы и псевдоморфозы.

Происхождение. Осадочное, гидротермальное.

Применение. Драгоценный опал используется для ювелирных изделий; породы, состоящие из опала (опоки, диатомиты, трепелы) используются в производстве огнеупорных кирпичей, а также в абразивной и керамической промышленности.

Магнетит (магнитный железняк). Химический состав FeFe_2O_4 . Твердость 5,5–6,5. Уд. Вес 4,9–5,2. Цвет железно-черный. Блеск металлический, полуметаллический, тусклый. Черта черная. Спайность несовершенная. Излом в кристаллах раковистый, в сплошных массах зернистый. Облик кристаллов октаэдрический. Сильно магнитный. Встречается в виде сплошных плотных или зернистых масс, вкраплений.

Происхождение. Магматическое, метаморфическое.

Применение. Важнейшая железная руда.

Гематит (скрытокристаллический — красный железняк; яснокристаллический — железный блеск). Химический состав Fe_2O_3 . Твердость 5,5–6,0. Уд. Вес 4,9–5,3. Цвет от красно-бурого до железно-черного. Блеск в кристаллах металловидный, с синеватым отливом, в скрытокристаллических разновидностях тусклый, иногда стеклянный (у натечных образований). Черта вишнево-красная. Спайность отсутствует. Излом раковистый или землистый. Немагнитен или слабо магнитен. Встречается в виде плотных, сланцеватых, оолитовых или землистых масс, иногда в виде почковидных и жилковатых масс, вкраплений и сростков таблитчатых кристаллов.

Происхождение. Метаморфическое (из бурого железняка), осадочное (в результате дегидратации гидроксидов железа и окисления магнетита в условиях жаркого и сухого климата), реже пневматолитовое (продукт возгона вулканов).

Яснокристаллические разновидности: *железная слюдка* — слюдоподобная мелкокристаллическая разновидность; *железная роза* — характерные изогнутые сростки пластинчатых кристаллов. Скрытокристаллические разновидности: *натечный гематит* — натёки и корки. Часто жилковатого сложения с блестящей черной поверхностью ("стеклянная голова"), *землистый* или *охристый* красный железняк — сплошные землистые массы и оолитовые образования.

Применение. Важнейшая железная руда.

Лимонит (бурый железняк, гидрогётит). Химический состав $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Твердость 4–5,5 (землистые охристые разновидности имеют меньшую твердость). Уд. Вес 3,6–4. Цвет ржаво-желтый, желто-бурый, темно-бурый до черного. Блеск тусклый, металлический, полуметаллический. Черта желтовато-бурая, бурая. Скрытокристаллический, аморфный. Спайность отсутствует. Встречается в виде сплошных масс, почковидных натёков, как бы лакированных с поверхности, губчатых и

землистых масс, жеод. Нередко оолитовый. Образует псевдоморфозы в виде кубиков по пириту.

Происхождение. Осадочное — образуется в результате выветривания железосодержащих минералов: сульфидов, силикатов, карбонатов и др.; химический осадок прибрежной зоны морей; биогенный — при участии железобактерий на дне озер и болот.

Применение. Важная железная руда; мягкая землистая разновидность — охра — применяется как желтая минеральная краска.

Ильменит (титанистый железняк). Химический состав FeTiO_3 . Твердость 5–6. Уд. Вес 5. Цвет стально-серый, железно-черный. Блеск металлический, полуметаллический. Черта черная. Иногда бурая или буровато-красная. Спайность несовершенная. Слабо магнитен или немагнитен. Встречается в виде вкраплений, реже в сплошных плотных или зернистых массах.

Происхождение. Магматическое, пегматитовое.

Применение. Важная титановая руда.

Хромит (хромистый железняк). Химический состав FeCr_2O_4 . Твердость 5,5. Уд. Вес 4,3–4,6. Цвет железно-черный, коричнево-черный. Блеск от полуметаллического до металлического. Черта слабоокрашенная, буроватая. Спайность несовершенная. Обнаруживает слабые магнитные свойства. Встречается в виде вкрапленников или сплошных зернистых масс.

Происхождение магматическое.

Применение. Основная хромовая руда.

Касситерит (оловянный камень). Химический состав SnO_2 . Твердость 6–7. Уд. Вес 6,8–7,0. Цвет бурый, черный, смоляно-черный. Блеск металлоидный, алмазный, в изломе смоляной, слегка жирный. Черта у темных разновидностей слабо окрашена в буроватые оттенки или коричневая. Спайность несовершенная. Хрупкий. Встречается в виде сплошных зернистых масс, вкраплений, друз, желваков, натечных форм с концентрически-зональным строением, а также в виде пористых и землистых масс.

Происхождение. Контактново-метаморфическое, гидротермальное.

Применение. Важнейшая оловянная руда.

Пирролюзит. Химический состав MnO_2 . Твердость 5–6 (у кристаллических разновидностей), часто мягкий, пачкает руки. Уд. Вес 4,7–4,8. Цвет темно-серый до черного. Блеск матовый, полуметаллический, металлический. Черта черная или синевато-черная. Спайность совершенная в одном направлении.

Кристаллы имеют шестоватую или игольчатую форму. Встречается в виде радиально-лучистых агрегатов, корочек, налетов, сплошных плотных, землистых или оолитовых масс, псевдоморфоз по натечным образованиям.

Происхождение. Осадочное — мелководный химический осадок морей, продукт химического выветривания пород и минералов, содержащих марганец.

Применение. Важнейшая руда на марганец.

Корунд. Химический состав Al_2O_3 . Твердость 9. Уд. Вес 3,9–4. Цвет синеватый. Серый, красный. Обычно синевато- или желтовато-серый. Блеск сильный, стеклянный. Черты не дает. Спайность несовершенная. Излом неровный. Встречается в виде сплошных мелкозернистых и плотных масс. Часто вросшие или наросшие кристаллы, россыпи.

Происхождение. Контактново-метаморфическое, реже магматическое.

Разновидности. Однородный прозрачный корунд красного цвета называется рубином, синего цвета — сапфиром; темная мелкозернистая разновидность — наждак.

Применение. Абразивный материал (наждак); в ювелирном деле (рубин, сапфир).

Боксит. Химический состав $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ (смесь двух минералов: бёмита — $AlO(OH)$ и гидраргиллита — $Al(OH)_3$). Твердость 1,0–4,0. Уд. Вес около 2,5. Цвет белый, сероватый, розоватый, буровато-красный (в зависимости от содержания железа). Блеск тусклый. Черта бледнее цвета. Излом землистый. Тощий (сухой) на ощупь (отличие от каолинита). Не дает с водой пластичной массы (отличие от глин). Встречается в виде сплошных плотных и землистых масс, часто оолитовый.

Происхождение. Осадочное — образуется при химическом выветривании алюмосиликатных горных пород в условиях жаркого переменного-влажного климата, а также в результате переноса продуктов химического выветривания и отложения их в виде коллоидно-химических осадков в прибрежной полосе озер, морей.

Применение. Важнейшая руда на алюминий.

V класс. Кислородные соли

По числу относящихся сюда минералов этот класс является наибольшим. К нему относится почти 2/3 всех известных минералов. Господствующее положение среди них занимают силикаты. Весьма многочисленны также сульфаты, фосфаты и карбонаты.

Карбонаты — соли угольной кислоты. К карбонатам относится около 80 минералов. Они составляют около 1,7% от массы земной коры. Наибольшим распространением среди них пользуются карбонаты кальция и магния. Формирующие огромные массивы известняков, доломитов, мраморов, мергелей и мела. Твердость карбонатов обычно невелика, блеск неметаллический, окраска чаще светлая. Многие из них бурно реагируют с соляной кислотой, выделяя углекислый газ. В генетическом отношении карбонаты

связаны с деятельностью организмов, с химическим осаждением в озерах и морях; часть имеет гидротермальное происхождение.

Кальцит (известковый шпат; прозрачная разновидность — исландский шпат). Химический состав CaCO_3 . Твердость 3. Уд. вес 2,7. Цвет в кристаллах белый, желтый, серый, голубой. Прозрачный или просвечивает. Черта белая. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности стеклянноперламутровый. Спайность совершенная в трех направлениях. Легко раскалывается на косые параллелепипеды. Сильно вскипает от действия слабого раствора соляной кислоты. В прозрачных кристаллах обнаруживает двулучепреломление. Форма кристаллов весьма разнообразная. Встречается в виде сплошных плотных, зернистых, землистых или оолитовых масс, а также в виде щеток, друз, отдельных кристаллов и разнообразных натечных образований.

Происхождение. Осадочное — результат деятельности подземных вод, химический и органогенный осадок прибрежной зоны теплых морей; гидротермальный; метаморфический.

Применение. В строительной промышленности, в металлургии и др. Исландский шпат — для изготовления николей (приборов, служащих для получения поляризованного света).

Доломит (горький шпат). Химический состав $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Твердость 3,5–4. Уд. вес 2,8–2,9. Цвет белый, желтый, серый. Черта белая. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Спайность совершенная в трех направлениях. В порошке вскипает от действия соляной кислоты. Встречается в виде сплошных зернистых (мраморовидных) или плотных масс.

Происхождение. Осадочное — образуется при выветривании магнезиальных силикатов, при действии магнезиальных растворов на известняки, химический осадок теплых морей с повышенной соленостью; гидротермальное; отчасти при метаморфизме магнийсодержащих магматических горных пород.

Применение. В металлургии в качестве флюса и стройматериала (для изготовления огнеупорного цемента).

Магнезит. Химический состав MgCO_3 . Твердость 3,5–4,5. Уд. вес 3–3,1. Цвет белый, серый, желтый. Блеск стеклянный, тусклый, часто шелковистый. Черта белая. Спайность совершенная (в кристаллических разновидностях) в трех направлениях. Излом раковистый (в фарфоровидных разновидностях). Вскипает при действии нагретой соляной кислоты. Встречается в виде грубозернистых (мраморовидных) или плотных (фарфоровидных) масс, также натечи, желваки.

Происхождение. Осадочное — при выветривании магнезиальных силикатов; метаморфическое — при метаморфизме основных магматических пород и при воздействии на кальцит магнезиальных растворов.

Применение. Огнеупорный строительный материал.

Сидерит (железный шпат). Химический состав FeCO_3 . Твердость 3,5–4,5. Уд. вес 3,7–3,9. Цвет серый, желтый, бурый. Блеск стеклянный, часто перламутровый. Черта белая или желтая. Спайность совершенная в трех направлениях. Вскипает от нагретой соляной кислоты. Капля хлорной соляной кислоты желтеет (от образования хлорного железа). Встречается в виде сплошных зернистых, плотных и землистых масс, иногда в виде шарообразных конкреций, оолитов.

Происхождение. Гидротермальное; осадочное — продукт замещения известняков.

Применение. Важная железная руда.

Малахит. Химический состав $\text{Cu}[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ или $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Твердость 3,5–4. Цвет изумрудно-зеленый различной густоты. Блеск стеклянный, тусклый, у волокнистых разновидностей шелковистый. Черта бледно-зеленая. Спайность совершенная в одном направлении. Хрупкий. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты. Встречается в виде натечных почковидных масс радиально-лучистого и скорлуповатого строения, а также в виде землистых масс (землистая разновидность малахита называется *медной зеленью*), корочек, налетов, псевдоморфоз, радиально-лучистых кристаллических агрегатов.

Происхождение. Осадочное — образуется в зоне окисления медных руд.

Применение. Ценный поделочный камень.

Азурит (медная лазурь, медная синь). Химический состав $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ или $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Твердость 3,5–4. Уд. вес 3,7–3,9. Цвет темно-синий, в землистых массах голубой. Блеск стеклянный, тусклый. Черта голубая, синяя. Спайность совершенная в одном направлении. Хрупкий. Вскипает при действии разбавленной соляной кислоты. Встречается в виде друз, мелких кристаллов, сплошных зернистых масс, радиально-лучистых агрегатов, корочек, налетов.

Происхождение. Осадочное — образуется в зоне окисления медных руд (встречается вместе с малахитом).

Применение. Руда на медь; поделочный камень.

Сульфаты — соли серной кислоты. К сульфатам относится около 260 минералов, но по своей массе они составляют не более 0,1% от массы земной коры. В основном это сернокислые соли Na, K, Ca, Mg, Ba и некоторых других металлов. Обычно они отличаются малым удельным весом, небольшой твердостью и светлой окраской. Многие

из них содержат в значительном количестве воду (водные сульфаты). По происхождению это морские или озерные химические осадки, реже продукты окисления сульфидов или гидротермальное выделения. Многие из них являются ценными полезными ископаемыми.

Гипс (легкий шпат). Химический состав $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Твердость 2. Уд. вес 2,3. Бесцветный, белый, желтый, розовый, серый, синеватый. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом; у волокнистых разновидностей шелковистый. Черта белая спайность весьма совершенная в одном направлении. Волокнистые разновидности с занозистым изломом. Встречается в виде сплошных мелкозернистых (сахаровидных), пластинчатых или параллельно-волокнистых (игольчатых) масс, порошковатых выцветов, сростков.

Происхождение. Осадочное — химический осадок замкнутых или полузамкнутых бассейнов в условиях жаркого и сухого климата; продукт химического выветривания сульфидов и окисления серы; продукт гидратации ангидрита.

Разновидности: мелкозернистая — *алебастр*; волокнистая, с шелковистым блеском — *селенит*; пластинчатые полупрозрачные массы — *марьино стекло*.

Применение. В полуобожженном виде используется как цемент и как материал для лепных работ, для отливок, в медицине и т. д.; в "сыром" виде употребляется в качестве удобрения; жилковатые и плотные разновидности являются поделочным камнем.

Ангидрит. Химический состав CaSO_4 . Твердость 3–3,5. Уд. вес 2,8–3,0. Цвет белый, сероватый, голубоватый, красноватый, фиолетовый, иногда бесцветный. Блеск стеклянный, иногда с перламутровым отливом. Черта белая. Спайность совершенная в трех направлениях. Встречается в виде сплошных зернистых (мраморовидных) или плотных масс, прожилок, желваков. Кристаллы встречаются редко. На поверхности легко переходит в гипс.

Происхождение. Осадочное — химический осадок замкнутых и полузамкнутых бассейнов в условиях жаркого и сухого климата.

Применение. Для получения специального цемента и мелких художественных поделок.

Мирабилит (глауберова соль). Химический состав $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Твердость 1,5–2. Уд. вес 1,48. Бесцветный (прозрачный или мутный), белый с желтоватым, синеватым или зеленоватым оттенком. Блеск стеклянный, тусклый. Черта белая. Спайность совершенная в одном направлении. Излом раковистый. Легко растворяется в воде. Обладает слабым охлаждающим горько-соленым вкусом. В сухом воздухе постепенно теряет всю воду и, превращаясь в тенардит, становится белым порошковатым веществом. Встречается в виде сплошных зернистых и порошковатых масс, а также в виде корочек, выцветов.

Происхождение. Осадочное — химический осадок замкнутых или полужамкнутых бассейнов в условиях жаркого и сухого климата; почвенные выцветы.

Применение. Важное сырье для получения соды; в стекольной, красочной и других отраслях промышленности; в медицине.

Фосфаты — соли фосфорных кислот. К фосфатам и некоторым родственным им соединениям относятся около 350 минералов, составляющих, однако, менее 1% от массы земной коры. Некоторые из фосфатов служат важным сырьем для получения минеральных удобрений и фосфора.

Апатит. Химический состав $\text{Ca}_5(\text{Cl},\text{F})\cdot[\text{PO}_4]_3$. Твердость 5. Уд. вес 3,2. Бесцветный, белый, зеленоватый, желтоватый, фиолетовый, бурый, сероватый, синий, голубой. Блеск на гранях кристаллов стеклянный, на изломе жирный. Черта белая. Излом неровный, раковистый. Спайность несовершенная. Очень хрупкий. Встречается обычно в виде зернистых (сахаровидных) масс или вкраплений, а также мелких и крупных кристаллов.

Происхождение. Магматическое, пегматитовое, метаморфическое.

Применение. Один из основных минералов для получения фосфорных удобрений (суперфосфата).

Фосфорит (близкий по составу к апатиту, загрязненный глинистым и песчаным материалом фосфат кальция). Твердость от 2 до 5. Уд. вес 3,2. Цвет серый, беловатый, грязно-желтый, темно-бурый, черный. Блеск тусклый. Черта сероватая, серовато-буроватая. Спайность отсутствует. Излом землистый, неровный. При трении двух кусков друг о друга издает запах только что сгоревшей головки спички или жженой кости. Аморфный, гелевидный. Кристаллов не образует. Встречается в виде желваков и конкреций обычно с радиально-лучистым внутренним строением, а также в виде сплошных плотных, мелкообломочных или землистых масс, псевдоморфоз по ископаемым остаткам.

Происхождение. Осадочное — образуется путем выпадения из морской воды на глубине от 50 до 150–200 м (т. е. в средней и нижней частях шельфа) при наличии донных (глубинных) восходящих течений; биогенное.

Применение. Для получения суперфосфата.

Силикаты — соли кремневых кислот. К силикатам относится до 800 минералов, составляющих около 75% от массы земной коры. В этот подкласс входят важнейшие породообразующие минералы, слагающие основную массу магматических и метаморфических пород. Силикаты окрашены пестро. Удельный вес их обычно невелик. Твердость в большинстве случаев высокая. Образование силикатов связано

преимущественно с остыванием расплавленных масс, и в этом отношении генезис их предшествует почти всем группам минералов земной коры.

Оливин (перидот). Химический состав $(\text{Mg,Fe})_2 \cdot \text{SiO}_4$. Твердость 6,5–7. Уд. вес 3,3–3,4. Цвет оливково-зеленый, буроватый до черного, иногда бесцветный. Блеск стеклянный, жирноватый. Черты не дает. Спайность несовершенная. Излом раковистый. Хрупкий. Кристаллы редки. Встречается в виде сплошных зернистых масс, вкраплений.

Происхождение. Магматическое. Породообразующий минерал ультраосновных и основных магматических пород.

Применение. Прозрачная разновидность (*хризолит*) — в ювелирном деле.

Гранаты. Химический состав различный. Общая формула $\text{R}^{\prime\prime\prime}_3\text{R}^{\prime\prime}_2(\text{SiO}_4)_3$, где $\text{R}^{\prime\prime}$ — Ca, Mg, Fe, Mn; $\text{R}^{\prime\prime\prime}$ — Al, Fe, Cr. Твердость 6,5–7,5. Уд. вес от 3,5 до 4,3. Цвет темно-красный, буроватый до черного, светло-зеленый, буровато-зеленый (зависит от состава). Блеск стеклянный, на изломе жирный. Черты почти не дает. Спайность несовершенная. Излом раковистый, неровный. Облик кристаллов — изометрические многогранники. Встречаются в виде отдельных вросших и выросших кристаллов.

Происхождение. Метаморфическое — встречаются в скарнах, слюдяных и хлоритовых сланцах.

Разновидности: *альмандин* — красновато-коричневый; *пироп* — темно-красный; *гроссуляр* — светло-зеленый; *андрадит* — буровато-зеленый; *меланит* — черный и др.

Применение. Абразивный материал и как драгоценный камни.

Топаз. Химический состав $\text{Al}_2(\text{F,OH})_2[\text{SiO}_4]$. Твердость 8. Уд. вес 3,4–3,6. Бесцветный, голубой, желтый, розовый, сероватый, зеленоватый. Блеск стеклянный. Черты не дает. Спайность совершенная в одном направлении. Излом неровный. Встречается в виде отдельных кристаллов или сплошных зернистых масс, окатанных обломков кристаллов.

Происхождение. Пегматитовое, пневматолитовое.

Применение. Драгоценный камень, абразивный материал, в производстве точных приборов.

Берилл. Химический состав $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$. Твердость 7,5–8. Уд. вес 2,6–2,9. Цвет бледно-зеленый, изумрудно-зеленый, розовый, винно-желтый, синевато-голубой, иногда бесцветный. Прозрачный. Блеск стеклянный. Черты не дает. Спайность несовершенная. Излом неровный, часто раковистый. Хрупкий. Обычно встречается в виде одиночных вкрапленных кристаллов, иногда соединенных в друзы; изредка в виде сплошных шестоватых агрегатов.

Происхождение. Пегматитовое, пневматолитовое.

Разновидности. Ярко-зеленый, травяно-зеленый — *изумруд*; синевато-голубой (цвета морской воды) — *аквамарин*.

Применение. Руда на бериллий; изумруд и аквамарин — драгоценные камни.

Турмалин. Алюмоборосиликат (состав сложный и непостоянный). Твердость 7–7,5. Уд. вес 2,9–3,25. Бесцветный, розовый, зеленый, бурый, черный, полихромный (разные части кристалла различно окрашены). Светлоокрашенные разности прозрачны. Блеск стеклянный. Черты не дает. Спайность несовершенная. Излом неровный. Хрупкий. Электризуется при трении. Встречается в виде отдельных кристаллов, щеток, шестоватых, игольчатых и радиально-лучистых агрегатов («турмалиновое солнце»), реже в сплошных зернистых массах.

Происхождение. Пегматитовое, метаморфическое, гидротермальное.

Применение. Розовый турмалин используется в качестве драгоценного камня.

Авгит. Химический состав $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})[(\text{Al,Si})_2\text{O}_6]$. Относится к группе пироксенов. Твердость 6,5. Уд. вес 3,3–3,6. Цвет серо-зеленый, темно-зеленый, бурый до черного. Блеск стеклянный. Черта слабая серая, серовато-зеленая. Спайность ясная под углом, близким к прямому (отличие от роговой обманки). Встречается в виде сплошных зернистых масс и вкраплений короткопризматических кристаллов породообразующий минерал преимущественно основных пород.

Происхождение. Магматическое, контактово-метаморфическое.

Роговая обманка. Химический состав сложный, непостоянный. Полная формула: $(\text{Ca,Na})_2(\text{Mg,Fe}^{2+},\text{Mn,Fe}^{3+},\text{Al})[\text{OH}]_2[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{11}]_2$. Относится к группе амфиболов. Твердость 5,5–6. Уд. вес 3,1–3,5. Цвет серо-зеленый, темно-зеленый, темно-бурый до черного. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности шелковистый. Черта зеленоватая, буроватая, сероватая, иногда черты не дает. Спайность совершенная под углом 124° (отличие от авгита). Излом занозистый. Встречается в виде сплошных зернистых масс игольчатого строения, вкраплений. Один из наиболее распространенных минералов группы амфиболов. Иногда порода состоит почти из одной роговой обманки (амфиболит).

Происхождение. Магматическое, метаморфическое, реже пегматитовое.

Тальк. Химический состав $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ или $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$. Твердость 1. Уд. вес 2,7–2,8. Цвет белый или желтоватый, зеленоватый, голубоватый. Блеск жирный, на плоскостях спайности перламутровый. Черта белая. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Легко расщепляется на толстые неупругие листочки. Встречается в виде сплошных, плотный, кристаллических или чешуйчато-листоватых масс.

Происхождение. Метаморфическое — продукт метаморфизма железо-магнезиальных силикатов.

Применение. В резиновой, бумажной и других отраслях промышленности как кислото- и огнеупорный материал; чистые разновидности употребляются для смазки машин, изготовления пудры и т. д.

Мусковит (белая калиевая слюда). Химический состав $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$ или $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$. Твердость 2–3. Уд. вес 2,7–3,1. Бесцветный со светло-зеленоватым, желтоватым, сероватым или розоватым оттенком. Прозрачный. Блеск стеклянный, перламутровый. Черта белая. Легко расщепляется на тонкие упругие листочки и чешуйки. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Встречается в виде листочков, крупных кристаллов, мелких чешуек и чешуйчатых агрегатов.

Происхождение. Магматическое, метаморфическое, пегматитовое.

Тонкочешуйчатая разновидность с шелковистым блеском называется *серицитом*.

Применение. Употребляется в качестве электроизоляционного и тугоплавкого материала (взамен стекла).

Биотит (черная железно-магнезиальная слюда). Химический состав $K(Mg,Fe)_3(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$ или $K_2O \cdot 6(Mg,Fe)O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$. Твердость 2–3. Уд. вес 3–3,1. Цвет черный, темно-зелено-черный. В толстых пластинках непрозрачный. Блеск стеклянный, перламутровый. Черта белая или зеленоватая. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Легко расщепляется на тонкие упругие листочки. Встречается в виде листоватых и чешуйчатых агрегатов. Составная часть гранита, сиенита, гнейсов, слюдяных сланцев. Бурая магнезиальная слюда называется *флогопитом*.

Происхождение. Магматическое, метаморфическое, пегматитовое.

Промышленного значения не имеет.

Глауконит (из группы гидрослюд, возможно, агрегат нескольких минералов). Твердость 2–3. Уд. вес 2,2–2,8. Цвет темно-зеленый, зеленовато-черный. Блеск стеклянный, жирный, матовый. Черта зеленая. Спайность в одном направлении, устанавливается очень редко и только в крупных агрегатах. Хрупкий. Растворяется в концентрированной соляной кислоте. Встречается в виде землистых, реже тонкочешуйчатых и зернистых масс или в виде мелких (до 1 мм) желвачков и зернышек в слоях осадочных пород (песках, глинах, опоках и др.).

Происхождение. Осадочное — образуется исключительно в морских бассейнах на глубинах от 20 до 200–300 м в результате подводного разложения биотита и других силикатов; представляет собой продукт выпадения вещества в осадок в окислительной или нейтральной среде при слабом движении воды и замедленном осадкообразовании.

Применение. В качестве удобрения, дешевая зеленая краска, смягчитель жесткости воды.

Хлориты. Химический состав $(\text{Fe}, \text{Mg})_5\text{Al}(\text{OH})_8[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ или $5(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Твердость 2–2,5. Уд. вес 2,6–2,8. Цвет зеленый, темно-зеленый. Блеск стеклянный до перламутрового, жирноватый. Черта белая, зеленоватая. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Расщепляется на гибкие неупругие листочки. Встречается в виде кристаллических листовато-чешуйчатых масс, друз.

Происхождение. Метаморфическое — образуется в контактах в связи с гидротермальными процессами по биотиту, авгиту, роговой обманке; изредка гидротермальное.

Применение. Хлориты с высоким содержанием железа — *шамозит* — используются как железная руда.

Серпентин. Химический состав $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$. Твердость 2,5–3,5. Уд. вес 2,5–2,7. Цвет светло-зеленый, зеленый, буровато-зеленый, пятнистый (напоминает кожу змеи). Блеск тусклый, жирный (восковой), шелковистый. Черта белая или слабая зеленоватая. Спайность отсутствует. Излом неровный в сплошных массах, занозистый у волокнистых разновидностей. Встречается в виде плотных и скрытокристаллических масс, часто в виде жилок параллельно-волокнистого строения.

Происхождение метаморфическое — продукт гидротермального изменения ультраосновных пород; в небольшом количестве образуется из доломитизированных известняков в зоне контактного метаморфизма.

Асбест. По химическому составу близок к серпентину. Твердость 2–3. Уд. вес 2,22. Цвет зеленовато-желтый с золотистым отливом, иногда белый, редко бурый, в тонких нитях — белый. Блеск шелковистый. Черты не дает. Спайность совершенная в одном направлении. Легко расщепляется на тонкие, гибкие, прочные нити, напоминающие шелк. Встречается в серпентине: на фоне сплошной массы серпентина асбест отчетливо выделяется в виде "прожилок", в которых волокна асбеста ориентированы обычно перпендикулярно к стенкам.

Образуется в связи с гидротермальным изменением богатых магнием ультраосновных пород и на контакте с доломитизированными известняками.

Применение. Огнеупорный строительный материал: материал для несгораемых тканей и теплоизоляции.

Каолинит. Химический состав $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$. Твердость от 1 до 2,5. Уд. вес 2,6. Цвет белый, слегка желтоватый или сероватый. Блеск тусклый, жирноватый, в чешуйках перламутровый. Черта белая, жирная. Излом землистый. У пластинок спайность весьма совершенная в одном направлении. Сильно гигроскопичен. Жирен на ощупь. Дает

пластичную массу с водой. При дыхании на него издает запах "печки" (глины). Встречается в виде плотных или рыхлых землистых масс, иногда в виде натечных форм.

Происхождение. Осадочное — образуется при химическом выветривании горных пород, богатых алюмосиликатами (полевыми шпатами, слюдами). Нередко накапливающиеся при выветривании массы каолинита подвергаются размыву и переотлагаются вдали от места своего образования в застойных бассейнах в виде пластов тонкодисперсных глинистых осадков.

Применение. Основное сырье в фарфоровой и керамической промышленности: строительный материал; в бумажной промышленности и как огнеупорный материал.

Полевые шпаты

Из всех силикатов *полевые шпаты* являются наиболее распространенными в земной коре, составляя в ней в общем около 50% по весу. По своему химическому составу полевые шпаты представляют алюмосиликаты Na, K и Ca.

Соответственно особенностям химического состава полевые шпаты делятся на:

- 1) *натриево-кальциевые* полевые шпаты, или *плаггиоклазы*;
- 2) *калиевые* полевые шпаты.

Плаггиоклазы.

К плаггиоклазам относятся минералы, представляющие непрерывный изоморфный ряд смесей, крайние члены которого носят название *альбит* (Ab) — $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ натриевый плаггиоклаз и *анортит* [An] — $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ кальциевый плаггиоклаз. Классификация минеральных видов этого изоморфного ряда выглядит следующим образом:

	Содержание альбита, %	Содержание анортита, %
Альбит	100–90	0–10
Олигоклаз	90–70	10–30
Андезин	70–50	30–50
Лабрадор	50–30	50–70
Битовнит	30–10	70–90
Анортит	10–0	90–100

Часто придерживаются более грубого деления плаггиоклазов по их составу (по содержанию кремния):

кислые — альбит, олигоклаз;

средние — андезин;

основные — лабрадор, битовнит, анортит.

Альбит. Химический состав $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Твердость 6 (до 6,5). Уд. вес 2,6. Цвет белый, сероватый, желтоватый, иногда бесцветный. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Черты не дает. Спайность совершенная в двух направлениях под косым углом ($<90^\circ$). Встречается в виде сплошных зернистых (мраморовидных) масс и листоватых агрегатов, также друз, отдельных кристаллов. Один из породообразующих минералов средних (частично основных) изверженных пород, иногда в граните.

Происхождение. Магматическое, пегматитовое, гидротермальное, контактово-метаморфическое.

Промышленного значения не имеет.

Анортит (кальциевый плагиоклаз). Химический состав $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Твердость 6–6,5. Уд. вес 2,73–2,78. Цвет серый, белый или желтоватый, реже голубоватый, розоватый. Блеск стеклянный. Черты не дает. Спайность совершенная в двух направлениях (под углом $<90^\circ$). Встречается в виде мелких кристаллов в основных магматических породах или зернистых агрегатов.

Происхождение. Магматическое.

Промышленного значения не имеет.

Лабрадор (кальциево-натриевый плагиоклаз) — изоморфная смесь альбита — 30–50% и анортита — 50–70%. Твердость 6. Уд. вес 2,7. Цвет серый, темно-серый, зеленовато-серый, реже коричневый. Блеск стеклянный, перламутровый. Черты не дает. Спайность совершенная в двух направлениях. Характерен голубой, зеленый или синий отлив на плоскостях спайности. Встречается в виде сплошных крупнозернистых масс¹⁰.

Происхождение. Магматическое (характерен для основных магматических пород).

Применение. Облицовочный материал.

Ортоклаз. Химический состав $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Составная часть кислых и средних магматических пород (гранитов, сиенитов) и некоторых метаморфических пород (гнейс). Твердость 6 (до 6,5). Уд. вес 2,6. Цвет белый, кремовый, голубовато-серый, розовый, мясо-красный. блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый. Черты не дает. Спайность совершенная в двух направлениях под прямым углом¹¹. Излом ступенчатый, неровный. Встречается в виде сплошных крупнокристаллических масс, крупных кристаллов друз.

Происхождение. Магматическое, метаморфическое, пегматитовое.

Применение. В стекольной и керамической промышленности.

¹⁰ Порода, сплошь состоящая из лабрадора, называется *лабрадоритом*.

¹¹ Отсюда название минерала — "прямоколющийся"

Микроклин (состав ортоклаза). Твердость 6 (до 6,5). Уд. вес 2,6. Зеленая разновидность называется *амазонитом*. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности слегка перламутровый. Спайность совершенная в двух направлениях почти под прямым углом (отличие от ортоклаза). Черты не дает. Встречается в виде сплошных крупнокристаллических масс, отдельных кристаллов друз.

Происхождение. Магматическое, пегматитовое.

Применение. В стекольной и керамической промышленности; амазонит — в качестве поделочного камня.

Нефелин (элеолит, масляный камень). Породообразующий минерал щелочных магматических пород (совместно с кварцем не встречается). Химический состав $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$. Твердость 5,5. Уд. вес 2,6. Цвет: кристаллы бесцветные; в сплошных массах серый, грязно-желтый, желтовато-буроватый, зеленоватый, серовато-синеватый, неоднородный. Блеск жирный на изломе, на гранях кристаллов — стеклянный. Черты не дает. Спайность несовершенная. Излом плоскораковистый. Легко выветривается и становится матовым. Встречается в виде сплошных плотных и зернистых масс.

Происхождение. Магматическое.

Применение. В стекольной и керамической промышленности, для получения соды, некоторых красок, а также руды на алюминий.

Лейцит. Химический состав $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$. Типичный минерал вулканических пород. Твердость 5,5–6. Уд. вес 2,6. Цвет белый или сероватый. Блеск стеклянный, иногда на изломе жирный. Черты не дает. Спайность отсутствует. Излом раковистый. Встречается в виде отдельных кристаллов.

Происхождение. Магматическое — образуется при затвердевании лав, богатых щелочами (главным образом K_2O) и бедных SiO_2 .

Применение. При большом содержании в породе используется как сырье на калий и алюминий.

VI класс. Углеводородные (органические) соединения

К этому классу относятся многочисленные вещества, в которых главную роль играют углеродистые соединения. Положение этих соединений в систематике спорное. В природе эти вещества образуются в результате сложных процессов, среди которых большую роль играют организмы как растительные, так и животные. Многие из них являются ценными полезными ископаемыми.

Янтарь. Химический состав $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_4$. Твердость 2–2,5. Уд. вес 1,05–1,09. Цвет янтарно-желтый, красноватый, бурый, беловатый, молочно-белый. Блеск стеклянный, жирный. Черты не дает. Спайность отсутствует. Излом раковистый. Плавится в пламени

свечи; загорается и горит с выделением приятного запаха. При трении о сукно электризуется. Аморфный. Встречается в виде округлых кусков и наплывов, с поверхности часто покрытых коркой выветривания. Представляет собой смолу ископаемых хвойных деревьев.

Применение. Для изготовления художественных изделий; является хорошим изолятором для электроприборов; мелкие обломки употребляются для получения янтарной кислоты, янтарного лака и др.

НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ПЕТРОГРАФИИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Главнейшими внешними признаками горных пород являются: их физическое состояние, окраска, строение, минералогический состав и условия залегания.

По физическому состоянию различают: *плотные породы* (каменистые), например, гранит, мрамор и др.; *рыхлые породы*, рассыпающиеся или легко разламываемые руками, например, песок, глина, мел, торф и др.

По окраске различают: *светлоокрашенные породы* (белые, светло-желтые, желтые, розовые, красноватые, зеленоватые. Светло-бурые и т. п.); *темноокрашенные породы* (серые, темно-серые, зеленовато-серые, темно-зеленые, черные). Окраска горных пород в значительной мере зависит от цвета слагающих породу минералов, поэтому цвет горных пород в известной мере указывает на их минералогический состав.

По строению (структуре и текстуре)¹², различаемому невооруженным глазом или только с помощью лупы, горные породы подразделяются на несколько групп:

а) Породы с *яснокристаллическим* строением, когда минералы, слагающие породу, представлены ясно различимыми зернами кристаллов. Пример: гранит. В зависимости от размера зерен различают: 1) породы весьма крупнозернистые, с размером зерен более 100 мм; 2) крупнозернистые — от 3 до 10 мм; 3) среднезернистые — от 1 до 3 мм; 4) мелкозернистые — с размером зерен менее 1 мм. По однородности зерен различают породы равномерно зернистые и неравномерно-зернистые (порфировидные).

б) Породы с *плотным* строением, у которых даже под лупой кристаллическое строение не различается (яшма).

в) Породы со *стекловатым* строением, состоящие из стекловидной массы, лишенной кристаллических зерен (вулканическое стекло — обсидиан).

г) Породы с *пористым* (ноздреватым) строением (пемза, известковый туф).

¹² *Структура* горных пород — совокупность особенностей строения, обусловленных степенью кристалличности, размерами и формой минеральных зерен, соотношением минералов и нераскристаллизованного остатка — стекла. Под *текстурой* понимают сложение горных пород, т. е. расположение минеральных зерен в породе, степень сплошности породы и т. д.

д) Породы с *порфировым* строением, в которых среди плотной, пористой или мелкокристаллической массы разбросаны относительно крупные зерна (порфировые выделения) одного или нескольких минералов (порфирит).

е) Породы с *оолитовым* строением, состоят из сцементированных оолитов (оолитовый известняк).

ж) Породы *тонкообломочного* (землистого) строения — мягкие, легко разламываются в руках и растираются между пальцами в тонкий порошок (глина, мел).

з) Породы *тонкообломочного* строения, состоящие из сыпучих или сцементированных обломков размером от 0,1 до 2 мм (песок, песчаник).

и) Породы *грубообломочного* строения, состоящие из рыхлых или сцементированных обломков, размер которых более 2 мм (галька, щебень, конгломерат, брекчия).

к) Породы с *полосчатым* строением, в которых чередуются полосы разного цвета и состава (гнейс).

л) Породы со *сланцеватым* строением, легко раскалываются на тонкие плитки (глинистый сланец).

м) Породы, состоящие из *остатков животных* или *растительных организмов* (коралловый известняк, торф).

По условиям образования все горные породы, слагающие земную кору, делятся на три группы:

магматические, осадочные, метаморфические.

Каждая из этих групп характеризуется спецификой строения, химического и минералогического состава и условиями залегания.

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Магматические породы образовались, как это видно из названия, при застывании магмы. В зависимости от условий, в которых происходило застывание магмы, они делятся на две группы:

1) *глубинные*, или *интрузивные*, образовавшиеся при застывании магмы на глубине, в толще земной коры;

2) *излившиеся*, или *эффузивные*, образовавшиеся при застывании лавы, излившейся на поверхность Земли при извержении вулканов.

Минералогический состав глубинных и излившихся горных пород может быть одинаков и обусловлен химическим составом магмы.

В соответствии с этим каждая глубинная магматическая порода имеет излившиеся аналоги, тождественные с глубинными породами по химическому и минералогическому составу. Однако по строению эти породы резко различаются.

В толще земной коры застывание магмы происходит *медленно*, в условиях *высокого давления*, что способствует кристаллизации всех минералов, входящих в состав магмы. В результате образуется *ясно полнокристаллическое (зернисто-кристаллическое)* строение, характерное для глубинных (интрузивных) магматических пород.

Застывание магмы, излившейся в виде лавы на поверхность Земли, происходит в условиях *низких температур и давления*. Поэтому излившиеся (эффузивные) породы отличаются по строению от глубинных магматических пород. Для эффузивных пород может быть характерно *скрытокристаллическое (плотное)* строение, при котором наличие мельчайшей зернистости обнаруживается лишь под микроскопом. Такое строение нередко имеют базальты. Лавы, потерявшие газообразные компоненты, при быстром остывании приобретают облик стекла. Подобное *стекловатое* строение характерно, например, для обсидиана. В ряде случаев при излиянии лавы на земную поверхность выделение газов из нее может происходить настолько интенсивно, что лава начинает пениться.

Если лава быстро затвердевает, то оставшиеся внутри газы образуют пустоты. Такая затвердевшая каменная пена называется пемзой, для которой характерно *пористое (ноздреватое)* строение. Ряд эффузивных пород имеет *порфировое* строение. Образование подобной структуры можно объяснить тем, что из магмы, в процессе ее подъема из глубины к поверхности, выкристаллизовываются отдельные минералы, основная же масса после выхода магмы на поверхность Земли быстро застывает, образуя плотную, нераскристаллизованную массу.

Следует иметь в виду, что разнообразие условий формирования магматических пород не всегда позволяет по строению точно определить их генезис. Так, неполнокристаллическое строение бывает свойственно не только эффузивным породам (для которых оно особенно характерно), но и некоторым интрузивным породам, образовавшимся при застывании небольших магматических очагов на небольших глубинах. Напротив, внутри мощных лавовых потоков или покровов могут образоваться породы интрузивного облика, т. е. имеющие зернистое строение (как правило, тонкозернистое).

Вулканические извержения нередко сопровождаются взрывами, что приводит к образованию обломочного материала (пепла, песка, лапиллей, бомб). В дальнейшем этот обломочный материал уплотняется, цементируется. Так возникают вулканические породы

пористо-обломочного строения. Примером таких пород являются: вулканический туф, вулканическая брекчия, вулканическая туфобрекчия.

По способу заполнения пространства (по текстуре) среди магматических пород можно выделить *компактные* и *пористые*. К первым относятся многие компактные интрузивные и эффузивные породы, независимо от того, имеют ли они кристаллическое или стекловатое строение (гранит, базальт, обсидиан и др.); ко вторым — породы, в которых глазом можно различить наличие мелких пор или каверн (пемза, вулканический туф и др.).

Из компактных кристаллических магматических пород большая часть имеет *массивную текстуру*, характеризующуюся беспорядочным расположением минеральных зерен, например, гранит.

Магматические горные породы различают не только по строению, но также по химическому и минералогическому составу.

Химическая классификация магматических пород основывается на содержании в них SiO_2 . По этому признаку выделяют следующие четыре группы:

- 1) кислые породы, содержащие $>65\% \text{SiO}_2$;
- 2) средние породы, содержащие от 52 до $65\% \text{SiO}_2$;
- 3) основные породы, содержащие от 40 до $52\% \text{SiO}_2$;
- 4) ультраосновные породы, содержащие $<40\% \text{SiO}_2$;

Изучение магматических пород в отношении минералогического состава показало, что они состоят в основном из силикатов (87%) и кварца (12%). На долю других химических соединений падает всего лишь около 1%. Минералогический состав магматических пород находится в тесной связи с химическим составом. Различают породы, содержащие кварц (кислые), и породы бескварцевые (средние, основные и ультраосновные); породы, содержащие полевые шпаты (кислые, средние и основные), и породы бесполевошпатовые (ультраосновные). Как видно из изложенного, минералогический состав магматических пород меняется в направлении от кислых к ультраосновным: постепенно исчезает кварц, а затем полевые шпаты. В противоположность этому содержание темноцветных минералов (биотит, роговая обманка, авгит, оливин и др.) постепенно возрастает от кислых пород к ультраосновным: в кислых породах содержание темноцветных минералов колеблется от 5 до 15%, в средних — от 15 до 25%, в основных — более 50%. Ультраосновные породы целиком состоят из темноцветных минералов. Особенно хорошо эта закономерность выражена у глубинных магматических пород, хотя наблюдается и у излившихся. Поэтому средние и кислые магматические породы, как правило, характеризуются более светлой окраской по

сравнению с основными и ультраосновными. Удельный вес магматических пород постепенно возрастает от кислых к ультраосновным.

Отмеченные выше особенности позволяют произвести классификацию магматических пород, которая дана в таблице 1. Эта таблица может служить определителем для наиболее широко распространенных магматических пород.

Магматические породы характеризуются различными формами залегания в зависимости от условий образования, соотношения с окружающими породами, состава магмы (лавы) и др. интрузивные породы залегают в форме *батолитов, штоков, лакколитов, пластовых интрузий (силлов), даек* и др.; эффузивные породы — в виде *покровов, потоков, куполов*.

При охлаждении образовавшиеся магматические породы покрываются системой закономерных расположенных трещин.

В дальнейшем, в процессе разрушения, главным образом при выветривании, эти трещины увеличиваются, разбивая магматические породы на куски той или иной формы, называемые *отдельностями*. Для различных магматических пород характерны различные формы отдельности, которые в известной степени могут служить их диагностическими признаками. Так *плитообразная* и *матрацевидная* отдельности часто характерны для гранита, *столбчато-призматическая* — для базальта и т. д.

ОПИСАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Ультраосновные породы

Дунит. Название получил по г. Дун (Новая Зеландия). Дунит — порода среднезернистого или мелкозернистого строения. Состоит почти из одного оливина, нередко с примесью хромита, магнетита и самородной платины. Цвет желто-зеленый, оливково-зеленый, светло-зеленый до темного, почти черного. Часто с поверхности покрыт желто-бурой коркой выветривания. Образуется при медленной кристаллизации ультраосновных магм в глубинных условиях.

При изменении физико-химических условий переходит в серпентинит (змеевик), змеевиковый асбест, хлорит и некоторые другие минералы.

Перидотит. Название получил в связи с содержанием оливина (50–70%), который иногда называют перидотом. Перидотит имеет обычно среднезернистое или мелкозернистое строение. Состоит главным образом из оливина, а также содержит пироксен. Нередко в породе присутствуют зерна самородной платины. Окраска перидотита темная: темно-зеленая, темно-бурая, черная, иногда желтовато-зеленая. Уд. вес от 3,1 до 3,25. Перидотиты обычно несут признаки изменения, которые выражаются в серпентинизации.

Перидотит — глубинная магматическая порода. Образуется при медленной кристаллизации ультраосновных магм в глубине земной коры. Залегают в форме штоков.

Пироксенит. Название указывает на минералогический состав породы. Строение породы крупно и или среднезернистое. Пироксенит состоит главным образом из минералов группы пироксенов (авгита и др.). Оливин присутствует в незначительном количестве. Цвет тесный, часто черный. Тяжелый. В процессе серпентинизации выделяется входящий в состав породы никель, вследствие чего к пироксенитам иногда приурочены крупные месторождения сульфидных руд никеля.

Пироксенит — глубинная магматическая порода. Образуется при медленном охлаждении ультраосновных магм на больших глубинах (образует краевые части дунитовых и перидотитовых массивов).

Несмотря на относительно небольшое распространение (по сравнению с другими породами), ультраосновные породы получили большое практическое значение, так как к ним приурочены месторождения редких металлов, платины, магнетита, алмазов, асбеста, руд никеля, кобальта, хромита, ванадия и др.

Основные породы

Габбро (по названию местности в Северной Италии) — порода крупнозернистого или среднезернистого строения, яснокристаллическая. Состоит из основных плагиоклазов (лабрадора), пироксенов (авгита). Реже роговой обманки. Отмечаются включения других минералов, например, ильменита и магнетита. В измененных габбро к ним добавляется пирит. Возможно присутствие оливина и биотита. Уд. вес от 2,9 до 3,1. Цвет в зависимости от содержания темноцветных минералов и от окраски плагиоклазов серый, зеленовато-серый, темно-серый до черного.

Разновидность габбро, состоящая почти целиком из лабрадора, образующего очень крупные кристаллы, отличающиеся красивым синим или зеленым цветом на плоскостях спайности, называется *лабрадоритом* (название связано с полуостровом Лабрадор в Северной Америке).

Габбро — глубинная магматическая порода. Образуется при медленном охлаждении основных магм в земной коре. Залегают в форме штоков, линз или силлов (интрузивных залежей).

К глубинным породам группы габбро приурочены месторождения титано-магнетита, меди, иногда золота и других полезных ископаемых.

Базальт — кайнотипная серая, темно-серая или черная, обычно неполнокристаллическая порода, являющаяся излившимся аналогом габбро. Состоит главным образом из основного плагиоклаза (лабрадора), авгита и часто оливина. Обычно

присутствует магнетит или ильменит. Порода состоит то целиком из плотной или очень мелкозернистой массы, то среди такой массы находятся порфиновые выделения авгита, а также оливина, плагиоклаза, роговой обманки. Характерно также значительное количество нераскристаллизованного стекла. Нередко базальт обладает пористой текстурой, а в некоторых случаях — миндалекаменной. Шероховатый на ощупь. Имеет неровный излом. Тяжелый. При выветривании базальты приобретают ржаво-бурую или зеленоватую окраску.

Образуется в результате излияния на поверхность Земли лавы основного состава. Широко распространенная магматическая порода. Формы залегания базальта — потоки, покровы, небольшие купола, дайки. Формы отдельности — столбчатая. Базальт с пластовой отдельностью называется *траппом*.

Диабаз (базальтовый порфирит) — полнокристаллическая зернистая порода с различной крупностью зерна. Равномернозернистая или порфировидная. Состоит из плагиоклаза (чаще всего лабрадора) и авгита. Встречаются оливин, роговая обманка, магнетит. Обладает характерной диабазовой структурой. В случае порфирового строения породы в ней на плотном или тонкозернистом фоне наблюдаются мелкие удлиненные зерна полевых шпатов белого или зеленоватого цвета. Цвет диабаза зеленоватый, зеленовато-серый, зависит от постоянного присутствия роговой обманки, хлорита и частично серпентина. Диабаз — палеотипная вулканическая порода. Образуется в результате излияния на поверхность Земли лавы основного состава. Формы залегания диабаза — покровы, потоки, силлы, дайки. Для него типична шаровая форма отдельности.

С породами группы диабаза связан ряд месторождений полезных ископаемых: железных руд, титано-магнетитов и др.

Средние породы

Диорит — порода полнокристаллическая, среднезернистая или мелкозернистая. Состоит из светлого плагиоклаза и темноцветных минералов: роговой обманки, которая отчасти замещается биотитом, и авгита. Светлые составные части породы преобладают над темноцветными (темноцветных минералов около 25% по объему). В некоторых разновидностях содержится кварц (кварцевый диорит). Окраска породы темно- и светло-серая, часто с зеленоватым оттенком. Удельный вес 2,7–2,8.

Диорит — глубинная магматическая порода. Образуется в результате медленного охлаждения средних магм в толще земной коры. *С массивами диоритов бывают связаны рудные жилы с халькопиритом, галенитом, сфалеритом и другими сульфидами. В контакте диоритовой магмы с известняками образуется магнитный железняк. Форма залегания диорита — штоки.*

Андезит (название дано от гор Анды в Южной Америке, где андезиты широко распространены) по составу близок к диориту, но, являясь эффузивной породой, обладает порфировой структурой. Состоит из плагиоклаза и одного или нескольких темноцветных минералов: роговой обманки, биотита, авгита. Цвет — светло-серый, серый, бурый, розовый, черный. В свежем изломе андезиты шероховаты на ощупь и обладают неровной поверхностью. Андезиты принадлежат к кайнотипным вулканическим породам, образующимся при излиянии лавы среднего состава. Вкрапленные в плотную или слегка ноздреватую массу кристаллы плагиоклазов свежи и обладают сильным стекляннным блеском. Формы залегания андезитов — покровы, потоки, купола. Форма отдельности — столбчатая.

Порфирит — палеотипный излившийся аналог диорита. Название получил благодаря характерному порфиловому строению: на фоне плотной массы серого, темно-серого, серо-зеленого или черного цвета хорошо видны довольно крупные вкрапленники полевых шпатов (большой частью в виде тусклых удлиненных или изометричных зерен белого, желтоватого или зеленоватого цвета) или крупные кристаллы блестящего черного авгита. Из темноцветных минералов, кроме авгита, может присутствовать роговая обманка, а также вторичный хлорит. Формы залегания порфирита — покровы, потоки, дайки. Формы отдельности — столбчатая.

Сиенит. Название получил от г. Сиена (ОАР). По структуре сиенит представляет среднезернистую горную породу с равномерной крупностью зерен. Состоит из калиевого полевого шпата, средних плагиоклазов и роговой обманки. Часто присутствует авгит. Иногда черная слюда (биотит). Кварц отсутствует или является второстепенным минералом. В целом порода содержит мало темноцветных минералов (не больше 15%). Окраска сиенита светлая: розовая, красная (разных оттенков), желтоватая, светло-серая или белая, в зависимости от цвета преобладающего полевого шпата. Сиенит можно спутать с гранитом и нефелиновым сиенитом: от первого отличается отсутствием кварца, от второго — отсутствием нефелина.

Сиенит — глубинная магматическая порода. Образуется при кристаллизации средних магм в толще земной коры. *С интрузиями сиенитовой магмы связаны крупные месторождения магнетита, халькопирита, а также марганцевых руд и золота.* Залегает сиенит в виде штоков и даек.

Трахит ("трахис" — шершавый, шероховатый) — кайнотипный излившийся аналог сиенита. Порода тонкопористая, шероховатая на ощупь, обычно с порфиловым строением. Состоит из светлых полевых шпатов и нескольких цветных минералов: роговой обманки, авгита, биотита. Относительные количества вкрапленников и основной стекловатой массы

сильно колеблются. Порфиновые выделения полевых шпатов характеризуются свежей блестящей поверхностью. В пустотах породы нередко наблюдаются мелкие кристаллики вторичных минералов. Окраска трахита светлая: красноватая, буроватая, желтоватая, сероватая или белая. Образуется при вулканических излияниях средних магм. Типичные для трахита формы залегания: потоки, покровы, небольшие купола, дайки.

Порфир (ортофир) — палеотипный излившийся аналог сиенита. Название связано с характерным для породы порфировым строением. Порфир — плотная порода с вкраплением зерен полевых шпатов, большей частью тусклых. Темные минералы обычно в значительной степени разрушены. Окраска породы светлая: красноватая, желтоватая, буроватая. Основная масса у порфиров более плотная, чем у трахитов и обладает мутной серовато-зеленоватой или красновато-бурой окраской. Излом матовый, иногда землистый. Образуется при вулканических излияниях средних магм. Залегают порфир в виде потоков или покровов.

Нефелиновый сиенит — яснокристаллическая крупнозернистая *щелочная* магматическая порода. Главные породообразующие минералы — светлые полевые шпаты и серовато-зеленый или красновато-бурый нефелин с жирным блеском или матовый вследствие выветривания. Темноцветных минералов обычно немного, не более 25% по объему. Представлены они главным образом щелочными амфиболами и пироксеном (темно-зеленого или черного цвета). Иногда встречается черная слюда (биотит) и акцессорные минералы — апатит, циркон и др. Окраска породы светлая: зеленоватая, сероватая, серо-зеленая. Внешне похож на гранит и сиенит: от гранита отличается отсутствием кварца, от сиенита — содержанием нефелина. Нефелиновый сиенит — глубинная магматическая порода. Образуется при охлаждении и кристаллизации в глубинных зонах земной коры щелочных магм, бедных кремнеземом и глиноземом и относительно богатых щелочами. *К нефелиновым сиенитам бывают приурочены месторождения апатита, нефелина, ильменита и других минералов.* Залегают нефелиновый сиенит в виде штоков и лакколитов.

Кислые породы

Гранит — полнокристаллическая, светлая, легкая (уд. вес около 2,7), равномерно- или неравномернозернистая (порфировидная) порода. Зерна могут быть разной величины. Главной составной частью является калиевый полевой шпат (ортоклаз или микроклин) — белый, серый, желтоватый, а чаще всего мясо-красный различных оттенков. Одновременно может присутствовать белый, желтоватый или зеленоватый плагиоклаз. На долю кварца в гранитах приходится 30–35% (по объему). Зерна кварца характеризуются жирным блеском, раковистым изломом, белым, черным, а чаще дымчато-серым цветом.

Из цветных минералов обычно встречаются слюды (биотит, мусковит) и роговая обманка, на долю которых приходится 5–10% (по объему). Окраска гранитов, обусловленная цветом полевого шпата, светлая: светло-серая, желтоватая, розовая, красная (различных оттенков), иногда серая или зеленовато-серая. Гранит внешне сходен с сиенитом и нефелиновым сиенитом. Однако, в отличие от них, гранит содержит кварц.

Гранит — глубинная магматическая порода. Образуется при медленном охлаждении и затвердевании кислых магм в толще земной коры. *С гранитами часто связаны пегматитовые, пневматолитовые и гидротермальные жилы, сопровождаемые целым рядом крупных месторождений золота, галенита, сфалерита, молибденита, вольфрамита и др. В контактах гранитов с известняками встречаются магнетит и халькопирит.* Залегают граниты в виде батолитов, штоков, лакколлитов. Наиболее характерная для гранита форма отдельности — матрацевидная. Пользуется наибольшим распространением среди других пород магматического происхождения¹³.

Липарит (риолит). Название получил от Липарских островов (близ о. Сицилии). Кайнотипный аналог гранита. Характеризуется порфировой структурой: на фоне скрытокристаллической или стекловатой основной массы выделяются мелкие вкрапленники, представленные, главным образом, полевыми шпатами. Кварц встречается реже и в некоторых случаях почти незаметен. Темные минералы играют второстепенную роль. Чаще всего встречаются черные блестящие листочки слюды, реже — удлиненные или игольчатые кристаллы черной или бурой роговой обманки.

Липариты — свежие, легкие, светлые горные породы (светло-серые, желтоватые, красноватые, нередко белые) с неровным шероховатым изломом. Липарит внешне сходен с кварцевым порфиром. Отличаются эти породы тем, что поверхность кристаллов полевых шпатов в липаритов большей частью блестящая, а в кварцевых порфирах — матовая. Наиболее типичные формы залегания липарита — потоки и лакколлиты.

Кварцевый порфир является палеотипным излившимся аналогом гранита. Название указывает на содержание кварца и порфиговую структуру. Минералогический состав у кварцевого порфира такой же, как у гранита и липарита. Это плотная порода с крупными вкраплениями зерен кварца (сероватых и черных) и кристаллов полевых шпатов (обычно матовых). Темные составные части сильно изменены. Окрашен в желтые, бурые, красные, зеленоватые, фиолетовые, сероватые, серы и темно-серые тона. Часто окраска кварцевых порфиров пятнистая. По сравнению с липаритами они более плотны и

¹³ Темный зеленовато-серый крупнозернистый порфировидный биотитовый или роговообманково-биотитовый гранит с особой центрической структурой, при которой порфиновые выделения в виде больших округлых кристаллов полевого шпата (обычно ортоклаза) окаймлены зеленоватым плагиоклазом, называется гранитом *рапакиви*.

обладают матовым изломом. Кварцевый порфир — одна из довольно распространенных излившихся горных пород и встречается во многих местах в виде потоков и крупных покровов.

Жильные породы

Аплит — мелко- и тонкозернистая, нередко сахаровидная порода. Состоит почти исключительно из светлоокрашенных минералов: полевых шпатов (ортоклаза и микроклина) и кварца. Цветные минералы почти полностью отсутствуют. Окраска аплитов светлая (определяется цветом полевых шпатов): белая, желтоватая, розоватая до мясо-красной. Из второстепенных минералов в аплитах встречаются отдельные листочки мусковита, мелкие призмочки турмалина и кристаллики граната. Аплиты залегают в виде жил.

Пегматит — крупнозернистая горная порода, выделяющаяся из остаточной магмы в последние моменты ее застывания в условиях насыщения этой магмы перегретыми парами и газами, среди которых особенно важное значение имеют газы-минерализаторы: пары перегретой воды, HCl, HF, H₂S, соединения В, Р и др. порода состоит из кварца и ортоклаза. Встречаются крупные кристаллы биотита (реже мусковита), турмалина, берилла, топаза и других минералов, содержащих редкие элементы, как-то: литий, рубидий, цезий, ниобий, тантал и др.

В пегматитах, связанных с гранитной магмой, нередко наблюдается так называемая графическая или пегматитовая структура, когда кристаллы полевых шпатов закономерно прорастают многочисленными, одинаково ориентированными столбчатыми кристаллами кварца, обычно дымчато-серого цвета. В поперечных разрезах, в особенности в полированных образцах, поверхность такого пегматита напоминает рукопись с —древнееврейскими буквами или восточными (ассирийскими) клинообразными письменами. Такой пегматит называется *письменным гранитом*. Окраска пегматитов светлая: белая, розовая, сероватая, красноватая, зеленоватая. Залегают они в виде жил, линз и гнезд, часто с пустотами внутри, выполненными крупными, хорошо образованными кристаллами минералов из числа указанных выше.

Различают пегматиты, связанные с кислыми, средними и основными породами. Особенно часто встречаются пегматиты, связанные с гранитной магмой. *Они имеют и наибольшее практическое значение, так как с ними связаны месторождения ценных полезных ископаемых: топаза, берилла, турмалина, слюды, горного хрусталя, чистых разновидностей полевых шпатов и других минералов. Пегматиты щелочных пород*

часто содержат редкоземельные элементы, уран, торий и др. Пегматиты основных пород часто обогащены сульфидами.

Вулканические породы постоянного химического состава

Обсидиан (вулканическое стекло) — компактная, эффузивная, однородная порода со стекловатым строением и хорошо выраженным раковистым изломом. Цвет различный: светло-серый, серый, бурый, черный, нередко порода полосатая. Чаще встречаются кислые обсидианы, аналоги липаритов, но имеются также аналоги трахитов, андезитов, базальтов и других излившихся пород. Образуется при очень быстром застывании излившейся на поверхность лавы.

Залегает обсидиан в виде потоков и покровов.

Пемза — легкая, сильно пористая, шершавая на ощупь порода белого, серого, желтого, иногда черного цвета. Состоит из вулканического стекла. По внешнему виду представляет пенистую или длиноволокнистую (волосоподобную) массу. Образуется при быстром затвердевании бурно вскипающей (богатой газами и парами) лавы. Порода очень легкая: объемный вес часто меньше единицы, так что она может плавать на воде. По минералогическому составу пемзы могут быть аналогами липаритов, трахитов, андезитов, базальтов.

Вулканические туфы — породы неоднородного состава: на фоне пористой массы разбросаны обломки пород различной величины, формы и цвета. Этим туфы отличаются от пемзы. Порода легкая. Окраска различная: от белой до черной. Образуется при цементации вулканического пепла (пепловый туф), вулканического песка (зернистый туф) и лапиллей (лапиллиевый туф). Часто заметна слоистость. В зависимости от состава исходного материала вулканические туфы бывают базальтовыми, диабазовыми и др.

Вулканические брекчии — вулканические туфы, обогащенные крупными обломками извержения и вулканическими бомбами. По внешнему виду сходны с осадочными породами — брекчиями, но отличаются от них вулканогенным цементом. Цемент может быть туфовым и лавовым.

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочные горные породы образуются на поверхности Земли или в самых верхних слоях литосферы в результате разнообразных геологических процессов: 1) накопления или осаждения обломочного материала, полученного при разрушении любых ранее созданных горных пород; 2) химического осаждения из растворов и химических реакций, происходящих в земной коре; 3) в результате жизнедеятельности организмов.

В соответствии с указанными процессами осадочные породы по происхождению делятся на три группы: *обломочные, химические и органогенные.*

В природных условиях встречаются, кроме того, породы *смешанного* происхождения: органогенно-химического, обломочно-химического и др.

В зависимости от условий образования каждая группа осадочных пород обладает своими специфическими чертами. Однако всем свойственен ряд признаков, которые отличают их от магматических и метаморфических пород.

Одним из таких признаков является *слоистость*, наблюдаемая у большинства осадочных пород. При этом характер слоистости часто указывает на условия осадконакопления. Так, например, *горизонтальная слоистость* свидетельствует о накоплении осадков в спокойной воде озер или на значительной глубине в морях и океанах, куда не достигают волновые движения воды, в то время как *косая* (перекрестная, волнистая и т. д.) *слоистость* указывает на образование осадков в подвижной воздушной или водной среде.

Второй особенностью осадочных пород является то, что многие из них содержат, а некоторые целиком *состоят из окаменелых ископаемых остатков* животных и растений.

Третьей особенностью осадочных горных пород является их *минералогический состав*.

И, наконец, четвертой — формы залегания. Осадочные породы залегают в виде *пластов*, имеющих обычно одинаковую (небольшую) мощность и занимающих большие площади. Пласт ограничен двумя более или менее параллельными поверхностями напластования, верхняя из которых называется *кровлей*, а нижняя — *подошвой* пласта. В случае выклинивания пласта в двух противоположных направлениях и на коротком расстоянии пласт превращается в *линзообразную залежь*, имеющую форму двояковыпуклой или плосковыпуклой линзы. Осадочные породы могут залегать также в виде карманов, мешков или клиньев.

Довольно часто форма залегания осадочных пород определяется аккумулятивной формой рельефа, образованной тем или иным экзогенным фактором. Так, например, характерную форму залегания приобретают массы обломочного материала, образованные в результате осыпей, обвалов, работы ледника, работы моря, работы ветра, атмосферных вод.

Характеризуя осадочные породы, следует отметить, что в природе существует тесная и многосторонняя *связь осадка со средой осадкообразования: изучая осадок, его состав, строение, условия залегания и заключенные в нем окаменелости, можно восстановить условия его образования.* Это имеет громадное значение для геологии (особенно исторической геологии), позволяя восстанавливать условия накопления осадка в прошлом, а следовательно, воссоздавать палеогеографию Земли в различные

геологические эпохи. Помимо большого теоретического, это имеет важное практическое применение для прогнозирования мест сосредоточения тех или иных полезных ископаемых и правильного направления их поисков и разведки.

Обломочные породы

В основу классификации осадочных обломочных пород положены форма и размер обломков. Среди них выделяют:

- 1) *грубообломочные (псерофитовые)*, сложенные более, чем на 50% из обломков крупнее 2 мм;
- 2) *песчаные (псаммитовые)*, состоящие из зерен размером от 2 мм до 0,1 мм;
- 3) *пылеватые (алевритовые)*, сложенные преимущественно частицами от 0,1 до 0,01 мм;
- 4) *глинистые (пелитовые)*, в большей своей части сложенные частицами менее 0,01 мм.

Учитывается также характер связи между обломками, т. е. является ли порода рыхлой или сцементированной.

Химический и минералогический состав при классификации осадочных обломочных пород во внимание не принимается.

Общая классификация осадочных обломочных пород приведена в таблице 2. Как видно из таблицы, неокатанные рыхлые осадочные обломочные породы, в зависимости от размера обломков, называются глыбами, щебнем или дресвой; породы, состоящие из окатанных обломков тех же размеров, соответственно называются валунами, галькой, гравием.

Таблица 2

Осадочные обломочные породы

Величина обломков, слагающих породу, мм	Группа пород	Наименование пород			
		Неокатанные		Окатанные	
		рыхлые	сцементированные	рыхлые	сцементированные
>200	грубообломочные (псерофитовые)	глыбы	брекчия	валуны	конгломерат
10-200		щебень		галька	
2-10		дресва		гравий	
2-0,1	Песчаные (псаммитовые)	песок	песчаник	песок	песчаник
0,1-0,01	Пылеватые	алеврит	алевролит	алеврит	алевролит

	(алевритовые)				
<0,01	Глинистые (пелитовые)	глина	аргиллит	глина	аргиллит

Осадочная порода, состоящая из сцементированных неокатанных обломков (независимо от размера обломков), называется брекчией. Порода, состоящая из сцементированных окатанных обломков разных размеров, называется конгломератом. Цементирующим веществом в названных породах является кальцит, оксиды железа, кремнезем и др.

Осадочные породы, представленные *неокатанными обломками*, обычно являются остаточными (несмещенными) продуктами физического выветривания или образуются за счет скопления обломков в непосредственной близости от места их первоначального коренного залегания в результате *обвалов, оползней, выноса селевых (грязе-каменных) потоков* и т. п.

Осадочные породы, состоящие из *окатанных обломков* (валуны, галька, гравий), образуются за счет окатывания глыб, щебня и дресвы в *реках или прибрежной зоне морей и озер*. При длительном воздействии подвижной водной среды происходит не только окатывание, но и истирание обломков. Поэтому с течением времени валуны превращаются в гальку, галька — в гравий, гравий — в песок и т. д.

Песчаные породы (псаммиты) характеризуются крупностью частиц (обломков) от 0,1 до 2,0 мм и по этому признаку делятся на грубозернистые (1,0-2,0 мм), крупнозернистые (0,5-1,0 мм), среднезернистые (0,25-0,5 мм) и мелкозернистые (0,1-0,25 мм). Эти породы отличаются от крупнообломочных, помимо крупности зерен, также и тем, что составляющие их обломки первичных пород, как правило, *раздроблены до состояния минеральных зерен*.

Песчаные породы характеризуются неоднородностью и по минералогическому составу. В природных условиях встречаются *однородные (мономинеральные)* кварцевые пески, содержащие не менее, чем на 95% зерен кварца. Часто же пески слагаются зернами различных минералов. М. С. Швецовым, помимо однородных, выделяются *олигомиктовые*¹⁴ пески, в которых преобладает кварц (75-95%), но наблюдается значительная примесь одного или двух других минералов (полевые шпаты, слюды), и *полимиктовые*, состоящие из зерен различных минералов (кварца, полевых шпатов и цветных минералов). В случае преобладания в песках зерен кварца и полевых шпатов их называют *аркозовыми*.

¹⁴ От греч. "олигос" — немногий, "миктос" — смешанный.

При значительном содержании глауконита (20-40%) выделяют *глауконитовые* пески; оксидов железа — *железистые* пески и т. д. Различные примеси придают пескам соответствующую окраску: глауконит — зеленую, оксиды железа — бурую, органические вещества — черную и т. д.

Песчаники представляют собой породу, образующуюся в результате цементации песков различными цементирующими веществами. В зависимости от состава цемента различают песчаники *кварцевые, известковые, кремнистые, железистые* и т. д. Так же, как и пески, песчаники различаются по крупности зерен, минералогическому составу и окраске.

Алевритовые породы. К ним относятся алевриты, сложенные преимущественно мелкими частицами размером от 0,1 до 0,01 мм. Они занимают как бы промежуточное положение между песками и глинами. При небольшой примеси глинистых частиц (размером менее 0,005 мм) они близки по свойствам и внешнему виду к пескам. При значительном содержании глинистых частиц алевриты по свойствам приближаются к глинам.

К типичным алевритовым породам относятся *лессы* и лессовидные суглинки.

Лёсс представляет собой светло-желтую или палево-желтую мягкую (легко растирающуюся между пальцами), легкую однородную, макропористую породу, в составе которой преобладают частицы пыли от 0,05 до 0,01 мм (более 50%) и в значительном количестве содержатся более мелкие частицы (от 0,01 до 0,005 мм).

Для лёсса характерны: отсутствие слоистости, вертикальная отдельность (столбчатость), значительное количество карбонатных соединений (вскипает при действии 10%-ной соляной кислоты), наличие системы коротких вертикальных канальцев, являющихся следами корней растений.

Помимо лёссов, в целом ряде районов широко развиты так называемые *лессовидные суглинки*, имеющие сходство с типичными лёссами: они пористы, имеют вертикальные канальцы, карбонатны и т. д., но, в отличие от лёссов, имеют менее однородный состав.

Существует несколько гипотез образования лёсса: эоловая, аллювиальная, делювиальная, пролювиальная, почвенная, но ни одна из них не объясняет всех особенностей лёсса. Вероятнее всего, наблюдающиеся разновидности лёсса и лессовидных пород образовались различным путем.

Цементированные алевритовые породы называются *алевролитами*.

Глинистые (пелитовые) породы пользуются наибольшим распространением среди осадочных пород и по своему происхождению занимают промежуточное положение между чисто химическими и обломочными. Они состоят из частиц меньше 0,01 мм и

содержат обычно свыше 30% тончайших частиц, размером менее 0,001 мм. В большинстве случаев глинистые минералы, образующиеся при химическом выветривании: каолинит, гидрослюды и др., а также обломочные частицы, состоящие из зерен кварца, полевых шпатов, слюд, других минералов. Кроме того, в состав глин входят гидроксиды железа, карбонаты, сульфаты и другие соединения. Часто в глинах присутствует органическое вещество.

Различный минералогический состав и размер глинистых частиц находят отражение в разнообразии их окраски и свойств. Различают глины чистые, битуминозные¹⁵ и др., имеющие различное применение.

Однако, независимо от состава, глины обладают целым рядом общих признаков, а именно: пластичностью, способностью при смачивании поглощать воду и разбухать, связностью, слабой водопроницаемостью, огнеупорностью. При увлажнении (если подышать на них) издают землистый запах (запах "печки"). В сухом состоянии глины имеют землистый характер, обычно легко растираются между пальцами в тончайший порошок; реже они крепкие. После обжига глины дают каменистую массу.

Глинистые породы, превращенные в процессе диагенеза¹⁶ в плотные, сцементированные, иногда очень твердые породы, называют *аргиллитами*. Последние утрачивают такие свойства глин, как пластичность и влагоемкость.

К обломочным породам следует отнести такие переходные породы, как *супеси* и *суглинки*, состоящие из смеси песчаных, алевритовых и глинистых частиц. На долю последних в супесях приходится 3-10%. И они по своим физическим свойствам ближе к пескам, в суглинках — 10-30%, что обуславливает сходство их свойств с глинами. *При полевом определении* механического свойства мелко- и тонкообломочных пород их увлажняют (если они сухие) *до состояния густого теста и скатывают шнур* толщиной 2-2,5 мм. Породу относят к глинистой, если шнур сгибается в кольцо (вокруг пальца) без разрыва сплошности, и к суглинистой, если шнур при сгибании растрескивается или разламывается. Из супесчаных пород удастся скатать шероховатый с поверхности шарик, шнура же не получается. Наконец, в песчаных породах никакой пластичности нет — шарика, а тем более шнура скатать не удастся.

При описании осадочных обломочных пород указывают не только размер, форму и степень цементации обломков, но также состав обломков и цемента, текстурные признаки, условия и форму залегания, включения, наличие органических остатков и т. д. Все эти признаки могут оказаться полезными при определении генезиса пород.

¹⁵ Битуминозные породы — породы, содержащие битумы: твердые, жидкие и газообразные углеводородные вещества и их смеси, не содержащие кислородных соединений.

Породы химического происхождения

Осадочные породы химического происхождения образуются в результате: 1) выпадения солей из насыщенных растворов; 2) коагуляции коллоидных растворов; 3) химических реакций, происходящих в верхней части земной коры.

Характерной особенностью хемогенных пород является постоянство химического и минералогического состава. Многие из них являются породами *мономинеральными*.

Различный минералогический состав и наличие примесей обуславливают разнообразие цвета химических пород. Чаще всего, однако, они имеют светлую окраску.

В зависимости от минералогического состава и условий образования находится структура этих пород: они могут быть зернисто-кристаллическими, плотными, землистыми, пористыми или оолитовыми.

Осадочные породы химического происхождения подразделяются на следующие группы: *карбонатные, кремнистые, железистые, марганцевые, алюминиевые, фосфатные, галоидные и сернокислые*.

Карбонатные породы

К группе карбонатных пород относятся известняки, известковые туфы (травертины), доломиты.

Известняки химического происхождения очень разнообразны по структуре, текстуре и окраске. Они могут быть зернистыми (кристаллическими), с различной крупностью зерен, плотными (без видимой кристаллической структуры), землистыми и оолитовыми. Окраска известняков зависит от механических и химических примесей. Наиболее типичная окраска — белая, но в зависимости от примесей они могут быть желтыми, бурыми (от оксидов железа), серыми, темно-серыми, черными (от примесей органического вещества), зелеными (от примесей глауконита) и т. д.

Известняки химического происхождения часто характеризуются хорошо выраженной слоистостью. Состоят из кальцита (CaCO_3). Бурно вскипают при действии 10%-ной соляной кислоты.

Образуются в результате выпадения из водных растворов в прибрежной полосе морей. Пресноводные известняки встречаются редко. Накоплению чистых хемогенных известняков благоприятствуют: небольшое количество приносимого с суши обломочного материала, слабое развитие органической жизни и теплый климат (в холодной воде растворимость карбоната кальция сильно возрастает).

Известковые туфы (травертины) также состоят из одного минерала — кальцита. Это сплошные породы пористого (ноздреватого, кавернозного) строения, белого, желтого,

¹⁶ Диагенез — процесс превращения осадка в горную породу.

бурого или серого цвета, часто заключающие в себе раковины наземных организмов, отпечатки листьев и веток растений. Бурно вскипают при действии 10%-ной соляной кислоты.

Образуется на склонах речных долин, балок и оврагов в местах выхода подземных вод, богатых углекислым кальцием.

По своему происхождению близки к хемогенным травертинам известковые натечные образования: корки, пленки, сталактиты, сталагмиты и др., образующиеся путем выпадения из растворов, циркулирующих через горные породы.

Доломиты представляют собой породы, состоящие преимущественно из минерала доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Макроскопически доломиты сходны с известняками. Но в отличие от последних, при действии холодной 10%-ной соляной кислоты доломиты вскипают лишь в порошок. С горячей соляной кислотой доломит вскипает и в куске. По структуре и текстуре доломиты весьма разнообразны. Среди них встречаются массивные (зернистые и плотные), рыхлые (мучнистые), ячеистые и др. Характерна шероховатая или мучнистая поверхность излома. В зависимости от механических и химических примесей доломиты имеют белый, желтый, бурый или серый цвет.

Образуются доломиты различным путем. Громадное большинство их образовалось из известкового ила на дне морей при постепенном обогащении породы углекислым магнием, который замещал кальций. Некоторая часть доломитов образовалась путем выпадения из водных растворов в замкнутых или полузамкнутых водных бассейнах, характеризующихся повышенной соленостью. В этом случае доломиты часто чередуются с пластами гипса.

Кремнистые породы

К группе кремнистых пород относится **кремневый туф** — белая, светлоокрашенная (желтоватая, буроватая) или пестроокрашенная твердая порода, состоящая из опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Образуется в результате выпадения аморфного кремнезема из гейзеров — *гейзерит* — и других горячих источников. Встречается в виде корок, натеков, гроздевидных или почковидных образований и других форм. По внешнему виду напоминает известковый туф, но, в отличие от него, не реагирует с соляной кислотой и имеет значительно бóльшую твердость (оставляет царапину на стекле).

К кремнистым породам можно также отнести **кремневые конкреции** (стяжения), которые широко распространены среди осадочных горных пород. Они образуются различными способами. Одни из них возникают путем выпадения опалово-халцедонового вещества из циркулирующих растворов и заполнения этим веществом пустот, имеющих в породах. Другие образуются в процессе диагенеза, путем отложения

опалово-халцедонового вещества вокруг какого-либо центра (затравки) в результате действия кристаллизационных сил. кремневые конкреции встречаются во многих горных породах, но особенно часто в толщах известняков.

Яшмы — плотные породы преимущественно химического происхождения, возникающие в результате осаждения кремния в морях. Состоят из халцедона и разнообразных примесей, обуславливающих яркую полосчатую или пятнистую окраску породы (поделочный камень).

Сернокислые и галоидные породы

Эти породы, несмотря на разнообразие их химического состава, очень близки по условиям образования: основная масса их образуется путем осаждения из насыщенных водных растворов в закрытых водоемах в условиях жаркого и сухого климата.

К этой группе относятся такие мономинеральные породы, как *ангидрит* (состоит из минерала ангидрита — CaSO_4), *гипс* (состоит из минерала гипса — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), *каменная соль* (состоит из минерала галита — NaCl) и др.

Как минералы они были рассмотрены выше, в разделе "Описание минералов". К сказанному ранее здесь следует добавить, что гипсовые отложения могут быть первичными и вторичными. Первичное образование этих пород происходит в лагунах и озерах путем выпадения из водных растворов. Вторичные накопления гипса возникают в процессе последующего преобразования (гидратации) ангидрита. Предполагают, что большинство крупных месторождений гипса возникло именно таким путем.

Пласты каменной соли обычно ассоциируют со слоями гипса и ангидрита. Кроме того, залежи каменной соли являются обязательным членом калийно-магнезиальных соленосных толщ.

Железисто-марганцевые породы

В группу этих пород входят различные руды железа и марганца. Среди железистых пород различают: породы, образованные оксидами и гидратами оксидов железа с примесью глинистого материала, называемые **бурыми известняками**; породы, образованные карбонатами железа, называемые **сидеритами**; нередко встречаются богатые железом силикаты типа хлоритов.

Из осадочных железных руд наибольшее распространение и практическое применение имеют оолитовые бурые железняки, состоящие из мелких (диаметром от 0,2 до 15-20 мм) концентрически-скорлуповатых или радиально-лучистых образований — оолитов, образованных главным образом лимонитом (химический состав $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ или $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Сидериты встречаются в виде конкреций, линз и пластов небольшой мощности.

Железородные породы обычно окрашены в желто-бурые, бурые, серовато- и зеленовато-бурые цвета, в зависимости от цвета слагающих их железистых минералов.

Важные в практическом отношении марганцевородные осадочные породы обычно окрашены или в черный цвет, если они сложены *пиролюзитом* (химический состав MnO_2) и другими кислородными соединениями марганца, или имеют розовато-серую окраску, если главными минералами являются карбонатные соединения марганца. Как и железистые соединения, марганцевородные породы нередко имеют оолитовое строение.

Осадочные железисто-марганцевородные породы возникают путем выпадения из водных растворов как в пресных водоемах (озерах, болотах), так и в прибрежной полосе морей в результате коагуляции коллоидов, содержащих железо и марганец. Кроме того, названные породы образуются в результате химического выветривания (окисления) железо- и марганецсодержащих минералов. Нередко в их образовании принимают участие бактерии.

Макроскопические диагностические признаки железо-марганцевых пород те же, что и для соответствующих минералов.

Алюминиевые породы

К этой группе относится боксит, состоящий в основном из гидратов оксида алюминия с примесью оксидов и гидроксидов железа, а также каолинита, опала, оксидов марганца и других соединений. Цвет бокситов белый, серый, охряно-желтый, буровато-красный, кирпично-красный. Бокситы залегают пластами среди осадочных горных пород в виде землистых или оолитовых масс. Нередко бокситы сцементированы: имеются все переходы от твердых, каменистых, до мягких, растирающихся между пальцами марких масс.

Образуются бокситы путем: 1) при химическом выветривании пород, богатых алюмосиликатами, в условиях жаркого влажного и переменного-влажного климата; 2) путем выпадения из водных растворов в прибрежной полосе морей, озер.

Бокситы отличаются от сходных с ними глин тем, что не дают с водой пластичную массу. От землистого бурого железняка бокситы отличаются окраской, цветом черты и меньшим удельным весом.

Фосфатные породы

Фосфориты — осадочные породы, содержащие от 12 до 40% P_2O_5 . Обычно фосфориты представляют собой пески, глины, карбонатные и другие породы, сцементированные фосфорнокислой известью — $Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$. По форме залегания различают фосфориты: конкреционные или желваковые, когда они представлены желваками шаровидной или неправильной формы с шероховатой или гладкой

поверхностью; пластовые, когда желваки сцементированы в плиты мощностью до нескольких десятков сантиметров.

Наибольшим распространением пользуются желваковые фосфориты. Они залегают обычно в виде включений в песчано-глинистых или карбонатных породах. Окраска фосфоритов разнообразна: серая, буроватая, черная, но встречаются и более редкие разновидности белого, желтоватого или зеленоватого цвета.

Образуются фосфориты в мелководной (шельфовой) зоне моря в результате выпадения из раствора фосфорнокислой извести. Значительная роль в образовании фосфоритов принадлежит организмам.

Породы органогенного происхождения

Осадочные органогенные породы образуются в результате жизнедеятельности организмов, вследствие накопления органических остатков после отмирания животных и растений. Среди них выделяются: 1) карбонатные породы; 2) кремнистые породы; 3) каустобиолиты.

Карбонатные породы

Известняки. Органогенные известняки образуются из скоплений раковин моллюсков, брахиопод, построек коралловых полипов, обломков скелетов морских ежей и лилий, простейших (фораминифер) и других мелких морских животных и растений, обычно сильно измененных процессами диагенеза и превращенных в плотную, иногда мелкозернистую породу, состоящую главным образом из углекислого кальция (CaCO_3) с небольшими примесями кремнезема, глинозема и углекислого магния.

В зависимости от преобладания остатков тех или иных организмов различают: раковинный известняк (ракушечник), состоящий преимущественно из раковин моллюсков, брахиоподовый известняк, коралловый известняк, фузулиновый известняк и т. д.

Известняки, состоящие из сильно битой ракуши, называют детритусовыми.

Образованию органогенных известняков благоприятствует небольшое количество приносимого с суши обломочного материала, массовое развитие организмов, имеющих известковые скелеты, и теплый климат.

Известняки органогенного происхождения различаются по цвету, строению, и макроскопически их не всегда легко отличить от хемогенных. Как и последние, они бурно вскипают под действием 10%-ной соляной кислоты.

Песчий мел представляет собой породу, значительную часть которой (60-70%) составляют остатки планктонных ¹⁷ животных (фораминиферы) и растительных (кокколитофоры) организмов. Остальная часть породы (30-40%) — тонкозернистый, порошкообразный кальцит — возникла, по-видимому, химическим путем.

Макроскопически мел — землистая, мягкая (легко растирающаяся между пальцами) порода, обычно белая, реже сероватая, желтоватая или зеленоватая. От сходных с ним пород (белой глины, диатомита и трепела) отличается тем, что бурно вскипает под действием соляной кислоты. Кроме этого, в отличие от белой каолиновой глины (жирной на ощупь), мел сухой или, как принято говорить, "тощий" на ощупь; по сравнению с трепелом и диатомитом обладает бóльшим удельным весом.

Условия образования белого мела долгое время вызывали оживленные споры. Одни геологи считали его глубоководным осадком — аналогом современного глубинного глобигеринового ила, другие — отложениями шельфа и верхней части континентального склона. В настоящее время большинством исследователей принимается последняя точка зрения, и мел относят к псевдоабиссальным отложениям. Это подтверждается нахождением в мелу довольно многочисленных крупных, толстостенных раковин моллюсков (иноцерамов, устриц и др.).

Кремнистые породы

Диатомит — рыхлая, землистая или слабосцементированная легкая порода, преимущественно белого, желтоватого или светло-серого цвета, состоящая из скопления скелетных остатков, сложенных опалом ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и принадлежащих микроскопическим диатомовым водорослям. Порода содержит примеси глинистых частиц, зерен кварца, глауконита.

Образуется в морях, озерах. Современные диатомовые илы тяготеют к областям с умеренным климатом.

Трепел по своим свойствам аналогичен диатомиту, но отличается от него почти полным отсутствием органических остатков. Порода слагается преимущественно из мельчайших опаловых зернышек с примесью глинистого вещества, зерен глауконита, кварца и полевых шпатов. Трепел может быть рыхлым, компактным, плотным и пористым. Цвет от белого, сероватого, бурого до красного и черного.

Генезис трепела не вполне выяснен. Возможно, он представляет собой измененный диатомит. Не исключена возможность, что трепел образуется биохимическим путем.

¹⁷ Планктон — организмы, передвигаемые в воде волнами и течениями и не обладающие способностью активного движения.

Каустобиолиты¹⁸

К группе каустобиолитов относятся горные породы, имеющие очень большое значение как ценнейшие горючие ископаемые.

Торф представляет собой слабо уплотненную пористую массу желто-бурого, бурого или черно-бурого цвета, состоящую из полуразложившихся растительных остатков, накапливавшихся в течение длительного периода в специфических условиях болот и озер (в стоячей воде). Разложение происходило в анаэробных условиях при участии различных микроорганизмов. Органическое вещество торфа содержит углерод (от 28 до 35%), кислород (30-38%), водород (5-5,5%). В зависимости от состава растений различают торф: сфагновый, гипновый, осоковый, тростниковый и др.

Ископаемые угли. Это естественные ископаемые горючие, образовавшиеся из остатков растений и отчасти животных организмов минувших геологических эпох. Различают угли гумусовые (бурые угли, каменные угли, антрациты) и –сапропелевые (богхеды и кеннельские угли). Гумусовые угли образовались в результате разложения высших растений, в которых исходным материалом является клетчатка. Сапропелевые угли возникли в результате разложения низших растений, главным образом водорослей, и животных микроорганизмов.

Качество ископаемых углей зависит не только от характера исходного материала, но и от условий, в которых происходит разложение органического вещества. Так, например, в зависимости от различия температуры и давления с течением времени из одного и того же материала — торфа — может образоваться бурый уголь, каменный уголь или антрацит.

Бурый уголь — плотная, реже рыхлая, легкая (уд. вес 1,2-1,3) порода коричневого, бурого или черного цвета, пачкающая руки, дающая светло-бурую, бурую или буро-черную черту, с землистым или нечетко выраженным раковистым изломом. Присутствует примесь глинистого материала, обуславливающая высокую зольность бурого угля. Содержание углерода находится в пределах 60-70%.

Каменный уголь — твердая плотная порода черного цвета с жирным (смолистым), металловидным (блестящие угли) или матовым блеском, пачкающая руки, дающая матовую черную черту. Содержание углерода находится в пределах 80-90%. Уд. вес 1,0-1,8. Твердость 2-3.

Антрацит — ископаемый уголь наиболее высокой степени метаморфизма. Цвет черный. Блеск сильный, металловидный. Излом неровный, реже полураковистый. Дает черную черту. Рук не пачкает. Твердость около 3. Уд. вес 1,4-1,8. Содержание углерода от 92 до 97%.

¹⁸ От греч. "каустос" — горючий, "биос" — жизнь, "литос" — камень.

Бурые и каменные угли озерно-болотного происхождения называются *лимническими*. Угли, образовавшиеся из торфяников в прибрежной полосе морей, называются *паралическими*.

Лимнические и паралические угли являются первичными (автохтонными), если они возникли на месте произрастания растительности, послужившей материалом для их образования. Пример: автохтонные лимнические угли Подмосковья, паралические угли Донбасса. Кроме первичных углей, известны вторичные (аллохтонные), образовавшиеся из скопления растительного материала, снесенного текучими водами. Подобные накопления материала возникали и возникают в дельтах крупных рек. Месторождения аллохтонных углей, как правило, имеют сравнительно небольшие размеры.

Сапропелевые угли (сапропелиты). К ним относятся сравнительно редко встречаемые типы углей (богхеды и кеннели). Они залегают в виде прослоев среди обычных гумусовых пород, иногда образуют и обособленные залежи. Сапропелиты — плотные породы с матовым или слегка жирным блеском, серо- или буро-черного цвета, с полураковистым изломом.

Горючие (битуминозные) сланцы — глинистые, песчанистые или известковистые породы сланцеватого строения, обогащенные органическим веществом. Характеризуются светло-серой, серовато-коричневой, бурой и темно-бурой (до черной) окраской. В сухом виде легко загораются от спички и горят коптящим пламенем, издавая характерный битуминозный запах. От глинистых сланцев отличаются меньшим удельным весом и горючестью.

Образуются на дне морей и озер из сапропелевого (гнилостного) ила, т. е. ила, обогащенного углеводородами, сероводородом и неразложившимися остатками растительных и животных организмов, главным образом планктона. В дальнейшем под действием давления горючие сланцы приобрели сланцеватое строение.

Нефть — природная горючая, маслянистая жидкость черного, реже буро-красного до светло-оранжевого цвета, обладающая специфическим запахом. Удельный вес нефти 0,7-1,0. На воде образует переливающиеся (иризирующие) пленки, которые при ударе палочкой расходятся кругами.

Относительно происхождения нефти существует множество различных гипотез. Одни из них развивают теорию неорганического происхождения нефти, другие — органического. Согласно последней, наиболее общепринятой точки зрения, в развитии которой выдающаяся роль принадлежит академику И. М. Губкину, нефть образовалась в различные геологические эпохи на дне морей, озер и лагун из гнилостного ила (сапропеля) путем сложных превращений, происходящих при повышенных значениях

давления и температуры и, по-видимому, при участии различных анаэробных бактерий. Однако надо согласиться и с теми исследователями, которые считают, что отдельные месторождения нефти могли образоваться и иным путем.

Породы смешанного происхождения

К осадочным горным породам смешанного происхождения относятся породы, которые сложены частично из обломочного материала и частично из органогенного или из обломочного материала и материала химического происхождения и т. д. К числу таких пород относятся мергель, опока и такие породы, на смешанное происхождение которых указывает их название: глинистые известняки, глины известковистые, песчаные известняки, известковистые песчаники.

Мергель — плотная или землистая порода различного цвета: белая, серая, желтоватая, бурая, красноватая, зеленоватая, черная или пестрая. Состоит на 40-60% из углекислого кальция органического или химического происхождения и на 40-60% из глинистых частиц, в составе которых имеются частицы как обломочного, так и химического происхождения. Бурно вскипает при действии соляной кислоты (отличие от глины), оставляя грязную пену за счет не прореагировавших глинистых частиц (отличие от мела и известняка).

Образуется в морях и озерах при одновременном отложении глинистого и карбонатного материала. Районы образования мергелей по сравнению с чисто карбонатными породами обычно располагаются ближе к областям поступления обломочного материала.

Опока — кремнистая легкая горная порода, состоящая из опалового кремнезема (до 90%) с небольшой примесью остатков скелетов радиолярий, спикул губок и панцирей диатомей, с зернами кварца, глауконита и глинистых частиц. Чаще всего опоки бывают твердыми.

Излом — раковистый. Цвет — светло-желтый, палевый, голубовато-серый до черного. Реже опоки бывают мягкими и в этом случае по внешнему виду напоминают диатомиты или трепелы. От мергелей отличаются большей твердостью, меньшим удельным весом и тем, что не вскипают при действии соляной кислоты. Имеется предположение, что опоки представляют собой измененные диатомиты и трепелы. Некоторые исследователи склонны принимать их за морские химические образования.

К смешанным породам могут быть отнесены и описанные выше глинистые породы, имеющие обломочно-химическое происхождение.

В заключение следует отметить, что, независимо от химического и минералогического состава осадочных пород, формы и размера слагающих их частиц,

структурных и текстурных признаков, они носят различные названия в зависимости от экзогенного фактора, участвовавшего в их образовании.

Различают породы: 1) морские; 2) озерные (лимнические); 3) аллювиальные (речные); 4) пролювиальные, слагающие конусы выноса временных водотоков; 5) делювиальные, формирующиеся у подножия склонов в результате плоскостного смыва атмосферными водами, сползания под влиянием силы тяжести, морозного сдвига и текучести грунта (солифлюкции); 6) ледниковые, образующиеся в результате работы льда (типичным примером ледниковых отложений являются различные типы морен); 7) флювиогляциальные (водно-ледниковые), являющиеся результатом работы талых ледниковых вод; 8) эоловые — результат работы ветра; 9) элювиальные, представляющие собой остаточные (несмещенные) продукты физического и химического выветривания любых первичных горных пород; 10) коллювиальные — обломочный материал, накопившийся у подножия склонов в результате осыпания, обвалов и т. п.

Каждая из перечисленных групп пород характеризуется специфическими признаками строения, состава, формой залегания и т. п., играющими большую роль при палеогеографических реконструкциях и при поисках полезных ископаемых.

МЕТАМОФРИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Метаморфические горные породы образуются в земной коре из магматических и осадочных пород путем их глубокого изменения и преобразования под влиянием высокой температуры, давления, горячих водных растворов и газовых компонентов. При этом происходит сложный процесс перекристаллизации минеральных масс, замещение одних веществ другими, разрушение старых структур и текстур и образование новых и т. д. Сами метаморфические породы также могут быть вновь перекристаллизованы, если они попадают в соответствующие термодинамические условия.

Следует отметить, что процессы метаморфизма происходят без изменения агрегатного состояния метаморфизирующихся пород, т. е. без перехода твердых веществ в жидкую фазу.

В процессе метаморфизма некристаллические породы становятся кристаллическими, а кристаллические испытывают перекристаллизацию. Поэтому метаморфические породы имеют обычно *кристаллическую структуру* и в этом отношении в известной мере сходны с глубинными магматическими породами. Однако кристаллическая структура метаморфических пород отличается от кристаллической структуры магматических пород как по происхождению, так и по облику, что хорошо видно при изучении пород под микроскопом, а иногда и макроскопически. Часто в метаморфических породах удается

различить структуру, которую они имели до метаморфизма. Такие структуры называются реликтовыми (остаточными).

По *текстуре* метаморфические породы значительно отличаются от магматических. Для них характерны следующие виды текстур:

Сланцеватая — удлиненные кристаллы располагаются своими длинными сторонами взаимно параллельно. Породы со сланцеватой текстурой часто легко раскалываются на тонкие пластинки или плитки с ровными параллельными плоскостями, например, глинистый сланец, филлит и др.

Волокнистая — бóльшая часть породы сложена волокнистыми минералами.

Полосчатая или *ленточная* — в породе чередуются более или менее выдержанные полосы разной толщины и различного минералогического состава, например, гнейс.

Очковая — в породе присутствуют зерна овальной формы или агрегаты обычно светлоокрашенных минералов, резко выделяющиеся на темном фоне породы, например, очковый гнейс.

Плойчатая — порода смята в мелкие складочки, гофрирована.

Массивная, аналогичная полнокристаллической текстуре магматических пород, например, мрамор. Различают несколько видов метаморфизма.

Контактный метаморфизм происходит на контакте внедрившейся магмы с вмещающими ее породами. Здесь изменение горных пород происходит под влиянием давления, теплового воздействия высокотемпературного (выше 1000°) расплава магмы, газообразных компонентов магмы (пневматолитовый метаморфизм) и горячих растворов (гидротермальный метаморфизм). При этом происходит изменение структуры, текстуры, а часто химического и минералогического состава метаморфизующихся пород.

Динамометаморфизм или *дислокационный метаморфизм* обуславливается односторонним давлением (стрессом), которое испытывают породы под влиянием тектонических движений. При этом происходит изменение структуры, текстуры, иногда минералогического состава метаморфизующихся пород. Химический состав остается неизменным.

Региональный метаморфизм проявляется на огромных площадях в подвижных зонах земной коры (геосинклиналях) под влиянием высокой температуры, большого давления, а часто при участии химически активных веществ. Метаморфические породы испытывают, как правило, весьма глубокие изменения как в структуре, так и в составе.

ОПИСАНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Породы регионального метаморфизма

Глинистые сланцы — метаморфизованные глинистые породы, глинистые минералы которых под влиянием метаморфизма в значительной степени перешли в серицит¹⁹, биотит с другие слюды и хлориты. В глинистых сланцах присутствуют также мельчайшие зернышки кварца, иногда образующие скопления в виде плоских линзочек, встречаются углистые частицы, кристаллы пирита, железорудные и другие минералы. По внешнему виду глинистые сланцы — это тонкосланцеватые твердые породы, легко раскалывающиеся на ровные плитки с матовой поверхностью. От глин отличаются полной неразмокаемостью. Окраска их разнообразная: преобладают черные (аспидные) серые, зеленоватые тона.

Филлиты ("филлитэс" — листоватый) — тонкосланцеватый метаморфические породы с шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости. Цвет зеленый, серый, красный, черный, в зависимости от примесей. По внешнему виду сходны с глинистыми сланцами, но отличаются от них отсутствием глинистых минералов. Состоят филлиты из кварца, серицита, с примесью хлорита, биотита и альбита, а иногда зерен граната, турмалина и других минералов. Образуются при метаморфизации глинистых сланцев. По степени метаморфизма являются переходными породами от глинистых сланцев к слюдяным сланцам.

Слюдяные сланцы представляют собой различно окрашенные породы со сланцеватой или плейчатой текстурой. Характеризуются шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости. Состоят в основном из кварца и слюд. В зависимости от состава последних подразделяются на биотитовые, мусковитовые, биотито-мусковитовые и др. В слюдяных сланцах часто встречаются такие минералы, как гранат, графит (последний образуется, если в первичных глинах была примесь органического вещества). Образуются слюдяные сланцы при метаморфизме глинистых пород.

Тальковые сланцы — тонкосланцеватые метаморфические породы серовато-белого, серовато-зеленого, реже буроватого цвета, состоящие главным образом из чешуек талька с примесью кварца, хлорита и слюды. Присутствуют в разных количествах полевые шпаты, магнетит и другие минералы. Тальковые сланцы мягкие, жирные на ощупь. Образование их связано с изменением ультраосновных магматических и осадочных пород, содержащих магний.

Серпентиниты (змеевики) — плотные оливково-зеленые, темно-зеленые и буро-зеленые породы, часто неравномерно окрашенные (пятнистые), со светлыми блестящими поверхностями скола. Состоят из серпентина с примесью магнетита и

¹⁹ Серицит — тонкочешуйчатый мусковит с шелковистым блеском.

хромита. Чаще всего образуются за счет ультраосновных оливиновых пород (дунита и перидотита) на первых стадиях метаморфизма.

Хлоритовые сланцы в своей основной массе состоят из хлорита. В небольшом количестве в них присутствует кварц и примеси других минералов (тальк, слюда, магнетит и др.). Они отличаются чешуйчатой, чешуйчато-сланцеватой или чешуйчато-зернистой текстурой. Цвет их зеленый — от светло-зеленого до черновато-зеленого. Обладают незначительной твердостью, жирные на ощупь. Обогащение хлоритовых сланцев тем или иным минералом находит отражение в их названии, как-то: хлорито-тальковые, хлорито-сланцеватые, амфиболо-хлоритовые сланцы и т. п. Образуются преимущественно за счет основных магматических пород на первой стадии метаморфизма.

Амфиболиты — массивные породы темно-зеленого, зеленовато-серого, иногда черного цвета, состоящие в основном из роговой обманки и плагиоклаза. Иногда в амфиболитах наблюдается сланцеватая текстура. Образуются за счет средних и основных магматических пород (частично за счет некоторых осадочных пород) на следующих (по сравнению с серпентинитами и хлоритовыми сланцами) стадиях метаморфизма.

Гнейсы — метаморфические горные породы, состоящие преимущественно из полевых шпатов и кварца. Присутствует один или несколько цветных минералов — биотит, мусковит, амфибол, пироксен, наряду с которыми может присутствовать гранат и другие минералы. По названию присутствующего в них цветного минерала выделяют соответствующие разновидности гнейсов — слюдяные, амфиболовые, пироксеновые, гранатовые и др. Характерной особенностью гнейсов является полосчатая текстура (с более или менее параллельными слоями), иногда сланцеватая или очковая. В зависимости от пород, из которых происходят гнейсы, они подразделяются на *ортогнейсы* и *парагнейсы*. Первые образуются при перекристаллизации магматических пород (гранитов, диоритов, сиенитов и др.), вторые — в результате метаморфизма осадочных пород.

Кварцит — зернистая порода, состоящая из прочно сцементированных зерен кварца. Образуется при метаморфизации кварцевых песков и песчаников, а также некоторых магматических пород. Это крепкие породы массивного сложения, отдельные зерна в которых часто нельзя различить. Цвет различный, но обычно характерны светлые тона. Обладает блестящим изломом. Иногда в кварцитах наблюдается сланцеватая текстура. Последняя особенно резко выражена в слюдяных кварцитах, которые образуются в результате метаморфизма кварцевых песчаников с глинистым цементом. При увеличении содержания глинистых частиц образуются слюдяно-кварцитовые сланцы: биотитовые, мусковитовые, двуслюдяные.

Мрамор — крупно-, средне- или мелкозернистая полнокристаллическая порода с массивной текстурой, представляющая собой перекристаллизованный известняк. Состоит из кальцита, иногда из доломита (доломитовый мрамор). Изредка сохраняет первичную слоистость и несет отпечатки перекристаллизованных раковин. Чистые разновидности мрамора отличаются белым цветом. Разнообразные примеси к кальциту вызывают различную окраску — серую, желтоватую, розоватую. Бурно вскипает при действии 10%-ного раствора соляной кислоты.

Породы контактового метаморфизма

Роговики — плотные или мелкозернистые породы серого, темно-зеленого, черного иногда розовато-серого цвета. Нередко обладают пятнистостью и обнаруживают раковистый излом. Состоят в основном из кварца и слюды (биотита). Часто присутствуют полевые шпаты, гранат, магнетит, изредка роговая обманка, пироксен, другие минералы. По характеру новообразованных минералов различают роговики биотитовые, амфиболовые и др. Образуются при метаморфизме осадочных (песчано-глинистых) и некоторых магматических пород.

Скарны. — крупнозернистые породы, состоящие из граната, пироксена, плагиоклаза и некоторых других известково-железистых силикатов. Образуются в результате высокотемпературного метасоматоза карбонатных (известняки), реже интрузивных пород. Скарны имеют важное значение, так как с ними связаны самые различные рудные месторождения: железные, медные, свинцово-цинковые, молибденовые, вольфрамовые, оловянные, кобальтовые и др.

ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Магматические горные породы. Многие магматические горные породы, обладая высокой прочностью и красивым видом, широко применяются в строительстве как в виде полированного облицовочного камня, так и в виде грубообтесанного строительного камня; для возведения фундаментов зданий и сооружений, кладки и облицовки стен, строительства устоев мостов, мощения улиц и т. д.

Для кладки стен и облицовки зданий наиболее применимы вулканические туфы, диабазы, трахиты; в полированном виде — граниты, порфириды, лабрадориты. Для мощения улиц и возведения подводных сооружений широко используются базальты и диабазы. Для строительства цоколей зданий, лестничных ступеней и т. п. используются граниты, реже сиениты и диориты.

Базальты, диабазы, андезиты и некоторые другие излившиеся породы применяются для каменного литья: из них отливаются очень прочные огнеупорные, кислотоупорные и не проводящие электричество изделия.

Липариты и трахиты используются для изготовления стекла.

Обсидиан является дешевым поделочным камнем.

Пемза применяется в качестве шлифовального камня, для изготовления фильтров и как катализатор.

Дунит применяется как сырье для получения огнеупорного кирпича, из которого делают своды мартеновских и электросталеплавильных печей.

В крупных глыбах магматические породы применяются для устройства волноломов, фундаментов зданий, грубой кладки стен зданий и сооружений. В виде камня (щебня) — для строительства дорог, в качестве балласта железнодорожных насыпей и т. д.

Осадочные горные породы. *Осадочные обломочные горные породы* широко применяются для мощения дорог (валуны), в строительстве шоссежных дорог, для балласта на железных дорогах, в качестве сырья для приготовления бетона (галька, гравий, щебень, песок). Чистые кварцевые пески применяются в стекольной промышленности, как сырье для силикатного кирпича и в литейном деле как формовочный материал. Глинистые пески применяются для производства кирпича, глиняной посуды. Брекчии, конгломераты и песчаники применяются как строительный камень. Некоторые песчаники идут на изготовление жерновов, точильных камней, в качестве брусчатки для мощения улиц.

Глины широко применяются в кирпичном, гончарном, клинкерном (черепичном) производстве и в качестве сырья для приготовления цемента. Чистые каолиновые и огнеупорные глины являются сырьем для фарфоровой промышленности. Огнеупорные глины, кроме того, применяются для строительства доменных и мартеновских печей. Некоторые глины применяются в качестве минеральных красок, как обезжиривающее и отбеливающее средство и т. д.

Органогенные и химические осадочные породы. Чистые известняки и мергели являются важнейшим сырьем для производства цемента. Кроме того, известняки применяются в целом ряде других производств. В строительстве они идут на кладку стен; в химической промышленности — на производство соды, карбида, извести и др.; в металлургии доломитизированные известняки применяются в качестве флюса; в сельском хозяйстве — для известкования кислых почв.

Диатомиты и трепелы широко применяются в строительной промышленности для добавки к цементу, для тепловой и звуковой изоляции, для производства огнеупорного кирпича и т. д. Во многих других отраслях промышленности диатомиты и трепелы применяются в качестве фильтрующего и абсорбирующего вещества, катализаторов, абразивов и т. д.

Торф, сапропелиты, бурый уголь, каменный уголь, антрацит и нефть — важнейшие виды топлива и ценнейшее сырье для химической промышленности. Торф, кроме того, применяется в сельском хозяйстве как удобрение.

Сведения о применении таких химических осадочных пород как гипс, ангидрит, каменная соль, бурый железняк, сидерит, пиролюзит, боксит, фосфорит, приведены при описании минералов.

Метаморфические горные породы. Гнейсы применяются в строительном деле: для сооружения тротуаров, набережных, в качестве бутового камня.

Серпентиниты используются как сырье для получения огнеупорных кирпичей и химических препаратов магния, имеющих широкое применение в целом ряде отраслей производства.

Кварцит — один из самых прочных и красивых строительных и облицовочных материалов. Применяется также в производстве огнеупоров, дорожной брусчатки, точильных камней и т. д.

Мраморы используются прежде всего как художественный строительный материал, идущий на облицовку зданий и сооружений, на памятники и скульптурные изделия, для различных поделок.

Горючие сланцы используются для получения жидкого топлива, горючих газов, смазочных масел и т. д.

Филлит (кровельный сланец) идет на изготовление плиток для кровли крыш и для других строительных изделий: изготовления ступеней лестниц, плиток для полов, подоконников, лабораторных столов и т. д.

Сведения о применении тальковых и графитовых сланцев приведены при описании минералов талька и графита. Хлоритовые сланцы и амфиболиты практического значения не имеют.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Геологическая карта представляет собой графическое изображение на плоскости (в плане) в определенном масштабе и определенных условных обозначениях геологического строения того или иного участка земной поверхности.

При первом знакомстве с любой геологической картой можно убедиться в том, что принятые на ней условные обозначения (окраска, штриховка, буквенные индексы и др.) нанесены на обычную топографическую основу, на которой обозначены моря, реки, населенные пункты, пути сообщения, данные о рельефе местности, переданные в горизонталях или каким-либо другим способом, и т. п.

В зависимости от масштаба геологические карты делятся на обзорные (масштаб 1 : 1 000 000 и мельче), мелкомасштабные (1 : 1 000 000; 1 : 500 000), среднемасштабные (1 : 200 000; 1 : 100 000) и крупномасштабные или детальные (1 : 50 000 и крупнее).

Геологические карты бывают различных типов. Чаще всего можно встретить так называемые общие геологические карты, на которых показано распространение выходящих на поверхность Земли горных пород разного происхождения, состава и возраста. Существует, однако, ряд специальных карт, также являющихся результатом геологических исследований. К ним относятся: 1) литологические карты, на которых показывается распространение на поверхности пород различного вещественного состава; 2) карты полезных ископаемых; 3) карты четвертичных отложений и др.

Мы познакомимся только с общими геологическими картами, причем только с мелкомасштабными и обзорными. По ним легче научиться читать геологическое строение той или иной территории, т. е. судить по выходам на поверхность Земли горных пород различного происхождения, состава и возраста, об условиях их залегания и взаимоотношения на глубине.

Неотъемлемой частью общих геологических карт, как, впрочем, и любых других карт, является перечень всех принятых на них условных обозначений и их объяснение (легенда карты). Отсутствие условных обозначений делает карту нечитаемой.

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

На обзорных геологических картах цветом показан возраст осадочных горных пород, выходящих на поверхность.

Для обозначения возраста осадочных пород существует общепризнанная цветная шкала, принятая II Международным геологическим конгрессом (Италия, Болонья, 1881 г.) по предложению русского геолога А. П. Карпинского. Согласно этой шкале на обзорных картах принято обозначать геологические системы следующими цветами:

Четвертичную (антропогенную) — бледно-палевым;

Неогеновую — лимонно-желтым;

Палеогеновую — оранжевым;

Меловую — зеленым;

Юрскую — синим;

Триасовую — фиолетовым;

Пермскую — светло-коричневым;

Каменноугольную — серым;

Девонскую — коричневым;

Силурийскую — серовато-зеленым;

Ордовикскую — светло серовато-зеленым;

Кембрийскую — серо-голубым.

Установленным цветом системы пользуются при изображении отделов и других более мелких стратиграфических подразделений, придерживаясь правила, по которому молодые слои той или иной системы окрашиваются в более светлые оттенки того же цвета по сравнению с древними. Так, например, нижний отдел меловой системы закрашивается темно-зеленым цветом, а верхний — светло-зеленым, или нижний отдел юрской системы — темно-синим цветом, средний — синим, верхний — светло-синим и т. п.

Горные породы докембрийского возраста (преимущественно метаморфические) закрашиваются различными оттенками розового цвета.

Магматические горные породы изображаются не по возрастному, а по генетическому и петрографическому признакам. Эффузивные и интрузивные породы закрашиваются разным цветом. В свою очередь, различие цвета интрузивных пород свидетельствует о различии их состава: кислые породы закрашиваются оттенками красного цвета, основные — сине-зеленым, ультраосновные — темно-фиолетовым, щелочные — ярко-оранжевым цветом. Возраст магматических пород, если он известен, показывается буквенными индексами.

В дополнение к цвету как в таблице условных обозначений, так и на самой карте имеются цифровые и буквенные индексы. Они служат для облегчения чтения карт, особенно при большом количестве красок, когда разновозрастные породы закрашены близкими цветами или оттенками одного и того же цвета.

Для индекса берется начальная буква латинского названия системы. Например, ордовикская система обозначается буквой O, силурийская — буквой S и т. д.

Нерасчлененные по системам отложения обозначаются буквенными индексами соответствующих систем, соединенных знаком "+".

Если на карте имеются более дробные подразделения, чем системы, например, отделы, то для их обозначения рядом с индексом системы (справа внизу) ставится арабская цифра, указывающая на их относительный возраст. Единицей обозначается древний отдел, двойкой — более молодой и т. д. Например, триасовая система (индекс T) делится на три отдела: нижний, средний и верхний, которые обозначаются соответственно: T₁, T₂, T₃.

В случае показа на геологической карте литологического состава пород последний изображается при помощи штриховых условных обозначений, которые наносятся на цветной фон соответствующего возраста (штриховые условные обозначения,

применяемые для показа состава наиболее широко распространенных горных пород, приведены в приложении № 2 к данному пособию).

Довольно часто на общих геологических картах особыми штриховыми обозначениями показываются различные генетические типы четвертичных отложений: морские, речные, ледниковые, эоловые и т. д.

Особым условным знаком — обычно красными линиями — показываются разрывные тектонические нарушения: линии сбросов, надвигов и т. п.

УСЛОВНОСТИ НА ОБЩИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ

Как сказано в определении, геологическая карта является изображением геологического строения того или иного участка земной поверхности. Последнее полнее всего отображается пластами, имеющими наиболее широкое горизонтальное (площадное) распространение. Такая форма залегания свойственна осадкам, отложившимся в морях. Кроме того, морские отложения имеют обычно значительную мощность, лучше сохраняются в ископаемом состоянии, характеризуются более или менее постоянным составом на значительных площадях, большим содержанием и лучшей сохранностью ископаемых организмов, позволяющих судить об их возрасте. Такие породы принято называть коренными.

Коренные породы обычно противопоставляются четвертичным отложениям, сформировавшимся преимущественно на суше за очень короткий (в геологическом смысле) отрезок времени, поэтому четвертичные отложения имеют, как правило, незначительную мощность и характеризуются большой пестротой состава и генетическим разнообразием. Перечисленные особенности четвертичных отложений не только не помогают, но в большинстве случаев затрудняют чтение геологической — структуры коренных пород.

Из сказанного вытекает целесообразность снятия четвертичных отложений с геологических карт. В этом заключается одна из наиболее существенных условностей общих геологических карт.

Однако четвертичные отложения снимаются не повсеместно. Они оставляются: 1) по долинам ряда рек, что придает карте некоторую рельефность; 2) в местах геологически слабо изученных, когда неизвестен возраст подстилающих пород; 3) там, где мощность четвертичных отложений велика, что свидетельствует о прогибании данной территории в четвертичное время, т. е. является косвенным признаком для суждения об интенсивности новейших тектонических движений.

К условностям общих геологических карт следует отнести также и то, что на некоторых из них особыми знаками показана граница распространения многолетней

мерзлоты и граница максимального четвертичного оледенения, хотя сами ледниковые отложения на карте не показаны. Наконец, отметим еще одну условность для карт мелкого масштаба. Некоторые морские слои имеют широкое распространение, но незначительную мощность. Показать их на геологической карте необходимо. Но ввиду их малой мощности нетрудно представить, что узкие полосы их выходов по берегам рек и морей не могут быть изображены в масштабе карты. Вследствие этого такие полосы изображаются на карте в преувеличенном виде.

ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ПЛАСТОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗЕМЛИ

Процесс осадкообразования на поверхности Земли идет непрерывно (хотя и неравномерно) и одновременно как в море, так и на суше. Кажется поэтому, что с поверхности должны повсеместно залегать четвертичные отложения или, учитывая отмеченную выше условность общих геологических карт, отложения предшествующие четвертичным, — неогеновые. Слои же, образовавшиеся в давно минувшие геологические эпохи должны были бы, рассуждая логически, залегать на большой глубине, причем тем глубже, чем древнее их возраст. Однако даже при беглом взгляде на геологическую карту можно убедиться *в значительной пестроте ее раскраски, свидетельствующей о том, что поверхность Земли сложена породами различного возраста (от архейских до четвертичных) и происхождения, в том числе глубинно магматическими и метаморфическими.*

Как объяснить подобное явление? Причина его очень сложна. Однако в общем виде на этот вопрос можно дать следующий ответ: это результат никогда не прекращающейся борьбы двух противоположно направленных сил — эндогенных и экзогенных. Первые создают разного типа неровности на поверхности Земли, вторые стремятся уничтожить, сгладить эти неровности. В результате повышения, созданные эндогенными силами, срезаются и, по мере срезания, на поверхность выходят породы все более и более древние, а понижения заполняются осадками все более и более молодыми. А так как различные участки земной коры испытывают тектонические движения разного знака и амплитуды, и так как знак движения одного и того же участка во времени может меняться, т. е. поднятие сменяется погружением и наоборот, — все это и создает предпосылки для выхода на поверхность Земли пород разного возраста и происхождения.

Отмеченная закономерность имеет чрезвычайно большое значение. Она позволяет на основе анализа геологической карты делать выводы о взаиморасположении положительных и отрицательных геологических структур, их форме и размерах, а также о характере тектонических движений в давно минувшие геологические эпохи. Это особенно

важно потому, что многие древние структуры не находят отражения в современном рельефе и выявляются только на основе анализа геологических данных.

Так, например, на основе геологической карты можно вполне определенно сказать, что верховья р. Анабар (северо-восток Среднесибирского плоскогорья) располагается на положительной геологической структуре, имеющей округло-треугольную форму в плане. Структура эта в течение длительного времени испытывала тенденцию к поднятию, в результате чего на поверхность оказались выведенными самые древние из известных сейчас пород — архейские.

Расположенная "по соседству" Лено-Вилуйская низменность соответствует отрицательной геологической структуре. Об этом свидетельствует последовательная смена древних отложений все более и более молодыми по направлению от периферии к центру.

По геологической карте можно сделать определенные выводы о тектонических движениях и тех участках земной коры, которые сложены глубинно-магматическими породами. Последние могли оказаться на поверхности Земли только в результате денудационного среза вмещающих пород, что возможно только при восходящих движениях.

ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА

Для точной ориентировки пласта в пространстве введено понятие об элементах залегания пласта, которыми определяется его положение как по отношению к странам света, так и в отношении наклона. Элементами залегания пласта являются: простирание, падение, угол падения.

Простиранием пласта называют азимут *линии простирания*, представляющей собой горизонтальную линию, лежащую в плоскости пласта.

Падением пласта называют азимут *линии падения*, которая перпендикулярна линии простирания, лежит в плоскости пласта и направлена в сторону его наибольшего наклона.

Углом падения называют угол между поверхностью пласта и горизонтальной плоскостью.

Элементы залегания пласта определяются *горным компасом*, который имеет следующие отличия от обыкновенного компаса:

1. Горный компас укреплен на прямоугольной пластинке, длинные стороны которой параллельны направлению 0-180° (N-S).

2. Деления на лимбе идут в направлении обратном ходу часовой стрелки. В обратном порядке расположены также восток и запад: первый стоит слева от севера, второй — справа.

Это сделано для того, чтобы величину азимута можно было отсчитывать непосредственно по северному концу магнитной стрелки.

3. На игле горного компаса подвешен отвес, которым пользуются для определения угла падения пласта. На дне коробки компаса нанесены деления от 0 до 90° в обе стороны.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА

В полевых условиях на поверхности пласта нужно найти линию падения. Которая является линией наибольшего угла наклона пласта. Для этого к расчищенной поверхности пласта прикладывают горный компас длинным ребром (отвесом вниз) и, держа его вертикально, отыскивают такое положение компаса, при котором отвес даст наибольшее показание (отклонение). Тогда длинное ребро, на которое опирается компас, совпадает с линией падения. На поверхности пласта ее прочерчивают карандашом или любым острым предметом, а по отвесу отсчитывают угол падения. После этого определяют азимут линии падения. Для этого горный компас кладется на поверхность пласта так, чтобы одно из длинных ребер пластинки совпало с линией падения, а 0° на лимбе (или буква, обозначающая север) был направлен вниз по уклону пласта, по направлению линии падения. Затем приподнимают нижний край пластинки компаса до горизонтального положения, освобождают зажим магнитной стрелки и по северному концу ее делают отсчет.

В произведенный отсчет нужно ввести поправку на магнитное склонение, которое указано на топографической карте. При западном склонении поправка вычитается, при восточном — прибавляется.

Запись отсчетов производится в следующем порядке: сначала записывают азимут линии падения, а затем величину угла падения, например, падение СВ 45°, угол 25°.

Азимут простирания в полевых условиях обычно не определяют, так как его легко вычислить, прибавив или отняв от азимута падения 90°. Если азимут падения меньше 90°, то нужно эту цифру прибавить к величине азимута падения, если больше — вычесть.

Полная запись элементов залегания следующая: простирание (Пр.) ЮВ 135°, падение (Пд.) СВ 45°, угол 25°.

ЧТЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Для того чтобы составить представление о геологическом строении и истории развития того или иного участка земной коры, необходимо определить условия залегания слоев, т. е. выявить, лежат ли слои, изображенные на карте, горизонтально, наклонно или смяты в складки. При этом следует иметь в виду, что нельзя правильно прочесть геологическую структуру, не учитывая рельефа, так как геологическая карта является

двухмерным плоскостным изображением трехмерных (объемных) геологических структур земной коры.

При горизонтальном залегании слоев и плоском нерасчлененном рельефе местности геологическая карта будет представлять сплошное поле, закрашенное одним цветом, присвоенным слою, занимающему самое верхнее положение в толще горизонтально лежащих пластов. Такая же однообразная картина будет наблюдаться и в том случае, если овраги и реки развивают свои долины только в пределах верхнего пласта (в случае большой мощности верхнего пласта или неглубокого вреза эрозионных форм).

Если овраги или реки имеют глубокие долины, а мощность горизонтально залегающих пластов невелика, то по склонам долин на поверхность выйдут несколько пластов. На геологической карте этот участок будет выглядеть так: основная площадь будет закрашена цветом ближайшего к поверхности слоя, а вдоль долин будут протягиваться полосы более древних пород. При этом по мере углубления долины, т. е. от ее истоков к устью, будут обнажаться породы все более и более древние. На карте с горизонталями границы слоев совпадут с горизонталями рельефа или пройдут параллельно им.

Итак, признаки горизонтального залегания пластов на обзорных геологических картах:

1. пласты, лежащие горизонтально, широко распространены на поверхности, образуя на карте крупные пятна неправильных очертаний.
2. наиболее молодые отложения слагают междуречные пространства, а более древние выходят полосами, тянущимися вдоль долин рек.
3. Реки, вследствие углубления долин от истоков к устью, последовательно врезаются в слои все более и более древние.

Кроме того, косвенными признаками горизонтального залегания слоев на той или иной территории служат: равнинный рельеф и древовидный характер речной сети.

При наклонном залегании слоев даже в условиях плоского нерасчлененного рельефа на геологической карте будет наблюдаться серия пластов в виде полос, сменяющих друг друга в сторону падения от более древних к более молодым.

В случае расчлененности местности, сложенной наклонными пластами, на геологической карте она будет изображаться по-разному в зависимости от направления и угла падения пластов, а также от направления и наклона расчленяющих местность долин или общих уклонов местности.

Признаки наклонного залегания пластов на обзорных геологических картах:

1. В случае нерасчлененного или слабо расчлененного рельефа и при значительной мощности пластов на геологической карте будет наблюдаться серия полос (с более или менее параллельными границами) последовательно сменяющих друг друга пород. При этом при движении в сторону падения пласты более древние будут сменяться все более и более молодыми.

2. Реки, текущие в сторону наклона пластов, берут свое начало в более древних пластах и последовательно спускаются на пласты все более молодые.

Слои, стоящие на головах (вертикально), на геологической карте изобразятся в виде сменяющих друг друга параллельных полос, тянущихся по простиранию пластов. При плоском рельефе местности ширина полос будет соответствовать мощности каждого пласта (с учетом масштаба карты).

Местность, сложенная пластами. Собранными в линейные прямые складки, в случае их размыва изображается на геологической карте в виде длинных полос, симметрично повторяющихся относительно центральной, непарной полосы, соответствующей слою, лежащему по оси складки. Различие между синклинальной и антиклинальной складками заключается в расположении слоев. Если вдоль оси складки выходит полоса, соответствующая самому древнему пласту, а на крыльях она сменяется пластами последовательно все более молодыми, мы имеем дело с антиклинальной складкой. В синклинальной складке будет обратная картина: вдоль оси складки наблюдается непарная полоса, соответствующая наиболее молодому слою, а на крыльях располагаются симметричные полосы пород все более и более древних.

Прямые параллельные контуры слоев при складчатой структуре возможны только в условиях плоского рельефа и горизонтального положения шарнира складки. В том случае, когда шарнир складки ундурирует (опускается или поднимается), на геологической карте сохраняется только принцип симметричного расположения слоев по отношению к осевому выходу, а контуры слоев принимают характерные овальные очертания.

Еще большее осложнение в расположении полос вносит рельеф.

Признаки складчатого залегания слоев на обзорных геологических картах:

1. Своеобразный характер рисунка: выходы пород различного возраста располагаются полосами, соответствующими направлению осей складок.

2. Нет согласованности между выходами пластов различного возраста и направлением речных долин: реки переходят с одного пласта на другой, не "читаясь" с возрастной последовательностью.

Косвенными признаками складчатого залегания слоев на обзорных геологических картах служит горный рельеф и коленчатое строение речных долин.

Геологическая карта дает возможность судить о наличии стратиграфических и угловых несогласий в пределах той местности, которая изображена на карте. Первые, являясь результатом вертикальных колебательных движений земной коры, проявляются в выпадении отдельных слоев из разреза при геометрически согласном залегании разновозрастных толщ. Так, например, на геологической карте к западу от Москвы отчетливо видно, как на отложения карбона налегают осадки юрского возраста. Отложения перми и триаса отсутствуют, свидетельствуя о существовании здесь в это время континентального режима и перерыве в осадкообразовании.

Угловые несогласия, являющиеся результатом совокупного воздействия вертикальных колебательных и складкообразовательных движений, проявляются в том, что на карте границы слоев пересекаются и одна серия слоев как бы срезает другую.

При наличии разрывных (дизъюнктивных) нарушений геологическая карта еще более усложняется. Разрывные нарушения обнаруживаются:

1) смещением выхода одновозрастных пластов вдоль определенных (часто прямых) линий;

2) удвоением (повторением) выхода серий пластов, или выпадением пластов, нормально существующих в данном районе.

3) соприкосновением по определенным линиям разновозрастных толщ, выведенных на один гипсометрический уровень.

При анализе карт с разрывными нарушениями в каждом случае необходимо учитывать падение и простираание пластов, падение и простираание сбрасывателя, а также рельеф земной поверхности.

Так как на геологической карте показаны области распространения осадочных, магматических и метаморфических пород, с которыми связаны определенные комплексы полезных ископаемых, то карта дает возможность объяснить размещение многих известных месторождений полезных ископаемых.

Пример: в связи с тем, что на Урале обнажаются ультраосновные и основные интрузивные магматические породы, то здесь имеются месторождения платины, алмазов, хромитов и других полезных ископаемых, генетически связанных с этими породами. В Забайкалье широко распространены кислые магматические породы, с которыми связаны месторождения золота, слюды, полиметаллических руд и ряда других имеющихся здесь полезных ископаемых. В Подмосковье добывают бурый уголь, фосфорит, железную руду, представленную лимонитом, и др., т. е. те полезные ископаемые, которые генетически связаны с распространением здесь осадочных горных пород.

Можно было бы привести целый ряд других примеров. Лучше, однако, провести детально сопоставление геологической карты России и карты месторождений полезных ископаемых.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ (РАЗРЕЗЫ)

Для более ясного суждения о характере залегания слоев на глубине геологические карты обычно сопровождаются геологическими разрезами или профилями.

Геологические профили составляются по любому заданному направлению. Линия профиля может быть как прямой, так и ломаной.

Ниже приводятся общие принципы и порядок построения геологических профилей:

1. Вдоль выбранного направления на геологической карте проводится линия, концы которой закрепляются буквами или цифрами, например: А-А; Б-Б; 1-1 и т. д.

2. Выбираются масштабы профиля. При этом горизонтальный масштаб обычно сохраняется таким, каков масштаб карты, и лишь в некоторых случаях для удобства построения масштаб может быть увеличен или уменьшен. Вертикальный масштаб следует подбирать так, чтобы построенный при его помощи топографический профиль (профиль поверхности) внешне соответствовал характеру рельефа данной местности.

3. Вдоль выбранной линии строится топографический профиль. Если перед нами карта, рельеф которой передан горизонталями, построение топографического профиля не представляет большого затруднения.

На листе бумаги (лучше с миллиметровым графлением) проводится прямая горизонтальная линия, называемая нулевой. От нее ведется отсчет вертикальных превышений рельефа. В тех случаях, когда ее уровень будет совпадать с уровнем океана, она будет абсолютной нулевой линией. Чаще же отметки профиля располагаются значительно выше абсолютного нуля. Тогда для экономии площади чертежа на уровне нулевой линии наносят наиболее низкую точку местности, пересекаемой профилем. В нашем примере наиболее низкой отметкой будет 700-метровая горизонталь. Эта высота и будет нулевой линией будущего профиля.

С обеих сторон нулевой линии строим в виде линейки вертикальный масштаб.

Так как вдоль выбранной линии профиля абсолютные высоты не выходят за пределы 1300 м, эта высота и будет максимальной для нашего профиля. Горизонтальный масштаб оставим равным горизонтальному масштабу карты.

4. Следующий этап построения профиля — нанесение на нулевую линию точек пересечения линии профиля с горизонталями на карте. Для ускорения этой работы к линии профиля на карте прикладывается полоска бумаги, на которую сносятся точки пересечения профиля с горизонталями и ставится их абсолютная высота. Для более

точного построения топографического профиля на полоску бумаги следует нанести также точки пересечения линии профиля с руслами рек и тальвегами других эрозионных форм рельефа. Затем полоска бумаги прикладывается к нулевой линии и все имеющиеся на ней обозначения переносятся на нулевую линию. Если необходимо горизонтальный масштаб профиля увеличить по сравнению с горизонтальным масштабом карты, например, в 2 или 3 раза, то каждый отрезок между соседними точками на полоске бумаги откладывается на нулевой линии соответственно 2 или 3 раза.

5. Зная высотное положение каждой из полученных на нулевой линии точек и пользуясь вертикальным масштабом приподнимаем их над нулевой линией по вертикали на соответствующую величину. Далее все полученные точки соединяем последовательно плавной линией и в итоге получаем топографическую основу для геологического профиля.

6. На топографическую основу профиля наносятся геологические данные. Для этого на геологической карте измеряется ширина выхода каждого пласта по линии профиля. Эти данные переносятся сначала на нулевую линию, а с нее на топографическую основу (порядок перенесения описан выше в пункте 4).

Для облегчения дальнейшего составления разреза над профилем временно указывается индексами возраст выходящих на поверхность отложений. Индекс следует ставить в средней части выхода пласта. Если индекс поставить у границы двух пластов, то окажется неясным, к какому из пластов он относится.

7. Строится стратиграфическая шкала, в которой в возрастном порядке указываются все слои, выходящие на поверхность Земли по линии профиля.

8. Последний и самый ответственный этап работы — вычерчивание собственно геологического профиля, т. е. нанесение геологической ситуации. Однако раньше необходимо определить характер залегания пластов в пределах той местности, через которую проходит линия профиля. Определение условий залегания проводится на основе сопоставления выходов на поверхность Земли по линии профиля пластов различного возраста и на основе анализа геологической карты.

Зная признаки горизонтального, наклонного и складчатого залегания пластов (см. выше), легко сообразить, что местность, пересекаемая линией нашего профиля, сложена наклонно залегающими пластами.

Выделение пластов начнем с *самого молодого*, с неогенового. Соединив две точки пересечения топографической поверхности с подошвой неогенового пласта, мы получим представление о характере залегания этого пласта. Полагая, что нижележащие пласты

залегает согласно с неогеновым, границы между ними проведем параллельно подошве неогенового пласта. В итоге получим картину.

Окончательное оформление геологического профиля заключается в штриховке или раскраске в соответствующий цвет пластов различного возраста, в нанесении индексов и других обозначений.

Профиль всегда должен быть ориентирован, для чего на его концах ставятся соответствующие буквенные обозначения. Если, например, профиль взят в широтном направлении, то на его левом конце ставится "З" (запад), на правом "В" (восток), а если в меридиональном направлении — на левом конце ставится "Ю" (юг), на правом — "С" (север) и т. п.

Профиль подписывается следующим образом. Вверху пишется: *Геологический профиль по линии А-В*

Масштаб горизонтальный ...

Масштаб вертикальный ...

Составил...

Внизу ставится дата составления профиля.

Построение геологических профилей по карте, не имеющей высотных характеристик

Задача построения топографического профиля по мелкомасштабным картам, не имеющими горизонталей, усложняется. В данном случае можно судить лишь об относительных превышениях одних точек местности над другими. Например, если мы проследим направление течения какой-нибудь реки, то можем сказать, что из двух точек, взятых в русле, выше та, которая расположена ближе к истоку. Если сделаем поперечное сечение через водораздел двух рек, самыми низкими будут точки, расположенные в руслах рек, а наиболее высокими — точки на междуречном пространстве (на водоразделе). Естественно, что при составлении такой основы профиля приходится условно задаваться величинами превышений водоразделов над руслами рек. При этом, конечно, следует учитывать характер рельефа местности. Через которую проходит линия профиля.

Приложив к линии профиля полоску бумаги и отметив на ней центральные точки водоразделов и точки пересечения профиля с руслами рек, перенесем их на нулевую линию. Примем условно, что максимальное превышение водоразделов над руслами рек равно 200 м.

Имеются ли какие-нибудь данные о рельефе междуречий и характере склонов рек, пересекаемых линией профиля?

Исходя из того, что междуречья сложены морскими осадками неогена и что эрозионное расчленение территории находится в начальной стадии (большие пространства междуречий сложены неогеном, а более древние породы выходят узкими полосками вдоль долин рек), можно полагать, что центральные части междуречий имеют плоский рельеф. Склоны рек имеют неодинаковую крутизну: западные значительно круче восточных. Об этом можно судить на основании ширины выходов пластов палеогенового и мелового возраста. В самом деле, при одинаковой мощности горизонтально залегающих пластов ширина выхода их на поверхность будет зависеть от уклона поверхности.

Используя полученные в результате анализа данные, строим топографическую поверхность. Дальнейший порядок построения профиля остается таким же, как и в случае построения геологического разреза по карте с горизонталями.

В заключение несколько методических советов, которые можно использовать при построении геологических профилей.

1. При вычерчивании геологических профилей, проходящих через территории с горизонтальным или слабо наклонным залеганием пластов, построение топографического профиля *обязательно*. При крутом моноклиналном или складчатом залегании пластов и в случае равнинного характера местности большой необходимости в вычерчивании рельефа на профиле нет. Основные черты геологической структуры из-за отсутствия изображения рельефа качественно не будут искажены. Поэтому нулевую линию можно принять за линию рельефа.

2. При вычерчивании геологического профиля складчатой структуры *построение следует начинать с выделения стратиграфически наиболее молодых пластов*, подстилая их все более и более древними. Угол наклона пластов, если нет конкретных данных об условиях их залегания, берется произвольный. Мощность пластов будет определяться выбранным углом падения. Эту мощность следует выдерживать для данного пласта на всем профиле.

3. При вычерчивании профиля с изображением топографической основы все индексы, используемые при его построении, следует писать ниже нулевой и выше топографической линии, так как данные геологического профиля разместятся непосредственно под нулевой линией.

4. Как указывалось выше, на геологических картах в долинах некоторых рек показываются четвертичные отложения. В стратиграфической колонке они занимают наиболее высокое положение, как самые молодые геологические образования, а в рельефе, наоборот, наиболее низкое. Поэтому на профиле четвертичные отложения должны быть вложены в толщу более древних в виде линза.

Мощность этой линзы, если нет соответствующих данных, показывается условно.

5. Во избежание ошибок при вычерчивании геологических профилей следует всегда помнить основное правило стратиграфии: каждый вышележащий пласт моложе нижележащего и должен стратиграфически лежать выше. Только в случае надвигов или опрокинутых и лежачих складок это правило нарушается.