



М. И. Грудинин
В. В. Рафиенко

ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

М. И. Грудинин, В. В. Рафиенко

ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие



ББК 26.3я73
УДК 55(075.8)
Г90

Печатается по решению учебно-методической комиссии геологического факультета Иркутского государственного университета

Рецензенты:

канд. геол.-минерал. наук **А. И. Сизых**,
канд. геол.-минерал. наук **Ю. В. Меньшагин**

Грудинин М. И.

Г90

Общая геология : учеб.-метод. пособие / М. И. Грудинин, В. В. Рафиенко. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 71 с.

В учебном пособии последовательно изложены приемы и методы работы с топографическими и геологическими картами, горным компасом. Дается описание и приводится таблица для экспрессной диагностики основных породообразующих и других минералов. Рассмотрены типы главнейших горных пород, предлагаются методы их определения.

Настоящее пособие предназначено студентам дневного и заочного отделения направления 020300 «Геология», специальностей 020301 «Геология», 020305 «Геология и геохимия горючих ископаемых», 020303 «Геохимия», 130304 «Геология нефти и газа», 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка МПИ» при освоении курса «Общая геология».

Библиогр. 7 назв. Табл. 6. Ил. 10.

ББК 26.3я73
УДК 55(075.8)

© Грудинин М. И., Рафиенко В. В., 2007
© ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет», 2007

Оглавление

Предисловие.....	4
Введение	5
1. Основы геологических исследований	6
1.1. Карты	6
1.2. Геологический (горный) компас	7
1.3. Геохронологическая шкала	11
2. Главнейшие породообразующие минералы	16
2.1. Форма нахождения минералов	17
2.2. Изоморфизм.....	17
2.3. Физические свойства минералов.....	18
2.4. Классификация минералов.....	23
2.4.1. Самородные элементы.....	23
2.4.2. Сульфиды.....	25
2.4.3. Окислы (оксиды).....	27
2.4.4. Галоиды.....	29
2.4.5. Карбонаты.....	30
2.4.6. Сульфаты.....	31
2.4.7. Вольфраматы.....	32
2.4.8. Фосфаты.....	32
2.4.9. Силикаты.....	32
2.4.10. Углеродистые соединения.....	37
2.5. Экспрессная диагностика минералов	38
3. Основные типы горных пород.....	45
3.1. Магматические горные породы	47
3.2. Осадочные горные породы.....	55
3.2.1. Обломочные горные породы	56
3.2.2. Органогенные и хемогенные породы	57
3.3. Метаморфические горные породы	61
3.4. Определение горных пород.....	65
Заключение.....	67
Вопросы по курсу.....	68
Рекомендуемая литература... ..	71

Предисловие

Необходимость переиздания настоящего пособия связана с несколькими причинами, главнейшими из которых являются следующие: ограниченный тираж первого издания, дополнения новых данных во втором и третьем разделе.

Лабораторные занятия по курсу «Общая геология» дают возможность студентам познакомиться с ведением геологических исследований, которые невозможны без умения пользоваться топографическими и геологическими картами, а также горным (геологическим) компасом. Не менее важное значение при любых геологических изысканиях имеет знание минимума наиболее распространенных породообразующих и рудных минералов и горных пород (магматических, осадочных, метаморфических).

При подготовке данного пособия его авторы использовали свой опыт работы в производственных, научных и учебных учреждениях. Неоценимую помощь в создании настоящей работы внес ряд учебников и учебных пособий по курсу «Общая геология» [1–7, 9].

Настоящее пособие состоит из трех основных разделов. Первый раздел посвящен краткой характеристике различных карт (топографических и геологических), а также в нем дается довольно подробное описание горного (геологического) компаса. Во втором разделе приводятся сведения о минералах, их физических свойствах и способах определения. В третьем разделе охарактеризованы главнейшие разновидности магматических, осадочных и метаморфических горных пород.

ВВЕДЕНИЕ

Геология как наука о Земле в широком смысле этого слова включает целый комплекс научных направлений, которые можно объединить в три группы. Первая группа геологических наук занимается изучением вещественного состава пород, руд и минералов, образующихся в земной коре и мантии, – это минералогия, петрография, геохимия, учение о металлических и неметаллических полезных ископаемых. Во вторую группу включаются те разделы геологии, которые изучают процессы, протекающие в Земле, – динамическая геология, структурная геология, геотектоника. Третья группа геологических наук изучает эволюцию развития Земли – историческая геология, палеонтология, палеогеография.

Все перечисленные науки, а также ряд других, таких как геофизика, геодинамика, геоморфология, гидрогеология, сейсмогеология являются основополагающими для таких отраслей знаний, как горное дело, методы поисков полезных ископаемых, инженерная геология.

В настоящее время в геологических исследованиях широко используются новейшие достижения в области компьютеризации, электроники, радиотехники и др.

Основными методами изучения геологических объектов являются всестороннее обследование их на месте посредством геологического картирования с отбором образцов и различного рода проб для получения материала по возможному нахождению металлических и неметаллических полезных ископаемых, по минералогическому, химическому и изотопному составу минералов, их возрасту и др.

С середины XX в. большое значение приобрели экспериментальные методы в геологии, а также теоретические исследования, связанные с моделированием естественных геологических процессов на ЭВМ, которые необходимо учитывать при проведении учебных занятий по данному курсу.

1. Основы геологических исследований

При проведении любых геологических изысканий (будь это геологическая съемка или поиски месторождений полезных ископаемых, проведение отдельных геологических маршрутов, обследование интересных геологических объектов и т. п.) геолог должен иметь топографическую карту соответствующего масштаба, геологический компас и геологический молоток. Топографическая карта и геологический компас необходимы для привязки геологических точек наблюдений на местности. Изучение горных пород в полевых условиях осуществляется при помощи геологического молотка и простейшей лупы.

Все выполненные полевые наблюдения должны быть тщательно задокументированы и нанесены на *карту фактического материала*. Такую обработку нельзя осуществить без использования топографической карты, на основе которой составляется и геологическая карта. Очень важным инструментом в полевых исследованиях является геологический (горный) компас. При проведении полевых и особенно камеральных работ необходимо знание геохронологической (стратиграфической) шкалы, а также данных предыдущих исследований для определения времени образования всех горных пород, с которыми приходится сталкиваться в процессе работы геологу.

1.1. Карты

В основе всех геологических наблюдений лежит *топографическая карта*, на которой нанесены океаны, моря, реки с их притоками, а также озера и рельеф местности. Масштаб таких карт зависит от вида геологических работ. На такой топографической основе составляются геологические карты. Геологическая карта России составляется обычно на топографической основе масштаба 1:2 500 000 (в 1 см – 25 км). Топографическая основа 1:200 000, 1:100 000 и 1:50 000 применяется при геологической съёмке и поисках месторождений полезных ископае-

мых для составления геологической карты соответствующего масштаба. Существуют и более крупномасштабные топографические карты, которые используются обычно для составления детальных геологических карт разрезов в районах распространения тех или иных месторождений полезных ископаемых (различных металлов, угля, нефти, неметаллического сырья). Масштабы таких карт бывают 1:25 000 и крупнее.

Топографическая карта необходима геологу во время полевых работ для нанесения на неё маршрутов, точек наблюдений и в конечном итоге для составления *карты фактического материала*, на которую наносятся все точки наблюдений, находки руд, минеральных источников и пр. По мере выполнения геологических маршрутов возникает необходимость делать зарисовки отдельных обнажений, разрезов или планов особо значимых геологических объектов (выходов рудных залежей, контактов разных пород, слоистости или сланцеватости и т. д. и т. п.) В этом случае, при отсутствии крупномасштабной топографической основы, составляется глазомерный план соответствующего масштаба, для чего необходимо иметь мерную рулетку и геологический компас.

Помимо топографической и геологической составляются карты: *петрографические, литологические, тектонические, гидрогеологические, карты четвертичных отложений, металлометрического, шлихового* и других видов опробования.

1.2. Геологический (горный) компас

Геологический компас предназначается для измерения азимута маршрута или азимута на определённый предмет (гора, высокое дерево, отдельное строение и т. п.), а также замеров элементов залегания горных пород. При производстве геологических изысканий обычно пользуются геологическим (горным) компасом, в котором, в отличие от обычного компаса, градуировка лимба выполнена против часовой стрелки и, соответственно, переставлены на противоположные стороны «Восток» и «Запад». Такое изменение позволяет непосредственно устано-

вить истинное направление линии, с которой при измерениях совмещается длинная сторона компаса.

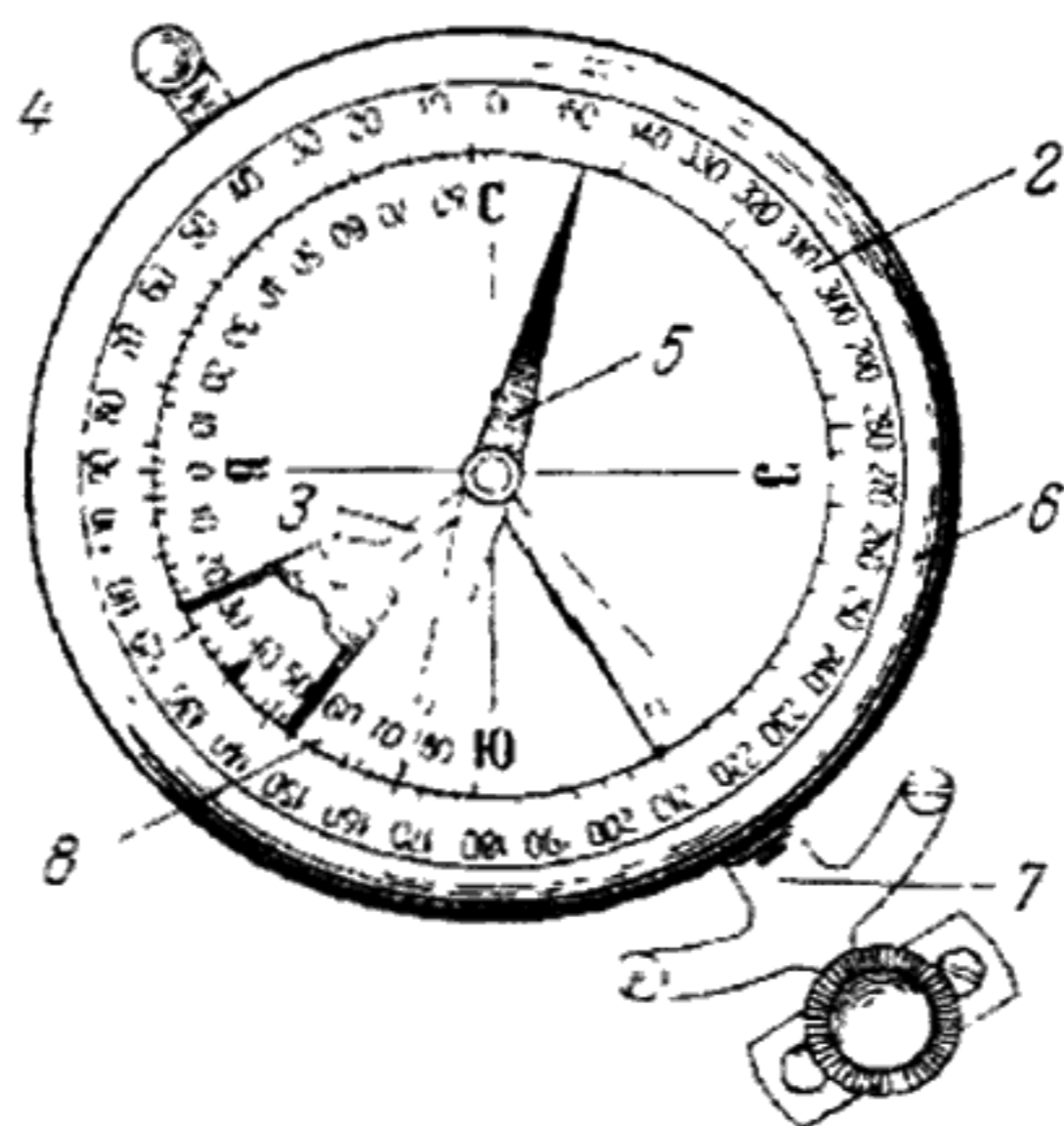


Рис. 1. Геологический компас

Геологический компас монтируется на прямоугольную пластину (рис. 1), имеющую длину 9–11 см и ширину 7–8 см. На этой пластине (обычно металлической или пластмассовой) монтируется круглый металлический лимб, градуированный против часовой стрелки на 360° . В центре круга (лимба) крепится металлическая игла, на которую насаживается магнитная стрелка 0° (360°), показывающая направление строго на север (С).

Обычно магнитный конец стрелки окрашен в синий цвет, а противоположный, который показывает на юг (Ю), – в красный. Стрелка компаса должна свободно вращаться на игле, для этого в стрелку вмонтирована втулка, состоящая из твёрдого минерала (агата, рубина) в медной оправе. В эту втулку и упирается игла, свободно на ней вращаясь. Хорошо намагниченная и правильно отрегулированная стрелка свободно вращается на игле и, при горизонтальном положении компаса, быстро успокаивается и принимает неподвижное положение, обращаясь северным концом к северному магнитному полюсу. Под стрелкой на иглу надевается кольцо, которое соединяется с краем лимба

рычагом, которым можно снимать магнитную стрелку с иглы и закреплять её в неподвижном состоянии у круглого верхнего стекла, чтобы конец стрелки не изнашивался.

Внутри лимба находится полулимб, градуированный от 0° до 90° в обе стороны, т. е. предоставляется возможность измерить угол падения пласта горной породы. Для отсчетов углов падения служит отвес (клинометр), надетый также на иглу под кольцом, поддерживающим стрелку компаса. В расширенной части отвеса прорезано небольшое окно, в нижнем краю которого выступает короткий заострённый рубец на оси отвеса. При вертикальном положении пластинки компаса и совмещении его длинной стороны с горизонтальной линией зубец отвеса укажет 0° , при вертикальном направлении длинной стороны компаса — 90° . Точность замера угла падения колеблется в пределах $1-2^\circ$. Отвес закрепляется при помощи рычажка. Лимб сверху обязательно покрывается круглым (по размеру лимба) стеклом, укреплённым кольцевой пружиной, помещённой внутри лимба.

Начинающим пользователям геологическим компасом необходимо помнить основное правило, заключающееся в следующем: при замерах азимута направляют 0° (360°) компаса на визируемый предмет, совмещая длинную сторону пластины компаса (т. е. линию С–Ю) с ориентировкой измеряемого направления, и непосредственно берут на лимбе отсчёт *по северному концу стрелки компаса*.

Замеры элементов *залегания* производятся геологическим компасом. Для таких замеров выбирается по возможности ровная площадка, совпадающая с падением пластов, толщ, слоистости, сланцеватости, гнейсовидности, плоскости контакта, тектонических нарушений (тектонических трещин, зон дробления) и пр.

Обычно измеряют азимут падения и угол падения. При замере *азимута падения* держат компас так, чтобы север лимба (северная сторона компаса) был направлен в сторону падения пласта. Затем отпускают магнитную стрелку и по северному концу стрелки на лимбе компаса читают азимут падения. Азимут простирания будет отличаться на 90° от падения и его за-

мерять необязательно, а, прибавив или отняв 90° , получим азимут простирания.

Для определения угла падения на расчищенной плоскости горный компас устанавливают вертикально (при вертикальном положении компаса отвес на внутреннем полулимбе качается свободно) длинной стороной на ребро, отвесом вниз.

Магнитная стрелка при этом должна быть закреплена. Удерживая компас в таком положении, вращают его по поверхности измеряемого слоя, толщи. Отмечают наибольший угол отсчёта на полулимбе – *угол падения*.

Эти два элемента залегания горных пород играют чрезвычайно важную роль при составлении геологических карт, разрезов, выявления рудных пластов, рудных залежей. Только при помощи элементов залегания определяют вещественно-структурные комплексы, различающиеся в первую очередь по условиям залегания.

Большое значение при работе с компасом приобретают измерения определяющих геологических структур того или иного региона. В этом случае производятся массовые замеры элементов залегания (100–1000 замеров и более) на отдельных геологических обнажениях. На основании таких замеров строятся соответствующие диаграммы. Такие диаграммы позволяют выделить отдельные структурные комплексы, которые, в свою очередь, дают возможность установить наличие тех или иных структур, свойственных для данной площади. При этом компас является главнейшей инструментальной основой для составления структурно-геологических карт.

Следует также отметить, что замеренный компасом азимут (азимут маршрута, азимут на отдельную точку) является магнитным, и в отдельных случаях значительно отличается от истинного (географического) в силу несовпадающих магнитного и географического меридианов. Обычно делается поправка сразу, т. к. на каждой топографической карте отмечены магнитные отклонения для данной территории. Прибавив (при восточном склонении) и отняв (при западном склонении) поправку к магнитному азимуту, получим истинный азимут по отношению к географическому меридиану.

Необходимо помнить и то, что все замеренные элементы залегания горных пород обязательно наносятся на геологическую карту или вносятся в соответствующие документы (разрезы, планы и т. п.). Чтобы провести правильные замеры (особенно при небольшом опыте работы с компасом), следует сделать несколько замеров и, убедившись в их точности, внести данные в полевой дневник или в другую геологическую документацию. Нередко бывает, что проводить такие замеры трудно, особенно в складчатых регионах, имеющих сложное геологическое строение, сопровождающееся многочисленными изгибами слоёв или нарушением сплошности пород. В этом случае, особенно начинающему геологу, может помочь только усердие и добросовестное отношение к делу.

1.3. Геохронологическая шкала

Геохронологическая шкала составляется на основе взаимоотношений отдельных толщ (слоёв) друг с другом. При составлении геохронологической карты необходимо выяснить последовательность образования изучаемых пород, участвующих в строении данного района. В связи с этим, важным моментом при геологическом картировании является определение относительного возраста изучаемых пород, т. е. следует установить, какие породы образовались ранее, а какие позднее. В геологической практике существуют методы определения *относительного* и *абсолютного* возраста горных пород.

Возраст Земли (наиболее древних пород земного шара) оценивается примерно в 4–4,5 млрд лет, некоторые метеориты показывают 4,5, а лунные породы – 4,7 млрд лет. При полевых исследованиях геолога чаще всего интересует не истинный возраст изучаемой породы, а стремление понять, какие из этих пород молодые, а какие более древние, т. е. установить относительный возраст пород.

Относительный возраст пород определяется по взаимоотношениям осадочных или метаморфических (более древних) пород с прорывающими их интрузивными (более молодыми) образованиями. Относительный возраст пород также определя-

ется по последовательности напластования слоев (стратиграфический метод). Это правило остаётся в силе и тогда, когда породы оказались смятыми в складки, разорванными и перемещёнными относительно друг друга. В таких случаях относительный возраст определить бывает очень трудно, а порой и невозможно. В этом случае применяют *литологический* и *петрографический* методы, заключающиеся в сравнении пород по их вещественному составу и особенностям строения.

Существует достаточно надёжный *палеонтологический* метод, который основан на изучении остатков животных организмов (фауны) и растений (флоры), заключённых в породах (обычно осадочных). Обнаруженные те или иные животные или растительные остатки даже в значительно удалённых друг от друга геологических образованиях (толщах, свитах и т. п.) позволяют установить их одновозрастность.

Абсолютный возраст, т. е. определение возраста пород в абсолютных единицах времени в силу технического прогресса приобрёл в последние десятилетия более широкие масштабы применения. Сущность метода заключается в определении периодов распада ряда радиоактивных элементов и их изотопов, таких как U, Pb, Rb, Sr, K, Ar, C, Nd, Sm. Применение такого метода связано с использованием современных прецизионных (высокочувствительных) приборов – масс-спектрометров, которые с большой точностью определяют исчезающе малое количество тех или иных радиоактивных изотопов и продуктов их распада. Некоторые из существующих методов пригодны только для определения возраста очень молодых пород. Так, например, существующий углеродный метод позволяет определить возраст у очень молодых пород, так как период полураспада ^{14}C равен всего 5,5 тыс. лет. Для наиболее древних пород применяется уран-свинцовый, рубидий-стронциевый, самарий-неодимовый и другие методы. В конечном итоге все эти методы определения возраста горных пород позволили установить последовательность формирования земной коры.

В настоящее время существует единая международная геохронологическая шкала, отражающая историю развития земной коры. Эта шкала разделена на *зоны, эры, периоды* (табл. 1).

Международная геохронологическая шкала

ЭОН	ЭРА	ПЕРИОД (млн лет)	
ФАНЕРОЗОЙ	Кайнозой (KZ)	ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ (современный)	
		1,75	НЕОГЕН
		24	ПАЛЕОГЕН
	Мезозой (MZ)	65	МЕЛ (K)
		135	ЮРА (J)
		200	ТРИАС (T)
		250	ПЕРМЬ (P)
		272	КАРБОН (C)
		295	ДЕВОН (D)
	Палеозой (PZ)	410	СИЛУР (S)
		435	ОРДОВИК (O)
		500	КЕМБРИЙ (Є)
		540	НЕОПРОТЕРОЗОЙ
		1000	МЕЗОПРОТЕРОЗОЙ
		1600	ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙ
		2500	НЕОАРХЕЙ
ДОКЕМБРИЙ	Протерозой (PR)	2800	
	Архей (AR)		

ЭОН	ЭРА	ПЕРИОД (млн лет)
		МЕЗОАРХЕЙ
		3200
		ПАЛЕОАРХЕЙ
		3600
		ЭОАРХЕЙ

Существуют и более дробные подразделения – эпохи и века.

Следует отметить, что в ранее существующих шкалах палеогеновая и неогеновая система объединялись в третичную систему. Самый древний возраст пород, установленный на земной поверхности, до недавнего времени определялся цифрой в 3800 млн лет. Между тем, есть основания полагать (многочисленные данные, полученные геологами по возрасту архейских образований), что возраст пород Земли древнее приведённой выше цифры.

Помимо приведённых в представленной ниже геохронологической шкале *зонов, эр и периодов*, на геологических картах, особенно крупномасштабных, используются такие подразделения, как *группа, система, отдел, ярус, свита* и т. п. При использовании всех этих терминов необходимо соблюдать определённые правила. Так, например, можно сказать, что мы живём в четвертичном периоде, но не в четвертичной системе.

Наиболее длительным периодом является *эон*. Раньше в геохронологических таблицах выделялось три зона в геологической истории Земли – архейский, протерозойский и фанерозойский. И в настоящее время многие геологи придерживаются такой классификации. Однако сейчас чаще всего огромный отрезок геологических летоисчислений (более 3 млрд лет), включающий архей и протерозой, объединяется под общим названием *докембрий*. Надо полагать, что такое подразделение является оправданным, хотя бы потому, что последующее время (палеозой, мезозой и кайнозой), объединяемое под названием *фанерозой*, характеризуется развитием и наиболее бурной жизнью на Земле. Именно в этот период появились рыбы, млекопитающие и, наконец, человек. Именно в фанерозое развивался интенсивный растительный покров на Земле.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. На какой основе составляется геологическая карта?
2. Что такое карта фактического материала?
3. Какие другие карты, которые составляются при геологических работах, вы знаете?
4. Устройство геологического компаса.
5. Для каких целей предназначен геологический компас?
6. Что такое геохронологическая шкала?
7. Относительный возраст горных пород.
8. Абсолютный возраст горных пород.
9. Докембрий и фанерозой.

2. ГЛАВНЕЙШИЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Понятие о минерале, как «индивидуализированном» продукте земных химических реакций (В. И. Вернадский), с течением времени постоянно менялось, особенно в последние столетия, когда минералы стали широко использоваться в повседневной жизни человека.

Известно, что земная кора состоит из различных горных пород, сложенных агрегатами минералов. Название слова *минерал* происходит от старинного слова *минера* – рудный штуф, кусок руды, что указывает на его появление, связанное с развитием горного промысла [1].

Минералом называют природное химическое соединение или отдельный самородный элемент, возникновение которого связано с разнообразными физико-химическими процессами, происходящими в земной коре и на ее поверхности. По условиям образования минералы делятся на *экзогенные*, возникшие на поверхности Земли, и *эндогенные*, образованные в ее недрах. Первые образуются практически на поверхности Земли при обычной температуре и давлении и связаны чаще всего с процессами выветривания. Подавляющее большинство других минералов возникает, как правило, на некоторых глубинах при высокой температуре, а значительная часть из них – и при высоком давлении.

Подавляющее большинство минералов находится в природе в твердом состоянии, реже встречаются жидкие (ртуть, вода) и газообразные (углекислый газ, метан) минералы. В природе известно более 2500 минералов, и только небольшая часть из них имеет массовое распространение. В задачу курса «Общая геология» входит изучение только главных породообразующих и рудных минералов, которые слагают наиболее распространенные горные породы и составляют наиболее распространенные руды. Более углубленное изучение минералов, их структурных особенностей и химического состава будет проведено в курсе «Минералогия».

2.1. Форма нахождения минералов

Большинство минералов имеет кристаллическую форму, т. е. встречается в виде ограненных кристаллов или неправильных по форме зерен. Реже встречаются аморфные минералы, образующие бесформенные массы. В кристаллах различают грани, ребра, вершины, гранные углы.

В природе кристаллы минералов встречаются в виде отдельных индивидуумов или в виде сростков и скоплений, называемых минеральными агрегатами. Наиболее часто среди минералов выделяют следующие формы:

а) изометричные – одинаково развитые во всех направлениях (магнетит, пирит, оливин, гранат);

б) удлиненные в одном направлении – призматические, столбчатые, игольчатые, лучистые (кварц, апатит, амфиболы, пироксены);

в) вытянутые в двух направлениях при сохранении третьего короткого – таблитчатые и пластинчатые, листоватые и чешуйчатые (слюды, тальк, хлорит);

г) дендриты – кристаллы более сложной формы – ветвистые соединения марганца на известняках;

д) натечные;

е) двойники, тройники, друзы и щетки (тальк, кварц, ртуть и т. п.).

Первые две разновидности образуют закономерные срастания, а для последних необходимы полости или открытые поверхности, в которых возможен свободный рост кристаллов.

2.2. Изоморфизм

Изоморфизмом называют способность кристаллических веществ минералов различного состава образовывать непрерывно меняющиеся по составу смеси одинаковой кристаллической структуры, т. е. свойство элементов заменять друг друга в химических соединениях родственного свойства (например, в оливине двухвалентное железо заменяется ионами двухвалентного магния, редко никеля). Примером изоморфной смеси мо-

гут служить многие силикаты, например, полевые шпаты, представляющие смесь двух компонентов, – альбита ($\text{Na}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8]$) и анортита ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$) – группа плагиоклазов. Для того чтобы изоморфные замещения стали возможными, необходимо, чтобы взаимно замещающие ионы имели близкие по размерам ионные радиусы и сумма валентности их была одинакова.

Существует и такое понятие, как *полиморфизм*, когда некоторые минералы, имеющие одинаковый химический состав, образуют различные кристаллические решетки, например, кальцит кристаллизуется в тригональной сингонии, а арагонит – в ромбической, в то время как их химическая формула одинакова – CaCO_3 . Другим примером служит алмаз, кристаллизующийся в кубической сингонии, тогда как графит образует кристаллы гексагональной сингонии, а состоят эти два минерала из одного и того же элемента – углерода.

Некоторые минералы принимают не свойственную им форму, образуя точную копию другого минерала или органического соединения. Такие новообразования минералов называют псевдоморфозами. Так, в окаменелостях органическое вещество животного и растительного происхождения частично, а иногда и полностью замещается кальцитом, опалом, халцедоном, сохраняя первоначальную форму (например, дерево с его вековыми кольцами). Встречаются псевдоморфозы лимонита по кубикам пирита, сплошь заполненные новообразованием лимонита.

2.3. Физические свойства минералов

Достаточно бегло взглянуть хотя бы на несколько разных минеральных индивидуумов, например, кварц, кальцит, пирит, апатит, чтобы обнаружить в них ряд физических свойств, по которым они легко различимы. В то же время существует немало других минералов, которые при кажущемся сходстве не имеют между собой ничего общего (например, кальцит и полевой шпат или оливин и нефелин). Между тем, отдельные физические свойства могут быть одинаковыми у различных минералов и, наоборот, отдельные свойства, например одинаковый цвет, могут иметь разные минералы. Поэтому при определении того или иного минерала необходимо набрать как можно боль-

ше его физических свойств. Тем более что многим минералам присущи специфические свойства, например, магнитность – магнетиту, соленость – галиту и т. д.

Итак, наиболее характерными и важными физическими свойствами минералов являются: *твердость, спайность, цвет минерала, цвет черты минерала, блеск, форма кристаллов, удельный вес, излом* и другие свойства (магнитность, радиоактивность, растворимость, вкус, игра цветов и т. д.).

Твердость представляет собой одно из важнейших физических свойств, по которым распознается минерал. Под твердостью понимается способность сопротивления минерала царапанию, резанию (но не удару). Стальным молотком можно легко разбить кристалл алмаза, однако алмаз легко царапает все остальные минералы даже с самой высокой твердостью, в том числе и самую твердую сталь. Для определения твердости существует шкала Мооса (шкала твердости), где по твердости из хорошо известных минералов выстроен ряд, располагающийся в порядке возрастания твердости таким образом, что каждый предыдущий минерал царапается последующим (табл. 2).

Таблица 2

Шкала твердости Мооса

Твердость	Название минерала	Химическая формула
1	Тальк	$Mg[Si_4O_{10}]*[OH]_2$
2	Гипс	$CaSO_4*2H_2O$
3	Кальцит	$CaCO_3$
4	Флюорит	CaF_2
5	Апатит	$Ca_5[PO_4]_3*[F,Cl]$
6	Ортоклаз (полевой шпат)	$KAl[Si_3O_8]$
7	Кварц	SiO_2
8	Топаз	$Al_2[SiO_4]*(F,OH)_2$
9	Корунд	Al_2O_3
10	Алмаз	C

В пределах указанной шкалы у большинства минералов на различных гранях и сколах твердость будет более или менее постоянной, хотя встречаются и исключения. Так, дистен

(Al_2SiO_5) в одном направлении имеет твердость 4,5, а в перпендикулярном направлении на той же плоскости – 6–7, поэтому и слово *минерал* с древнегреческого переводится как *двойкосопротивляющийся*.

Спайность – способность минерала раскалываться по определенным гладким плоскостям, совпадающим с одним или несколькими кристаллографическими направлениями – осями или гранями. Обычно различают *весьма совершенную, совершенную, среднюю, несовершенную и весьма несовершенную спайности*.

Весьма совершенная спайность характеризуется тем, что минерал легко расщепляется на отдельные, порою тончайшие пластины. Наиболее ярким примером весьма совершенной спайности являются все слюды (мусковит, флогопит, биотит).

Совершенная спайность отличается тем, что минерал раскалывается при слабом ударе на гладкие параллельные пластины. Совершенной спайностью обладают почти все минералы из группы карбонатов, а также полевых шпатов, пироксенов, амфиболов.

Средняя спайность также весьма заметна – на обломках минералов отмечаются ровные поверхности скола (некоторые полевые шпаты, оливин и др.).

Несовершенная спайность обнаруживается с трудом, и редко замечаются отдельные грани (апатит, оливин).

Весьма несовершенная спайность характеризует сколы минералов без заметных граней. Обычно несовершенную и весьма совершенную спайность трудно распознать, и последняя переходит в излом.

Цвет минерала является важным диагностическим признаком, т. к. минералы имеют самую разнообразную окраску – от белой до черной. В то же время минералы могут быть и бесцветными, прозрачными, с различными цветовыми оттенками. Окраска минерала зависит как от химического состава самого минерала, так и от его примесей. Например, кварц бывает чаще всего прозрачным или молочно-белым, а незначительная примесь в нем некоторых металлов окрашивает его в лиловый (аметист) или почти черный (морион) цвета. Примесными элементами, определяющими окраску минерала, являются железо,

никель, кобальт, титан, медь, уран, хром и т. д. Такие элементы А. Г. Бетехтин назвал хромофорами [1].

Цвет минерала может изменяться от характера замещения одной формы кристаллов на другую (тигровый глаз, соколиный глаз).

Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения (минерал лабрадор из полевых шпатов иризирует, т. е. обладает красивой радужной окраской, минерал александрит при смене естественного и искусственного освещения изменяет цвет от зеленого до красного). Иногда на поверхности минералов отмечается побежалость. Такое явление, как и иризация, объясняется интерференцией света в тонких пленках.

Цвет черты. Многие минералы в растертом или порошкообразном состоянии имеют другой цвет (цвет минерала в порошке). Это и называют цветом черты минерала. Черта – это цвет порошка минерала, полученного при растирании минерала по пластинке неглазированного фарфора. Этот признак по сравнению с цветом минерала является более постоянным.

Цвет черты также является важным физическим свойством минерала. Так, красный, бурый и магнитный железняк в штуфах (образцах) часто имеют одинаковый цвет, но различаются по цвету черты. Цвет черты в ряде случаев совпадает с цветом минерала (киноварь, магнетит, лазурит и т. д.). В других минералах наблюдаются отличия, например, у гематита цвет минерала – стально-серый или черный, а черта – красная, у пирита цвет минерала – латунно-желтый, а черта – черная и т. д. Существуют минералы с бесцветной или слабоокрашенной чертой. Наибольшее значение цвет черты имеет для непрозрачных или полупрозрачных резко окрашенных соединений.

Блеск – это свойство минерала отражать световой поток от своей поверхности. Этот отраженный свет и создает впечатление блеска минерала. Различают блеск: стеклянный, алмазный, металлический, полуметаллический, матовый, шелковистый или перламутровый.

Стеклянный блеск имеют такие широко распространенные минералы, как кварц, флюорит, кальцит, гранат и распространены более всего среди прозрачных или полупрозрачных минералов.

Алмазным блеском обладают минералы с наиболее сильным блеском. К таковым относятся, прежде всего, алмаз, самородная сера, циркон, рутил и др.

Металлическим блеском обладают непрозрачные минералы, оставляющие в большинстве случаев на фарфоровой пластинке темную (черную и коричневую) черту. Таким блеском обладают многие самородные металлы (золото, серебро, медь, платина), а также сульфиды (пирит, халькопирит) и некоторые окислы (магнетит).

Полуметаллический или металловидный блеск имеют минералы с тусклым металлическим оттенком (гематит, сфалерит, графит).

Матовый блеск имеют минералы, обладающие пористой неровной землистой поверхностью (каолин).

Шелковистый или перламутровый блеск имеют минералы с параллельно-волокнистым строением (асбест) или обладающие слоистой кристаллической структурой (слюды).

Прозрачность – способность минералов пропускать через себя свет. По прозрачности минералы разделяются на прозрачные (кварц, исландский шпат, каменная соль, топаз), полупрозрачные (халцедон, опал), просвечивающие в краях и непрозрачные (пирит, магнетит).

Излом – при отсутствии спайности минералы раскалываются по определенным неправильным поверхностям, часто похожим на поверхность раковины (раковистый, занозистый, игольчатый). Излом может быть землистым или зернистым (например, последний дают мелкие кристаллы гематита).

Форма кристаллов определяется его сингонией (низшей, средней и высшей).

К низшей сингонии относятся: триклинная, моноклинная и ромбическая; к средней – тетрагональная, тригональная и гексагональная; к высшей – кубическая. В соответствии с выделенными сингониями в природе встречаются и наиболее распространенные формы кристаллов (минералов) различных сингоний.

Другими физическими свойствами обладают лишь немногие отдельные минералы, например, магнитностью обладают магнетит, платина, пирротин, что определяется при помощи

магнитной стрелки компаса. По удельному весу минералы разделяются на легкие – до 2,5 (нефть, смолы, уголь, гипс, каменная соль), средние – до 4 (кальцит, кварц, полевые шпаты, слюды, амфиболы, пироксены, оливин) и тяжелые – с удельным весом больше 4 (все рудные минералы). Некоторые минералы (кальцит) вскипают при действии на них слабым раствором соляной кислоты. Некоторые обладают вкусом, такие как галит, сильвин.

2.4. Классификация минералов

В природе существует более 2500 минералов, значительная часть которых встречается крайне редко. Большую часть, около 75 % массы земной коры, составляют силикаты, большинство которых представляют главнейшие породообразующие минералы. В прикладном отношении важнейшую роль играют самородные элементы, сульфиды, карбонаты.

Систематизация минералов на различной основе принималась уже в античное время. Вначале минералы делили по внешним признакам, таким как цвет, блеск, удельный вес. Большой вклад в современную классификацию минералов внесли как отечественные, так и зарубежные исследователи (В. И. Вернадский, А. Г. Бетехтин, Н. В. Белов, А. Е. Ферсман, П. Грот, П. Ниггли и др.). В настоящее время классификация основывается, прежде всего, на химическом составе и на кристаллической структуре минералов, а также на их физических свойствах (табл. 3).

По таким признакам все известные минералы разделяются на несколько классов и надклассов. Важнейшими из них являются: самородные элементы, сульфиды, окислы (оксиды) и гидрооксиды, галоиды, карбонаты, сульфаты, вольфраматы, фосфаты, силикаты и углеродистые соединения.

2.4.1. Самородные элементы

К этому классу относятся минералы, которые состоят из одного или двух элементов. В природе существует более тридцати таких минералов, но они не пользуются широким распространением (менее 0,1 % от объема всех других минералов), хо-

тя и имеют очень важное прикладное значение. К наиболее известным в природе самородным элементам относятся: золото, алмаз, платина и платиноиды, медь, графит, сера. Чаще всего встречаются графит и сера.

Золото (Au) – это один из металлов, известный человеку с глубокой древности. В чистом виде встречается исключительно редко, в качестве изоморфной примеси содержит серебро, медь, палладий и висмут (до 15 %). Самородки золота в рыхлых долинных отложениях встречаются весом до десятков килограммов.



Рис. 2. Самородок золота

Алмаз (C) (с греч. *адамас* – непреодолимый) – водяно-прозрачный или окрашенный в голубой, синий, зеленый, бурый и черные цвета. Коренные месторождения алмазов обычно связаны с ультраосновными породами – перидотитами и кимберлитами. Крупнейшие в мире месторождения этого минерала известны в Южной Африке и в Сибири.

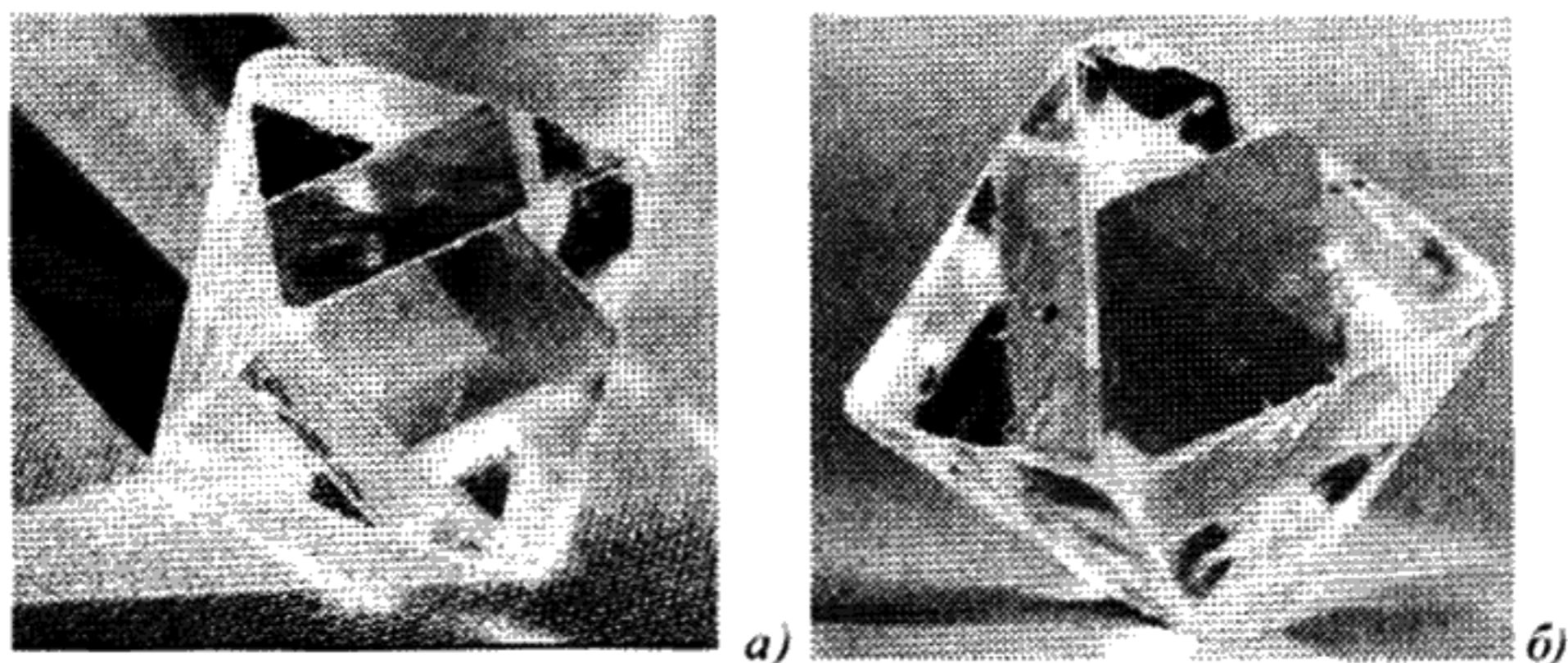


Рис. 3 (а, б). Кристаллы алмазов

Графит (С) (*графо* – пишу). Встречается чаще всего в виде тонкочешуйчатых агрегатов, легко узнается по железо-черному, до стального, цвету, низкой твердости, обладает высокой электропроводностью. К наиболее крупным месторождениям графита относится Алиберовское в Восточном Саяне. Это месторождение является примером эндогенных процессов.

Графит используется для изготовления металлургических тиглей, электродов, сухих элементов, карандашных грифелей, смазочных материалов.

Сера (S) встречается в виде кристаллических, землистых, порошковатых масс, налетов и корочек, довольно часто образует хорошие кристаллы. Происхождение этого минерала связано в основном с экзогенными процессами: образуется либо в зоне выветривания при разложении гипса и других сульфатов в присутствии органических веществ, либо как химический или биохимический осадок, реже имеет вулканическое происхождение.

Применяется сера в химической промышленности для получения серной кислоты, в резиновой, бумажной промышленности, медицине, сельском хозяйстве.

Медь (Cu), как самородный металл, входит в эту группу; легко узнается по красному цвету и большому удельному весу. Обычно встречается в зонах окисления медно-сульфидных месторождений в ассоциациях с малахитом и другими медьсодержащими минералами.

2.4.2. Сульфиды

Сульфиды представляют соединения тяжелых металлов с серой. Хотя в земной коре, по сравнению с другими минералами, не имеют широкого распространения, но, как и самородные элементы, чрезвычайно важны в практическом отношении. Именно из сульфидов получают медь, свинец, цинк, молибден, ртуть.

Наибольшее распространение из сульфидов имеют такие минералы, как *пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, киноварь, молибденит.*

Пирит (FeS₂) (*пирос* – огонь) широко распространен в виде хорошо образованных кристаллов, в виде вкрапленных или сплошных агрегатов; или формирует почковидные образования.

Легко узнается по латунно-желтому цвету и кубической форме кристаллов, часто со штриховкой на гранях и обладает в отличие от многих сульфидов большой твердостью (6–6,5). Наиболее часто встречается в гидротермальных жилах, в виде вкрапленников в контактово-метасоматических месторождениях; в осадочных и магматических породах.

Применяется в химической промышленности для получения серной кислоты.

Халькопирит ($CuFeS_2$) обычно находится в сплошных массах и в виде неправильной формы вкрапленников с темно-желтовато-зеленой побежалостью; встречается в гидротермальных жилах и в рудных залежах магматогенных месторождениях в ассоциации с пиритом, а также с другими сульфидами (пирротин, пентландит). Главный источник меди.

Применяется в цветной металлургии, являясь важнейшей медной рудой.

Сфалерит (ZnS) обычно образует сплошные массы с галенитом, имеет темно-бурую или темно-коричневую окраску. Сплошные массы характеризуются зернистой структурой с ярко выраженной спайностью.

Сфалерит является важнейшей рудой на цинк. Попутно могут извлекаться входящие в него в виде самородных примесей кадмий, индий, галлий.

Киноварь (HgS) (*кровь дракона*) довольно легко распознается по ярко-красному цвету и низкой твердости. Обладает высоким удельным весом; имеет гидротермальное происхождение и является основной рудой на ртуть.

Молибденит (MoS_2) (*молибденитовый блеск*) характеризуется свинцово-серым цветом, металлическим блеском; по твердости и по цвету схож с графитом, отличается от него чертой с грязно-зеленым оттенком и высоким удельным весом. Основная руда на молибден.

Галенит (PbS) (*свинцовая руда* или *свинцовый блеск*) легко узнается по свинцово-серому цвету и металлическому блеску; имеет спайность по кубу. Образуется главным образом путем отложения из гидротермальных растворов. Самым характерным минералом-спутником является сфалерит. Используется для

извлечения свинца, а также серебра, которое в виде примеси часто содержится в галените.

2.4.3. Окислы (оксиды)

Минералы этой группы представляют собой соединения элементов с кислородом, а иногда и гидроксильной группой OH. Такие соединения довольно широко распространены в земной коре. Из всех минералов этой группы наиболее распространенный минерал – кварц, по химическому составу отнесен к оксидам, а в структурном отношении он может быть причислен к каркасным силикатам. Наиболее распространенными минералами этой группы являются кварц, гематит, магнетит и корунд.

Кварц (SiO_2) является одним из наиболее распространенных в земной коре породообразующих минералов.

Различают ряд его разновидностей:

– горный хрусталь – прозрачный, без примесей, встречающийся в виде хорошо образованных кристаллов;

– морион – темный с коричневым оттенком, либо прозрачный, либо просвечивающий в краях; часто – в виде хорошо образованных шестигранников;

– аметист – прозрачный с фиолетовым оттенком;

– халцедон – скрытокристаллический;

– агат – полосчатый, также скрытокристаллический.

Кремнезем с молекулой воды называется *опалом* ($SiO_2 \cdot nH_2O$).

Образуется кварц в разнообразных, главным образом, эндогенных процессах – магматическом, пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном. Как главный породообразующий минерал, входит в состав кислых магматических, многих метаморфических пород, гранитных пегматитов, является основным жильным минералом многих рудных тел.

Применяется в оптике, радиотехнике, ювелирном деле, стекольном производстве.

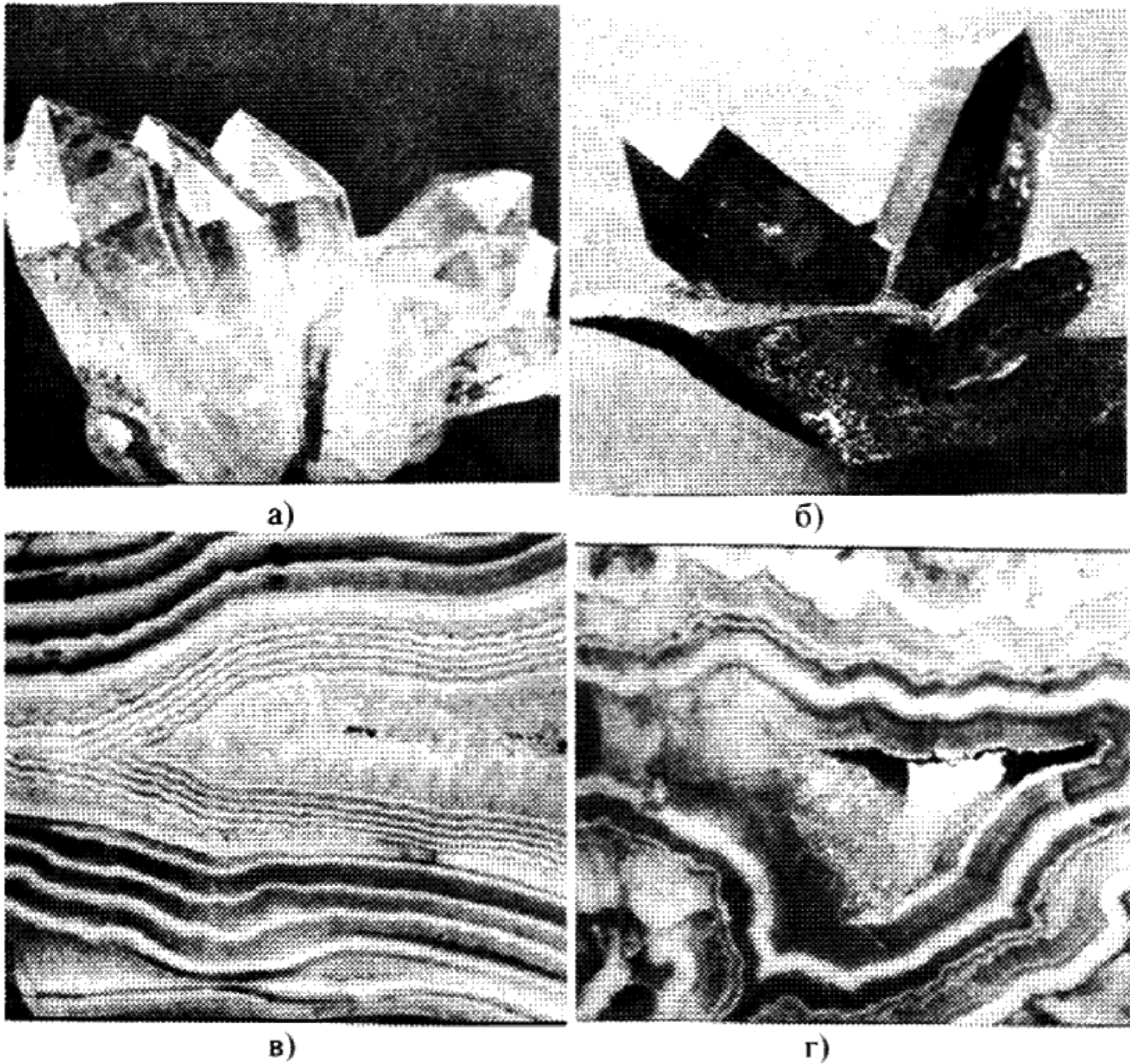


Рис. 4: а) горный хрусталь, б) морион, в) халцедон, г) агат

Магнетит – (FeO_4) или $(FeO * Fe_2O_3)$ часто имеет примесь титана (титаномагнетит) иногда – хрома. Большею частью встречается в сплошных зернистых массах с металлическим блеском. Грани крупных кристаллов часто имеют штриховку. Обладает высокой магнитностью. Главное сырье для выплавки чугуна и стали.

Происхождение эндогенное, связанное с собственно магматическими и метаморфическими процессами. Характерные минералы-спутники: гематит, гранат, серпентин, хромит, пирит, апатит. Применяется как важнейшая железная руда.

Гематит (Fe_2O_3) , или красный железняк, имеет железно-черный или стальной цвет (отличается от магнетита по внешне-

во-красной черте, часто обладает магнитными свойствами). Происхождение чаще всего эндогенное, связанное с метаморфическими и гидротермальными процессами. Иногда образуется в поверхностных условиях как продукт изменения других железосодержащих минералов. Характерными спутниками являются магнетит, лимонит, кварц.

Применяется в черной металлургии как железная руда.

Корунд (Al_2O_3) – из серии драгоценных или полудрагоценных камней: красная разновидность корунда называется *рубином*, синяя – *сапфиром*. Образуется в эндогенных условиях при магматических, пегматитовых и метаморфических процессах. Являясь химически устойчивым минералом, часто устанавливается в россыпях. Применяется в ювелирном деле и как абразивный материал.

Также к этой группе относятся и другие минералы, такие как лимонит, ильменит, хромит.

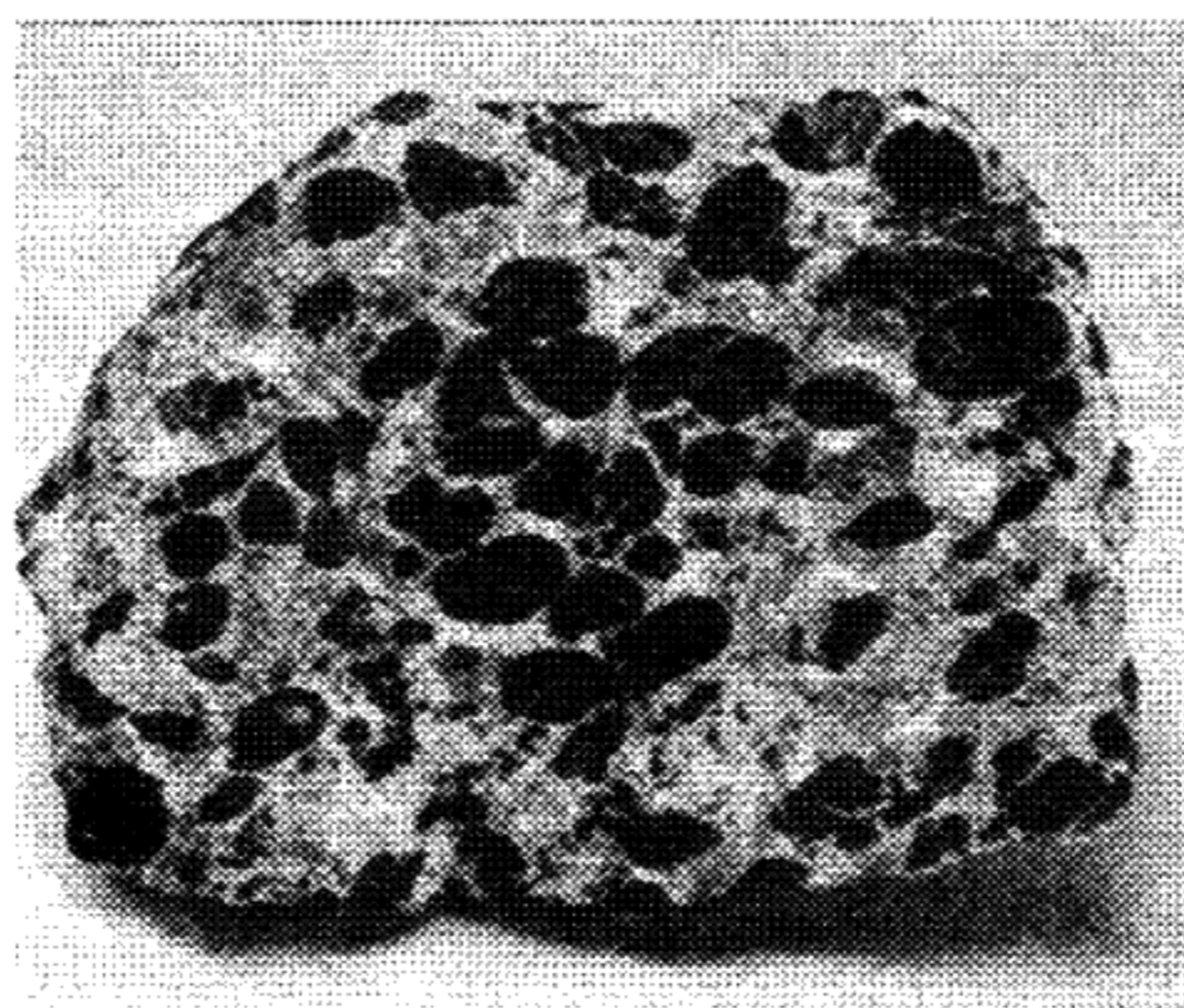


Рис. 5. Хромит

2.4.4. Галоиды

К этой группе относятся *галит* и *сильвин* – соединения соответственно натрия и калия с хлором, а также соединения кальция с фтором – *флюорит*. Как правило, это минералы со светлыми тонами окраски, невысокой твердостью, стеклянным или близким к нему блеском.

Галит (NaCl) (соленая соль, синоним – каменная соль). Отдельные кристаллы имеют форму кубов. Чаще встречается в виде зернистых агрегатов, может образовывать налеты, корочки. Чистый галит – бесцветный или белый, хорошо растворяется в воде. Происхождение обычно экзогенное, он является типичным химическим осадком морских и озерных водоемов, где встречается вместе с сильвином, карналлитом, гипсом, ангидритом.

Применяется в пищевой и химической промышленности для получения хлора, натрия и их производных.

Сильвин (KCl) (горькая соль) – кристаллическая структура. Обычно (как и галит) встречается в виде сплошных зернистых масс; отличается от галита горьким вкусом. Также образуется в усыхающих лагунах и озерах. Одним из крупнейших в мире месторождением считается Соликамское.

Флюорит (плавиковый шпат)(CaF₂). Встречается в виде зернистых агрегатов, плотных масс, натеков столбчатого строения. Цвет, в зависимости от содержания в минерале примесей, различный – фиолетовый, зеленый, желтоватый, красный; иногда бесцветен. Наиболее характерны фиолетовые и зеленые тона, при этом окраска может меняться в пределах одного образца. Происхождение в основном гидротермальное.

Применяется в химической промышленности для получения соединений фтора, в оптике, в металлургии для производства легкоплавких шлаков.

2.4.5. Карбонаты

Эта группа минералов имеет очень широкое распространение, особенно в верхней осадочной части земной коры, но встречается и карбонатитовая лава и карбонатитовые интрузивы, в которых наряду с силикатными минералами находятся и карбонаты (кальцит, доломит). Главными минералами карбонатов являются кальцит, магнезит, доломит и сидерит.

Кальцит (известковый шпат)(CaCO₃) – один из самых распространенных минералов из этой группы, вскипает при слабом воздействии HCl. Иногда встречается совершенно прозрачная разновидность кальцита – исландский шпат, являющийся сырьем для оптической промышленности.

Магнезит ($MgCO_3$) и *доломит* ($CaMgCO_3$) используются в химической промышленности в огнеупорах и при изготовлении цементов.

Сидерит (*железный шпат*) ($FeCO_3$) служит рудой для получения качественной стали.

Малахит ($Cu_2CO_3(OH)_2$) – плотные, часто натечные формы густо-зеленого цвета.

2.4.6. Сульфаты

Представлены *гипсом* и реже *ангидритом* – безводным сульфатом кальция, а также *баритом*.

Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) – обычно белые, водяно-прозрачные кристаллы, иногда бесцветные, распознаются по низкой твердости (царапается ногтем) и весьма совершенной спайности. Происхождение гипса в основном осадочное, часто образуется также в зоне выветривания вследствие гидратации ангидрита, а также окисления сульфидов и серы.

При нагревании приобретает вязущие свойства, поэтому используется для изготовления строительных цементов и как материал для лепных работ. Применяется также в медицине, химической промышленности; селенит является красивым поделочным камнем.

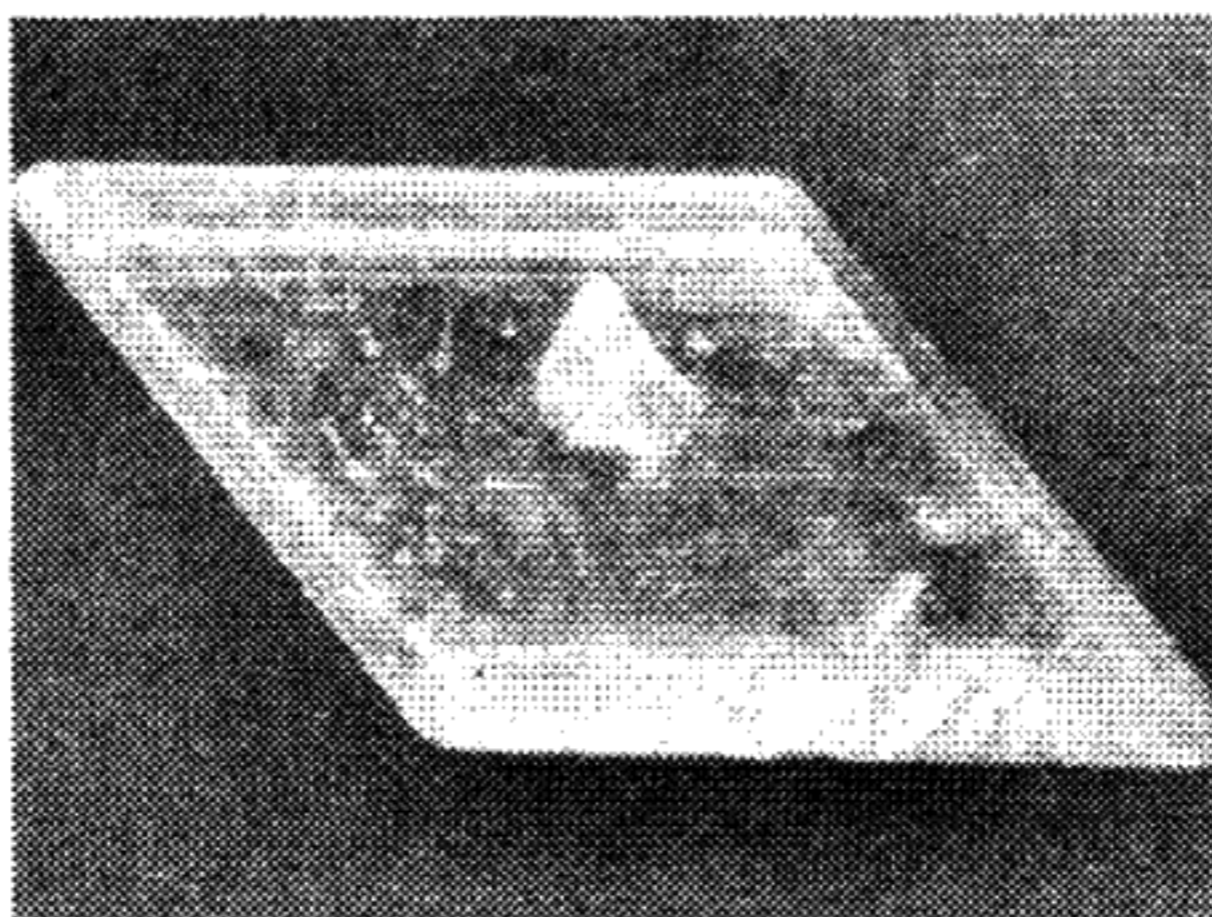


Рис. 6. Кристалл гипса

Барит ($BaSO_4$) (*барос* – тяжесть). Характеризуется крупными водяно-прозрачными или белыми кристаллами с большим

удельным весом, кристаллы имеют совершенную спайность. Образуется в гидротермальных месторождениях. Имеет широкое практическое применение.

2.4.7. Вольфраматы

В эту группу объединены два минерала: *вольфрамит* ($(Mn,Fe)WO_4$) и *шеелит* ($CaWO_4$), имеющие практическое значение как руда на вольфрам. Этот элемент имеет важное значение при получении высококачественных сталей, а также сверхтвердых сталей и нитей для изготовления электроламп.

2.4.8. Фосфаты

Из большого количества минералов этой группы наиболее важное значение имеет *апатит* ($Ca_5(F,Cl)(PO_4)_3$), который является наиболее распространенным минералом в изверженных и метаморфических породах.

Применяется в производстве сельскохозяйственных удобрений и в химической промышленности.

Другой минерал этой группы – *фосфорит* – имеет осадочное происхождение, но близок по составу к апатиту. В фосфорите встречаются примеси карбонатного песка и глинистых частиц. Если апатит встречается в виде правильных кристаллов, то фосфорит образует радиальнолучистые и скрытокристаллические конкреции (минеральные образования округлой или эллипсоидной формы).

Применяется в производстве сельскохозяйственных удобрений.

2.4.9. Силикаты

Силикаты составляют более 75 % всей массы земной коры, если сюда добавить 12 % свободного кремнезема (главным образом в виде кварца и опала), то становится ясно, какую роль играет кремний в строении земной коры. Подавляющее число силикатных минералов является основой магматических, метаморфических, метасоматических и даже осадочных пород (исключая карбонаты, фосфаты и углеродные соединения, роль некоторых из них в отдельных случаях преобладающая). Сили-

катные минералы нередко являются главнейшими спутниками многих месторождений полезных ископаемых (Au, Ag, Ni, Co, Cr, Zn, Pb и многих других). А некоторые неметаллические месторождения сплошь состоят из силикатов (полевые шпаты, амфибол, оливин, турмалин, топаз и т. д.). Основополагающими в составе силикатов являются такие химические элементы, как O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti, H.

Природа силикатов наиболее точно определена рентгенометрическими исследованиями, которые позволяют установить тесную связь их структур с химическим составом. Наиболее существенными составляющими силикатов являются ионы Si^{4+} и O^{2-} . На этом основывается вся классификация силикатов, и кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ является основной структурной единицей всего класса силикатов. В алюмосиликатах ион Si^{4+} замещается в некоторых тетраэдрах ионом Al^{3+} . В соответствии с этим все минералы класса силикатов подразделяются на следующие группы: островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, листовые и каркасные.

Островные силикаты

Характеризуются большей твердостью и довольно высокой плотностью (удельным весом). Из наиболее характерных минералов этой группы рассмотрим оливин и гранат.

Оливин $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ – железомagneзиальный силикат зеленого цвета, встречающийся преимущественно в ультраосновных породах. Имеет изоморфный ряд от форстерита (Mg_2SiO_4) до фаялита (Fe_2SiO_4). Происхождение магматическое, оливин является породообразующим минералом ультраосновных и основных пород.

Практическое значение невелико: маложелезистые оливинные породы применяются для изготовления огнеупорных кирпичей, а сравнительно редкий хризолит употребляется в ювелирном деле как драгоценный камень.

Гранат встречается в виде нескольких разновидностей. Наиболее характерные из них:

- альмандин $(\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3)$ – от красно-коричневого до вишнево-красного;
- андрадит $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ – бурый, буровато-зеленый;

- гроссуляр ($\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$) – светло-зеленый;
- пироп ($\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$) – темно-красный.

Происхождение альмандина, андрадита и гроссуляра связано с процессами контактового и регионального метаморфизма, а пироп характерен для магматических пород (кимберлитов).

Применяют прозрачные и красиво окрашенные разновидности гранатов в ювелирном деле как полудрагоценные камни, рядовые гранаты используют в качестве шлифовального абразивного материала.

Кольцевые силикаты

Образованы кольцами из трех, четырех или шести кремнекислородных тетраэдров. Здесь мы кратко рассмотрим берилл и турмалин.

Берилл ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$) – полупрозрачный зеленый минерал, образующий шестигранные призматические кристаллы.

Турмалин ввиду сложного состава имеет и сложную химическую формулу – $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Li}, \text{Al}, \text{Fe}^{2+})_3 (\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Cr})_6 [\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$. Это – сложный бороалюмосиликат. Бывает черного, зеленого, розового и бурого цвета. Некоторые кристаллы турмалина используются как драгоценные камни.

Цепочечные силикаты

Соединены в неправильные цепочки с радикалом $[\text{SiO}_3]^{2-}$. В группу входят моноклинные $(\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6])$ и ромбические $[(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{SiO}_3]$ пироксены. Для пироксенов характерна изометричная форма с ярко выраженной спайностью. Моноклинные пироксены имеют зеленовато-темные цвета, а ромбические – темно-серые.

Ленточные силикаты

Включают в себя большую группу минералов со сложной химической формулой, включающей гидроксильную группу (ОН), объединены общим названием – *амфиболы*, которые, как и пироксены, разделяются на моноклинные и ромбические. Наиболее широкое распространение имеют моноклинные амфиболы, среди которых чаще всего встречаются роговая обманка и минералы группы тремолита-актинолита. Эти минералы от пироксенов отличаются более вытянутыми, часто столбчатыми и игольчатыми кристаллами с занозистыми ограничениями.

Листовые или слоистые силикаты

Также имеют сложную химическую формулу с группой (ОН). Характерной особенностью этой группы минералов является их весьма совершенная спайность. Сюда относится также очень большая группа минералов, наиболее характерными из них являются тальк, серпентин, биотит, мусковит, флогопит и хлорит.

Тальк ($Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$) – наиболее характерный силикат, образуется в приповерхностных условиях с участием воды и углекислоты. Имеет большое практическое значение (парфюмерия, фарфоровая, фармацевтическая промышленность). Используется как огнеупорный и кислотоупорный материал, а также в резиновой, бумажной промышленности и медицине.

Серпентин ($Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$) отличается от талька большим содержанием магния, образуется чаще всего за счет распада оливина и ромбического пироксена; волокнистую разновидность серпентина называют асбестом, используемым для изготовления огнеупорных тканей и прокладок, красиво окрашенные разновидности серпентина применяют как поделочный и облицовочный камень.

Мусковит, биотит и флогопит – минералы, объединяемые в слюды, имеют сложную химическую формулу с переменным содержанием магния, железа и алюминия, также с гидроксильной группой (ОН). Минералы хорошо диагностируются по весьма совершенной спайности и отличаются по цвету. Мусковит почти бесцветен, флогопит окрашен в буровато-коричневые тона, а биотит почти черный.

По условиям образования все слюды связаны с эндогенными высокотемпературными процессами.

Первые два минерала широко используются в электротехнической промышленности.

Хлорит – водный алюмосиликат магния и железа. Встречается в измененных породах, чаще всего в сланцах низкой степени метаморфизма.

Каркасные силикаты

Каркасные силикаты делятся на две большие группы – *полевые шпаты и фельдшпатоиды*. В свою очередь, полевые шпаты разделяются на калиево-натриевые (щелочные) и кальциево-натриевые или плагиоклазы. К фельдшпатоидным относится также большая группа минералов, среди которых наиболее важным является нефелин, как сырье на алюминий.

Калиево-натриевые полевые шпаты составляют большую группу минералов, среди которых большое значение имеет *ортоклаз* ($K(AlSi_3O_8)$) – с желтовато-розовой, иногда мясо-красной окраской. Иногда калиевые полевые шпаты относятся к другой разновидности калиевых полевых шпатов – *микроклину*. Микроклины зеленого цвета называют *амазонитом*.



Рис. 6. Амазонит

Кальциево-натриевые полевые шпаты составляют изоморфный ряд минералов, относящихся к группе плагиоклазов, от альбита ($Na[AlSi_3O_8]$) – к анортиту ($Ca[Al_2Si_2O_8]$). В природе существует шесть членов этого изоморфного ряда:

- альбит – от 0 до 10 % $Ca[Al_2Si_2O_8]$;
- олигоклаз – от 10 до 30 % $Ca[Al_2Si_2O_8]$;
- андезин – от 30 до 50 % $Ca[Al_2Si_2O_8]$;
- лабрадор – от 50 до 70 % $Ca[Al_2Si_2O_8]$;
- битовнит – от 70 до 90 % $Ca[Al_2Si_2O_8]$;
- анортит – от 90 до 100 % $Ca[Al_2Si_2O_8]$.

По внешнему виду плагиоклазы трудно распознаваемы, разве что лабрадор часто иризирует (игра цветов, особенно на солнце по плоскостям спайности). Обычно все эти минералы имеют белый, серый, слегка сиреневатый оттенок, и этим они отличаются от щелочных полевых шпатов, имеющих преимущественно розоватый оттенок.

Фельдшпатоиды по химическому составу очень близки к полевым шпатам, но существенным отличием их от последних является обедненность кремнеземом. Такие минералы могут кристаллизоваться в условиях недонасыщенности расплава кремнеземом. Из этой группы наибольшее значение имеет нефелин.

Нефелин ($Na[AlSiO_4]$) обычно является составной частью щелочных магматических пород – нефелиновых сиенитов–уртитов–ийолитов, часто бесцветный или имеет слегка серовато-зеленый оттенок, блеск – стеклянный, в изломах – жирный. Применяется в химической промышленности, а также является рудой для производства алюминия.

Дистен (кианит) ($Al_2[SiO_4]O$) – двоякосопротивляющийся, т. е. спайность этого минерала различна в двух направлениях (соответственно 4,5 и 6); легко узнается по голубой или синей окраске, неоднородной твердости и нахождению в слюдистых кристаллических сланцах. Этот минерал обычно образуется в процессе метаморфизма богатых глиноземом пород в условиях высоких давлений.

2.4.10. Углеродистые соединения

К таким соединениям можно отнести природный асфальт, озокерит и янтарь.

Асфальт – продукт окисления углеводородов нефти. В его состав входит углерод (80 %), кислород (10 %), водород (10 %). Это почти черная мягкая масса, легко плавится и горит.

Озокерит (горный воск) состоит из 84 % углерода и 16 % водорода. Образуется при охлаждении парафиновой нефти.

Янтарь ($C_{10}H_{16}O$) – ископаемая древесная смола, полупрозрачная, иногда с включениями насекомых, имеет характерный раковистый излом и небольшую твердость (2–2,5).

2.5. Экспрессная диагностика минералов

Известно, что на Земле открыто несколько тысяч минералов, а геологи находят все новые и новые разновидности. Для первоначального изучения в курсе «Общая геология» необходимо было выбрать такой минимум минералов, который бы позволил начинающим исследователям познакомиться с наиболее распространенными рудными минералами, используемыми в практических целях, а также с главнейшими породообразующими минералами, из которых сложена, главным образом, земная кора.

Для привития навыков быстрого определения минерала в лабораторных условиях предлагается соответствующая таблица (табл. 3) из 52 минералов, составленная по предложенной выше классификации с указанием их физических свойств – *твердости, цвета черты минерала, цвета минерала, блеска, излома и спайности*. Эта таблица, помимо краткой характеристики в тексте, и является основным инструментом для определения указанных в ней минералов по соответствующим физическим свойствам. Дополнительно рекомендуется использовать справочник-определитель «Диагностика минералов» [2].

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Что такое минерал?
2. Форма нахождения минералов.
3. Что такое изоморфизм?
4. Физические свойства минерала.
5. Шкала Мооса.
6. Цвет минерала и цвет черты.
7. Спайность и излом.
8. Удельный вес и магнитность.
9. Радиоактивность и другие свойства минералов.
10. Назовите и охарактеризуйте самородные минералы.
11. Сульфиды.
12. Галоиды.
13. Карбонаты.
14. Сульфаты.
15. Фосфаты.
16. Оксиды.
17. Полевые шпаты.
18. Железوماгнезиальные силикаты.

Главнейшие минералы горных пород

№ п	Название минерала	Химическая формула	Физические свойства					
			Твердость	Цвет черты минерала	Цвет минерала	Блеск	Излом, спайность	Особые признаки
Самородные элементы								
1	АЛМАЗ	C	10	Отсутствует	Бесцветный	Алмазный	Совершенная	Самый твердый
2	ГРАФИТ	C	1	Стально-серый	Серый	Металловидный	Весьма совершенная	Самый мягкий
3	СЕРА	S	1,5	Светло-желтый слабый	Желтый	Жирный	Раковистый, землистый	
4	МЕДЬ	Cu	2,5-3	Металлически блестящий	Медно-красный	Металлический	Отсутствует	Лучший электропроводник
Сульфиды								
5	ПИРИТ	FeS ₂	6-6,5	Зеленовато-черный	Соломенно-желтый, золотистый	Сильно-металлический	Раковистый, несовершенная	
6	ХАЛЬКОПИРИТ	CuFeS ₂	3,5-4	Зеленовато-черный	Зеленовато-желтый	Сильно-металлический	Раковистый, несовершенная	
7	ГАЛЕНИТ	PbS	2-3	Серовато-черный	Свинцово-серый	Металлический	Хрупкий, весьма совершенная	Синоним: свинцовый блеск
8	СФАЛЕРИТ	ZnS	3,5	Бурый, коричневатый	От бесцветного до черного	Полуметаллический	Совершенная	
9	КИНОВАРЬ	HgS	2-2,5	Красный	Красный	Алмазный	Совершенная	
10	МОЛИБДЕНИТ	MoS ₂	1	Серый с зеленоватым оттенком	Свинцово-серый	Металлический	Весьма совершенная	Похож на графит

Галоиды

11	ГАЛИТ	NaCl	1,5	Белый	Белый	Стеклянный	Весьма со- вершенная	Соленый на вкус
12	СИЛЬВИН	KCl	1,5-2	Белый	Белый	Стеклянный	Весьма со- вершенная	Горький на вкус
13	ФЛЮОРИТ	CaF ₂	4	Отсутствует	Разнообраз- ный	Стеклянный	Совершенная	

Оксиды

14	КВАРЦ	SiO ₂	7	Отсутствует	Белый, раз- нообразный, серый	Стеклянный	Раковистый, отсутствует	Один из наи- более распро- страненных минералов, в том числе горный хру- сталь, агат, цитрин и др.	
15	АМЕТИСТ		Фиолетовые разновидности кварца						
16	МАРИОН		Кристаллы кварца, окрашенные в темный (дымчатый) цвет						
17	ЯШМА		Плотные кремнистые породы, состоящие из мельчайших зерен кварца						
18	ОПАЛ	SiO ₂ · nH ₂ O	6	Отсутствует	Разнообразный	Стеклан- ный	Несовершен- ная		
19	ГЕМАТИТ	Fe ₂ O ₃	5,5	Вишнево- бурый	От красно- бурого до чер- ного	Металли- ческий	Раковистый, отсутствует		
20	МАГНЕТИТ	Fe ₃ O ₄	5,5-6,5	Черный	Железо-черный	Металли- ческий	Зернистый, несовершен- ная	Обладает сильными магнитными свойствами	
21	ЛИМОНИТ	Fe ₂ O ₃ · nH ₂ O	1-5	Желтовато- бурый	Ржаво-бурый	Матовый	Землистый		
22	ИЛЬМЕНИТ	FeTiO ₃	5-6	Черный	Железо-черный	Полуме- талличе- ский	Несовершен- ная	Слабомагнит- ный	

23	ХРОМИТ	FeCr_2O_3	5,5-7,5	Бурый	Черный	Металлический	Отсутствует	Высокая твердость, бурая черта и черный цвет	
24	КОРУНД	Al_2O_3	9	Отсутствует	Голубоватобурый	Стекланый	Неровный, несовершенная	Не встречается с кварцем	
Карбонаты									
25	КАЛЬЦИТ	CaCO_3	3	Белый	Бесцветный, различные оттенки	Стекланый, перламутровый оттенком	Совершенная	Синоним: известковый шпат	
26	ДОЛОМИТ	CaMgCO_3	3-4	Белый	Бесцветный	Стекланый	Совершенная		
27	СИДЕРИТ	FeCO_3	3	Белый	Серый, бурый	Стекланый	Совершенная		
28	МАЛАХИТ	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	3,5-4	Зеленый	Зеленый	Стекланный до алмазного	Хрупкий, совершенная	Характерная ярко-зеленая окраска	
Сульфаты									
29	БАРИТ	BaSO_4	3-3,5	Преимущественно бесцветный	Белый, иногда голубой, розовый	Стекланый, перламутровый	Совершенная в одном направлении	Характеризуется высоким удельным весом	
30	ГИПС	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	Белый	От белого до разнообразного	Стекланый	Занозистый, весьма совершенная		
Вольфраматы									
31	ВОЛЬФРАМИТ	$(\text{Mn, Fe}) \cdot \text{WO}_4$	4,5-5	Бурый	Буроваточерный	Зеркальный, алмазный	Совершенная	Большой удельный вес (6,7-7,5)	

Фосфаты

32	АПАТИТ	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \cdot \text{F, Cl}$	5	Белый	Зеленый, желтый, белый	Стекланый	Раковистый, несовершенная
----	--------	---	---	-------	------------------------	-----------	---------------------------

Силикаты

33	ОЛИВИН	$(\text{Mg, Fe})_2 \cdot \text{SiO}_4$	5	Отсутствует	Оливково-зеленый, бутылочно-зеленый, бесцветный	Стекланый, с жирным оттенком	Раковистый, несовершенная
34	ГРАНАТ (альмандин)	$\text{Fe}_3\text{Al}_2 \cdot [\text{SiO}_4]_3$	7-7,5	Отсутствует	Темно-красный	Стекланый	Раковистый, несовершенная
35	ТУРМАЛИН	Сложный боросиломинерал	7-7,5	Отсутствует	Буроватый	Стекланый	Занозистый, отсутствует
36	БЕРИЛЛ	$\text{Be}_3\text{Al}_2 \cdot [\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	8	Отсутствует	Зеленоватый, белый, желтый, голубой	Стекланый	Несовершенная
37	Моноклинный	$\text{Ca}(\text{Mg, Fe}) \cdot [\text{Si}_2\text{O}_6]$	5-6	Зеленый	Зеленый	Стекланый	Совершенная
38	Ромбический	$(\text{Mg, Fe})_2 \cdot [\text{Si}_2\text{O}_6]$	5-6	Отсутствует	Зеленый, буровато-зеленый	Стекланый	Совершенная
39	Роговая обманка	$\text{Ca, Mg, Fe, Al}(\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$	5,5-6	Зеленоватый или бурый	Темно-зеленый, зеленый	Шелковистый	Занозистый, совершенная

40	АМФИБОЛ	Актинолит	Ca_2Fe_5 [Si_4O_{11}] $_2$ (OH) $_2$	5,5-6	Отсутствует	Бутылочно-зеленый	Стеклан-ный	Игольчатый, совершенная	
41		Тремолит	Ca, Mg_5 [Si_4O_{11}] $_2$ (OH) $_2$	5,5-6	Отсутствует	Бесцветный	Стеклан-ный	Игольчатый, совершенная	
42		Биотит	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3 \cdot$ [$\text{Si}_3\text{AlO}_{10}$] $\cdot (\text{OH}, \text{F})_2$	2-3	Отсутствует	Черный	Стеклан-ный	Весьма со-вершенная	Характерны легко расщепляющиеся на тонкие пластинки и листочки кристаллы
43	ГРУППА СЮДА	Флогопит	KMg_3 [$\text{Si}_3\text{AlO}_{10}$] (F,OH) $_2$	2-3	Отсутствует	Желтовато-бурый	Стеклан-ный	Весьма со-вершенная	
44		Мусковит	Ka_2 [Si $_3$ AlO $_{10}$] \cdot (OH) $_2$	2-3	Отсутствует	Бесцветный	Стеклан-ный с перламутровым	Весьма со-вершенная	
45	ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ	Плагиоклазы	$\text{CaNa} \cdot$ [Al $_2$ Si $_2$ O $_8$]	6-6,5	Отсутствует	От белого до серого	Стеклан-ный	Совершенная	
46		Ортоклаз	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6-6,5	Отсутствует	Светло-розовый до мясо-красного	Стеклан-ный	Совершенная	

47	НЕФЕЛИН	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	5-6	Отсутствует	Бесцветный, сероватобелый, розовый	Стекланый	Хрупкий, отсутствует	Никогда не встречается с кварцем
48	ДИСТЕН	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	4,5-7	Отсутствует	Голубой, синий	Стекланый	Совершенная	Изменение твердости по разным направлениям
49	ТОПАЗ	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})$	8	Отсутствует	Бесцветный, желтый, разнообразный	Стекланый	Совершенная	
50	ТАЛЬК	$\text{Mg}_3(\text{OH})_2 \cdot [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	1	Белый	От белого до разнообразного	Жирный	Весьма совершенная	Один из самых мягких минералов
51	СЕРПЕНТИН	$\text{Mg}_6(\text{OH})_2 \cdot [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	3-4	Белый	Обычно светло-зеленый, зеленый	Жирный, восковой	Весьма совершенная	
52	ХЛОРИТ	$(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	2-2,5	Светло-зеленый, светлый	Зеленый	Стекланый с перламутровым	Весьма совершенная	

3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГОРНЫХ ПОРОД

В настоящее время *горными породами* считаются природные минеральные агрегаты, слагающие самостоятельные геологические тела в виде вулканических потоков и покровов, интрузивных залежей, осадочных и метаморфических толщ. Некоторые горные породы (мрамор, гранит и другие) сами представляют собой *полезные ископаемые*; в других случаях в горных породах могут содержаться полезные компоненты (золото, алмаз, уголь, неметаллическое сырьё). В состав всех горных пород входит довольно ограниченный ряд весьма распространённых химических элементов, таких как Si, O, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H, которые образуют главнейшие оксидные соединения: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , H_2O . Все другие элементы и составляющие оксиды встречаются в весьма ограниченном количестве (обычно сотые и менее доли процентов). Минеральный состав, слагающий ту или иную породу, определяется в процентах. В природе существует более 2000 минералов. Однако только небольшая их часть (30–40) входит в состав наиболее распространённых разновидностей горных пород: кварц, полевой шпат, карбонаты (кальцит и доломит), слюды, пироксены, амфиболы, оливин, хлорит, эпидот, гранат, дистен, нефелин. Такие минералы принято называть *породообразующими*.

Все породообразующие минералы подразделяются на *главные* (которых более 10 % в породе) и *второстепенные* (5–10 %). Кроме того, выделяются также *рудные* (обычно 0,1–1 %) и *акцессорные* минералы. Последних содержится обычно не более 1 %, но они являются характерными для данного вида пород, как, например, апатит для диорита, ильменит для габбро или хромит для дунита. По содержанию окрашенных (цветных) или неокрашенных (бесцветных) минералов все породы подразделяются на *лейко-*, *мезо-*, и *меланократовые* разновидности. *Лейкократовые* – это обычно светлые породы, такие, как граниты; *мезократовые* – состоят примерно на 50 % из темноцветных (пироксен, амфибол) и на 50 % из бесцветных минералов (габб-

ро); *меланократовые* – породы, в которых бесцветных минералов находится не более 20 % (плагиоперидотит).

Породы, нацело состоящие из темноцветных минералов, называют *голомеланократовыми* (бесполевошпатовыми). К ним относятся перидотит или дунит.

Существуют такие понятия, как *структура* и *текстура*. Структура определяется совокупностью признаков внутреннего строения породы, обусловленного размерами, формой и взаимоотношением между составляющими породу минералами; текстура зависит от пространственного распределения минеральных агрегатов.

Все породы по происхождению и условиям залегания подразделяются на три большие группы: *магматические, осадочные и метаморфические*.

Магматические породы образуются в результате застывания природных глубинных магматических расплавов (магмы). В подавляющем большинстве магма имеет силикатный состав и застывает либо на поверхности Земли в виде излияния лавы, либо внутри Земли (образование интрузивных тел и межпластовых залежей).

Осадочные породы возникают на поверхности Земли в водной или воздушной среде из продуктов разрушения уже сформировавшихся ранее других пород, в том числе, и магматических. Часть осадочных пород также образуется в результате химического осаждения (каменная соль).

Метаморфические породы образуются в результате интенсивного преобразования осадочных и магматических пород под действием высоких температур и давлений, при обязательном участии флюидов, таких, как вода и углекислота. Такие преобразования происходят в твёрдом состоянии и без изменения химического состава. При воздействии на породы флюидов, содержащих кремний, кислород, серу и другие, также при высокой температуре и давлении, образуются *метасоматические породы*. При метаморфизме породы изменяется, прежде всего, их структура и текстура, состав не изменяется (изохимический

метаморфизм). При метасоматозе изменяется и состав породы, иногда полностью.

3.1. Магматические горные породы

Основными классификационными признаками магматической породы являются химический и минеральный состав, а также условия ее залегания. По химическому составу главным признаком разделения магматических пород является кремнезём, щелочи и глинозём. По содержанию кремнезёма все породы делятся на 4 группы – кислые, средние, основные и ультраосновные. По содержанию щелочей породы делятся на нормальные, субщелочные (повышенной щёлочности) и щелочные. Магматические породы с высоким содержанием глинозёма называются высокоглинозёмистыми. По содержанию кремнезёма в магматических (изверженных) породах их можно сгруппировать в простейшую таблицу.

Помимо вхождения SiO_2 в основные породообразующие минералы (полевые шпаты, слюды, амфиболы и т. д.) этот оксид может образовывать самостоятельный минерал – кварц. Если содержание кварца в породе до 5 %, порода называется «кварцсодержащей», до 10 % – прибавляется определяемое слово «кварцевый...», а свыше 10 % – породу следует относить к группе кислых пород (гранодиориты и граниты). Для пород щелочного ряда характерно высокое содержание калиевого (щелочного) полевого шпата. Типично щелочные породы, где сумма $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 7\%$, характеризуются присутствием в них нефелина. В таких породах кварц никогда не встречается, потому что такой магматический расплав недосыщен кремнезёмом и последний идёт во время кристаллизации только на построение таких силикатов, как щелочные пироксены и амфиболы, полевые шпаты и нефелин. Надёжным показателем кислотности-основности является состав плагиоклазов (кислые плагиоклазы – альбит, олигоклаз – характеризуют кислые породы, средний плагиоклаз – андезин – средние породы, а основные плагиоклазы – лабрадор – битовнит и анортит – основные и ультраосновные породы).

По условиям залегания все магматические породы делятся на интрузивные и эффузивные. Интрузивные породы, застывающие на больших глубинах (обычно более 5 км), называют *абиссальными*, а малоглубинные (несколько сот метров или первые км) – *гипабиссальными*. Глубинные интрузивные породы характеризуются крупными (от нескольких мм до см и более) кристаллами породообразующих минералов, тогда как малоглубинные – обычно мелкокристаллические (мелкозернистые), а излившиеся – часто скрытокристаллические (базальты) и даже стекловатые (вулканическое кислое стекло – обсидиан).

При изучении магматической горной породы, в первую очередь, определяются ее процентный минеральный состав, форма (*идиоморфные* минералы – с хорошей огранкой, *ксеноморфные* – не имеющие формы) и размер кристаллов. Затем отдельно определяются количество темноцветных и бесцветных минералов и их соотношение, т. е. устанавливается их *лейкократовость*, *меланократовость*. Необходимо определить также текстурно-структурную особенность. По структуре визуально породы делятся на *скрытокристаллические*, *мелкокристаллические* или *мелкозернистые* (размер кристаллов < 0,5 мм), *среднезернистые* (от 1 мм и более), *неравномернозернистые*.

При описании магматической породы в первую очередь устанавливается характер залегания. Скрытокристаллическое строение породы указывает на эффузивные условия ее залегания. При этом отдельно описываются как порфиоровые вкрапления, так и основная масса. Описываются также характерные признаки породы: шлиры, мелкие прожилки, наложенные процессы. Последние иногда связаны с повсеместным слабым изменением (посветлением или помутнением некоторых кристаллов). Породы, имеющие свежий облик, обычно называют *кайнотипными*, а подверженные различным изменениям – *палеотипными*.

Простейшая классификация магматических пород

Условия залегания	Минеральный состав (главные породообразующие минералы)	Кислые ($\text{SiO}_2 > 65\%$)		Средние ($\text{SiO}_2 - 65-52\%$)		Основные ($\text{SiO}_2 - 52-44\%$)		Щелочные ($\text{SiO}_2 - 52-65\%$)		Ультраосновные щелочные ($\text{SiO}_2 < 44\%$)	
		Полевые шпаты и плагиоклазы		Плагиоклазы		Пироксенные роговая обманка, оливин		Щелочные пироксен, щелочная роговая обманка		Ультраосновные щелочные ($\text{SiO}_2 < 44\%$)	
Интрузивные	Полнокристаллические, равнозернистые	С кварцем		Без кварца		Роговая обманка, биотит, пироксен		Нефелин, щелочной пироксен, щелочная роговая обманка		Пироксены, оливин	
		С кварцем		Без кварца		Роговая обманка, биотит, пироксен		Нефелин, щелочной пироксен, щелочная роговая обманка		Пироксены, оливин	
Эффузивные	Скрытокристаллические, порфировые, со стекловатой основной массой	Дацит		Андезит		Базальт, базальтовый коматит		Фонолит		Перидотитовый коматит, пикрит	
		Дацит		Андезит		Базальт, базальтовый коматит		Фонолит		Перидотитовый коматит, пикрит	
Жилые	Мелкозернистые	Аплит (гранит-аплит)		Диорит-аплит		Габбро-пегматит		Нефелиновый сиенит-аплит			
		Аплит (гранит-аплит)		Диорит-аплит		Габбро-пегматит		Нефелиновый сиенит-аплит			
	Гигантозернистые	Пегматиты									
Интрузивные	Полнокристаллические, равнозернистые	Гранит	Гранодиорит	Сиенит	Диорит	Габбро	Нефелиновый сиенит	Нефелиновый сиенит	Пироксенит, перидотит, дунит	Уртит, ийолит, лампроит	
Интрузивные	Неравномерно-кристаллические, порфировидные крупно-, средне- и мелкозернистые	Гранит-порфир	Гранодиорит-порфир	Сиенит-порфир	Диорит-порфир	Долерит, габбро-порфир	Нефелиновый сиенит-порфир	Нефелиновый микросиенит	Пикрит	Кимберлит	
Эффузивные	Скрытокристаллические, порфировые, со стекловатой основной массой	Риолит	Дацит	Трахит	Андезит	Базальт, базальтовый коматит	Фонолит	Перидотитовый коматит, пикрит	Меймечит		
Жилые	Мелкозернистые	Аплит (гранит-аплит)		Сиенит-аплит	Диорит-аплит	Габбро-пегматит	Нефелиновый сиенит-аплит				
	Гигантозернистые	Пегматиты									

Кислые породы. Наиболее типичная интрузивная порода кислого состава представлена гранитом, а эффузивный аналог гранита называется дацитом и риолитом.

Граниты нормального ряда обычно сложены кварцем (около 30 %) и полевым шпатом (около 60 %). Из темноцветных минералов чаще всего встречаются биотит (около 5 %), иногда амфибол или пироксен. Почти всегда присутствует небольшое количество акцессорных минералов (циркон, ортит).

Наиболее распространенной разновидностью гранитов являются биотитовые граниты. Эти породы состоят из 60–65 % полевых шпатов, 30–35 % кварца и около 5 % биотита.

Другой наиболее распространенной разновидностью являются граниты – *рапакиви*, в которых калиево-натриевые полевые шпаты представлены крупными розовыми или мясокрасными овоидами (фенокристаллами), окруженными белыми или мелкими, слегка зеленоватыми, зернами олигоклаза и альбита. Из других разновидностей встречаются *плагиограниты*, *аласкиты*, *гиперстен-биотитовые граниты* и другие. С гранитами тесно связаны гранодиориты (с меньшим количеством кварца). Все эти разновидности кислых интрузивных представителей нередко объединяются общим названием *гранитоиды*.

Дациты и риолиты – эффузивные представители гранитов – обычно сложены стеклом, часто с порфирированными вкрапленниками полевых шпатов и кварца. К стекловатым породам кислого состава относятся обсидиан и пемза. Последняя характеризуется интенсивной пористостью.

В основной массе кислых эффузивов кайнотипного облика нередко отмечается стекло, а вкрапленники сложены водяно-призрачным калиевым шпатом, в палеотипных аналогах таких пород стекло полностью раскристаллизовано. Обычно визуальное определение таких пород весьма затруднительно. В этом случае необходимы детальные микроскопические исследования.

Из жильных пород гранитного ряда следует отметить *пегматиты* и *аплиты*. Пегматиты состоят обычно из крупных кристаллов кварца и полевого шпата. Нередко в них встречаются также крупные, до одного и более метров в поперечнике, кристаллы мусковита и биотита. В редкоземельных пегматитах

встречаются гигантские кристаллы сподумена (редкоземельного пироксена). Иногда в поле развития гранитов встречаются жилы сахаровидного кварца. Эффузивы (дациты и риолиты) кислых пород встречаются гораздо реже, чем интрузивные образования. Последние нередко образуют огромные по площади (более 1000 и даже десятки тысяч км) батолиты. Одним из известных таких батолитов является Баргузинский батолит в Забайкалье.

Средние породы нормального ряда, как указывалось выше, по условиям залегания делятся на диориты (интрузивные) и андезиты (эффузивные).

Диориты состоят из полевого шпата (среднего плагиоклаза — андезина) и амфибола (роговой обманки), иногда пироксена и (или) биотита. Количество темноцветных минералов в этих породах колеблется в пределах 20–30 %, размер кристаллов (обычно идиоморфных) достигает 2–3 мм в поперечнике, редко больше. При наличии кварца (до 5 %) породы называют *кварцсодержащие диориты*. Последние при более высоком содержании кварца переходят в кварцевые диориты и в гранодиориты. Диориты — относительно редкие породы: либо образуют небольшие штоки, либо являются краевой фацией кислых или основных интрузивов.

Андезиты имеют скрытокристаллическую основную массу с порфиоровыми, чаще всего идиоморфными кристаллами полевого шпата (среднего плагиоклаза) или темноцветным амфиболом (роговая обманка). Это — серые породы зеленоватого оттенка.

К средним породам повышенной щелочности (субщелочным) относятся *сиениты* и *трахиты*. Первые от диоритов отличаются тем, что в них полевой шпат вместо среднего плагиоклаза представлен калиевым полевым шпатом, чаще всего микроклином, и в отличие от гранитов, так же, как и диориты, не содержат кварца.

Средними эффузивными породами повышенной щелочности являются *трахиты*, имеющие, так же, как и андезиты, лейкократовый облик с порфиоровыми выделениями, представленными чаще всего калиевым полевым шпатом (санидином).

Существенные щелочные породы среднего состава ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 7\%$) представлены интрузивными породами – нефелиновыми сиенитами и эффузивными аналогами – фонолитами. Внешне они мало чем отличаются от сиенитов и трахитов, но в интрузивных породах встречается нефелин и никогда не бывает кварца. Темноцветные минералы представлены щелочными пироксенами и амфиболами.

Основные породы, особенно эффузивные аналоги (базальты), имеют более широкое распространение в земной коре, чем эффузивы кислого состава. Многие ныне существующие вулканы и в настоящее время изливают базальтовую лаву (Камчатка).

К основным интрузивным породам относятся *габбро*, *нориты*, *лабрадориты* (анортозиты). Почти все эти породы имеют крупнокристаллическое строение и темную окраску. Главными пороодообразующими минералами в них являются темноцветные минералы – моноклинный и (или) ромбический пироксен, иногда оливин и полевой шпат – плагиоклаз (лабрадор). Количество темноцветных минералов колеблется в широких пределах. В отдельных разновидностях темноцветные минералы отсутствуют, и порода нацело состоит из плагиоклаза (лабрадорит или анортозит). Характерным признаком таких пород является иризация плагиоклазов, заключающаяся в свечении минерала при его повороте (особенно при солнечном свете) чистым синим цветом.

Эффузивными представителями основных пород являются *базальты*. Это породы темного или темно-серого цвета, скрытокристаллического сложения, нередко с порфирированными выделениями идиоморфных кристаллов пироксена или оливина. Порода более раскристаллизована, чем, к примеру, дациты или риолиты. Иногда в базальтах встречаются мелкие и даже крупные (до 2 мм в поперечнике) обособленные оливины. В других случаях оливин образует равномерные мелкие округлые включения среди слабо раскристаллизованной массы.

Жильные и дайковые аналоги основных пород представлены *долеритами* и *диабазами*. Долериты – кайнотипные аналоги основных пород, а диабазы – палеотипные. Типичным примером широкого распространения базальтов в Восточной Сибири

является Тункинская долина, верховье бассейна р. Витим, хр. Удокан и др. Широко развиты основные эффузивные и дайковые породы на Сибирской платформе в виде сложного комплекса пород под названием *трапповая формация*.

Ультраосновные породы имеют наименьшее распространение среди других магматических пород (меньше 1 % всех изверженных пород), но они несут главную информацию о составе мантии. Эти породы обычно не содержат полевых шпатов и состоят почти нацело из пироксенов и оливина, а акцессорные минералы в них представлены хромитом и магнетитом. Обычно это темные, темно-зеленые зернистые породы. Главными разновидностями из них являются *дуниты* и *перидотиты*, сложенные буровато-зеленым оливином, моноклинным и ромбическим пироксеном, и в небольших количествах (обычно менее 1 %) в них встречается хромит. Дунит – мономинеральная оливиновая порода, в строении которой принимают участие оливин, моноклинный и ромбический пироксен. Из других разновидностей следует отметить *оливиниты*, состоящие из оливина (90 %), но вместо хлорита в них находится магнетит. Иногда встречаются разновидности, также сплошь состоящие из пироксенов, – *пироксениты* (такие породы называют основными ультрамафитами, т. к. по содержанию SiO_2 они могут относиться к породам основного ряда).

К *ультраосновным породам* также относятся *кимберлиты*, в состав которых входят оливин, пироксен, хромдиопсид, серпентин, кальцит, пироп. Такие породы образуются в трубках взрыва (кимберлитовые трубки) и часто содержат обломки вмещающих пород. Замечательной особенностью кимберлитов является наличие в них алмазов.

Излившимися аналогами ультраосновных пород являются *пикриты* и *коматииты*, которые встречаются крайне редко.

Ультраосновные щелочные породы обычно представлены также дунитами, оливинитами и перидотитами, но они всегда встречаются вместе со щелочными породами, такими как *ийолиты*, *уртиты* и *карбонатиты*. Эффузивными аналогами ультраосновных щелочных пород являются меймечиты.

Пирокластические породы образуются в результате выброса в атмосферу огромного количества раскаленных обломков вулканического происхождения в виде песка и пепла, которые, падая на землю, смешиваются с осадочными породами речного и морского происхождения. Наиболее распространенными рыхлыми породами этой группы являются *вулканический пепел*, *вулканический песок*, мелкие камни (*лапилли*), вулканические бомбы размером от десятков сантиметров до нескольких метров в поперечнике. Не успевшие остыть крупные вулканические обломки при возвращении на землю спекаются с рыхлым материалом земли, образуя так называемые *игнимбриты*.

Форма залегания магматических пород зависит от способа внедрения – *эффузивного* (излияния лав на поверхность земли) или *интрузивного* (застывания магмы в земной коре).

Эффузивные породы образуются на земной поверхности и, как правило, сразу же подвергаются интенсивному разрушению. Наиболее характерными формами кислых эффузивов являются *иглы*, а базальты встречаются в виде *потоков* и *покровов*. Остатки вулканических аппаратов принято называть *жерловинами* или *некками*.

Интрузивные породы характеризуются рвущими или секущими контактами с вмещающими их толщами и образуют *батолиты*, *штоки*, *диатеры*, *дайки*, а также согласно залегающие с вмещающими образованиями тела (*пластовые залежи* и *силлы*, *лакколиты* и *лополиты*). Наиболее широкое распространение среди кислых интрузивных пород имеют батолиты, которые распространяются на больших площадях (в 1000 и более км²). Для интрузивных пород характерно при их внедрении контактовое изменение вмещающих пород. Небольшие интрузивные тела образуют штоки, свойственные для относительно небольших интрузивов *габброидов*. Силлы и дайки обычно образуют *гипабиссальные* (приповерхностные) тела (породы *трапповой формации* на Сибирской платформе).

3.2. Осадочные горные породы

Название определяет их образование – из осадка. Обычно осадки накапливаются в водной среде – в озерах, реках, морях и океанах, а также в воздушной – пустыни и полупустыни при переносе вещества воздушными массами. Вода и воздух – основа возникновения осадочных пород. По способу образования они делятся на: обломочные, органогенные и хемогенные, а также пирокластические. Последние были рассмотрены выше, так как большую роль в их образовании играет вулканическая деятельность.

При возникновении осадочной горной породы большое значение имеет состав осадков и степень перерождения (*диагенез*) осадков в горную породу. Основным фактором диагенеза является *дегидратация* (обезвоживание) осадка, перекристаллизация и старение коллоидов; крайне важным для диагенеза является образование цемента в обломочной части, который чаще всего бывает глинистым, кремнистым, карбонатным, железисто-карбонатным, железистым, фосфатным и пр.

Цвет осадков не является определяющим, но вместе с тем часто отражает цвет обломков и тонких взвешенных частиц, образующихся при размыве тех или иных пород. Белыми или светлоокрашенными бывают породы, содержащие карбонаты, галоиды, кремний; коричневые оттенки часто содержат железистый цемент; зеленый цвет чаще всего связан с содержанием в породе глауконита, хлорита, эпидота. Текстура осадочных пород нередко слоистая, реже – пятнистая и массивная. По форме и размеру обломков определяют структуру. Для хемогенных пород свойственна кристаллическая или аморфная структура; в органогенных породах важным признаком породы является наличие раковин, отпечатков растений. По условиям образования осадочные породы подразделяются на *обломочные, органогенные и хемогенные*.

3.2.1. Обломочные горные породы

Обломочные породы классифицируются по размеру обломков и степени их окатанности и разделяются на грубообломочные породы, песчаники, алевролиты и аргиллиты (табл. 5).

Таблица 5

Классификация обломочных пород

Группа пород	Размер обломков, мм	Рыхлые породы		Сцементированные породы	
		Окатанные	Неокатанные	Окатанные	Неокатанные
Грубообломочные (псефиты)	> 200	Валуны	Глыбы	Валунные конгломераты	Глыбовые брекчии
	200–10	Галька	Щебень	Галечные конгломераты	Обломочные брекчии
	10–2	Гравий	Дресва	Гравийный конгломерат	Гравийные брекчии
Песчаные (псаммиты)	2–1 1–0,5 0,5–0,25 0,25–0,10	Пески: грубозернистые крупнозернистые среднезернистые мелкозернистые		Песчаники: грубозернистые крупнозернистые среднезернистые мелкозернистые	
Алевриты	0,1–0,005	Алевриты, лессы		Алевролиты	
Пелиты (переход к хемогенным)	< 0,005	Глины		Аргиллиты	

Грубообломочные породы (*псефиты*) подразделяются на окатанные и неокатанные, а по размерам – на крупнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые. Окатанные обломки характеризуются округлыми или сглаженными поверхностями, а неокатанные всегда бывают остроугольными. Сцементированные крупные окатанные обломки называют *конгломератами*, неокатанные – *брекчиями*. Существуют осадочные брекчии, образо-

ванные в водной среде, и тектонические брекчии, которые образуются в зонах дробления при тектонических нарушениях.

Более мелкие рыхлые образования называются *псаммитами* (размером менее 2 мм). Цементированные псаммиты (пески) называют *песчаниками*. Существуют олигомиктовые песчаники, состоящие из одного или двух минералов, и полимиктовые, состоящие из нескольких минералов.

Более мелкие осадочные частицы (менее 0,1 мм) образуют *алевролиты* (лёссы, супеси, суглинки), которые, как правило, имеют цемент того же состава, что и крупные частицы.

Измельчение минеральных частиц до 0,01 мм приводит к образованию *пелитов*. Такие мелкие частицы обычно находятся во взвешенном состоянии и лишь при определенных условиях обретают способность слипаться, т. е. происходит коагуляция коллоидов. Такая пластическая масса, образующаяся в водной среде, при высыхании затвердевает, а при обжиге приобретает твердость камня.

Особый тип пород представляют белые глины (каолины), образующиеся при выветривании богатых полевыми шпатами пород.

При выветривании высокоглиноземных пород образуются бокситы, представляющие собой довольно плотные, часто окрашенные в красные, реже – серые, тона образования, состоящие преимущественно из оксидов алюминия. Бокситы в настоящее время являются хорошим сырьем для производства алюминия. В пределах Восточной Сибири существует Боксонское месторождение бокситов в Восточном Саяне (верховье р. Ока).

3.2.2. Органогенные и хемогенные породы

Такие породы образуются в водной и воздушной среде, как в результате жизнедеятельности организмов, так и в результате химических реакций, а иногда и тех и других процессов вместе. Поэтому и рассматриваются такие породы вместе. Среди них выделяются карбонатные, кремнистые, сернокислые и галогенные, железистые, фосфатные и углеродные образования.

Карбонатные породы среди этого типа являются, пожалуй, самыми распространенными и состоят, прежде всего, из

кальцита, часто с примесью глины и песка. По содержанию примесей различают *глинистые известняки* (глины < 20 %), *известковистые мергели* (> 20 %), *мергели* (30–50 %), *известковистые глины* (> 50 % глинистого вещества). При увеличении в карбонатной породе песка её называют *песчанистым известняком* или *известковистым песчаником*. По структуре различают плотные, афанитовые, скрытокристаллические и кристаллические известняки. По происхождению известняки разделяются на органогенные и хемогенные. Органогенные известняки хорошо диагностируются по остаткам раковин моллюсков, скелетов других организмов. Существуют коралловые известняки, ракушняки. Хемогенные (химические) известняки встречаются в виде скрытокристаллических масс и оолитов (концентрически округлых включений).

Переотложение кальцита в термальных минеральных источниках ведет к образованию *травертинов* – плотной скрытокристаллической породы карбонатного состава.

Среди карбонатных пород широкое распространение имеют мергели – плотные породы с раковым изломом, неровным сколом. На HCl бурно реагируют.

Доломиты чаще всего встречаются вместе с известняками. Отличить их можно только по действию на них разбавленной HCl (доломиты вскипают только в порошке).

Кремнистые породы, состоящие преимущественно из кремнезема, могут иметь как органическое, так и неорганическое происхождение. Из этих пород следует выделить *диатомиты*, *трепела*, *опоки* и *яшмы*.

Диатомиты представляют собой скопления микроскопических скелетов диатомовых водорослей, состоящих из опала. Это белые и светло-желтые пористые породы, часто похожие на мел, но в отличие от последнего не реагируют на HCl.

Трепелы мало чем внешне отличаются от диатомитов, но имеют коллоидно-химическое происхождение и состоят из скорлупок и мельчайших зернышек опала.

Опоки также состоят из опала, с примесью остатков мелких организмов радиолярий, спикул губок, панцирей диатомей.

К кремнистым породам относятся *яшмы*, состоящие из кремнезема в виде скрытокристаллического кварца или халцедона. Считается, что яшмы образуются в результате накопления кремнистого вещества вулканического происхождения. Яшма имеет красный, красно-бурый, зеленый цвет, нередко полосчатый.

Сернокислые и галогенные образования различаются по химическому составу, но такие породы близки по условиям образования. Среди этих пород наиболее распространенными являются отложения каменной соли (*галит*), *гипс* и *ангидрит*.

Галит представляет собой зернистокристаллическую или сливную массу, окрашенную от почти бесцветного до темно-серого цвета. Хорошо растворяется в воде, имеет соленый вкус.

Гипс встречается в виде зернистокристаллических масс. Чистый гипс – снежно-белый, желтый или розоватый, но, в зависимости от примесей, имеет самую различную окраску. Гипс легко распознается по низкой твердости.

Ангидрит – плотная серая или голубовато-серая порода с твердостью до 3,5. При гидратации переходит в гипс.

Железистые породы представлены оксидами железа, карбоната и сульфидов. Среди них различают оолитовые железные руды, представляющие собой скопления оолитов лимонита, часто обогащенных марганцем; в эту же группу входят *сидерит* и *марказит*.

Фосфатные породы представлены фосфоритами, состоящими преимущественно из фосфата кальция и аморфного вещества в виде глин или песка. В зависимости от примесей они представлены либо в виде песчаников, либо имеют афанитовую структуру и гладкий ровный излом. Фосфориты окрашены преимущественно в темные тона. Для фосфоритов характерен чесночный запах. Часто встречаются в виде конкреций, реже – слагают пласты или конгломератообразные образования с желваками фосфоритов в песчаном субстрате. Иногда в них встречаются остатки организмов. Фосфориты с высоким содержанием P_2O_5 являются ценной рудой на фосфор.

В группу *углеродистых образований* также входят органические и хемогенные породы. Наиболее широкое распространение среди пород этой группы имеют *торфы*, *угли*, *горючие сланцы*, *битумы* и *нефть*.

Торф – это бурый или черный, не до конца разложившийся растительный материал, иногда обугленный, обогащенный органическими кислотами. Это рыхлая, легко режущаяся порода, образуется в болотных условиях.

Уголь – растительный материал, подвергшийся химическим процессам углефикации, в результате которых органическое вещество постепенно теряло кислород и водород, обогащаясь углеродом: растительный материал (50 % C) → торф → бурый уголь (около 70 % C) → каменный уголь (82 % C) → антрацит (95 % C). *Бурый уголь* отличается от *каменного угля* окраской, но имеет также стеклянный блеск и раковистый излом, а *каменный уголь* имеет жирный блеск, с черной чертой.

Антрацит отличается от *каменного угля* большей твердостью, ярким, почти металлическим блеском, неровным изломом и не пачкает руки как *каменный* и *бурый* угли.

Горючие сланцы горят коптящим пламенем с выделением густого дыма и запаха битума; в состав горючих сланцев входят прослойки илов.

Битумы представляют собой нефть и летучие горючие вещества. Образуются в условиях ограниченного доступа кислорода. Битуминозные породы характеризуются рассеянным вкраплением в горные породы. Обычно это темные породы, имеющие запах битума при ударе молотком. Определяются по реакции с хлороформом: на тонкой бумаге после реакции остается жирное пятно.

Нефть – это жидкость светло-желтого (легкие нефти) до коричнево-черного (тяжелые разновидности) цвета, со специфическим запахом битума и масляным блеском. Незначительные количества нефти, попавшие на поверхность воды, образуют радужные пленки. Залежи нефти образуются в пористых и трещиноватых породах, которые играют роль коллекторов.

Существует гипотеза не только органического, но и неорганического происхождения нефти. В последнее время не исключают взаимосвязь происхождения нефти за счет транспортировки углеводородов из глубинных частей Земли в верхние ее осадочные толщи.

3.3. **Метаморфические горные породы**

Метаморфическими породами называют такие породы, которые возникли на определенных глубинах в земной коре под воздействием температуры и давления и при обязательном участии таких флюидов, как вода (H_2O) и углекислота (CO_2). При изменении температуры и давления нарушается термодинамический баланс, а воздействие на измененные породы воды и углекислоты ведет к изменению первоначальной структуры и текстуры пород.

Метаморфизм и метасоматоз. Эти два понятия в общем случае относятся также к первоначальному изменению пород. Однако обычные метаморфические процессы происходят без изменения химического состава пород (изменяется только структура). Такой процесс называют *изохимическим*. В отличие от обычного метаморфизма при метасоматических процессах происходит первоначальное изменение химического состава. В этом случае, помимо изменения давления и температуры, а также воздействия на породы воды и углекислоты, происходит интенсивный привнос или вынос других флюидов, таких, как кремнезем, щелочи, магний, железо и другие компоненты. В этом случае изменяется первоначальный состав породы, которая принципиально отличается от обычной метаморфической породы. Метасоматические породы обычно полностью или частично теряют свой первоначальный химический состав.

По условиям образования различают несколько типов метаморфизма, среди которых наиболее распространенными являются: региональный, контактовый, динамометаморфизм, ультраметаморфизм.

Региональный метаморфизм имеет наиболее широкое распространение. В результате такого метаморфизма преобразуются как породы осадочного, так и изверженного происхождения, причем в самых различных интервалах давлений и температур. При этом возникают определенные виды метаморфических пород, которые по мере увеличения температуры и давления претерпевают закономерное изменение структуры и текстуры. При этом формируются определенные ряды пород, представляющие последовательные этапы преобразования исходной породы.

При изменении глинистых пород (аргиллитов) на начальной стадии метаморфизма происходит рассланцевание (в этом случае, помимо регионального метаморфизма, принимает участие и динамометаморфизм). Появляются тонкослоистые текстуры, в глинистом материале на первых ступенях регионального метаморфизма возникают обособления кварца и хлорита, образуются хлоритовые сланцы. При метаморфизме пород с содержанием углистого материала образуются углистые сланцы. Обычно такие породы легко раскалываются по сланцеватости на тонкие пластины, и их часто называют *кровельными сланцами*.

Дальнейшее изменение породы ведет к образованию *филлитов*. Это уже полнокристаллическая порода, но также с тонкосланцеватой или игольчатой текстурами. В их составе появляются мельчайшие листочки серицита (мелкого мусковита). По мере повышения температуры и давления филлиты переходят в *кристаллические сланцы*. В этих породах место хлорита и серицита занимают *слюды* (мусковит и биотит). В кристаллических сланцах могут появляться гранат, графит и амфиболы (возникают за счет углистого вещества *филлит*).

Высокая стадия регионального метаморфизма приводит к возникновению гнейсов. Такие породы обладают гнейсовидной или гнейсовидноочковой текстурой. Структура их обычно кристаллическая. В составе гнейсов преобладают полевые шпаты (калишпаты и плагиоклазы), кварц, амфибол, пироксен, гранат, слюды. По составу гнейсы близки к гранитам. Наиболее характерные породы регионального метаморфизма приведены в таблице 6.

Контактовый метаморфизм возникает на контакте магматических пород с вмещающими их толщами. Среди пород контактового метаморфизма выделяют *роговики, узловатые и пятнистые сланцы*.

При контактовом метаморфизме обычно образуются и метасоматические породы. Наиболее типичными из них являются *скарны*. Последние, как правило, образуются на контакте кислых интрузивов с карбонатными толщами. Типичными минералами скарнов являются пироксены, гранат и кальцит. В скарнах нередко образуются рудные минералы, такие, как галенит, сфалерит, пирит, золото и др.

Метаморфические горные породы

Тип метаморфизма	Исходные данные	Ступени метаморфизма		
		Низшая	Средняя	Высшая
Региональный	Глины, граниты, граувакки, базальты, известняки	Глинистые сланцы, филлиты, хлоритовые, тальковые, серицитовые и другие сланцы, мраморизованные известняки, кварцитовидные песчаники	Слюдистые сланцы, эпидотовые амфиболиты, мраморы, кварциты	Гнейсы, гранулиты, мраморы, кварциты
Контактовый	Глинистые и другие сланцы, кварцевые песчаники, граниты, карбонатные породы	Узловатые сланцы	Пятнистые сланцы	Роговики, скарны
Динамометаморфизм	Тектонические брекчии, катаклазиты, миланиты			Бластомиланиты

Динамометаморфизм обычно связан с односторонним давлением и относительно невысокими температурами, которые проявляются в зонах тектонического нарушения земной коры; при этом происходит интенсивное дробление горных пород. В таких зонах образуются *тектонические брекчии* (крупные куски раздробленных пород), *катаклазиты* (более мелкие раздробленные породы) и *милониты*. Последние обычно представлены сильно истертой (до состояния муки (милонит – мука)) породой, возникающей также в зонах дробления. Иногда с такой породой происходит процесс перекристаллизации (при воздействии более высокой температуры и особенно флюидов), и она превращается в *бластомилонит* (*бластез* – рост кристаллов).

Ультраметаморфизм протекает при достаточно высокой температуре и давлении. При ультраметаморфизме происходят интенсивные преобразования пород вплоть до изменения хими-

ческого состава (*гранитизация*). При ультраметаморфизме происходят уже метасоматические процессы.

Пара- и ортопороды. Как уже указывалось, процессы метаморфизма захватывают как изверженные, так и осадочные породы. Метаморфизированные породы, имеющие осадочное происхождение, называют *парапородами*, а измененные магматические породы – *ортопородами*. В соответствии с этим существуют такие понятия, как *парасланцы* и *парагнейсы*, *ортосланцы* и *ортогнейсы*.

Карбонатные породы осадочного происхождения при метаморфизме переходят в *мраморы*, состоящие из кальцита и доломита. Такие породы имеют типично кристаллическую структуру и массивную, реже сланцевую текстуру. Наиболее часто встречаются белый и серый мрамор, но бывает и розовых, зеленых и почти черных тонов. Окраска зависит от субмикроскопических примесей, так называемых хромофоров, атомов некоторых элементов (Fe, Ni, Cr и другие), которые способствуют своим присутствием окрашиванию того или иного минерала.

Существуют и такие породы, как *эклогиты* (состоящие из граната и пироксена), образующиеся за счет метаморфизма основных пород при высокой температуре и очень высоком давлении. Такой процесс характерен только для самых глубинных зон метаморфизма.

Следует также упомянуть такие породы, как *грейзены*, образующиеся за счет гранитизирующих флюидов в верхних частях застывших интрузивов. Такие породы состоят из кварца, мусковита и часто содержат рудные компоненты (обычно золото, касситерит).

Региональный метаморфизм гранитов обычно связан с возникновением толщ гнейсо-гранитов и гнейсов, а при метаморфизме ультраосновных пород происходит возникновение таких пород, как *серпентиниты* (*змеевики*) и *тальковые сланцы*, состоящие из серпентина, талька, тремолита (амфибола) и мелких включений магнезита.

3.4. Определение горных пород

Одной из важнейших задач геолога в полевых условиях является определение породы, так как это необходимо не только для составления геологической карты, но и выявления условий размещения тех или иных месторождений полезных ископаемых.

Для изучения и всестороннего описания геологического обнажения, т. е. коренного выхода горной породы, прежде всего необходимо установить тип породы – изверженная, осадочная или метаморфическая; провести замеры обнажения и, по возможности, определить элементы залегания пород.

Тип породы, ее структура и текстура определяются посредством тщательного изучения свежих поверхностей сколов породы. Затем определяется минеральный состав.

Большинство изверженных пород интрузивного происхождения обычно имеют массивную кристаллическую текстуру, и лишь мрамор из метаморфических пород может обладать такой же текстурой. Значительная часть осадочных пород в обнажении имеют полосчатое строение, обусловленное попеременным чередованием светлых и темных слоев. Породы же метаморфического происхождения обычно обладают сланцеватостью или гнейсовидностью.

К примеру, если порода состоит на 30 % из кварца и на 60 % из полевого шпата, размеры кристаллов которых ограничиваются 3–5 мм², а в качестве темноцветных минералов присутствует небольшое количество биотита (примерно 5 %), и к тому же такая порода имеет массивную текстуру и кристаллическую структуру, то со значительной долей вероятности можно говорить, что мы имеем дело с гранитами. В данном случае необходимо изучить характер залегания пород, их соотношение с другими типами пород. Изучается характер контактовых взаимоотношений и другие особенности.

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Типы горных пород.
2. Общая характеристика магматических пород.

3. Форма залегания магматических пород.
4. Интрузивные и эффузивные горные породы.
5. Кислые породы.
6. Средние породы.
7. Основные породы.
8. Ультраосновные породы.
9. Ультраосновные щелочные породы.
10. Осадочные горные породы.
11. Классификация обломочных пород.
12. Органогенные и хемогенные породы.
13. Карбонатные породы.
14. Галогенные и фосфатные породы.
15. Метаморфические горные породы.
16. Метаморфические породы регионального метаморфизма.
17. Метаморфические породы контактового метаморфизма.
18. Породы динамометаморфизма.
19. Парапороды и ортопороды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее пособие к лабораторным занятиям по курсу «Общая геология» написано авторами на основании многолетних геологических изысканий, как в производственных, так и в научно-исследовательских учреждениях. При этом авторы использовали также и существующую учебную и научную литературу, а также опыт проведения лабораторных занятий на геологическом факультете Иркутского государственного университета в 1999–2007 гг.

Всё это позволило, как полагают авторы настоящего пособия, выбрать для первоначального, более детального изучения наиболее оптимальное количество породообразующих, акцессорных и рудных минералов, а также составляющих их пород и руд магматического, осадочного и метаморфического происхождения.

Авторы надеются, что настоящее пособие будет способствовать более углублённому закреплению лекционного материала по курсу «Общая геология», и уже после окончания первого курса студенты будут знать необходимый минимум пород и минералов, что очень важно перед предстоящей первой учебной геологической практикой.

ВОПРОСЫ ПО КУРСУ

1. Содержание и задачи курса общей геологии.
2. Сущность предмета геологии.
3. Геология и народное хозяйство.
4. Основные этапы развития геологии как науки, ее направления.
5. Земля и космос.
6. Главнейшие космологические гипотезы, астероиды и метеориты.
7. Принцип актуализма.
8. Внешние оболочки Земли. Понятие о экзогенных и эндогенных процессах.
9. Земная кора, литосфера.
10. Внутреннее строение Земли, ее радиус.
11. Плотность, радиоактивность и тепловой режим Земли.
12. Состав поверхности Земли, главнейшие элементы и оксиды (окислы), кристаллы и аморфные тела.
13. Понятие о минералах.
14. Физические свойства минералов.
15. Происхождение минералов.
16. Главнейшие породообразующие минералы.
17. Наиболее распространенные рудные минералы.
18. Принципы классификации минералов.
19. Самородные элементы и сульфиды.
20. Галоиды и оксиды, вольфраматы и фосфаты.
21. Карбонаты и сульфаты.
22. Силикаты.
23. Что такое горная порода? Типы горных пород.
24. Главные породообразующие минералы горных пород.
25. Магматические горные породы.
26. Классификация магматических горных пород.
27. Причины разнообразия магматических горных пород.
28. Понятие о дифференциации, гибридизме, контаминации, ассимиляции.
29. Осадочные породы: общие понятия.
30. Диагенез.

31. Классификация осадочных пород.
32. Метаморфические горные породы. Понятие о метаморфизме.
33. Факторы метаморфизма. Метаморфизм и метасоматоз.
34. Типы (виды) метаморфизма.
35. Породы регионального метаморфизма.
36. Породы контактового метаморфизма.
37. Фации регионального и контактового метаморфизма.
38. Понятие об относительном возрасте горных пород.
39. Понятие об абсолютной геохронологии.
40. Геохронологическая шкала.
41. Жизнь на Земле.
42. Магматизм (плутонизм и вулканизм).
43. Вулканы и их деятельность.
44. Типы вулканов и география их распространения.
45. Интрузивный магматизм.
46. Форма интрузивных тел.
47. Понятие о тектонике. Связь тектоники с другими науками.
48. Представление о геологических структурах. Первичная и вторичная форма залегания пород. Слой, пласт, складка.
49. Колебательные движения (волновые, пульсационные). Трансгрессия и регрессия.
50. Деформации пород, типы деформаций.
51. Элементы складки и формы складок.
52. Механизмы формирования складок.
53. Соляная тектоника.
54. Виды разрывных нарушений (сброс, надвиг, сдвиг, горст, грабен).
55. Глубинные разломы.
56. Землетрясения.
57. Понятие о плитной тектонике и плюмах.
58. Действия экзогенных процессов, чем они обусловлены.
59. Физическое и химическое выветривание.
60. Кора выветривания, условия ее образования и практическая значимость.
61. Аллювий, элювий, делювий.
62. Почвы и почвообразовательные процессы.

63. Деятельность ветра, типы ветров, дефляция плоскостная и бороздовая.
64. Транспортирующая и аккумулярующая деятельность ветра.
65. Деятельность текучих вод, круговорот воды в природе.
66. Эрозия. Базис эрозии.
67. Речная эрозия и ее виды.
68. Долины рек. Террасы.
69. Классификация подземных вод.
70. Безнапорные воды. Напорные подземные воды. Типы источников.
71. Карст и суффозия.
72. Ледники и типы ледников.
73. Деятельность ледников и ледниковые формы рельефа.
74. Морены.
75. Многолетняя (вечная) мерзлота, ее разрез; солифлюкция, гидролакколиты.
76. Работа моря, абразия, морские течения.
77. Приливы и отливы, их роль в народном хозяйстве.
78. Условия и скорость накопления морских осадков.
79. Осадки малых глубин.
80. Осадки средних глубин.
81. Глубоководные осадки.
82. Геологическая деятельность озер и болот.
83. Составные части каменных углей. Условия накопления торфа и каменного угля.
84. Основы структурной геологии, ее задачи и методы.
85. Геологическое картирование.
86. Методы геологической съемки.
87. Виды геологических съемок.
88. Геологический отчет.
89. Геология и экология.
90. Рекультивация.
91. Природные мероприятия при геолого-поисковых работах.

Рекомендуемая литература

1. *Бетехтин А. А.* Минералогия / А. А. Бетехтин. – М. : Гос. изд-во геолог. лит., 1950. – 956 с.
2. *Буланов В. А.* Диагностика минералов / В. А. Буланов, А. И. Сизых. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1991. – 248 с.
3. Курс общей геологии / В. И. Серпухов [и др.]. – Л. : Недра, 1976. – 535 с.
4. Геологический словарь : в 2 т. – М. : Недра, 1978. – Т. 1. – 487 с.; Т. 2. – 456 с.
5. *Грудинин М. И.* Общая геология : учеб. пособие / М. И. Грудинин, А. Н. Парыгина. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2003. – 67 с.
6. *Короновский Н. В.* Геология : учебник / Н. В. Короновский, Н. А. Ясиманов. – 3-е изд. – М. : Издат. центр «Академия», 2006. – 448 с.
7. Пособие к лабораторным занятиям по курсу общей геологии / В. Н. Павлинов [и др.]. – М. : Недра, 1970. – 192 с.
8. Общая геология / под ред. А. К. Соколовского. – М. : КДУ, 2006. – Т. 1. – 448 с.
9. Общая геология / под ред. А. К. Соколовского. – М. : КДУ, 2006. – Т. 2. – 202 с.
10. International Union of Geological Sciences Chairman of the International Commission on Stratigraphy (ICS) – 2000.

Учебное пособие

**Грудинин Мефодий Иванович,
Рафиенко Виктория Викторовна**

ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

*Редактор Г. А. Никифорова
Дизайн обложки: М. Г. Яскин
Верстка: И. В. Карташова-Никитина*

Темплан 2007. Поз. 115.

Подписано в печать 26.12.07. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 2,7. Тираж 200. Заказ 2.

Издательство Иркутского государственного университета
664003, Иркутск, бульвар Гагарина, 36; тел. (3952) 24-14-36