

Министерство образования и науки Российской Федерации

Московский государственный университет
геодезии и картографии

А.Т. Зверев

Минералы и горные породы

Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области геодезии
и фотограмметрии в качестве учебно-методического пособия для
студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки 21.03.03 – Геодезия и дистанционное зондирование с при-
своением квалификации (степени) бакалавр; 21.05.01 – Прикладная
геодезия с присвоением квалификации инженер-геодезист

Москва
2015

Рецензенты:

кандидат технических наук **С.М. Попов** (МИИГАиК);
кандидат геолого-минералогических наук **О.В. Кононов** (МГУ)

А.Т. Зверев

Минералы и горные породы: учебно-методическое пособие. — М.: МИИГАиК, 2015, –32 с.

Методические указания к лабораторным работам по курсу «Геоморфология с основами геологии» написаны в соответствии с утверждённой учебной программой курсов, рекомендована кафедрой космического мониторинга и утверждены к изданию редакционно - издательской комиссией факультета прикладной космонавтики. Содержат четыре раздела: минералы, горные породы, инженерно - геологические классификации горных пород и роль горных пород в рельефообразовании, в которых рассмотрены принципы классификации, основные физические свойства, химический и минералогический состав и происхождение минералов и горных пород.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки геодезия и дистанционное зондирование (бакалавр) и прикладная геодезия (инженер-геодезист)

Электронная версия учебно-методического пособия размещена на сайте библиотеки МИИГАиК <http://library.miigaik.ru>

Введение

Минералы и горные породы изучаются в разделе курса «Геоморфология с основами геологии», посвященном вещественному составу земной коры. Теоретический материал излагается в лекциях, а изучение главных минералов и горных пород земной коры производится на практических занятиях, на которых студенты изучают классификацию и основные свойства минералов и горных пород и учатся распознавать их по этим свойствам.

Изучение минералов и горных пород необходимо начинать с знакомства с теоретическими разделами методических указаний. Лишь после этого можно приступать к изучению минералов и горных пород при помощи таблиц, помещенных в указаниях, и учебных коллекций. Целесообразно законспектировать принципы классификации, основные физические свойства, химический и минералогический состав и происхождение минералов и горных пород.

В процессе изучения минералов и горных пород студенты сдают два зачёта (или выполняют две контрольные работы): один — по минералам, другой — по горным породам. Каждый из зачетов предусматривает описание пяти контрольных образцов. В описании должна быть отражена вся информация по характеристике минералов и горных пород, имеющаяся в таблицах и тексте.

Примеры описания минералов и горных пород

1. Кварц, относится к классу оксидов, формула SiO_2 цвет белый, блеск на гранях стеклянный, на изломе жирный, плотность средняя, излом раковистый, спайность весьма несовершенная, черта белая, твердость 7, встречается в виде отдельных кристаллов и сплошных кристаллических масс. Происхождение может иметь магматическое, пневматолитовое, гидротермальное, метаморфическое или метасоматическое, характерные свойства – отсутствие спайности, высокая твердость.

2. Гранит—магматическая глубинная горная порода, относится к классу кислых пород (содержание оксида кремния 65–75 %), цвет светло-серый, структура полнокристаллическая, главные породообразующие минералы – ортоклаз и кварц, второстепенные минералы – биотит и роговая обманка.

3. Галечниковый конгломерат — осадочная горная порода, относится к классу обломочных пород, цвет серо-бурый, размер обломков 1–3 см,

обломки окатаны и сцементированы, в обломках — базальты, мрамор и кремнистые породы, имеет морское происхождение.

4. Тальковые сланцы — метаморфическая горная порода, сланцеватая текстура, состоит из талька, образованы при низкотемпературном метаморфизме ультраосновных магматических пород.

1. МИНЕРАЛЫ

Минералы — это твердые природные тела, характеризующиеся кристаллохимической однородностью. Они слагают горные породы, входят в состав руд. Известно более 2000 минералов, но широкое распространение имеют всего несколько десятков, которые называются породообразующими.

Большинство минералов являются кристаллическими, и лишь немногие — аморфными. Кристаллическое строение выражено в образовании геометрически правильной многогранной формы кристаллов. Кристаллы бывают кубические, призматические, столбчатые, игольчатые, пластинчатые, таблитчатые, листоватые и чешуйчатые. Они могут встречаться как в виде отдельных кристаллов, так и в виде кристаллических скоплений (агрегатов), которые часто имеют вид сплошных зернистых или плотных масс. Кроме этого, наблюдаются различные скопления кристаллов, имеющие следующие названия:

дендриты — ветвящиеся сростки кристаллов, образующиеся при быстрой кристаллизации (например, иней, который представляет собой дендриты льда);

друзы — группа крупных кристаллов, сросшихся основаниями и прикрепленных к общему субстрату;

секреции (жеоды) — щетка кристаллов, выросшая на стенках пустот в горных породах;

конкреции — радиально расположенные кристаллы вокруг какого-либо центра кристаллизации, образующие единое тело округлой формы;

оолиты — концентрическое нарастание минерального вещества вокруг какого-либо центра (песчинки и т.п.);

сталактиты и *сталагмиты* — натечные образования, свисающие в виде сосулек сверху (сталактиты) или растущие снизу (сталагмиты).

Минералы отличаются друг от друга по внешним признакам и физическим свойствам. Это позволяет во многих случаях отличать их друг от друга, не прибегая к тонким кристаллооптическим и химическим методам. К таким диагностическим признакам относятся: цвет в куске, цвет в порошке (цвет черты), блеск, прозрачность, плотность, излом, спайность, твердость и некоторые характерные свойства минералов.

Цвет минерала связан с наличием определенного набора элементов красителей — хромофоров. Минералы могут иметь как один цвет, так и несколько цветов.

Цвет минерала в порошке не всегда сходен с цветом минерала в куске. Для группы минералов (особенно для рудных минералов) это

свойство является диагностическим. На практике для определения цвета минерала в порошке применяют бисквиты (пластинки неглазурованного фарфора), на которых остается след (черта), если по ней провести минералом. Поэтому обычно говорят не цвет минерала в порошке, а *цвет черты* минерала.

Блеск минерала является его характерным физическим свойством. Он зависит от показателя светопреломления и типа минерального агрегата. Различают блеск алмазный, стеклянный, металлический, матовый и др.

Прозрачность минерала определяется его способностью пропускать свет. Различают прозрачные, непрозрачные и просвечивающие по тонкому краю минералы.

Плотность минералов определяется отношением массы к занимаемому объёму. Она изменяется в пределах $0,9 - 23 \text{ г/см}^3$, а для главных породообразующих минералов составляет $2 - 3,5 \text{ г/см}^3$. Минералы по плотности условно разделены на четыре группы: легкие (менее $2,5 \text{ г/см}^3$), средние ($2,5 - 4,0 \text{ г/см}^3$), тяжёлые ($4,0 - 6,0 \text{ г/см}^3$) и очень тяжёлые (более 6 г/см^3).

Излом образуется при раскалывании кристалла. Он бывает раковинистый, неровный, занозистый, землистый и т.д.

Спайность — это свойство кристалла раскалываться по плоскостям, параллельным действительным или возможным граням. В зависимости от резкости проявления данного свойства различают спайность весьма совершенную (кристаллы легко расщепляются по определенному направлению на листочки или пластинки), совершенную (кристаллы при раскалывании ограничены зеркальными поверхностями спайности), среднюю (при раскалывании кристалла образуются как ровные, так и шероховатые поверхности), несовершенную (плоскость спайности образуется очень редко) и весьма несовершенную (спайность отсутствует).

Твёрдость минерала зависит от химического состава и строения кристаллической решетки. Она определяется по относительной шкале твердости (шкала Мооса), включающей 10 минералов — тальк, гипс, кальцит, флюорит, апатит, ортоклаз, кварц, топаз, корунд, алмаз. Порядок расположения эталонных минералов в шкале соответствует возрастанию их твердости на единицу. Для определения твердости исследуемого минерала его сравнивают по твердости с эталонным минералом при помощи царапания их друг о друга. Таким образом подбирается эталонный минерал, близкий по твердости к исследуемому.

Характерные свойства, т.е. свойства, присущие одному или строго ограниченному числу минералов, являются хорошим диагностическим признаком. Они нередко позволяют быстро определить минерал. К таким свойствам могут относиться яркий цвет, блеск, прозрачность, форма,

спайность, вкус, запах, взаимодействие с соляной кислотой и т.п.

В зависимости от происхождения (*генезиса*) выделяют следующие группы минералов:

магматические — образуются при кристаллизации магмы;

вулканические — образуются при кристаллизации лавы и при осаждении из вулканических паров и газов (экзгаляций);

гидротермальные — образуются из горячих водных растворов;

пневматолитовые — образуются из горячих газовых растворов;

метаморфические — образуются в недрах планеты за счет других минералов, оказавшихся в физико-химических условиях, отличных от первоначальных условий их образования;

метасоматические — образуются при химическом замещении других минералов;

хемогенные (химические, гидрохимические) — образуются при осаждении в водной среде;

органогенные — образуются при участии бактерий или представляют собой скопления скелетов (раковин) различных животных и растений;

гипергенные — образуются при химическом выветривании на поверхности.

В зависимости от химического состава все минералы разделены на классы, из которых на лабораторных занятиях изучаются следующие:

1. *Самородные элементы*, состоящие из одного химического элемента. Известно около 45 минералов данного класса (золото, платина, сера, графит и др.), которые составляют по весу 0,1% земной коры;

2. *Сульфиды* — соединения металлов с серой, образующие ряд важнейших руд на медь, свинец, цинк и т.д. Данный класс объединяет около 200 минералов и составляет по весу 0,25 % земной коры;

3. *Галогены* — соли галоидоводородных кислот. В этот класс входит около 100 минералов;

4. *Оксиды и гидроксиды* — соединения различных химических элементов с кислородом (оксиды) и гидроксильной группой ОН (гидроксиды). К данному классу относятся около 200 минералов, которые составляют по весу 17 % земной коры;

5. *Карбонаты* — соли угольной кислоты. В класс карбонатов входит около 80 минералов, составляющих по весу 1,7 % земной коры;

6. *Сульфаты* — соли серной кислоты. Класс объединяет 260 минералов, составляющих по весу 0,1 % земной коры;

7. *Фосфаты* — соли фосфорной кислоты. К фосфатам относятся около 350 минералов, составляющих по весу 1 % земной коры;

8. *Силикаты* — солеобразные химические соединения, имеющие в

основе кристаллической решетки кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$, соединённый с другими химическими элементами. В тетраэдре часть ионов кремния может замещаться ионами алюминия. В подобном случае минералы называются алюмосиликатами. К классу силикатов относятся до 800 минералов, составляющих по весу 75–85 % земной коры. К нему относятся наиболее распространенные в коре породообразующие минералы.

Самый представительный класс минералов — силикаты, он делится на более дробные группы по типу кристаллической решётки, обусловленному характером сочленения между собой кремнекислородных тетраэдров. По данному признаку среди силикатов различают: островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, слоистые (листовые) и каркасные. К островным силикатам относится оливин, к кольцевым — берилл. Цепочечные силикаты имеют более сложное строение — в них тетраэдры соединены в непрерывные цепочки. К ним относятся минералы группы пироксенов, одним из представителей которой является авгит. К ленточным силикатам относится группа амфиболов с очень сложным и меняющимся химическим составом. Представителем данной группы является роговая обманка. Группа слоистых (листовых) силикатов объединяет минералы, кристаллическая структура которых обусловлена сцеплением лент в виде одного непрерывного слоя (мусковит, биотит, хлорит, тальк, серпентин и т.д.).

Наиболее важными для земной коры силикатами являются каркасные силикаты, в которых кремнекислородные тетраэдры сцеплены через все четыре вершины и создают каркас. К ним относятся кварц и группа полевых шпатов. Кварц по химическому составу относится к оксидам. Группа полевых шпатов составляет по весу свыше 50 % земной коры. Она подразделяется на *калиево-натровые полевые шпаты*, в которых калия содержится больше, чем натрия, и *известково-натровые* или *плаггиоклазы*, в которых натрия содержится больше, чем калия. К первым относится ортоклаз, ко вторым относится непрерывный ряд минералов, в котором происходит постепенное замещение натрия кальцием: альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \rightarrow \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. В щелочных магматических породах, для которых характерно отсутствие или меньшее содержание CaO и относительное увеличение Al_2O_3 по отношению к обычным (нормальным) породам, развиты минералы группы *фельдшпатоидов*. Последние состоят из тех же химических элементов, что и полевые шпаты, но отличаются от них меньшим содержанием оксида кремния (нефелин и др.).

В природе минералы встречаются в строго определенных сочетаниях

— *парагенезах (парагенезисах)*. Это обусловлено тем, что в конкретных физико-химических условиях, имеющихся в недрах или на поверхности планеты, могут возникать лишь определенные химические соединения (т.е. минералы). Это обстоятельство значительно облегчает диагностику минералов, т.е. определив один или несколько минералов, можно заранее предполагать, какие минералы в данной минеральной ассоциации еще могут встретиться. Примером являются следующие парагенезисы: кварц – золото; ортоклаз – кварц – мусковит; сфалерит – геленит – халькопирит – серебряные руды и т.д.

Наряду с парагенезисами имеются так называемые запрещенные (или отрицательные) парагенезисы, т.е. не наблюдаемое в природе совместное нахождение каких-либо минералов. Например, никогда вместе не встречаются оливин и кварц. Это обусловлено тем, что оливин образуется в условиях недонасыщенности магмы оксидом кремния, а кварц — в условиях перенасыщения.

Основные свойства минералов приведены в табл. 1.

Основные свойства минералов

Таблица 1

№ п/п	Название и химический состав	Цвет	Блеск	Плотность, г/см ³	Излом и характер спайности	Черта	Твердость	Форма нахождения в природе	Происхождение	Применение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Самородные элементы										
1	Графит С	Стально - серый до черного	Металлический, маговый	2,1–2,3	Излом ровный. Сп. весьма совершенная	Черная, блестящая	1–2	Листоватые, чешуйчатые и землистые массы	Магматическое, метаморфическое	Радиоэлектроника
2	Сера S	Различные оттенки жёлтого	На изломе жирный, на гранях алмазный	2–2,1	Излом раковистый. Сп. несовершенная	Серно - желтая, соломенно - желтая	2	Огдельные кристаллы, сростки, плотные землистые массы	Органогенное, вулканическое	Химическая, промышленность
Сульфиды										
3	Галенит (свинцовый блеск) PbS	Синевато - серый	Металлический	7,2–7,6	Сп. совершенная	Серая, черноватая	2,5–3	Кристаллы, зернистые плотные массы	Гидротермальное	Руда на свинец

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	Пирит (серный колчедан) FeS_2	Латуноно - жёлтый, золотисто - жёлтый	Металлический	5,0 – 5,2	Излом раковистый. Сп. несовершенная	Зеленоватого - серая	6 – 6,5	Мелкокристаллические и отдельные кристаллы	Гидротермальное, магматическое, вулканическое, хемогенное	Химическая промышленность
5	Халькопирит (медный колчедан) CuFeS_2	Латуноно - жёлтый с зеленым оттенком	Металлический	4,1 – 4,3	Излом неровный, раковистый. Сп. несовершенная	Зеленоватого - черная	3,5 – 4	Кристаллы редкие, чаще в виде плотных масс	Магматическое, пневматолитовое, гидротермальное	Руда на медь
Галогены										
6	Галит NaCl	Бесцветный, красный, жёлтый, синий	Стеклянный	2,2 – 2,3	Сп. совершенная	Белая	2,5	Кристаллы, зернистые или плотные массы	Хемогенное, вулканическое (из фумарол)	Пищевая и химическая промышленность
7	Сильвин KCl	Бесцветный, молочно - белый, темно - красный, розовый.	Стеклянный	1,97 – 1,99	Сп. совершенная	Белая	1,5 – 2	Кристаллы плотные, зернистые массы	Гидрохимическое, вулканическое	Калийное удобрение

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	Флюорит (плави- ко- вый шпат) CaF ₂	Редко бесцветный, чаще окрашенный в различные цвета	Стеклан- ный	3,1–3,2	Сп. совершенная	Белая, бесцвет- ная	4	Кристаллы, плотные массы	Гидротер- мальное, пневматоли- товое	Химическая промышлен- ность, радиоэлек- троника
Оксиды и гидроксиды										
9	Кварц SiO ₂	Бесцветный и окрашенный	На гранях стеклян- ный, на изломе жирный	2,52 и 2,65	Излом раковистый, неровный. Сп. весьма несовершен- ная	Белая	7	Отдельные кристаллы дрозны, сплошные массы	Магматичес- кое, пневмато- литовое, гидро- термальное, метасомати- ческое	Радиоэлек- троника
10	Халцедон SiO ₂	Разные цвета	Стеклан- ный, матовый			Белая	7	Агрегаты почковидные и др.	Хемогенное	
11	Кремень SiO ₂	От желто - серого до черного	Матовый		Излом раковистый Сп. весьма несовершен- ная	Белая	7	Желваки, конкреции, скрыто крис- таллические массы	Хемогенное, химическое выветривание	
12	Корунд Al ₂ O ₃	Белый, синий, розовый, черный	Стеклан- ный	3,9	Излом раковистый, заноизистый. Сп. весьма несовершен- ная	Белая	9	Отдельные кристаллы и мелкокрис- таллические плотные массы	Магматичес- кое, метамор- фическое, метасомати- ческое	Абразивный материал

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	Магнетит (магнитный железняк) Fe_3O_4	Черный	Металлический	4,9 – 5,2	Излом раковистый. Сп. весьма несовершенная	Черная	5,5	Плотные массы, зернистые вкрапления	Магматическое, метаморфическое, железометасоматическое	Руда на железо
14	Гематит (красный железняк) Fe_2O_3	Темносерый, в окисленном виде бурокрасный	Металлический, полуметаллический	5,3	Излом чешуйчатый. Сп. весьма несовершенная	Вишнево-красная, бурокрасная	6,5	Пластинчатые кристаллы, землистые массы, скорлуповатые оолитовые скопления, конкреции	Пневматолитовое, гидротермальное, вулканическое, метаморфическое	Руда на железо
15	Лимонит (бурый железняк) $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	Бурый, черный, охристый жёлтый	Стекловидный шелковистый, жирный матовый	3,3 – 3,9	Излом раковистый	Жёлтая, ржаво-бурая	1,5 – 5,5	Землистые сплошные массы, оолитовые и бобовые руды	Химическое выветривание, биохимическое	Бедная руда
Карбонаты										
16	Кальцит (известковый шпат) $Ca[CO_3]$	Разный цвет (чаще белый)	Стекланный, матовый	2,6 – 2,8	Сп. совершенная	Белая, светлосерая	3	Отдельные кристаллы, мелкокристаллические массы	Гидрохимическое, органическое, гидротермальное	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	Доломит $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	Серовато-белый с оттенками	Стекланый	2,8 – 2,95	Сп. совершенная	Белая, светлосерая	3,5 – 4	Крупно- и мелкокристаллические массы	Гидрохимическое, гидротермальное	
18	Малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$	Изумрудно-зеленый, темно-зеленый, зеленоватосерый	Стекланый, шелковистый, матовый	3,9 – 4,1	Излом раковистый. Сп. весьма совершенная	Светло-зелёная	3,5	Плотные, землистые массы почковидные образования	Химическое выветривание медных руд	Поделочный камень
Сульфаты										
19	Ангидрит $\text{Ca}[\text{SO}_4]$	Серый, белый, бледно-синий, фиолетовый, бледно-красный	Стекланый, жирный, перламутровый	2,9 – 3	Сп. совершенная	Белая	3 – 4	Плотные, зернистые, волокнистые агрегаты	Хемогенное	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	Гипс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Белый, красноватый, бесцветный	Стеклянный, перламутровый, шелковистый	2,2—2,4	Сп. совершенная	Белая	2	Зернистые и скрытокристаллические массы, кристаллы и сростки	Хемогенное при гидратации ангидрига	Медицина
Фосфаты										
21	Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}]_2$	Зеленый, серый, бурый, белый	Стеклянный, на изломе жирный	3,2	Излом раковинчатый неровный. Сп. средняя	Белая	5	Отдельные кристаллы, плотные, зернистые сахаровидные массы	Магматическое гидротермальное, метаморфическое	Фосфорное удобрение
С и л и к а т ы										
22	Оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	Бутыльно - зеленый	На изломе жирный	3,3—4,2	Излом раковинчатый. Сп. средняя	Белая	6,5—7	Зернистые массы в основных и ультраосновных породах, реже отдельные кристаллы	Магматическое, метаморфическое	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	Топаз $Al_2[SiO_4](F, OH)_2$	Бесцветные, жёлтый, голубой, зелёный, розовый	Стеклоянный, на изломе жирный	3,52 – 3,57	Излом раковистый, неровный. Сп. средняя	Белая	8	Крупные отдельные кристаллы, плотные, лучистые агрегаты	Магматическое (в пегматитах)	Ювелирная промышленность
24	Авгит $(Ca, Na)(Mg, Fe, Al, Li)[(Si, Al)_2O_6]$	Чёрный, зеленовато-чёрный	Стеклоянный	3,3 – 3,5	Излом раковистый. Сп. средняя	Белая	5 – 6	Отдельные кристаллы, зернистые плотные агрегаты	Магматическое, вулканическое, метаморфическое	
25	Роговая обманка $Ca_2(Mg, Fe, Al)_5(Al, Si)_8O_{22}(OH)_2$	Зеленовато-чёрный, зелёный	Стеклоянный, полуметаллический	3,1 – 3,3	Излом шероховатый. Сп. средняя	Белая	5,5 – 6	Отдельные кристаллы, плотные, столбчатые, зернистые агрегаты	Магматическое, вулканическое, метаморфическое	
26	Тальк $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	Белый, серый, зеленоватый	Стеклоянный, перламутровый	2,7 – 2,8	Излом неровный, занозистый. Сп. весьма совершенная	Белая	1	Плотные, пластинчатые и листоватые агрегаты	Метаморфическое	Медицина, парфюмерия
27	Мусковит (белая калиевая слюда) $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH, F)_2$	Серебристо-белый, желтоватый, бесцветный	Стеклоянный, перламутровый, шелковистый.	2,70 – 3,1	Излом занозистый. Сп. весьма совершенная	Белая	2 – 3	Кристаллы, плотные, чешуйчатые массы	Метаморфическое, метасоматическое	Радиоэлектроника

Окончание табл.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28	Биотит (черная железомagneзиальная слода) $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}][OH, F]_2$	Чёрный, зеленоватобурый	Стеклоянный, металлоидный, перламутровый	3–3,1	Излом занозистый. Сп. весьма совершенная	Белая	2,5–3,0	Кристаллы плотные, листоватые, чешуйчатые массы	Магматическое, метаморфическое, вулканическое	
29	Ортоклаз $K(AlSi_3O_8)$	Розовый, желтоватый, белый, серый	Стеклоянный, перламутровый	2,5–6	Излом раковистый, неровный. Сп. средняя	Белая	6	Отдельные кристаллы, плотные зернистые агрегаты	Магматическое, вулканическое, метаморфическое, гидротермальное	
30	Олигоклаз (группа плагиоклазов)	Зеленоватый, красновато-белый	Стеклоянный, жирный	2,6–6	Излом неровный, раковистый. Сп. средняя	Белая	6	Отдельные кристаллы, зернистые плотные массы	Магматическое, метаморфическое	
31	Лабрадор (группа плагиоклазов)	Белый, бурый, синий	Стеклоянный, черный, перламутровый	2,72	Излом раковистый, неровный. Сп. средняя	Белая	6	Зернистые плотные агрегаты	Магматическое, вулканическое	Отделочный камень

2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горные породы представляют собой природный агрегат одного или нескольких минералов, либо скопление минеральных обломков. Породы, состоящие из одного минерала, называются *мономинеральными* (кварцит, мрамор, тальковые сланцы и т.д.). Породы, состоящие из нескольких минералов, называются *полиминеральными* (граниты, гнейсы, кристаллические сланцы и т.д.). Минералы, входящие в состав и определяющие свойства горных пород, называются *породообразующими*, а второстепенные минералы, присутствующие в породах в незначительном количестве, — *акцессорными*.

Каждая горная порода образуется в строго определенных физико-химических условиях. Важнейшими признаками, характеризующими горные породы, являются структура и текстура. *Структура* — это степень кристалличности, форма, размер и пространственные взаимоотношения зерен минералов или минеральных обломков, слагающих породу. *Текстура* — это особенности расположения и соотношения отдельных участков, слагающих горную породу и характеризующих степень однородности её сложения. Структура и текстура определяются условиями образования горной породы.

По условиям образования (генезису) горные породы делятся на три типа.

1. *Магматические*, образуются в процессе охлаждения и кристаллизации природных силикатных расплавов — магмы или лавы.

2. *Осадочные*, образуются на поверхности литосферы при разрушении любых ранее существовавших пород и последующем механическом или химическом отложении продуктов этого разрушения, а также в результате жизнедеятельности или отмирания организмов.

3. *Метаморфические*, образуются в земной коре из магматических или осадочных горных пород при воздействии на них высоких температур, давлений и глубинных флюидов.

2.1. Магматические горные породы

В зависимости от условий, в которых происходит застывание магмы, магматические породы делятся на две группы: *глубинные (интрузивные)*, которые образуются при застывании магмы, внедрившейся в земную кору, и *излившиеся (эффузивные)*, которые образуются при остывании излившегося на поверхность силикатного расплава (лавы) при вулканическом извержении.

Интрузивные породы делятся на собственно *глубинные (абиссаль-*

ные), застывшие на глубинах 3 км и более, и *полуглубинные (гипабиссальные)*, образовавшиеся при застывании магмы на меньших глубинах. Абиссальным породам свойственна *полнокристаллическая структура* и плотная, массивная текстура. Гипабиссальным породам свойственна *порфировая структура*, представляющая собой вкрапления кристаллов в скрытозернистую массу, и плотная текстура. Иногда в них отмечается мелкозернистая структура.

Эффузивным породам свойственна *скрытокристаллическая структура* (кристаллы различаются только под микроскопом) и пористая текстура. В отдельных случаях в эффузивных породах развивается порфировая структура.

В зависимости от процентного содержания оксида кремния (SiO_2) магматические породы делятся на следующие классы: кислые (65—75 %), средние (52—65 %), основные (40—52 %) и ультраосновные (менее 40 %).

В *кислых породах* преобладают светлые силикаты, из тёмных силикатов могут присутствовать биотит и роговая обманка, избыток оксида кремния (кремнезема) представлен зёрнами кварца.

В *средних породах* также преобладают светлые силикаты, из темных присутствуют биотит, роговая обманка и реже авгит, зерна кварца встречаются очень редко.

В *основных породах* в основном преобладают темные минералы — роговая обманка, лабрадор, авгит. Из светлых силикатов имеется плагиоклаз.

В *ультраосновных породах* встречаются в основном оливин и пироксен (авгит), которые образуются в условиях дефицита кремнезема в магме.

Соотношение темных и светлых силикатов в породе определяет ее окраску: кислые породы — светлые; средние — серые; основные — черные; ультраосновные — черные или темно-зеленые.

Важным показателем является плотность пород, которая увеличивается от кислых (2,5—2,7 г/см³) к ультраосновным (3,2—3,3 г/см³). Плотность пород можно оценить взвешиванием на руке.

Для визуального определения магматических горных пород академик А. П. Павлов, используя их внешние и минералогические признаки, составил таблицу, которая приводится ниже в несколько измененном виде (табл. 2).

В табл.2 не входят следующие породы:

Пегматиты — крупно- и гигантозернистые горные породы. Различают пегматиты, связанные с кислыми, основными и другими полнокристаллическими породами. Пегматиты являются источниками многих полезных ископаемых (слюды, пьезосырья, драгоценных камней, редкоземельных элементов и т.д.).

Химический класс SiO ₂ %	Название	Минеральный состав		Структура	Текстура	Фация	Преобладающие цвета пород
		Породообразующие минералы	Второстепенные минералы				
1	2	3	4	5	6	7	8
Кислые (65 – 75)	Липарит	Ортоклаз, микроклин, кварц*	Плагиоклаз, роговая обманка, биотит, мусковит	Скрытокристаллическая	Пористая	Поверхностная	Светлые, розовые
	Липаритовый порфир			Порфировая	Плотная	Полуглубинная	
	Гранит			Полнокристаллическая		Глубинная	
Средние (52 – 65)	Андезит	Плагиоклаз, роговая обманка	Пироксен, биотит	Скрытокристаллическая	Пористая	Поверхностная	Серые
	Андезитовый порфирит			Порфировая	Плотная	Полуглубинная	
	Диорит			Полнокристаллическая		Глубинная	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Основные (40 — 52)	Базальт	Плагиоклаз, пироксен**	Роговая обманка	Скрытокристал- лическая	Пористая	Поверхностная	Темно- серые, черные
	Диабаз			Порфировая	Плотная		
	Габбро			Полнокристалли- ческая			Глубинная
Ультраос- новные (менее 40)	Пироксе- нит	Пироксен**	Оливин**	Полнокристалли- ческая	Плотная	Глубинная	Черные или темно- зеленые
	Перидо- тит	Пироксен, оливин*					
	Дунит	Оливин*	Пироксен**				

Примечания: * — минералы, обозначенные звездочкой, являются показателем кислотности пород;

** — к группе пироксенов относятся авгит и другие минералы из класса ценных силикатов.

Обсидианы — вулканические стекла, представляющие собой стекловидную породу различного цвета (преобладают черные, серые и бурые цвета, с раковистым изломом. По составу обсидианы чаще кислые, но бывают средние и основные.

Пемзы — пористые, стекловатые породы, возникающие при вулканических извержениях кислых, средних, реже основных, богатых газами лав. Из-за большой пористости плотность пемз очень низкая (менее $1,0 \text{ г/см}^3$, плавают в воде).

Пирокластические породы — возникают в результате вулканических выбросов частиц еще не застывшей лавы и обломков пород, слагающих жерло и кратер вулкана. Различают:

вулканический пепел, размер частиц менее 0,5 мм;

вулканический песок, размер частиц 0,5–2,0 мм;

лапилли, размер частиц 20 – 30 мм;

вулканические бомбы, размер частиц более 30 мм;

вулканический туф, спекшиеся вулканические пепел и песок, содержащие более крупные обломки.

2.2. Осадочные горные породы

Осадочные горные породы по происхождению делятся на четыре группы: *обломочные*, образовавшиеся в результате механического разрушения каких-либо ранее существовавших пород, переноса обломков и накопления их; *хемогенные* (*гидрохимические, химические*), образовавшиеся благодаря выпадению солей из пересыщенных водных растворов; *глинистые*, образовавшиеся при совместном механическом и химическом разрушении каких-либо ранее существовавших пород, переноса продуктов разрушения и их накопления; *органогенные*, образовавшиеся в результате жизнедеятельности организмов или скопления отмерших организмов.

Для большинства осадочных пород характерна слоистая форма залегания. Отдельно слои отличаются друг от друга составом и величиной минеральных зерен, окраской, плотностью сложения и твёрдостью.

Осадочные горные породы могут быть как рыхлыми, так и плотными. Некоторые породы в сухом состоянии плотные, но легко размокают или растворяются в воде. Рыхлые почвы сыпучие, но при соответствующих условиях могут быть превращены в сцементированные.

Обломочные породы

Обломочные породы состоят из обломков горных пород и минералов. Минералогический состав обломков может быть весьма различен и не

является определяющим в наименовании этой группы пород.

Классификация обломочных пород проводится в соответствии с тремя признаками: 1. Размер; 2. Окатанность; 3. Цементированность обломков (табл. 3).

В табл. 3 не вошли следующие породы:

Лёсс — светло-палевая или желто-серая однородная порода, состоящая главным образом из частиц кварца (50 – 90%) и карбоната кальция (15 – 30 %) размером 0,05 – 0,01 мм с примесью глинистых частиц (менее 10 %) и песчаных (2 – 3 %) частиц. Лёсс обладает высокой пористостью (до 59 %), размокает в воде, легко растирается пальцами, даёт бурную реакцию с соляной кислотой.

Т а б л и ц а 3

Обломочные горные породы

Размер обломков, мм	Окатанные		Неокатанные		Структура
	Рыхлые	Цементированные	Рыхлые	Цементированные	
0,01–0,1	Алевриты	Алевролиты	Алевриты	Алевролиты	Пылеватая
0,1–2,0	Пески	Песчаники	Пески	Песчаники	Грубообломочная
2,0–10,0	Гравий	Гравийные конгломераты	Дресва	Брекчия	
10,0–100,0	Галька	Галечниковые конгломераты	Щебень	Брекчия	
Более 100,0	Валуны	Валунные конгломераты	Глыбы	Глыбовая брекчия	

При изучении механического состава почвы принято различать следующие разновидности почв в зависимости от процентного соотношения в ней песка и глины:

песок – глины менее 10 % (песка не более 90 %);

супесь – глины 10–20 % (песка 80–90 %);

легкий суглинок – глины 20–30 %;

средний суглинок – глины 30–40 %;

тяжелый суглинок – глины 40–50 %;

глина - глины более 50 %, при этом нередко различают легкую глину – глины 50–60 %, среднюю глину – глины 60–70% и тяжелую глину – глины более 70 % (песка не менее 30 %).

Глинистые породы

Глинистые породы состоят из частиц (глинистых минералов), являющихся продуктами химического разложения (выветривания) силикатов, и в меньшей мере из обломков размером менее 0,01 мм, которые образовались при механическом их разрушении. Типичные глинистые минералы — каолинит, монтмориллонит, иллит. Цвет глин разнообразный. Во влажном состоянии глина пластична и принимает любую придаваемую ей форму. Глина, состоящая из каолинита, носит название каолина.

Боксит — глинистая порода в виде землистых и реже плотных масс или оолитов, обогащенная гидрооксидами алюминия. Имеет красный, реже серый и другие цвета. Образуется в результате процессов химического выветривания. Является богатой рудой на алюминий.

Хемогенные (гидрохимические) и органогенные породы

При изучении пород органогенного и хемогенного происхождения важно определить минералогический состав. Это дает возможность установить название большинства из них. Для уточнения наименования пород органического происхождения важно определить, в каком виде представлены органические остатки. Породы, состоящие из хорошо сохранившихся окаменелых раковин, имеют *биоморфную* структуру породы, состоящие из обломков скелетов организмов — *детритусовую*. Структура пород химического происхождения, как правило, зернистая.

Группы хемогенных и органогенных пород (табл. 4) по составу обычно делятся на подгруппы: карбонатные, кремнистые, железистые, галоидные, сернокислые и фосфатные.

Особо выделяются *горючие породы*, или *каустобиолиты*.

В табл.4 не вошла горная порода боксит, которая состоит из гидроксидов алюминия и образуется при выветривании алюмосиликатов.

Хемогенные и органогенные горные породы

Название подгрупп	Хемогенные (гидрохимические)	Органогенные	Минералогический состав
Карбонатные	Известняки плотные, оолитовые, натёчные	Известняки коралловые, ракушечники детритусовые Мел	Кальцит
	Доломиты		Доломит
	Мергели	—	Кальцит 50% Глинистые минералы 50%
Кремнистые	Трепела	Опоки Диатомиты	Опал Халцедон
Железистые	Бурые железняки	Бурые железняки	Лимонит
Галоидные	Каменная соль	—	Галит Сильвин
Сернокислые	Гипсы		Гипс
	Ангидриты	—	Ангидрит
Фосфатные	Фосфориты	Фосфориты	Фосфорит
Каустобиолиты		Торф Бурые угли Каменные угли Антрациты Нефть	

2.3. Метаморфические горные породы

Под *метаморфизмом* понимают глубокое изменение и преобразование горных пород, происходящее под воздействием различных эндогенных процессов (изменение температур, давлений, воздействие флюидов и газов). При этом происходят внутренние перегруппировки атомов и молекул минералов магматических и осадочных пород, направленные в сторону образования таких минералов, которые устойчивы в новых условиях. Процессы метаморфизма приводят к перекристаллизации и новообразованию минералов без существенных изменений валового химического состава всей горной породы в целом (изохимические процессы). Образованные таким образом породы называются метаморфическими. В условиях воздействия повышенного давления они обычно имеют сланцеватую текстуру (например, филлиты и тальковые сланцы), а в тех случаях, когда фактор давления незначителен, массивную текстуру

(например, мрамор и кварцит). При высоких температурах и давлении метаморфические породы приобретают полосчатую или очковую текстуру.

Метаморфические породы, образовавшиеся из магматических пород, называются *ортопородами*, а образовавшиеся из осадочных пород — *парапородами*.

Степень метаморфизма горных пород может быть различна. Например, при последовательном увеличении температур и давлений глинистые породы преобразуются сначала в глинистые сланцы, далее в филлиты, затем слюдяные сланцы, кристаллические сланцы и, наконец, гнейсы. Основные разновидности метаморфических горных пород приведены в табл. 5.

Метаморфические горные породы

Исходные породы	Метаморфические породы	Текстура	Минеральный состав
Известняки	Мрамор	Массивная	Кальцит
Глинистые породы	Аргиллиты Глинистые сланцы	Сланцевая	Глинистые минералы, кварц
	Филлиты	-----	Серицит, хлорит, кварц
	Слюдяные сланцы		Мусковит, полевые шпаты
Глинистые и песчаные породы	Кристаллические сланцы	Сланцеватая	Кварц, мусковит, биотит, полевые шпаты Роговая обманка
	Гнейсы (парагнейсы)	Полосчатая, очковая	Кварц, полевые шпаты, мусковит, биотит, роговая обманка
Кварцевые пески	Кварциты	Массивная	Кварц
Кварцевые пески, обогащенные оксидами железа	Железистые кварциты	Массивная, полосчатая	Кварц, магнетит, гематит
Кислые и средние породы	Гнейсы (ортогнейсы)	Полосчатая, очковая	Кварц, полевые шпаты, мусковит, биотит, роговая обманка
Основные породы	Хлоритовые сланцы	Сланцеватая	Хлорит с примесью талька и плагиоклаза
Ультраосновные породы	Тальковые сланцы	Сланцеватая	Тальк с примесью хлорита
Ультраосновные породы	Серпентинит	Массивная развальцованная	Серпентин с прожилками асбеста

3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД

В инженерной геологии существует и применяется на практике и в научных работах большое количество разных классификаций пород. По назначению все существующие классификации подразделяются на общие, частные, отраслевые и региональные.

В инженерной геологии — грунтоведении нужна прежде всего общая классификация горных пород и почв, которая рассматривала бы их как группы, т.е. как объекты инженерно-строительной деятельности человека.

Общая классификация предназначается для объединения всех основных почв и горных пород, встречающихся в природе и имеющих значение для инженерно-строительной практики. Она должна основываться на признаках, дающих наиболее полную инженерно - геологическую характеристику почвам и грунтам. Такими основными признаками являются геологические (возраст, генезис, условия и форма залегания), химико-минералогические (минералогический состав, степень и характер засоления, состав обменных катионов), петрографические (гранулометрический состав, структура, текстура, сцементированность), физическое состояние (степень влажности, выветренности, степень плотности, трещиноватость и др.), стойкость (способность сопротивляться факторам выветривания и растворения), механическая прочность (способность сопротивляться внешним механическим воздействиям, степень и характер деформируемости под нагрузками).

Ф.П.Саварский выделил пять основных групп в общей классификации пород.

Группа А. Твердые компактные «скальные» породы, практически несжимаемые. Прочные. К этой группе относятся массивно-кристаллические магматические, метаморфические и прочно сцементированные осадочные породы.

Группа В. Относительно твердые и компактные породы, «полускальные». Слабо сжимаемые. Довольно прочные — выветрелые трещиноватые породы группы А, слабосцементированные или растворимые в воде осадочные породы.

Группа С. Мягкие породы, связные пластичные глинистые породы. Практически водонепроницаемые. Прочность зависит от степени увлажнения.

Группа Н. Рыхлые несвязные породы, хорошо водопроницаемые — пески, галечники, гравий.

Группа Е. Мягкие рыхлые породы особого состава и состояния —

«слабые». К этой группе относятся торф, насыпные грунты, илы и др.

Описанные группы пород в свою очередь делятся на классы и подклассы, которым даётся подробная инженерно-геологическая характеристика.

4. РОЛЬ ГОРНЫХ ПОРОД В РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИИ

Земная кора сложена горными породами разного генезиса и разнообразного химического и минералогического состава. Эти различия находят отражение в свойствах пород и, как следствие этого, в их устойчивости по отношению к воздействию внешних сил. Различают породы более стойкие и менее стойкие, более податливые и менее податливые. В первом случае обычно имеют в виду стойкость пород по отношению к процессам выветривания, во втором – к воздействию на них текучих вод, ветра и других экзогенных сил.

Различные генетические группы горных пород по-разному реагируют на воздействие внешних сил. Так, осадочные горные породы являются довольно стойкими по отношению к выветриванию, но многие из них весьма податливы к разрушительной работе текучих вод и ветра (лёсс, пески, суглинки, глины, мергели, галечники и т.д.), а магматические и метаморфические породы оказываются стойкими или довольно стойкими по отношению к размыву текучими водами, но сравнительно легко разрушаются под воздействием процессов выветривания. Объясняется это тем, что магматические и метаморфические породы образовались в глубине земли, в определенной термодинамической обстановке и при определённом соотношении химических элементов. Оказавшись на поверхности Земли, они попадают в новые условия, становятся неустойчивыми в этих условиях и под воздействием различных процессов (окисления, гидратации, растворения, гидролиза и др.) начинают разрушаться. Интенсивность разрушения определяется как физико-химическими свойствами пород, так и конкретными физико-химическими (в первую очередь, климатическими) условиями, поскольку в разных климатических зонах характер процессов выветривания и сноса продуктов выветривания имеет свои специфические особенности.

Большое морфологическое значение имеет степень проницаемости горных пород для дождевых и талых вод. Легко проницаемые породы, поглощая воду, способствуют быстрому переводу поверхностного стока в подземный. В результате участки, сложенные легко проницаемыми породами, характеризуются слабым развитием эрозионных форм, а склоны этих форм вследствие незначительного смыва долгое время могут

сохранять большую крутизну. На участках, сложенных слабопроницаемыми породами, создаются благоприятные условия для возникновения и развития эрозионных форм, для выполаживания их склонов. Залегание водоупорных пластов в основаниях крутых склонов долин рек, берегов озёр и морей способствует развитию оползневых процессов и специфического рельефа, свойственного районам развития оползней.

Проницаемость горных пород может быть обусловлена либо их строением (рыхлым — пески, галечники; пористым — известняки-ракушечники, различные туфы, пемза), либо их трещиноватостью (известняки, доломиты, магматические и метаморфические породы). Трещиноватость горных пород, способствуя заложению и развитию эрозионных форм, часто определяет рисунок гидрографической сети в плане.

Громадное морфологическое значение имеет такое свойство горных пород, как растворимость. К числу легко или относительно легко-растворимых пород относятся каменная соль, гипс, известняки, доломиты. В местах широкого развития этих пород формируются особые морфологические комплексы, обусловленные так называемыми карстовыми процессами.

Находит отражение в рельефе и такое свойство горных пород, как просадочность. Этим свойством, выражающимся в уменьшении объёма породы при её намокании, обладают лёссы и лёссовидные суглинки. В результате просадки в областях распространения этих пород обычно образуются неглубокие отрицательные формы рельефа.

Существует целый ряд других свойств, определяющих морфологическое значение пород и степень их устойчивости к воздействию внешних сил. В конечном счёте совокупность физических и химических свойств горных пород приводит к тому, что породы более стойкие образуют, как правило, положительные формы рельефа, менее стойкие — отрицательные.

Оглавление

Введение.....	3
1. Минералы.....	5
2. Горные породы.....	18
2.1. Магматические горные породы.....	18
2.2. Осадочные горные породы.....	22
2.3. Метаморфические горные породы.....	25
3. Инженерно-геологические классификации горных пород.....	28
4. Роль горных пород в рельефообразовании.....	29

Внутривузовское издание

Подписано в печать 29.05.2015. Гарнитура Таймс
Формат 60×90/16 Бумага офсетная
Объем 2 усл. печ. л
Тираж 50 экз. Заказ № 106 Продаже не подлежит

Отпечатано в УПП «Репрография» МИИГАиК