



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Инженерная геология, основания и фундаменты»

Практикум
по выполнению лабораторных работ
по минералогии и петрографии
по дисциплине

«Геология»

Авторы
Гридневский А. В.



Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Методические указания содержат перечень и состав лабораторных работ по минералогии и петрографии, выполняемых в процессе изучения курса «Геология», «Основы минералогии, петрографии и инженерной геологии».

Для студентов очной формы обучения направления 221700.62 «Стандартизация и метрология», 270800.62 «Строительство»

Авторы

к.гео.н., доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Гридневский А.В.



Оглавление

Введение	4
1. Минералы.....	4
1.1. Внешний облик минералов	4
1.2. Окраска минералов	5
1.3. Твердость минералов.....	5
1.4. Спайность и поверхность излома минералов	6
1.5. Другие свойства минералов	6
1.6 Особенности строения силикатов	6
2. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ	16
3. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ	20

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания необходимы студентам, обучающимся обучающимся по специальностям ПСМ, ССП, ТЭТ для ознакомления с основными характеристиками наиболее распространенных в земной коре природных минералов и горных пород, которые наиболее часто применяются в строительном деле.

Описание минералов дается по классам, а горных пород - в соответствии с их происхождением (генезисом).

После изучения минералов студенты знакомятся с основами кристаллографии. Для лабораторных занятий используются коллекции минералов и горных пород, а для кристаллографии - хорошо ограненные кристаллы минералов и макеты кристаллов.

1. МИНЕРАЛЫ

Минерал - это природное неорганическое химическое соединение кристаллической структуры, образующееся на Земле в результате геологических и геохимических процессов.

При этом геологические процессы создают условия (температуру, давление, развитие деформаций, извержение вулканов, изменение ландшафтов и т.п.) для реализации геохимических процессов: взаимодействия химических элементов при формировании минералов и горных пород.

Состав минералов однороден и его можно охарактеризовать химической формулой. Минералы обладают разнообразием свойств, обусловленных различными условиями их образования и кристаллохимическими свойствами. Ниже приводятся наиболее важные признаки минералов.

1.1. Внешний облик минералов

Морфология минералов определяется их внутренним строением. Большинство минералов имеет форму кристаллов. Для каждого минерала характерна определенная форма, что служит главным признаком. Среди минералов встречаются следующие формы:

- изометрические, т.е. равновеликие во всех направлениях (минералы, пирит, кальцит);
- вытянутые в одном направлении - призматические (кварц);
- шестоватые (роговая обманка), волокнистые (асбест);
- плоские формы - листоватые (тальк), чешуйчатые (гра-

фит); пластинчатые (слюда).

Кристаллы одних и тех же минералов, срастаясь друг с другом, образуют **двойники**, например гипс, плагиоклазы. В ряде случаев возникают при взаимном прорастании двух кристаллов (флюорит, пирит).

Минералы могут встречаться в виде сросшихся скопленных кристаллов (**агрегаты минералов**). Так, например, кристаллы гипса агрегируются в виде "розы", глинистые минералы образуют землистые скопления, кристаллы кварца формируют друзы – агрегаты на едином основании.

1.2. Окраска минералов

Цвет минералов зависит от их химического состава. Многие минералы имеют постоянную окраску: малахит-зеленый, пирит – желтый, киноварь – красный. Другие минералы обретают разные цвета за счет примесей. Так, кварц в чистом виде бесцветный и прозрачный (горный хрусталь), из-за примесей же становится дымчатым, желтым, фиолетовым, зеленым, красным. Некоторые минералы имеют разную краску в порошке и в кристалле (гематит темно-серый в куске, вишнево-бурый в порошке, пирит – соломенно-желтый в куске, зеленовато-черный в порошке). Такую особенность минералов называют «цвет черты» определяют нанесением черты на поверхность фарфора.

1.3. Твердость минералов

Твердость минералов - способность сопротивляться внешнему механическому воздействию более прочного тела. В минераловедении и минералогии твердость минералов определяется специальным прибором (склерометром, микропенетрометром). Мерой твердости в этом случае является глубина проникновения в минерал стандартного индентора (пирамиды, полусферы) при фиксированной нагрузке.

В минералогии для определения твердости широко используют шкалу Фридриха Мооса (1824г.). Определение параметра производят сравнением с твердостью десяти эталонных минералов путем царапания. Эталонная коллекция содержит десять минералов, среди которых тальк самый мягкий, а алмаз самый твердый:

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 - тальк, $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]O_8$; | 6 - ортоклаз, $K [Al_3, Si_3$ |
| 2 - гипс, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; | 7 - кварц, SiO_2 ; |

- | | |
|--|--|
| 3 - кальцит, CaCO_3 ; | 8 - топаз, $\text{Al}_2(\text{F, OH})_2[\text{SiO}_4]$; |
| 4 - флюорит, CaF_2 ; | 9 - корунд, Al_2O_3 ; |
| 5 - апатит, $\text{Ca}_5(\text{F, Cl})[\text{PO}_4]_3$; | 10 - алмаз, C. |

Пример. Если определяемый минерал имеет твердость одинаковую с ортоклазом, то она выражается в 6 баллах по шкале Мооса.

1.4. Спайность и поверхность излома минералов

Спайность – это способность некоторых минералов раскалываться по плоскостям кристаллических решеток вдоль наиболее слабых химических связей. Спайность не связана с их внешней формой и является важным диагностическим признаком. По степени совершенства спайность подразделяется на несколько видов: весьма совершенная (слюды), совершенная (кальцит, полевой шпат), средняя (турмалин), несовершенная (фторапатит). Если минерал раскалывается не вдоль плоскости спайности, а по другим направлениям, то образуется поверхность излома с характерным для минерала рельефом: раковистым, занозистым, зернистым, землистым и т.п. При отсутствии спайности, например в кварце, минерал раскалывается в неопределенных направлениях. В таких случаях анализируют морфологию поверхности излома.

1.5. Другие свойства минералов

Минералы обладают рядом специфических свойств – магнитность (минерал магнетит – Fe_3O_4 , ильменит – FeTiO_3 , гематит – Fe_2O_3), растворимость в воде (сильвин – KCl , галит – NaCl), кислотам (доломит – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, кальцит – CaCO_3), вкусом (галит – NaCl – соленый, сильвин – горько-соленый), люминесценцией в ультрафиолетовом свете (шеелит – CaWO_4), термолюминесценцией (кальцит, флюорит, апатит), двойным лучепреломлением (кальцит).

1.6 Особенности строения силикатов

Минералы класса силикатов слагают 90% массы земной коры. Строение силикатов обусловлено формированием групп $[\text{SiO}_4]^{4-}$, в которых ион Si^{4+} окружен четырьмя ионами O^{2-} , расположенными в углах тетраэдра, называемого кремнекислородным. Часть валентностей атомов кислорода остается не задействованной. Фигура тетраэдра является основной структурной единицей всех силикатов. Группа $[\text{SiO}_4]^{4-}$ может находиться в кристалличе-

ской решетке изолированно, или объединяться с помощью ионов или через ковалентные связи кислорода в кольца по 2,3,4 и 6 тетраэдров, ленты, плоскости и трехмерные каркасы (табл.1). Если в кристаллической решетке ионы кремния замещаются алюминием $Si^{4+} \rightarrow Al^{3+}$, то возникший избыточный отрицательный заряд компенсируется ионами K^+ , Na^+ , Ca^{2+} .

Примеры: ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$, анортит $Ca[AlSi_2O_8]$. Примером структуры с одним тетраэдром является оливин – $Mg_2[SiO_4]$; кольцо из шести тетраэдров имеет берилл – $Al_2[Be_3(Si_6O_{18})]$ (Рис.1). Бесконечное повторение группы тетраэдров $[Si_2O_6]^{4-}$ в цепочке можно наблюдать у авгита: $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)[(Al,Si)_2O_6]$. Две связанные цепочки образуют ленты, в которых неограниченно повторяется группа $[Si_4O_{11}]^{6-}$, например у асбеста $Mg_6[Si_4O_{11}](OH)_6 \cdot H_2O$.

К слоистым силикатам относятся слюда биотит $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2$, глинистый минерал каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. В их структуре группа $[Si_4O_{10}]^{4-}$ бесконечно повторяется в плоскости.

У силикатов с непрерывными трёхмерными каркасами все атомы кислорода общие. Такой каркас нейтрален. Радикал $[SiO_2]^0$. Именно такой каркас отвечает структуре кварца. На этом основании его относят не к окислам, а к силикатам. Химическая инертность кварца обеспечивает его высокую устойчивость к разрушению. К каркасным силикатам относятся полевые шпаты. В группировку их каркаса входят четыре тетраэдра. Так, в ортоклазе на четыре катиона (три кремния и один алюминий), приходится восемь атомов кислорода – $K[AlSi_3O_8]$.

Геология

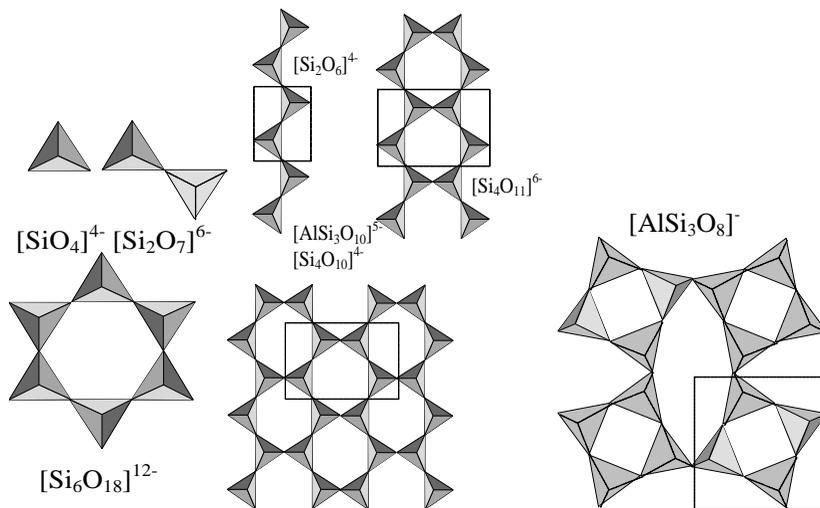


Рис.1 Структуры силикатов

В процессе выполнения работы студенты должны диагностировать минералы по коллекции и описаниям. В таблице 2 дается краткая характеристика минералов по классам и приведено описание наиболее характерных физических свойств, которые чаще всего используются при диагностике минералов.

Таблица 1

Структурные формулы силикатов

Минералы	Структурные формулы	Состав групп	Возможные сочетания кремне-кислородных тетраэдров
Авгит	$(Ca,Na)(Mg,Fe,Al) [(Al,Si)_2O_6]$	цепочка	$Si_2O_6 \rightarrow SiO_3 \rightarrow (Al,Si)_2O_6$
Роговая обманка	$(Ca,Mg)_2(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)_4O_{11}] (OH)_2$	Лента	$Si_4O_{11} \rightarrow (Si,Al)_4O_{11}$
Асбест	$Mg_6[Si_4O_{11}] (OH)_6 \cdot H_2O$		
Мусковит	$KAl_2 [Si_3AlO_{10}] (OH)_2$	слой	$Si_4O_{10} \rightarrow Si_2O_5 \rightarrow Si_3AlO_{10}$
Биотит	$K(Mg,Fe)_3 [Si_3AlO_{10}] (OH)_2$		
Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}] (OH)_2$		
Каолинит	$Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_8$		
Монтмориллонит	$(Al,Mg)_2 [Si_4O_{10}] (OH)_2 \cdot nH_2O$		
Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	каркас	$Si_4O_8 \rightarrow SiO_2 \rightarrow (Al,Si)_3O_8$
Лабрадор (полевой шпат)	$nCa[Al_2Si_2O_8](100-n)Na[AlSi_3O_8]$		

Физические свойства минералов
Таблица 2

Название, химическ. формула	Тверд.	Спайность, излом	Цвет, цвет черты	Блеск	Плотность	Сингония, форма кристаллов	Диагностические признаки	Практическое применение
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Галоиды (галогениды)

Галит, NaCl	2	Совершенная	Бесцветный белый и др. цвета	Стекланный	2,1-2,6	Кубическая. Форма куба	легко растворяется в воде	Пища, сырье для хим. производства
Флюорит, CaF₂ (плавиковый шпат)	4	Совершенная в 4-х направл.; излом ступенчатый	Бесцветн., зеленый, сиреневый, и др.	Стекланный жирный	3-3,2	Кубическая. Форма куба, октаэдра	При слабом нагревании светится в темноте	Металлургия (флюс); хим. сырье ; оптика

Окислы

Кварц, SiO₂	7	Отсутствует, излом раковистый, неровный	Бесцветный, розовый, дымчатый, белый и др.	На изломе стекланный жирный	2,5-2,9	Гексагональные призмы, увенчанные пирамидами	Разновидности: горный хрусталь, аметист, морион, цитрин и др	Оптика, радио-техника, производство стекла и др.
Опал, SiO₂* nH₂O	6	Отсутствует, излом раковистый	Белый, желтый, синий и др.	Восковой тусклый	2,7-2,9	Скрытокристаллический	Аморфный, образует натечные формы	Огнеупорные материалы. Керамика

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гематит, Fe₂O₃	5-6	Спайности нет, излом раковистый	Темно-серый до черного, черта вишневая	Полуметаллический	4,9-5,3	Тригональная. Кристаллы таблитчатые	Сплошные массы, натечные формы	Важная железная руда
Лимонит, Fe₂O₃* nH₂O	2-4	Спайности нет, излом землистый	От желтого до бурого; черта охристая	Тусклый, матовый	3,6-4	Кубики, пентагон - додекаэдры	Скрыто-кристаллический, ржаво-бурый цвет	Железная руда, пигмент для красок

Карбонаты

Кальцит, CaCO₃ (Известковый шпат)	3	Совершенная, излом ступенчатый	Белый, серый, голубой, желтый. Черта белая	Стекланный, перламутровый	2,7	Тригональная. Форма ромбоэдра. Друзы.	Раскалывается на косые параллелепипеды, вскипает в кислоте	В строительной промышленности, в металлургии
Доломит, CaMg(CO₃)₂	3-4	Совершенная, излом ступенчатый, неровный	Белый, желтый, серый. Черта белая	Стекланный	2,8-2,9	Тригональная. Форма ромбоэдра	В порошке вскипает от действия соляной кислоты	Металлургия; огнеупорн. материал; производство цемента

Сульфиды

Пирит, FeS₂	6	Несовершенная, излом неровный до раковистого	Латунно-желтый; черта зеленовато-черная	Металлический	4,9-5,2	Кубическая. Форма кубов	высокая плотность	Сырье для получения серной кислоты
----------------------------------	---	--	---	---------------	---------	-------------------------	-------------------	------------------------------------

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Сульфаты

Гипс CaSO₄ * 2H₂O (Легкий шпат)	2	Совершенная, излом ступенчатый, занозистый, раковистый	Бесцветн., белый, розовый, синеват; черта белая	Стекланный, перламутровый, шелковистый	2,3	моноклинная. Форма таблитчатая	Разновидности: алебастр, селенит	Производство вяжущих матлов; в медицине
Ангидрит, CaSO₄	3	Совершенная, излом ступенчатый	Белый, серый, голубой; черта белая	Стекланный жирный, иногда перламутровый	2,8-3,0	Ромбическая. Форма таблитчатая	Кристаллы встречаются редко	Изготовление спец. цемента; худож. изделия

Фосфаты

Апатит, Ca₅(F,Cl,OH)* [PO₄]₃	5	Спайность несовершенная, излом неровный, раковистый	Бесцветный, белый, зелен., фиолетовый	На гранях – стелянный, в изломе – жирный	3,2	Гексагональная Форма призматическая	Очень хрупкий	Для получения фосфорных удобрений
---	---	---	---------------------------------------	--	-----	-------------------------------------	---------------	-----------------------------------

Силикаты

Оливин, $(\text{Mg,Fe})_2 \text{SiO}_4$	6-7	Излом ра- ковис-тый	Оливково- зеленый, бу- роватый до черного.	Стекланный, жирноватый	3,3- 3,4	Ромбическая. Зернистые мас- сы; редко - кристаллы	Хрупкий	В ювелирном деле; поро- образующий минерал
Асбест, $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$ $(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3	Спайности нет	Белый, се- рый	Шелковистый,	3,2- 3,4	Моноклинная. Волокнистые агрегаты	Легко рас- щепляется на тончайшие нити	Теплоизоля- тор, асбоце- мент.
Роговая об- манка, (груп- па амфиболов) $(\text{Ca,Mg})_2(\text{Mg},$ $\text{Fe,Al})[(\text{Si,Al})_4$ $\text{O}_{11}]_2 \cdot (\text{OH})_2$	6	Совершен- ная под уг- лом 124° , излом не- ровный, ступенча- тый, шеро- ховатый	Темно- зеленый, до черного	Стекланный, в сколах шелко- вистый	3,1- 3,5	Моноклинная; столбчатые	Блеск рого- вистый или шелкови- стый. Тон- чайшая штриховка	Важнейший поро- образующий минерал
Тальк, $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot$ $(\text{OH})_2$	1	Весьма со- вершенная	Белый, жел- товатый, зе- леный; чер- та белая	Блеск жирный, перламутро- вый	2,7- 2,8	Моноклинная, листовая, че- шуйчат.	мыльный на ощупь	Кислото/ огнеупор- ный матери- ал; косметика
Мусковит, $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ $\cdot (\text{OH})_2$	2	Весьма со- вершенная	Бесцветный, желтоватый	Стекланный, перламутро- вый	2,7- 3,1	Моно- клинная, таблитчатая	Хорошо рас- щепляется на листочки	Изоляцион- ный и туго- плавкий ма- териал

Биотит, $K(Mg,Fe)_3$ $[AlSi_3O_{10}]$ $*(OH)_2$	2	Весьма совершенная	Черный, темно-коричневый	Стекланный, перламутров.	2,9-3,1	Моноклинная, таблитчатая	Хорошо расщепляется на листочки	Декоративная добавка к стройматериалам
Каолинит, $Al_4 [Si_4O_{10}]$ $*(OH)_8$	1-2	Весьма совершенная	Белый, желтоватый, сероватый; черта белая	Тусклый, в чешуйках перламутр.	2,6	Моноклинная; кристаллы мелкие	Сильно гигроскопичен, легко растирается пальцами	Изготовление фарфора, керамики
Монтмориллонит $(Na,Ca)_{0,33}(Al, Mg)_2(Si_4O_{10})$ $(OH)_2 \cdot nH_2O$	1-2	Весьма совершенная	Белый, сероватый, розовый и др; черта белая	Тусклый, матовый.	2,0-2,7	Моноклинная; кристаллы мелкие	При смачивании набухает, жирный на ощупь	Изготовление фарфора, керамики
Альбит, $Na[AlSi_3O_8]$	6	совершенная	Белый, сероватый, желтоватый.	Стекланный, перламутровый	2,6	Триклинная, таблитчатая	Белый цвет	Промышленного значения не имеет
Лабрадор $nCa[Al_2Si_2O_8]$ $(100-n)Na$ $[AlSi_3O_8]$	6	Совершенная	Черный, темно-серый	Стекланный, иризирует	2,6	Моноклинная	Синяя, перламутровая или многоцветная иризацией	Декоративная горная порода

Ортоклаз, K[AlSi₃O₈]	6	Совершен. в 2-х направл. с углом 90°	Белый, голубоватый, серый, розовый, темно-красный	Стекланный	2,6	Моноклинная, призматическая	Прямые углы между плоскостями в сколах	В стекольной и керамической промышленности
Авгит, (группа проксенов) Ca(Mg, Fe, Al) [(Si, Al)₂O₆]	6	Совершенная, излом, угол между плоскостями 87°, 89°, излом раковистый, неровный	Черный с буроватым оттенком, зеленоваточерный	Стекланный	3,3	Моноклинная,	Прямые углы между плоскостями в сколах	В стекольной и керамической промышленности

2. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Большинство минералов имеют кристаллическое строение, их атомы располагаются в узлах кристаллических решеток. Формы кристаллов изучает наука кристаллография.

На лабораторных занятиях студенты знакомятся с основными положениями о строении кристаллов и их симметрии.

1. **Ограничение кристаллов.** Существует три элемента ограничения: грани, ребра и вершины.

Кристаллическая симметрия - правильная повторяемость элементов ограничения и других свойств кристаллов по определенным направлениям.

2. **Элементы симметрии** кристаллов: оси, плоскости, центр. В кристаллах (макетах) необходимо найти эти элементы.

Ось симметрии - линия при вращении вокруг которой правильно повторяются одинаковые элементы ограничения и проявляются одинаковые свойства кристаллов.

Порядок оси симметрии - количество совмещений кристалла с первоначальным положением при повороте на 360° . Оси бывают второго – L_2 , третьего – L_3 , четвертого – L_4 и L_6 - шестого порядков/

Плоскость симметрии - плоскость, по обе стороны от которой располагаются одинаковые элементы ограничения и проявляются одинаковые свойства кристаллов.

Центр симметрии – точка внутри кристалла, характеризующаяся тем, что любая, проведенная через нее прямая, встречает по обе стороны одинаковые точки. Центр симметрии присутствует в кристаллах, у которых грани попарно параллельны или обратно параллельны.

По 2-3 макетам кристаллов студенты определяют оси симметрии, их порядок, количество (оси бывают второго – L_2 , третьего – L_3 , четвертого – L_4 и шестого порядков), затем диагностируют плоскости симметрии (P) и их количество, и наконец, определяется наличие центра симметрии (C). Он в кристаллах бывает один или отсутствует.

Элементы симметрии кристаллов необходимо записать в определенном порядке. Количество осей перечисляется от высшего порядка к низшему, затем указывается количество плоскостей симметрии и наличие центра симметрии, например, куб – $3L_44L_36L_29PC$, гексагональная призма L_66L_27PC .

3. Формы кристаллов бывают простыми и комбинированными. Простыми формами обладают кристаллы с тождественно одинаковыми гранями. Существует 47 простых форм. Комбинированные формы сочетают несколько простых форм.

Простые формы кристаллов бывают открытыми и закрытыми.

Открытые простые формы самостоятельно не замыкают пространство.

Примеры: моноэдр, диэдр, пинакоид, призмы: тригональные, тетрагональные, гексагональные, пирамиды: тригональные, тетрагональные, гексагональные;

Закрытые простые формы самостоятельно замыкают пространство, то есть полностью его ограничивают.

Примеры: куб, тетраэдр, октаэдр, ромбододекаэдр, пентагондододекаэдр.

Комбинированные (сложные) формы кристаллов представляют собой сочетание простых форм, например призма является комбинацией двух форм: пинакоида и открытой призмы; пирамида - открытой пирамиды и моноэдра.

Наименование кристаллов. Кристаллы получают свое наименование по следующим правилам:

1) геометрическое наименование – куб, призма, пирамида;

2) наименование на основе формы поперечного сечения кристалла и его

геометрической фигуры, например: тригональная призма или пирамида, тригональная дипирамида, тетрагональная дипирамида и т. д.

3) по форме и числу одинаковых граней в кристалл, например: кристалл имеет двенадцать ромбических граней – ромбодо-

декаэдр, двенадцать пятиугольных граней – пентагондодекаэдр.

Классификация кристаллов

Геометрически возможно лишь ограниченное число всевозможных размещений атомов в кристаллах. Такие размещения описываются 32 кристаллическими классами. Классификация кристаллов основана на элементах симметрии. В зависимости от сочетаний элементов симметрии все кристаллы объединяются в семь групп или сингоний: кубическую, гексагональную, тетрагональную, тригональную, ромбическую, моноклинную и триклинную. Сингонии делятся по сложности сочетаний элементов симметрии на три категории - низшую, среднюю, и высшую (таблица 2).

Студенты должны исследовать кристаллы или их макеты и определить для каждого образца кристалла элементы симметрии, написать кристаллографическую формулу и определить сингонию.

Таблица 2

Сравнительная характеристика сингоний

Количество элементов симметрии	Категория						
	высшая	средняя			низшая		
	Сингония						
	Кубическая	гексагональная	тетрагональная	тригональная	ромбическая	моноклиновая	триклинная
Минимум элементов симметрии, необходимый и достаточный для отнесения кристалла к данной сингонии	Более одной оси высшего наименования	Только одна ось высшего наименования			Ни одной оси высшего наименования		
					Обязательно присутствуют		
		L_6	L_4	L_3	Более одной L_2 или более одной P	L_2 или P	Нет элементов симметрии
Максимум элементов симметрии, возможный в каждой сингонии	$3L_44L_36L_29PC$	L_66L_27PC	L_44L_25PC	L_33L_23PC	$3L_23PC$	L_2PC	C

 Оси высшего наименования - L_3, L_4, L_6

3. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горные породы - это природные минеральные агрегаты, образующиеся в земной коре, устойчивые по составу, строению и залегающие в виде самостоятельных тел. Состав, строение и условия залегания горных пород в земной коре определяются условиями их происхождения - генезисом. Геологическая классификация горных пород основана на генетическом принципе, т.е. на условиях их формирования в земной коре (табл.3).

Таблица 3

Инженерно-геологическая классификация грунтов
 I класс - природные скальные грунты

Классы грунтов	Группы	Подгруппы грунтов	
1	2	3	
Скальные (с жесткими структурными связями: кристаллизационными и цементационными)	Скальные, полускальные	Магматические	Интрузивные, эффузивные
		Метаморфические	
		Осадочные	Силикатные, карбонатные, кремнистые, сульфатные, галоидные

II класс - природные дисперсные грунты

Дисперсные (с механическими, водно-коллоидными связями)	Связные	Осадочные	Минеральные, органоминеральные, органические
	Несвязные	Осадочные	Минеральные (силикатные, карбонатные, полиминеральные)

III класс - природные мерзлые грунты

Мерзлые (с криогенными структурами)	Скальные _____	Промёрзшие	Интрузивные, эффузивные, Метаморфические, осадочные
	— Полускальные		Эффузивные, осадочные
	-----		Осадочные

рами).	Связные <hr/> Ледяные	Конституционные (внутригрунтовые), Погребенные, пещерно-жильные.
--------	--------------------------	---

IV класс - техногенные грунты (скальные, дисперсные и мерзлые)

1	2	3
Скальные	Скальные, полу- скальные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями)
Дисперсные	Связные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями)
	Несвязные	Природные перемещенные образования (намывные, насыпные)

Геология

		Антропогенные образования (насыпные, намывные)
Мерзлые	Скальные, полу-скальные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями).
	Связные, несвязные, ледяные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями).
		Природные перемещенные образования (намывные, насыпные)



Геология

		Антропогенные образования (намывные, намороженные), измененные тепловым или химико-физическим воздействием
--	--	--

При визуальной диагностике горных пород следует определить структуру, цвет, а также минеральный состав горной породы. при диагностике минералов следует обращать внимание на их твердость, цвет, спайность (таблица 4) .

Структуры горных пород

Зернистая структура. Минералы представлены зернами, хорошо различимыми без увеличения. По крупности зерен выделяют структуры крупнозернистые, (5-20мм), среднезернистые (1-5мм), мелкозернистые (1,0-0,1мм) и тонкозернистые (<0,1мм). По однородности размеров зерен различают структуры равномернозернистые (гранит) и неравномернозернистые (порфиоровидный гранит).

Структура порфировая. На однородном фоне выделяются зерна отдельных минералов (порфирит).

Структура обломочная. Обломки различной величины, формы и цвета сцементированы в сплошную массу (конгломерат).

Структура плотная, скрытокристаллическая. Зерна неразличимы невооруженным глазом (опал, халцедон).

Структура землистая. Породы внешним видом напоминают рыхлую почву, легко растираются между пальцами (глина, мел).

Структура пористая. Ясно видны поры. Породы легкие (пемза).

Структура сланцеватая. Способность горных пород при ударе раскалываться на плитки (глинистый, слюдяной сланец).

Структура зернисто-сланцеватая. Чередуются полосы зернистого и сланцеватого сложения (гнейс).

Несцементированные обломки. Обломки разной величины и формы находятся в несцементированном виде (галечник, гравий песок).

Твердость минералов в горных породах индивидуальна и определяется для каждого из них отдельно. Средняя твердость у кальцита, флюорита, высокая - у полевых шпатов, кварца, топаза.

Минеральный состав. Каждая группа пород включает обязательный набор минералов. Например, гранит состоит из кварца,

Геология

полевых шпатов, слюд, темноцветных минералов – роговой обманки, авгита).

Окраска горной породы косвенно указывает на состав минералов.

Темная окраска: темно-серая, зеленовато-серая, черная, темно-зеленая, характерна для основных (по содержанию SiO_2) горных пород. Светлая окраска – для кислых горных пород. Розовые, желтые, коричневые, темно-красные цвета граниты принимают окраску калиевого полевого шпата при попадании в его кристаллическую решетку примесей железа.

Плотность.

Легкие горные породы – пемза. Средней плотности – гранит, липарит. Тяжелые породы – габбро, базальт.

Минералы горных пород условно разделяют по **твердости** на три группы: Низкая твердость (<3), средняя твердость (3-4 , высокая твердость (>5-6) .

Магматические горные породы
1. Глубинные (интрузивные) горные породы

№ п/п	Породы	Основные минералы	Диагностические признаки	Применение в строительстве
1	2	3	4	5
1	Гранит	Кварц, полевые шпаты, небольшое количество слюды и темноцветных минералов (роговая обманка, авгит).	Цвет светло-серый, розовый, желтоватый, темно-красный. Преобладает полевой шпат, содержание кварца 25-30%, <i>Структура</i> зернистая, полнокристаллическая, плотность(2,6-2,7т/м ³), Твердость полевых шпатов - 6, кварца - 7.	Облицовочный и строительный камень, щебень.
2	Диорит	плагиоклаз (~50%), ортоклаз и микроклин (~25%); кварц < 20%, темноцветные минералы (~25%): рого-вая обманка, авгит, пироксен.	Цвет серый, темно-серый, зеленовато-серый; светлее, чем габбро. Полевой шпат обычно сероватый. Кварц < 20%. Полнокристаллическая <i>структура</i> : среднезернистая и мелкозернистая, небольшая плотность (2,7-2,9 т/м ³)	Такое же, как и гранита

3	Габбро	Плагиоклазы (~60%): лабрадор, оливин, пироксены.	Окраска темно-зеленая, черная. Структура полнокристаллическая, крупно- и среднезернистая, синеватый отлив лабрадора на плоскостях спайности, большая плотность (2,8-3,3 т/м ³)	Облицовочный декоративный материал
---	--------	---	---	---------------------------------------

2. Излившиеся (эффузивные) горные породы

Продолжение табл.4

1	2	3	4	5
4	Обсидиан	Вулканическое стекло кислого, среднего и ос- новного составов	Черный, сургучный, темно-серый, блеск стеклянный, смоляной. <i>Структура</i> стекловатая, плотная, раковистый излом, плотность 2,2- 2,4 т/м ³	Добавки в це- менты, производство стекла, перлита, поделочный камень
5	Липарит	Вулканическое стекло, полевые шпаты, кварц	Белая, желтоватый, светло-серый, красноватый. <i>Структура</i> срыто- кристаллическая. Различаются мелкие зерна кварца, полевых шпатов; плотность 2,1-2,6 т/м ³	Строительный камень, щебень, изготовление стекла

6	Вулканический туф	Сцементированные обломки вулканического стекла и вулканического пепла	Кремовый, кирпично-красный, коричневый, темно-серый. <i>Структура</i> обломочно-пористая. Низкая прочность, плотность (1,2-2,5 т/м ³).	Облицовка, теплоизолятор, материал для красок, добавок к цементам и поделок
7	Порфирит (андезит)	Стекловатая масса, крупные вкрапления зерен полевого шпата, мелкие зерна роговой обманки, слюды, редко авгита	Темно-серый, оттенки зеленого; <i>структура</i> порфировая; кристаллы изометричные, светло-серые, желто-ватые; пл. 2,7-2,9 т/м ³ . У андезита структура ноздреватая, рыхлая, плотность 1,3 т/м ³ .	Строительный камень, щебень, кислотоупорный материал
8	Базальт	Аморфная масса, мелкие кристаллы плагиоклаза (лабрадор- 60%), оливина, пироксена, редко роговой обманки	Черный, темно-серый. <i>Структура</i> плотная, тонкозернистая неровный излом, темная окраска, большая плотность (2,7-3,2 т/м ³)	Строительный камень, каменное литье, кислото-упорный материал.
9	Диабаз (разновидность базальта)	Тонкозернистая масса. Состав: оливин, лабрадор, пироксен. редко роговая обманка	Структура тонкозернистая, порфировая, неровный излом, темная окраска, большая плотность (около 3,0 т/м ³)	Строительный камень, каменное литье, кислото-упорный материал.

Осадочные горные породы
3.Обломочные рыхлые горные породы.

1	Галечник / Щебень	Несцементированные обломки пород 10–200 мм; у галечника ока-танные, у щебня угловатые	Чаще серый и зависит от состава обломков	Материал для дорожных насыпей, производство строительных материалов
2	<u>Гравий</u> (окатанные обломки) <u>Дресва</u> (угловатые обломки)	Несцементированные обломки горных пород и минералов размером 2–10 мм.	Окраска разнообразная и зависит от состава обломков. Большая водопроницаемость, сыпучесть несцементированных обломков	Строительный материал, устройство дренажей
3	Песок	Обломки кварца, полевых шпатов, реже глауконита, кальцита, слюды, магнетита. Размер обломков 2 – 0,05 мм	Окраска непостоянная и зависит от состава обломков. Сыпучесть и малые размеры окатанных зерен	Изготовление бетона, Строительство дорог, дренажей, стекольное производство.
4	Глина	Глинистые минералы: монтмориллонит, каолинит, гидрослюда; полевые шпаты, кварц, карбонаты. Содержание частиц < 0,005 мм превышает 30%	Окраска серая с оттенками зеленого, желтого, бурого. Землистое <i>строение</i> . Непроницаема для воды. От царапания ногтем остается блестящий след. Жирная на ощупь, при увлажнении пластичная, $I_p > 17$	Устройство насыпей, гидроизоляции. Производство керамики, керамзита, вяжущих материалов.

5	Суглинок	Состав – см. состав глины. Содержание частиц < 0,005мм –10÷30%	Цвет серый с оттенками желтого, бурого. Землистое <i>строение</i> . Низкая водопроницаемость. При растирании пальцами ощущаются песчинки, $7 < I_p < 17$.	Устройство дорожных насыпей. Производство кирпича
6	Супесь	Состав – см. состав глины. Содержание частиц < 0,005 мм - 3–10%	Цвет серый с оттенками желтого, бурого, зеленого. <i>Структура</i> землистая, слабосвязанная. При увлажнении легко рассыпается, растирается пальцами Неводостойкая, $I_p < 7$	Устройство дорожных насыпей. Производство кирпича

4. Обломочные цементированные горные породы

Продолжение табл.4

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7	Конгло-мерат	Сцементирован-ные <u>окатанные</u> обломки горных пород и минералов. Природный цемент: опал, халцедон, карбонаты, гипс, окислы железа, глинистые минералы.	Цвет зависит от состава цемента и обломков. <i>Структура</i> обломочная. Плотность 1,9-2,5 т/м ³ .	Строительный, облицовочный камень, щебень
8	Брекчия	Сцементирован-ные <u>угловатые</u> обломки горных пород и минералов. Цемент – см. состав конгломерата	Цвет зависит от состава цемента и обломков. <i>Структура</i> обломочная. Плотность 1,9-2,5 т/м ³ . Превышает по прочности конгломерат	Облицовочный камень, щебень
9	Песчаник	Сцементирован-ные <u>окатанные</u> обломки (0,05-2,0 мм) кварца, полевых шпатов, темно-цветных минералов и др.	Цвет зависит от состава цемента и обломков. <i>Структура</i> обломочная, однород-ная, пористая; грубый на ощупь, видны песчаные частицы.	Мощение улиц, облицов-ка, щебень, стеновой ка-мень; производство стекла.
10	Алевролит	Сцементирован-ные пыле-ватые частицы кварца, по-левых шпатов, карбонатов и в меньшей степени других минералов.	Цвет серый с оттенками желтого, бурого, зеленого. <i>Структура</i> плотная или тонкозернистая, одно-родная, слоистая, пористая; шершавый на	Иногда используется для отсыпки насыпей дорог

			ощупь, царапает стекло.	
11	Аргиллит	Глинистые минералы, в меньшей степени кварц, полевые, шпаты, карбонаты и др. Цемент- см. состав конгломерата	Цвет серый с оттенками желтого, бурого, зеленого. <i>Структура</i> плотная, однородная, иногда слоистая; в воде не размокает, намного прочнее глины, скользит по стеклу.	Иногда используется для отсыпки насыпей дорог

5. Хомогенные горные породы

1	Известняк	Кальцит	Цвет: от белого до черного. <i>Структура</i> однородная, скрыто-кристаллическая, тонкозернистая, пористая. Активно реагирует с кислотой, не царапает стекло. Плотность 2,0-2,6 т/м ³	Стеновой и облицовочный камень, щебень, производство извести, вяжущих материалов
2	Мергель	Глинистые минералы, кальцит (около 50%), реже доломит.	Цвет от светло- до тёмно-серого, бурый. <i>Структура</i> однородная, тонкозернистая; после реакции с кислотой остается глинистая пленка.	Производство цемента

3	Гипс	Преимущест-венно гипс	Цвет чаще белый, серый, реже розовый. <i>Структура</i> скрыто-кристаллическая, иногда волокнистая; слабо растворим в воде; царапается ногтем.	Сырье для производства алебаstra, гипсолита, цемента, штукатурки
---	------	-----------------------	---	--

Продолжение табл.4

6. Органогенные горные породы

1	2	3	4	5
1	Известняк-ракушечник	Кальцит.	Цвет белый, серый, желтый, желто-бурый. <i>Структура</i> органогенная, пористая. Активно реагирует с кислотами.	Стеновой камень, щебень, производство извести, вяжущих
2	Мел	Кальцит, примеси	Цвет белый. <i>Структура</i> землистая, органогенная, скрытокристаллическая, микропористая. Размокает в воде, вскипает в кислоте.	Строительный материал, производство извести
3	Диатомит	скрепленные рыхлым цементом опаловые панцири диатомовых водорослей	Цвет светло-серый, кремовый. Структура землистая, однородная. Легко крошится, шероховатый, царапает стекло, размокает в воде, прилипает к языку, инертен к	Огнеупорные изделия, фильтры, керамика, кирпич, звукоизоляция, теплоизоляция, полировальный камень

	Трепел	Цементирован-ные круглые зерна <i>опала</i> с примесью микрофауны	кислотам. Плотность диатомита 0,4-0,9 т/м ³ , трепела 0,5-1,3 т/м ³ .	
4	Опока	Цементирован-ные частицы <i>опала</i> ; примеси: глинистые мине-ралы и остатки микрофауны	Цвет серовато-белый, кремовый, до черного. <i>Структура</i> землистая, однородная, плотная. При ударе образует раковистый излом. Плотность 1,2-1,5 т/м ³	Огнеупорные изделия, фильтры, керамика, кирпич, звукоизоляция, теплоизоляция.

Продолжение табл.4

7. Метаморфические горные породы зернистые (массивные)

1	2	3	4	5
1	Кварцит	Кварц, примеси.	Окраска серая, красная, лиловая, зеленая. Зёрна кварца, сливающиеся в сплошную плотную массу. Раковистый излом стеклянный жирный блеск, тв.7, инертен к кислоте	Строительный и облицовочный камень, щебень, изготовление огнеупорных кирпичей.
2	Мрамор	Кальцит с примесью доломита	Цвет белый, но часто изменен примесями. Структура зернисто-кристаллическая. Вскипает в кислоте, низкая твердость (3). У зерен совершенная спайность.	Облицовочный декоративный камень, заполнитель цветных бетонов; стекольная промышленность

			Плотность 2,5-2,9 т/м ³	
--	--	--	------------------------------------	--

Метаморфические горные породы сланцеватые и зернистые

3	Гнейс	Кварц, полевые шпаты, слюда, иногда роговая обманка.	Окраска и состав как у гранита. Структуры зернистые, сланцеватые, очковые, плейчатые. Высокая прочность. Плотность 2,5-2,9т/м ³ .	Строительный камень, щебень
4	Сланец глинистый	Глинистые минералы, кварц, полевые шпаты, слюда,	Темно-серый, реже зеле-новатый, бурый. Блеск тусклый. <i>Структура</i> сланцеватая. Легко колется на плитки; не размокает в воде. Плотность 2,1-2,4 т/м ³	Дорожное строительство, устройство насыпей, изготовление керамзита, кровли.
5	Филлит	Слюда(серицит), хлорит, реже кварц, полевые шпаты	Окраска темно-серая, зеленоватая, бурая, чер-ная (аспидный сланец). <i>Структура</i> тонко-сланцеватая. Блеск шелковистый. Прочнее глинистого сланца	Изготовление кровли

Продолжение табл.4

1	2	3	4	5
6	Сланец слюдяной (кристаллический)	Слюда, кварц, немного темно-цветных минералов	Окраска, серая, черная. Блеск яркий из-за слюды. Структура сланцеватая. Легко расщепляется.	Дорожное строительство, иногда в виде щебня
		хлорит, тальк, кальцит	Темно-зеленый; структура	Изготовление

7	Сланец хлоритовый		сланцеватая; жирный на ощупь, легко царапается	теплоаккумулирующих материалов.
8	Брекчия тектоническая	Цементиро-ванные обломки метаморфических пород; цемент: глина, кремнезем, барит, кальцит	Серая, темно серая с оттенками разных цветов; структура щебневая, текстура брекчиевая	Редко, как строительный камень
9	Мигматит	Полевые шпаты, кварц, роговая обманка, реже пироксены биотит	Серый, темно-серый со светлыми прожилками; ;структура неоднородная, полнокристаллическая. Переплетение кристаллических сланцев, гнейсов, амфиболитов и др. с гранито-подобной массой	Строительный камень
10	Милонит	Полевые шпаты, роговая обманка, пироксены, слюда	Темно-серая, тонко-, мелкозернистая, тонкосланцеватая, плотная; часто с полосчатой, линзовидной или линзовидно-очковой текстурами	Практического значения не имеет
11	Скарн	Ca ²⁺ и Mg ²⁺ -силикаты с включениями гранатов, диоксида, форстерита, шпинели, доломита и др.	Серый, темно-серый с оттенками зеленого, красноватого. Структура от тонко- до крупно-зернистой	Поделочный камень промышленное скопление руд

12	Роговик	Кварц, биотит, амфиболы, магнетит, пироксен и др.	Темно-серый, белый, зеленый, желтоватый, черный; структуры массивные, зернистые, сланцевато-зернистые, порфировидные	Облицовочный камень, поделочный камень, рудообразование
13	Грейзен	Кварц, мусковит, турмалин, топаз, флюорит, берилл, рудные минералы и т.д.;	Серый, темно-серый, белый; крупно-, тонко-зернистый в сочетании с чешуйками минералов. Текстура неоднородная, полосчатая, пористая, кавернозная, реже массивная	Месторождения редких металлов