

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

Кафедра инженерной
геологии, оснований
и фундаментов

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ ПО
ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ**

Учебно-методические указания
к выполнению лабораторных работ по геологии
и инженерной геологии
для студентов всех специальностей
и всех форм обучения

НОВОСИБИРСК 2019

Учебно-методические указания к выполнению лабораторных работ по инженерной геологии переработаны канд. геол.-минер.наук, доцентом А.А.Шевченко и канд. геол.-минер.наук, доцентом М.И.Барановой

**Утверждены методической комиссией
строительного факультета
« » 2019 года**

Рецензенты:

- С.Н. Лавров, доцент кафедры ИГОФ НГАСУ
(Сибстрин)**
- В.С. Молчанов, профессор ИГОФ НГАСУ
(Сибстрин)**

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

Минералогия (позднелатинское *minera* – руда) – одна из древнейших наук, изучающая химический состав и физические свойства минералов, зародилась еще в каменном веке, когда люди стали использовать камни, пригодные для изготовления оружия и домашней утвари.

Минералы — это природные тела, относительно однородные по химическому составу, внутреннему строению и физическим свойствам. Химический состав минералов выражается химической формулой. В большинстве случаев минералы — твердые тела, иногда — жидкие и газообразные.

В настоящее время известно более 2500 минералов. В образовании горных пород существенное участие принимают около 50, их называют *породообразующими минералами*.

Остальные минералы в горных породах встречаются в форме небольших примесей и называются *акцессорными* минералами (от лат. «акцессориус» - дополнительный).

В зависимости от условий образования различают:

-минералы *магматического происхождения*, образующиеся при остывании и раскристаллизации магматического расплава (кварц, полевые шпаты);

-минералы *осадочного происхождения*, образующиеся при выпадении в осадок химических соединений из водных растворов (галит, кальцит, гипс) или образующиеся в результате химического преобразования (процесса химического выветривания) ранее существовавших минералов (глинистые минералы, лимонит);

-минералы *метаморфического происхождения*, образующиеся при воздействии на ранее существующие минералы факторов внутреннем энергии земли - давления, температуры, газов (серпентин/асбест, мусковит, хлорит).

Химический состав и особенности строения кристаллической решетки минералов определяют их физические (цвет, твердость и др.) и строительно-практические свойства.

Минералы магматического происхождения имеют, как

правило, силикатный и алюмо-силикатный состав, поэтому характеризуются повышенной твердостью, высоким сопротивлением истиранию и, в основном, являются устойчивыми по отношению к воде (кварц, полевые шпаты).

Минералы осадочного происхождения, представленные солями серной кислоты (сульфаты), угольной кислоты (карбонаты), соляной кислоты (хлориды), имеют незначительную твердость, легко растворяются в воде. В горных породах, сложенных такими минералами, образуются пустоты, полости, что, в конечном итоге, приводит к авариям при строительстве или даже к разрушению инженерных сооружений.

Все минералы могут существовать лишь в определенных природных (термодинамических и химически) условиях. При изменении этих условий минералы видоизменяются, иногда до полного разрушения. Особенно сильное воздействие на состав и свойства минералов оказывают *агенты выветривания*, действующие на земной поверхности (вода, кислород воздуха, углекислый газ, органические кислоты, перепады температур).

На лабораторные занятия выносятся изучение минералов:

- применяемых для изготовления строительных материалов (гипс, кальцит и др.);

- используемых не самостоятельно, а в виде составной части грунтов - строительных каменных материалов и естественных оснований инженерных сооружений (кварц, полевые шпаты, роговая обманка, глинистые минералы и др.). Такие минералы называются главными породообразующими минералами;

- являющихся вредными (противопоказанными) включениями в грунты и строительные каменные материалы (пирит, гипс, галит).

2. КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

В основе принятой в настоящее время классификации минералов лежат химический состав и их кристаллическая структура, т.е. кристаллохимические признаки.

Кристаллическое состояние минералов выражено в их геометрически правильной форме – кристаллах. Кристаллическая форма обусловлена строением кристаллической решетки, которая зависит от химического состава и расположения атомов химического элемента, а также условий образования минерала. Из одного и того же химического соединения в различных физико-химических и термодинамических условиях могут образоваться кристаллы разной формы. Способность минералов при одном и том же составе образовывать различные по строению кристаллические решетки называется *полиморфизмом*. Все разнообразие кристаллов группируется по степени их усложнения в 7 крупнейших форм (кубическая, гексагональная, ромбическая и др.), которые называют *сингониями*. Их изучением занимается специальный раздел минералогии – кристаллография.

Согласно кристаллохимической классификации, выделяют 9 классов минералов: самородных элементов, сульфидов, галоидов, оксидов и гидроксидов, карбонатов, сульфатов, фосфатов, вольфрамитов и силикатов.

В земной коре примерно 92% всей её массы составляют минералы 2-х

классов - силикаты (75%) и оксиды (17%). На долю остальных 7 классов, таким образом, приходится лишь около 8%.

2.2. МОРФОЛОГИЯ МИНЕРАЛОВ

Минералы в природе встречаются в виде:

отдельных кристаллов. В п. 2.1 отмечалось, что существуют 7 сингоний – кристаллических форм – кристаллов минералов, например: куб (галит, пирит), ромбоэдр (кальцит), дигипирамида (кварц);

сростков и скоплений кристаллов (щеток, друз, сек-

реций и др.);

зернисто-кристаллических агрегатов различной крупности кристаллов (кальцит в мраморе);

сплошных скрытокристаллических агрегатов, кристаллы которых различимы только под микроскопом (кальцит в известняке);

аморфных, натечных масс, в которых зерна неразличимы даже под микроскопом.

Форма зерен минералов может быть:

зернисто-однородная - минеральная масса состоит из изометричных зерен;

волокнистая - минералы имеют форму вытянутых волокон (асбест);

игольчатая, шестоватая — зерна минералов имеют форму иголок, шестиков (роговая обманка);

чешуйчатая - зерна имеют форму чешуек (слюды);

пластинчатая - кристаллы имеют форму пластинок (гипс);

землистая - минеральные зерна представлены мельчайшими слабо различимыми частицами, растирающимися пальцами руки (кристаллы каолинита в виде глины).

Минералы с кристаллическим строением характеризуются *анизотропными* физическими свойствами, тогда как аморфные минералы, характеризующиеся беспорядочным расположением составляющих их химических элементов, имеют *изотропные* свойства.

2.3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Физические свойства минералов обуславливаются их химическим составом, т. е. химическими элементами, слагающими минерал, и строением кристаллической решетки. На их изучении основаны различные методы минералогических исследований и определения минералов.

Для определения минералов по признакам, видимым невооруженным глазом (так называемый полевой метод определения

минералов) необходимо знать и уметь различать следующие их свойства.

Цвет зависит от основного химического состава минерала. Присутствие в минерале катионов магния, железа обуславливает черный, темно-зеленый, бурый цвета, алюминия, кальция, калия — светлые тона: белый, розовый.

Оказывают влияние на цвет минералов механические примеси, поэтому встречаются образцы одного и того же минерала, имеющие различную окраску (зерна кальцита обычно бесцветные, белые; с примесью органики - серые, черные; с примесью окислов железа — розовые, красные, бурые, чем и объясняется многоцветность и красота мрамора).

Цвет минерала определяется путем сравнения с цветом предметов, встречающихся в быту: молочно-белый, соломенно-желтый, булыжно-зеленый, кирпично-красный и т. д.

Прозрачность обусловлена способностью минерала пропускать свет в тонких образцах. Различают минералы:

прозрачные, через них ясно различимы предметы, печатный текст (галит, кальцит, горный хрусталь, мусковит);

просвечивающие, через которые свет проходит только в очень тонких пластинках, на сколотых краях образцов. Предметы через них не различимы (халцедон, полевые шпаты

и др.);

непрозрачные, через них свет не проходит совсем, это обычно темноокрашенные минералы (роговая обманка, авгит, пирит).

Блеск минерала обусловлен особенностями отражения света от свежей поверхности образца.

Различают следующие виды блеска:

металлический - как блеск от полированной поверхности металла, им обладают сульфиды металлов (пирит, свинцовый блеск и т. д.);

алмазный - интенсивный блеск, свойственный немногим прозрачным минералам (алмаз, киноварь);

стеклянный, соответствующий блеску гладкой поверхно-

сти стекла, характерен для большинства прозрачных и просвечивающих минералов, имеющих гладкую поверхность - грани кристалла или плоскости спайности (кальцит, галит);

жирный блеск - от неровной, вогнуто-выпуклой поверхности минерала, кажется, что она как бы смазана тонкой пленкой жира (кварц на изломе);

перламутровый - минерал блестит как перламутровая поверхность раковины, образуя радужные переливы. Перламутровый блеск проявляется вследствие отражения света от внутренних плоскостей спайности (пластинчатый гипс, мусковит);

шелковистый блеск - у минералов тонковолокнистого и шестоватого сложения (асбест, роговая обманка);

матовый блеск - у минералов землистого сложения (каолинит).

Излом - вид поверхности на изломе минерала. Различают следующие виды излома:

раковистый - с вогнутой, выпуклой концентрически волнистой поверхностью (как излом толстого бутылочного стекла - кварц, халцедон);

занозистый - поверхность имеет вид ориентированных в одном направлении иголок - «заноз» (асбест, гипс - селенит, роговая обманка);

землистый - с матовой поверхностью, покрытой «пылью» (каолинит, лимонит);

ровный (ступенчатый) по поверхностям спайности (кальцит, ортоклаз);

зернистый - у минералов однородно-зернистого сложения (мелкокристаллический кальцит).

Спайность — способность кристалла минералов раскалываться по одному или нескольким направлениям, образуя ровные, параллельные зеркально-блестящие плоскости, называемые плоскостями спайности. Спайность отражает внутреннее строение минерала и зависит от особенностей расположения атомов химических элементов в его кристаллической решетке и прочности связей между ними.

Плоскости спайности можно спутать с гранями кристалла. Во избежание этого следует помнить, что в направлении, в котором минерал обладает спайностью, всегда имеется несколько параллельных друг другу плоскостей.

Различают **виды спайности**:

весьма совершенная — спайность у минералов, четко расщепляющихся на отдельные листочки (мусковит) или пластинки с блестящими глянцевыми плоскостями;

совершенная — на поверхности минерала хорошо видны зеркально-ровные плоскости, имеющие сильный стеклянный блеск (кальцит, ортоклаз, лабрадор);

средняя — характерна для минералов, образующих при расколе как плоскости спайности, так и поверхности неправильного излома (роговая обманка);

несовершенная — у минерала в этом случае преобладают поверхности неправильного раковистого излома с жирным блеском (кварц);

Твердость — способность минерала противостоять механическому воздействию (царапанию) острием какого-либо предмета известной твердости. Твердость принято определять по шкале Мооса, состоящей из набора минералов, согласно которой каждый последующий минерал способен оставлять царапину на поверхности предыдущего (табл. 1).

Таблица 1

Шкала твердости минералов (шкала Мооса)

Балл	Минерал - эталон	Заменители
1	Тальк	Царапается мягким карандашом, легко скоблится ногтем
2	Гипс	Царапается ногтем
3	Кальцит	Латунная монета
4	Флюорит	Железный гвоздь
5	Апатит	Стекло, перочинный нож
6	Ортоклаз	Стальной нож, игла
7	Кварц	Напильник
8	Топаз	-
9	Корунд	-
10	Алмаз	-

Кроме того, для определения твердости минералов можно воспользоваться некоторыми распространенными предметами, твердость которых близка твердости эталонных минералов. Так, твердостью 1 обладает графит мягкого карандаша, 4 – железный гвоздь, 5 – стекло и т.д.

Для определения твердости минерала на чистой свежей поверхности образца проводится царапина острием эталонного минерала из шкалы. Рекомендуется начинать с эталона № 5. После этого место воздействия эталона следует слегка протереть, чтобы убедиться, что царапина действительно осталась.

Если царапина осталась, т. е. неизвестный минерал имеет твердость меньше 5, опыт повторяется с эталоном № 3 и т. д. до тех пор, пока не подбирается одинаковая твердость минерала и эталона. Замечено, что у минералов с твердостью ниже 5 минерал и эталон одинаковой твердости могут оставлять царапины друг на друге. У минералов с твердостью выше 5 эталон и минерал не оставляют друг на друге царапины.

В природе преобладают минералы с твердостью не выше 7. Минералы с большей твердостью встречаются редко. Так, твердость 9 имеет единственный природный минерал - корунд, твердость 10 - алмаз.

Плотность минерала (плотность твердых частиц грунта ρ_s). Плотностью твердых частиц грунта называется отношение массы твердых частиц к их объему, $[г/см^3]$; $[т/м^3]$. Величина плотности зависит от химического состава составляющих грунт минералов. Присутствие в составе минералов катионов металлов (Fe, Mg, Mn) повышает их плотность и, соответственно, плотность твердых частиц грунта.

По плотности минералы делятся на три группы: легкие - плотность до $2,5 г/см^3$ (гипс, галит); средней плотности - от $2,5$ до $4,0 г/см^3$ (кварц, кальцит, полевые шпаты); тяжелые - плотность более $4,0 г/см^3$ (пирит, барит и др.).

Плотность твердых частиц грунта является одной из трех основных физических характеристик грунта. Этот показатель определяется в лаборатории пикнометрическим методом - путем кипячения и взвешивания образца грунта в специальной стеклянной колбе, называемой пикнометром.

Растворимость в воде. Некоторые минералы осадочного и метаморфического происхождения растворяются в воде. В зависимости от количества растворенного вещества в 1 литре воды различают:

легкорастворимые (галит, сильвин) - растворимость более $10 г/л$;

среднерастворимые (гипс) - растворимость от 1 до $10 г/л$;

труднорастворимые (карбонаты) - растворимость от $0,01$ до $1 г/л$;

нерастворимые (алюмосиликаты) - растворимость менее $0,01 г/л$.

На интенсивность растворения влияют температура воды, ее химический состав, скорость течения (фильтрации) воды сквозь горную породу и её трещиноватость.

Реакция с соляной кислотой. При взаимодействии соляной кислоты с минералами группы карбонатов (соли

угольной кислоты: кальцит CaCO_3 , магнезит MgCO_3 и др.) происходит выделение углекислого газа, сопровождающееся образованием мелких пузырьков на поверхности капли кислоты (вскипание) и слабым шипением. Одни минералы разлагаются в куске под действием холодной кислоты (кальцит), другие в порошке (доломит), а некоторые только при нагревании (магнезит).

В полевых и лабораторных условиях для диагностики содержания в горных породах и грунтах карбонатов используют слабый 10%-й раствор соляной кислоты.

Вкус. Вкусовые ощущения вызывают только легко растворимые в воде минералы: хлористый натрий (галит NaCl) - соленый, хлористый калий (сильвин KCl) - горько-соленый, при этом поверхность минерала перед пробой должна быть омыта с целью удаления постороннего загрязнения.

Реакционная способность минералов. Большая группа минералов обладает агрессивностью по отношению к бетону, их присутствие обуславливает химическое и физическое разрушение металлических и бетонных конструкций или значительно снижает их прочность. Такие минералы называют потенциально реакционно-способными и они являются вредными компонентами грунтов. К ним относятся: сульфиды (пирит и др.), сульфаты (гипс, ангидрит), окислы железа (лимонит), аморфные разновидности кремнезема (опал, халцедон), хлориды (галит, сильвин), асбест, слюда.

Заполнители (в бетоне) относятся к потенциально реакционноспособным, если количество растворенного кремнезема в них превышает 50 ммоль/л.

3. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Описание минералов производится по классам в последовательности, соответствующей их распространенности в земной коре – от наиболее распространенных к более редким. Классы минералов, редко встречаемые в природе и не имеющие практи-

ческого применения в строительной отрасли, в настоящее методическое пособие не включены.

КЛАСС СИЛИКАТОВ

Силикаты — важнейшие породообразующие минералы, входящие в состав горных пород различного происхождения (граниты, песчаники, глинистые породы, кристаллические сланцы, гнейсы и многие другие). Являются весьма сложными по структуре и химическому составу солями кремниевых и алюмокремниевых кислот.

Среди класса силикатов выделяются группы минералов, имеющих общность по составу и строению: полевые шпаты, слюды, темноцветные минералы групп пироксенов и амфиболов (роговая обманка и авгит), глинистые минералы и др.

В соответствии с кристаллохимическими признаками выделяют:

Оливин (входит в группу силикатов так называемого «островного» типа строения кристаллической решетки) - $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_4$. Твердость - 7, плотность - $3,5 \text{ г/см}^3$, цвет от оливково-зеленого до черного. Излом раковистый, блеск жирный, спайность несовершенная.

Встречается в виде зернистых масс. В воде не растворяется, в зоне выветривания неустойчив, подвержен химическому выветриванию, переходит в серпентин и лимонит.

Происхождение магматическое, входит в состав ультраосновных и основных магматических пород (дунит, габбро, базальт и др.).

Применяется в строительстве при изготовлении огнеупорных (форстеритовых) кирпичей.

А в г и т (входит в группу силикатов так называемого «цепочечного» типа строения кристаллической решетки) - $\text{Ca}(\text{Mg,Fe, Al})\text{Si}_2\text{O}_6$ (название от греческого «авгэ» - блеск). Твердость - 6, плотность - $3,5 \text{ г/см}^3$, цвет темно-зеленый, чаще черный. Излом занозистый, блеск стеклянный, спайность средняя.

Встречается в виде зернисто-кристаллических масс или отдельных вкраплений в магматических породах (андезит).

Происхождение магматическое, является породообразующим минералом ультраосновных и основных горных пород (дунит, андезит). В воде не растворяется, в зоне выветривания умеренно устойчив - разлагаясь, образует лимонит. Практического применения не имеет. Является одним из главных породообразующих минералов.

Волластонит - CaSiO_3 , (входит в группу силикатов «цепочечного» типа строения кристаллической решетки).

Цвет волластонита белый с сероватым или буроватым оттенком. Минерал отличается химической чистотой, содержит незначительное количество примесей в виде оксидов марганца, железа и титана. Минерал был назван в честь английского химика Уильяма Волластона (1766—1828).

Твердость — 4,8 — 5, плотность — 2,78 — 2,91 г/см³, блеск — стеклянный, шелковистый, спайность совершенная.

Сегодня он широко используется в США, Китае и других странах как заменитель вредного для здоровья из-за своего канцерогенного эффекта асбеста. Незаменим этот минерал при герметизации подземных сооружений, так как позволяет формировать такую структуру производимого герметика, которая пропускает воздух, но задерживает воду.

Волластонит применяется в качестве добавки-наполнителя в пластмассах, в цветной металлургии, в шинной, асбоцементной и лакокрасочной промышленности, в производстве керамики. Волластонит входил в теплоизоляционную обшивку космического корабля «Буран».

Роговая обманка (входит в группу силикатов так называемого «ленточного» типа строения кристаллической решетки) - $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{SiO})_4$. Твердость - 6, плотность - 3,4 г/см³, цвет зеленый до черного. Блеск шелковистый, спайность совершенная. Излом занозистый. Форма кристаллов - призматическая, игольчатая. Поверхность минерала напоминает поверхность рога, откуда и произошло название.

Происхождение магматическое и метаморфическое. Входит

в состав магматических и метаморфических горных пород (гранит, гнейс).

В воде не растворяется, при выветривании роговой обманки образуется лимонит.

Практического применения не имеет. Является одним из главных породообразующих минералов.

ГРУППА ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ

Эту группу образуют минералы так называемого «каркасного» типа строения кристаллической решетки. На долю полевых шпатов приходится свыше 50% массы земной коры. По химическому составу это алюмосиликаты.

Происхождение магматическое, являются главными породообразующими минералами магматических пород.

Характеризуются высокой твердостью - 6, устойчивы по отношению к воде и механическому истиранию. При выветривании магматических пород переходят в породы осадочные и так же, как и кварц, являются основными составляющими песков, супесей, суглинков и глин.

Главными представителями полевых шпатов являются ортоклаз и плагиоклазы.

Ортоклаз- $K_2OAl_2O_36SiO_2$ («ортоклаз», по-гречески - прямораскалывающийся). Твердость - 6, плотность - 2,56 г/см³, цвет светло-розовый, розовато-желтый, розовый до мясисто-красного. Излом ровный, ступенчатый, спайность совершенная по двум направлениям под углом 90°. Блеск стеклянный.

Происхождение магматическое, входит в состав кислых магматических пород (гранит, липарит, кварцевый порфир и др.), при выветривании последних переходит в осадочные породы.

В воде не растворяется, довольно устойчив к механическому воздействию, при колебании температуры раскалывается по плоскостям спайности. Под воздействием углекислого газа, воды и других агентов превращается в каолиновые глины.

В строительстве используется в качестве главного поро-

дообразующего минерала в составе широко распространенных пород различного происхождения (граниты, пески).

Зеленая разновидность ортоклаза - амазонит - употребляется для облицовки.

Плагиоклазы представляют собой изоморфную смесь двух минералов - альбита и анортита. «Плагиоклаз», по-гречески - косораскалывающийся. Плоскости спайности располагаются под косым углом в 86° .

Химический состав плагиоклазов - $(100-n)\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2 + n\text{CaOAl}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$.

Содержание SiO_2 в плагиоклазах уменьшается от альбита к анортиту.

По содержанию анортита, а соответственно и SiO_2 плагиоклазы подразделяются на группы:

кислые (альбит и др.) - анортита 0 - 30%;

средние (андезин и др.) - анортита 30 - 50%;

основные (лабрадор, анортит) - анортита 50 - 100%.

Цвет плагиоклазов изменяется от белого (у кислых) до темно-серого (у основных).

Плагиоклазы - главнейшие минералы магматических горных пород, являются их важнейшими классификаторами, указывающими на степень кислотности. Составляют также значительную часть обломочных осадочных пород (пески, супеси)

Альбит - $\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ (название от латинского слова «альбус» - белый). Твердость - 6, плотность - $2,65 \text{ г/см}^3$, цвет белый, реже желтовато-белый, излом ровный, спайность совершенная, блеск стеклянный. Встречается в виде зернисто-кристаллических масс, реже - крупных кристаллов, на поверхности их наблюдается двойниковая штриховка.

Происхождение магматическое, входит в состав кислых (гранит) и средних (диорит) магматических пород. При выветривании магматических пород переходит в состав осадочных (песок, глинистые породы). В воде не растворяется. Довольно устойчив при механическом воздействии. При химическом выветривании переходит в каолинит.

Лабрадор $(100-n)\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2 + n\text{CaOAl}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$

где n - от 50 до 100, название получил по полуострову Лабрадор. Твердость - 6, плотность - 2.70 г/см^3 , цвет серый, темно-серый с яркими синими переливами на плоскостях спайности. Излом ровный, блеск стеклянный, спайность совершенная.

Часто встречается в виде крупнокристаллических масс. Кристаллы имеют удлиненную форму, на поверхности видна двойная штриховка.

Происхождение магматическое, входит в состав основных магматических пород (габбро, базальт, диабаз).

В воде не растворяется, не поддается механическому разрушению, хорошо полируется.

Применяется как облицовочный материал.

Анортит - $\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{2SiO}_2$. Твердость - 6, плотность - $2,75 \text{ г/см}^3$, цвет серый, красновато-серый. Излом ровный, спайность совершенная, блеск стеклянный.

Анортит - основной плагиоклаз, характерный минерал магматических основных горных пород (габбро, диабаз).

Встречается также в осадочных породах (пески) как продукт разрушения (выветривания) магматических пород.

ГРУППА СЛЮД И СЛЮДОПОДОБНЫХ МИНЕРАЛОВ

Эту группу образуют минералы с так называемым «слоевым» типом строения кристаллической решетки.

Слюды (мусковит, биотит и др.) являются водными алюмосиликатами сложного химического состава. Кристаллы имеют форму тонких листочков, табличек, часто слюды встречаются в виде чешуйчатых сплошных масс. Характеризуются весьма совершенной спайностью, низкой твердостью.

Происхождение магматическое и метаморфическое.

Присутствие слюд в горных породах снижает их прочность, повышает скорость механического выветривания при колебании температуры (порода разрушается по плоскостям спайности слюды).

Слюды являются вредными примесями (потенциально реакционноспособными) для бетонов. Для бетона гидротехнических и ответственных подземных сооружений содержание слюд

не должно превышать 1% по массе мелкого заполнителя.

Известно более 10 разновидностей слюдистых минералов. К наиболее распространенным относятся: мусковит, биотит, хлорит.

Мусковит - $K_2OAl_2O_36SiO_22H_2O$. Твердость - 2, плотность - $3,0 \text{ г/см}^3$. В тонких листах прозрачен, бесцветен, обычно светло-коричневый, дымчатый. Спайность весьма совершенная, блеск перламутровый.

Происхождение магматическое, метаморфическое. Встречается в виде чешуек в магматических породах, крупных чешуйчатых пакетов и мелкочешуйчатых масс в метаморфических породах.

В воде не растворяется, устойчив к химическому выветриванию, поэтому широко распространен в осадочных породах - песках, глинах.

Мусковит используется при изготовлении электроизоляционного материала (конденсаторов), огнестойких строительных материалов (слюдяного картона, обоев и пр.).

В средние века использовался для «остекления» окон, завозился из России, откуда и получил название - московское стекло («витрум мусковитикум»).

Биотит - $K_2O6(Mg,Fe)OAl_2O_36SiO_22H_2O$. Твердость - 2, плотность - $3,2 \text{ г/см}^3$, цвет черный, темно-бурый. Блеск перламутровый, спайность весьма совершенная. Кристаллы таблитчатой формы, раскалывается на тонкие упругие листочки.

Происхождение магматическое (входит в состав гранитов) и метаморфическое (сланцы, гнейс и пр.). При разрушении метаморфических пород переходит в осадочные (пески, глины).

В воде не растворяется, но сравнительно легко подвергается химическому выветриванию.

Практического значения в отличие от мусковита не имеет (что обусловлено его химическим составом). Горные породы, содержащие в большом количестве биотит, легко подвергаются выветриванию и механическому разрушению.

Используется как теплоизоляционный материал.

Х л о р и т (слюдоподобный минерал) - $5(\text{Mg, Fe})\text{OA}l_2\text{O}_33\text{SiO}_24\text{H}_2\text{O}$ («хлорос» - по-гречески, зеленый). Цвет от светло-зеленого до темно-зеленого. Твердость - 2, плотность - $2,7 \text{ г/см}^3$, спайность весьма совершенная, блеск стеклянный. Встречается в виде тонкочешуйчатых масс.

Происхождение метаморфическое, встречается в составе кристаллических сланцев.

В воде не растворяется, но интенсивно разрушается под действием атмосферных агентов. Легко истирается под механическим воздействием, превращаясь в глинистые породы.

Практического применения не имеет. Является одним из главных породообразующих минералов.

Серпентин (слюдоподобный минерал) - $3\text{MgO}2\text{SiO}_22\text{H}_2\text{O}$ («серпентария» - по-латыни, змеевидный. Синоним - змеевик). Волокнистая разновидность минерала называется **асбестом**. Твердость - от 2,5 до 4,0, плотность - $2,6 \text{ г/см}^3$, цвет от светлого до темно-зеленого. Излом раковистый, блеск жирный спайность отсутствует.

У асбеста шелковистый блеск, спайность весьма совершенная.

Происхождение метаморфическое, образуется в результате метаморфических преобразований оливина и авгита.

В воде не растворяется, в условиях влажного и жаркого климата интенсивно выветривается.

Тонковолокнистая разновидность – асбест, широко используется как огнестойкий материал (изготавливаются асбестовые перегородки, асбестоцементная плитка, асбестоцементные трубы, шифер).

Последние исследования свидетельствуют, что тонковолокнистый асбест (особенно белый - хризотил, голубой - крокидолит) и изделия из него являются причиной онкологической болезни - **асбестоза**. Асбест, используемый в различных смесях для внутренней отделки помещений, со временем расслаивается на мельчайшие волокна (наиболее опасные - длиной

5*10⁻⁵ мм и толщиной 3*10⁻⁶мм), попадает в легкие человека и способствует возникновению различных легочных заболеваний, в том числе и злокачественных опухолей.

Применение строительных материалов, состоящих из асбеста, полностью запрещено на территории ЕС (Европа) и США. Ученые в России и Украине (стран - основных производителей асбеста в мире) считают, что в запрете асбеста нет необходимости.

Асбест является вредной, обладающей потенциально реакционной способностью примесью при изготовлении бетонов.

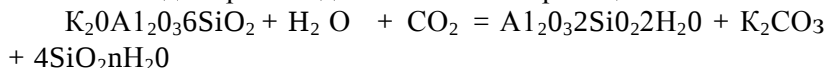
ГРУППА ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

К глинистым минералам относятся коллоидно-дисперсные алюмосиликаты, распространенные в виде мелких частиц (мельче 0,005 мм). Они слагают глинистую фракцию тонкодисперсных грунтов (глин, суглинков и супесей) и обуславливают их специфические физико-механические свойства (пластичность, набухание, уплотнение во времени и др.).

Наиболее широко распространенными из них являются: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда.

Каолинит - Al₂O₃2SiO₂2H₂O. Название произошло от китайского «каолунг» - высокая гора. Твердость - 1, плотность - 2,6 г/см³, цвет белый, желтоватый, красноватый, бурый (за счет окислов железа), бывает зеленый или голубоватый. Излом землистый, блеск отдельных чешуек и пластинок-перламутровый, а землистых масс - матовый. Спайность весьма совершенная, поэтому на ощупь - жирный, скользкий.

Происхождение осадочное. Образуется при химическом выветривании (каолинизации) алюмосиликатов, чаще полевых шпатов. При воздействии на полевые шпаты углекислого газа и воды происходит химическая реакция:



В итоге на месте выветривания остается каолинит, а углекислый калий и гидрогель кремнезема переходят в раствор и

выносятся из породы. Зачастую частицы каолинита размываются водой и во взвешенном состоянии переносятся в конечные водоемы, где отлагаются, накапливаются и формируют пласты чистой каолиновой глины - каолина.

Каолинит входит в состав тонкодисперсной фракции глинистых грунтов.

В воде не растворяется, при взаимодействии с ней образует пластичную пасту.

Применяется в строительстве для производстве кирпича, черепицы, а также в керамической промышленности для производства фарфора и фаянса.

Монтмориллонит - $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{SiO}_2(\text{OH})_n\text{H}_2\text{O}$. Образует землистые массы. Твердость - 1, плотность - $2,0 \text{ г/см}^3$, цвет белый, светло-серый. Блеск матовый, спайность совершенная, сложение мелкочешуйчатое, на ощупь — мягкий, жирный. Обладает подвижной кристаллической решеткой, благодаря чему способен поглощать большое количество воды и сильно увеличиваться в объеме (набухать).

Происхождение осадочное, образуется в результате химического выветривания основных магматических пород.

В чистом виде встречается редко, обычно входит в состав глинистой фракции глинистых грунтов, обуславливая их высокую пластичность, набухание при увлажнении и усадку при высыхании, что необходимо учитывать при проектировании фундаментов сооружений.

Обладая хорошими адсорбирующими свойствами, применяется при очистке воды, продуктов перегонки нефти, в текстильной и керамической промышленности.

Гидрослюда - это гидратизированные слюды (гидромусковит, гидробиотит, вермикулит), представляют собой продукты химического выветривания соответствующих слюд. Образуют землистые матовые массы. Твердость - 1, плотность - $2,5 \text{ г/см}^3$, цвет светло-коричневый. В воде не растворяются, встречаются в составе глинистых грунтов, обладают средней набухаемостью, что связано с ограниченной подвижностью структуры.

КЛАСС ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Оксиды представляют собой соединения химических элементов с кислородом. На их долю приходится около 17% массы земной коры. Самыми распространенными являются кварц, халцедон.

Кварц - SiO_2 . Твердость - 7, плотность - $2,65 \text{ г/см}^3$, спайность отсутствует (весьма несовершенная), излом раковистый, блеск на изломе жирный. Цвет - молочно-белый (жильный кварц), чаще водяно-прозрачный (мелкие жилы и зерна в породе). В зависимости от примесей может быть желтоватый (из-за содержания окислов железа), бурый.

Часто кварц встречается в виде прекрасно ограненных кристаллов. В зависимости от цвета он имеет разные названия - горный хрусталь (бесцветный, прозрачный), морион (черный непрозрачный), аметист (фиолетовый). В виде кристаллических зерен он распространен в составе горных пород (например, в граните, кварцевом порфире), а также в виде зернисто-кристаллических агрегатов (кварцит).

Происхождение кварца магматическое, метаморфическое.

Кварц не растворим в воде, устойчив при химическом выветривании, трудно поддается механическому выветриванию.

При разрушении магматических пород переходит в состав осадочных: суглинков, глин, песков, встречаются и чистые кварцевые пески.

Чистые кварцевые пески применяются в стекольной промышленности, в производстве огнеупоров. Является одним из главных породообразующих минералов.

Опал - $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Твердость - 5, плотность - 2 г/см^3 . Спайность отсутствует, излом раковистый, блеск жирный, полупрозрачный. Цвет изменяется в широком диапазоне - бесцветный, желтый, бурый, коричневый (за счет содержания окислов железа и марганца). Встречается в виде аморфных натечных масс, окатанных галек, гравия.

Происхождение осадочное, образуется при выпадении в осадок гидрогеля кремнезема, в результате накопления скелетных остатков организмов, реже в результате вулканической деятельности. В воде растворяется. При потере воды, которой содержится в нем до 30%, переходит в халцедон.

Опал является потенциально реакционноспособным минералом, применение его в бетонах для транспортных и гидротехнических сооружений запрещено. В составе бетонов происходит разложение опала, что приводит к растрескиванию бетона и разрушению строительной конструкции.

В составе пород осадочного происхождения диатомитов опал используется в производстве огнеупорных кирпичей, в керамической промышленности.

Драгоценный опал используется для ювелирных изделий.

Халцедон - SiO_2 , скрытокристаллическая разновидность кварца, встречается в виде натечных масс и желваков. Цвет серый, голубовато-серый, светло-бурый. Твердость - 7, плотность - $2,5 \text{ г/см}^3$, спайность отсутствует (весьма несовершенная), излом раковистый, блеск жирный.

Разновидности халцедона: агат, ониксы - имеют полосатую расцветку, яшма - кремневая плотная порода разных цветов (зеленая, красно-бурая), кремень - халцедон с примесью грубых частиц песка, хризопраз - яблочно-зеленого цвета.

Происхождение в основном осадочное, встречается в составе галечников, гравия, песков. В воде растворяется трудно, не поддается механическому истиранию.

Некоторые разновидности халцедона являются потенциально реакционноспособными в составе бетонов. При использовании его в бетонах необходима соответствующая проверка.

Халцедон широко используется как облицовочный каменный материал, в качестве балласта для дорог, в ювелирных изделиях.

Лимонит - $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. «Лемон» — по-гречески - луг, сырое место. Коллоидный минерал. Сложение натечное, землистое. Твердость - переменная, большей частью 4 - 5, плотность - 3,0 - 4,0 г/см³. Цвет бурый, охряно-желтый. Блеск матовый. Излом землистый. Происхождение осадочное, образуется при выветривании железосодержащих минералов.

Лимонит распространен в поверхностных слоях земли, особенно широко в осадочных породах, таких, как: суглинки, глины, пески, окрашивая последние в бурые тона.

Лимонит (бурый железняк) принадлежит к числу важнейших руд железа. Глинистые бурые железняки и железистые глины идут на выделку красок: желтой (охры) и красной (железного сурика). В строительстве не применяется, является вредной примесью (потенциально реакционноспособный минерал).

КЛАСС КАРБОНАТОВ

Карбонаты - соли угольной кислоты. Известно около 86 минеральных видов, из них наиболее широко распространенные: кальцит, доломит, магнезит. Все они характеризуются примерно одинаковыми свойствами: светлая окраска, совершенная спайность, незначительная твердость (3 - 4). Характерной особенностью, отличающей их от других минералов, является вскипание от действия 10%-го раствора соляной кислоты HCl с выделением углекислого газа.

Карбонаты широко распространены в составе земной коры

Кальцит - CaCO_3 . Характерной особенностью этого минерала является бурная реакция (вскипание) с 10%-м раствором соляной кислоты. Твердость - 3, плотность - 2,7 г/см³, цвет белый, бесцветный, прозрачный. Зачастую механические примеси придают кальциту оттенки серого, красного, бурого цветов. Блеск стеклянный, спайность совершенная в трех направлениях. Для прозрачных кристаллов характерно двойное лучепреломление, пластинки, ограниченные плоскостями спай-

ности, удваивают изображение.

Происхождение кальцита осадочное, метаморфическое, образуется при выпадении из водных растворов, в процессе жизнедеятельности организмов. Он слагает осадочные породы: известковый туф, натечные образования (сталактиты, сталагмиты), плотные известняки, мергель и землистые массы мела. Так же слагает горную породу мрамор, где встречается в виде хорошо образованных кристаллов (ромбоэдров) различной крупности.

В условиях дневной поверхности кальцит весьма неустойчивый минерал, под действием атмосферных газов тускнеет, растрескивается, истирается под механическим воздействием. В воде растворяется (относится к труднорастворимым – см. классификацию минералов по степени растворимости), в породах, сложенных кальцитом, образуются поры, пустоты и пещеры (карсты).

Кальцит является основным сырьем при производстве вяжущих (портландцемент), используется при облицовке стен зданий (мрамор, известняк, ракушечник), из него производится гашеная известь. Щебень из плотных разновидностей известняка используется в качестве инертного заполнителя в бетонах.

Доломит - $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$. Твердость - 3,5, плотность - 2,9 г/см³. Вскипает под действием 10%-го раствора соляной кислоты в порошке (в царапине). Цвет желтовато-серый, светло-бурый, реже белый. Излом ровный, в кристаллических разновидностях — зернистый, спайность совершенная, блеск стеклянный.

Образуется при метаморфизме основных изверженных горных пород и из кальцита при воздействии на него магниевых растворов. Доломит слагает породу того же названия и часто является примесью в известняках и мраморе.

Растворяется в воде (относится к труднорастворимым солям), более устойчив к процессам выветривания, чем кальцит.

Используется в качестве строительного камня, облицовочного материала, при изготовлении вяжущих и огнеупоров.

Магнезит - MgCO_3 . Твердость - 4,5, плотность - 3,0 г/см³, цвет белый, стально-серый с черными прожилками оки-

слов магнезия. Излом зернистый, спайность совершенная, блеск стеклянный.

В HCl разлагается с трудом, «вскипает» только в порошке при нагревании. Образуется при метаморфизме основных изверженных горных пород в условиях больших глубин и при метаморфизме кальцита путем замещения кальция магнезией. Слабо растворяется в воде (труднорастворимая соль).

Используется как облицовочный материал, для изготовления огнеупоров (выдерживает температуру до 3000°), в качестве щебня для бетона.

КЛАСС СУЛЬФИДОВ

Сульфидами называются соединения металлов (Fe , Cu , Zn и др.) с серой. Для сульфидов характерна высокая плотность, сильный металлический блеск и цвет, обычно свойственный металлам (стально-серый, латунно-желтый, серебристо-белый). По происхождению сульфиды в большинстве метаморфические или магматические, в виде вкрапленников входят в состав метаморфических и магматических пород (например, в гнейсы или граниты). При взаимодействии с атмосферой сульфиды легко и быстро окисляются. В результате образуются серная кислота, сульфаты и гидраты окислов металлов, обладающие высокой химической активностью по отношению к металлическим конструкциям, арматуре в железобетонных конструкциях, бетону и окружающим горным породам, т. е. сульфиды являются потенциально реакционноспособными примесями.

Самым распространенным из них является пирит.

Пирит - FeS_2 (синонимы: серный колчедан, железный колчедан). Твердость - 6, плотность - 5 г/см^3 , цвет латунно-желтый (соломенно-желтый), блеск металлический, излом раковистый, спайность несовершенная. Пирит встречается в виде хорошо ограненных отдельных кристаллов кубической формы, мелкозернистых скоплений, жил, отдельных включений в составе магматических и метаморфических гор-

ных пород. Происхождение магматическое и метаморфическое. На поверхности земли минерал неустойчив, под воздействием кислорода воздуха и воды разлагается с образованием серной кислоты и других химически активных соединений, разрушающе действующих на строительные конструкции (является потенциально реакционноспособным). Поэтому применять горные породы с включением пирита для производства бетона запрещено.

КЛАСС СУЛЬФАТОВ

Сульфаты — соли серной кислоты (гипс, ангидрит и др.). Образуются в процессе выпадения солей из водных растворов, относятся к среднерастворимым соединениям, легко растворяются в воде, в условиях атмосферы весьма неустойчивы. Распространены в районах с сухим жарким климатом, залегают в виде однородных слоев, линз, цементирующего мелкокристаллического (землистого) заполнителя и крупных кристаллов в рыхлых осадочных породах (песках, глинах). При воздействии проточной воды сульфаты интенсивно растворяются с образованием карстовых пустот и полостей, что приводит к ослаблению грунтового массива.

Грунты, содержащие сульфаты, относятся к *засоленным*, при подготовке естественного основания рекомендуется их удалять, заменять на незасоленные.

Минералы этой группы являются потенциально реакционноспособными. Применение в бетоне каменного материала с примесями сульфатов недопустимо.

Растворы сульфатов агрессивны по отношению к строительным конструкциям.

Гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Твердость - 2, плотность - $2,3 \text{ г/см}^3$, цвет белый, кристаллы чаще водяно-прозрачные (бесцветные), бывает окрашен в серый, медово-желтый, бурый и даже черный цвета. Излом ровный, зернистый, спайность весьма совершенная, блеск стеклянный, у прозрачных разновидностей перламутровый.

Встречается в виде хорошо образованных крупных кристаллов, крупных друз, кристаллов таблитчатой формы (пластин), шестоватой (селенит), плотных мелкокристаллических агрегатов и мелких рассеянных зерен в составе рыхлых осадочных пород.

Происхождение осадочное, образуется при выпадении в осадок из водных растворов. Легко растворяется в воде (при атмосферной температуре 1 часть гипса растворяется в 400 частях воды). В условиях атмосферы весьма неустойчив, разрушается, подвержен быстрому механическому истиранию.

Природный гипс применяется в цементной промышленности в качестве добавки при производстве портландцемента. При термической обработке используется как вяжущее (алебастр), для отделки внутри помещений (карнизы, лепные украшения, штукатурка потолков), изготовления статуй, гипсовых отливок и пр.

Гипс обладает потенциально реакционной способностью, поэтому породы даже с незначительной примесью гипса не рекомендуется использовать в качестве инертных заполнителей в бетонах. Представляют опасность загипсованные грунты в основании гидротехнических сооружений, железнодорожных тоннелей и опор мостов через суходолы. При взаимодействии с водой происходит растворение гипса, существенное ослабление грунтового массива и в конечном итоге разрушение сооружения.

Присутствие гипса в породах свидетельствует о сульфатной агрессивности грунтовой среды и подземных вод района, разрушающе действующей на строительные конструкции, изготовленные из портландцемента.

Ангидрит - CaSO_4 (безводный гипс). Твердость - 3, плотность - $2,9 \text{ г/см}^3$. Обычно встречается в виде зернистых плотных масс, иногда шестоватых и таблитчатых кристаллов. Излом зернистый, блеск на свежем изломе стеклянный, под действием атмосферной влаги становится тусклым, жирным. Спайность совершенная. Цвет голубовато-серый, фиолетовый.

Происхождение осадочное - химический осадок морей.

При взаимодействии с водой (даже влагой из атмосферы) ангидрит поглощает воду и переходит в гипс с большим увеличением объема (до 30%). При этом развивается давление набухания на основание сооружения до 0,5 МПа.

Ангидрит водонестойкий, растворяется в воде, хрупкий, легко выветривается, обладает реакционной способностью по отношению к бетону.

Ангидрит используется в производстве вяжущих.

Барит - BaSO_4 («барос» — по-гречески тяжесть). Обладает высокой плотностью - $4,5 \text{ г/см}^3$, твердость - 3. Излом зернистый, блеск стеклянный, спайность совершенная. Цвет белый с розовым, голубоватым оттенками, бурый, реже бесцветный. Встречается в виде крупнокристаллических плотных масс.

Образуется при метаморфических процессах из высокотемпературных водных растворов. Химически устойчивый, в воде не растворяется, но легко разрушается при механическом воздействии (хрупкий).

Применяется при изготовлении специальной штукатурки, непроницаемой для радиоактивного излучения и рентгеновских лучей.

Используется при бурении глубоких скважин (в виде тонкоизмельченного порошка в составе глинистого раствора), при изготовлении баритовых белил, эмалей, в химической промышленности.

КЛАСС ХЛОРИДОВ

В эту группу входят хлористые соединения различных металлов (Na, K, Mg и др.). Происхождение осадочное. Образуются при выпадении в осадок солей. Широко распространены в районах с жарким климатом, залегают в виде мощных слоев в толще земной коры, жил в трещинах скальных грунтов, а так же присутствуют в виде рассеянного цементующего вещества в рыхлых осадочных грунтах (суглинках,

песках).

Все они являются легкорастворимыми соединениями. При их растворении в грунтах образуются поры, пустоты, полости, ослабляющие грунтовые массивы, что является причиной деформации инженерных сооружений. Грунты, содержащие эти соединения, относятся к **засоленным**, при подготовке естественного основания их рекомендуется удалять.

Среди хлоридов наибольшее распространение имеют галит NaCl и сильвин KCl .

Галит - NaCl (каменная или поваренная соль). Цвет белый, часто бесцветный, с примесью сильвина - розовый. Твердость - 2, плотность - $2,1 \text{ г/см}^3$, спайность весьма совершенная по кубу. На вкус соленый (с содержанием сильвина - горько-соленый). Блеск стеклянный, поверхность кристаллов во влажной атмосфере приобретает жирный блеск. Обладает слабой электропроводностью. Происхождение осадочное. Встречается в виде хорошо образованных кристаллов кубической формы, рассеянных мелких кристаллов в составе осадочных рыхлых грунтов (песках, суглинках), в виде жил в трещинах скальных грунтов и пластов в толще осадочных пород. Галит легко растворяется в воде, является весьма неустойчивым минералом, обладает потенциально реакционной способностью (опасен для сооружений, при растворении происходит ослабление естественного основания), а водные растворы обладают агрессивностью по отношению к металлическим и железобетонным конструкциям.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ МИНЕРАЛОВ

Изучать минералы следует по группам, вычлняя свойства, являющиеся общими для минералов каждой химической группы (структура химической формулы, физические свойства, строение кристаллической решетки). Отличительные признаки отдельных минералов данной группы необходимо запомнить.

В заключение изучения минералов проводится контрольный опрос по заданию № 1.

5. КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 1

В качестве диагностических признаков используя физические свойства минералов (цвет, твердость, спайность и др.), определить образец минерала из контрольной коллекции. Рекомендуется пользоваться шкалой твердости (ее заменителями) и 10%-м раствором соляной кислоты.

Порядок ответа:

1. Характеристика физических свойств минерала (твердость, цвет, спайность, излом, блеск).
2. По совокупности признаков дать название минерала, его химическую формулу.
3. Охарактеризовать происхождение.
4. Осветить характер взаимодействия с водой и внешней средой (устойчивость к выветриванию).
5. Рассказать о применении минерала в строительстве или его влиянии на строительные конструкции.

6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В.П. Основы геологии, минералогии и петрографии / В.П.Ананьев, А.Д. Потапов. - М.: Высшая школа, 2008, 401с.
2. Короновский Н.В. Геология / Н.В.Короновский, Н.А.Ясаманов. – М.: Изд центр «Академия», 2008, 446 с.

Составители
Александр Антонович Шевченко
Марина Илларионовна Баранова

КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ ПО ВНЕШ- НИМ ПРИЗНАКАМ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по инженерной геологии и геологии для студентов всех специ-
альностей и всех форм обучения

Редактор....