

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

М. В. БЕСПАЛОВА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Часть I

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Лабораторный практикум

Одобрено методической комиссией факультета ПГС

Гомель 2011

УДК 624.131.1

ББК 26.3

Б53

Р е ц е н з е н т – геолог 1-й категории открытого акционерного общества «Гомельгеосервис» *Г. А. Литвин.*

Беспалова, М. В.

Б53 Инженерная геология. В 4 ч. Ч. I. Породообразующие минералы : лабораторный практикум / М. В. Беспалова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 38 с.

ISBN 978-985-468-939-5 (ч. I)

Рассмотрены основные теоретические сведения о минералах, изложена их классификация, дана характеристика главных породообразующих минералов.

Предназначен для работы по курсам «Инженерная геология», «Геология, механика грунтов, основания и фундаменты», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна», «Инженерные изыскания в строительстве» (раздел «Инженерная геология») студентам факультета «Промышленное и гражданское строительство» и строительного факультета всех форм обучения.

УДК 624.131.1

ББК 26.3

ISBN 978-985-468-939-5 (ч. I)

ISBN 978-985-468-938-8

© Беспалова М. В., 2011

© Оформление. УО «БелГУТ», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
....	
1 Краткие сведения из теории.....	5
.....	
1.1 Общие представления о породообразующих минералах.....	5
1.2 Физические свойства минералов.....	6
.....	
1.3 Классификация и характеристика породообразующих минералов	11
2 Материалы и оборудование.....	35
.....	
3 Порядок выполнения работы.....	36
.....	
4 Техника безопасности.....	36
.....	
Контрольные вопросы.....	36
Список литературы.....	38
.....	

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель данных методических указаний – ознакомить студентов с основными теоретическими положениями минералогии как науки, а также дать навыки самостоятельного определения макроскопических свойств минералов, применения полученных знаний и навыков для определения минерала.

В данном пособии представлены необходимая терминология и методика описания структурно-текстурных особенностей, оптико-механических свойств, на основе которых диагностируются минералы.

В соответствии с принятой классификацией в составе классов рассматриваются главные породообразующие минералы.

При изложении учебного материала основное внимание уделено характеристике наиболее существенных диагностических свойств минералов в целом, их происхождению и практическому значению.

В конце пособия приводятся контрольные вопросы и список рекомендованной литературы.

Сведения о минералах, изложенные в пособии, могут быть использованы и для самостоятельной работы студентов над материалом практической части курсов «Инженерная геология» и «Геология, механика грунтов, основания и фундаменты».

В пособии приняты следующие сокращения: *назв.* – название, *хим. ф.* – химическая формула, *морф.* – морфология, *св.* – свойства, *сп.* – спайность, *тв.* – твердость, *пр.* – прочность, *пл.* – плотность, *диагност. пр.* – диагностический признак, *ген.* – генезис, *исп.* – использование.

1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

1.1 Общие представления о породообразующих минералах

Минералы – природные химические соединения или отдельные химические элементы однородные по физическим свойствам, химическому составу и внутреннему строению, образующие в совокупности горные породы и возникшие в результате определенных физико-химических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности (температура, давление, состав компонентов).

В настоящее время известно более 3500 минералов, включая их разновидности. Из них лишь около 50 имеют широкое распространение в горных породах, которые формируют земную кору. Они называются **породообразующими**. В курсе геологии изучаются не все, а только главные минералы. Они делятся на первичные и вторичные. *Первичные* минералы возникают в процессе образования горной породы (минерал ортоклаз – при кристаллизации гранита), а *вторичные* – в процессе последующих ее изменений (при выветривании ортоклаза образуется каолинит).

Минералы в природе встречаются кристаллические и аморфные.

Кристаллические вещества состоят из строго определенной группировки слагающих их атомов и ионов, которые занимают определенные места в пространстве, образуя кристаллические решетки.

Аморфные (стеклообразные) вещества характеризуются отсутствием кристаллического состояния.

Различие во внутреннем строении приводит и к различию свойств и внешних признаков кристаллических и аморфных веществ. Кристаллические структуры очень разнообразны, и выражается это разнообразие во внешнем облике минералов, в их форме. Каждому минералу присуща своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий образования. Разнообразие минеральных видов обусловлено и такими свойствами минералов, как полиморфизм и изоморфизм.

Полиморфизм (от греч. polymorphos – многоформенный, многообразный) – способность некоторых минералов образовывать

различные кристаллические формы при одном и том же химическом составе. Наиболее характерным примером полиморфизма являются минералы алмаз и графит. В химическом отношении они одинаковы и состоят из чистого углерода (С). С точки зрения внутреннего строения они имеют различную кристаллическую структуру: в первом атомы углерода имеют плотную «упаковку» и скреплены сильными химическими связями, во втором атомы располагаются слоями, связи сложные и в целом слабые. В результате форма кристаллов и физические свойства этих двух минералов совершенно различны.

Изоморфизм (от греч. isos – равный, однозначный и morphe – форма) – способность минералов одной и той же кристаллической формы иметь переменный химический состав. Это явление, при котором в кристаллической решетке допускается замена одних ионов (Fe^{2+}) другими (Mg^{2+}) (изомерный ряд оливина).

Выделяют 3 группы минералов, обладающих характерным обликом или габитусом (внешний облик минерала) кристаллов:

1) изометрические формы, одинаково развитые по всем трем направлениям (магнетит, пирит, гранаты);

2) удлинённые в одном направлении формы – призматические, столбчатые, игольчатые и лучистые (берилл, кварц, турмалин);

3) формы, вытянутые в двух измерениях при сохранении третьего короткого – таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы (хлорит, слюды, тальк).

1.2 Физические свойства минералов

Физические свойства минералов зависят от их химического состава и внутреннего строения и имеют важное диагностическое значение.

Существует много специальных методов определения минералов, применяемых в минералогии: кристаллографический, рентгенометрический, химический, микроскопический и др. В курсе общей геологии для диагностики минералов используется макроскопический метод. Этот метод, обычно применяемый и в полевых условиях, основан на изучении внешних физических свойств минералов, видимых невооруженным глазом.

Основными физическими свойствами минералов являются: цвет, цвет черты (цвет минерала в порошке), блеск, твердость, плотность, спайность, излом и некоторые другие.

Ряду минералов присущи особые, только им характерные свойства: магнитность, реакция с соляной кислотой, вкус, запах и др.

Для того чтобы распознать минералы по внешним признакам и определить приблизительно их состав, надо знать *физические свойства* каждого минерала.

Цвет. Практически цвет минерала определяют на глаз, давая общепризнанные названия окраски или сравнивая с хорошо знакомыми предметами (соломенно-желтый, кирпично-красный).

Цвет или окраска минерала имеет сложную природу и определяется его химическим составом, особенностями внутренней структуры, наличием химических и механических примесей и др. В связи с этим один и тот же минерал может иметь различную окраску, а разные минералы могут быть окрашены в одинаковый цвет. Цвет минерала может осложняться интерференцией света в его поверхностных частях (побежалость, иризация, опалесценция). *Побежалость* – пестрая или радужная окраска приповерхностного слоя минерала. Яркие синие, красные и фиолетовые отливы побежалости характерны для минерала халькопирита. Интерференция на тонких пленках гидроокислов железа вызывает красивую радужную побежалость кварца. *Иризация* обнаруживается в полупрозрачных минералах, содержащих ориентированные включения посторонних минералов. Так, например, характерные цветные переливы типичны для лабрадора. *Опалесценция* – красивая игра цветов. Характерна для опала, имеющего аморфное строение. Интерференция возникает только у благородных разновидностей этого минерала (просвечивающие или полупросвечивающие опалы). Они имеют разные оттенки голубого цвета, реже красноватые.

Цвет черты (цвет минерала в порошке). Многие минералы в растертом состоянии имеют другой цвет, чем в монолите. Порошок можно получить, проводя образцом минерала черту на белой шероховатой фарфоровой пластинке, при условии, что твердость его меньше твердости фарфора (если твердость минерала выше твердости фарфора, то минерал образует на фарфоре царапину). Например,

гематит, лимонит и магнетит в монолитах часто имеют одинаковый цвет, а цвет черты – красновато-бурый, желтовато-коричневый и черный соответственно.

Блеск является результатом отражения света от поверхности минерала. Он зависит от показателя преломления минерала, от характера показателя преломления минерала и характера отражающей поверхности. Различают минералы с металлическим и неметаллическим блеском. Иногда выделяют еще металловидный блеск.

Металлический блеск, напоминающий блеск поверхности металла, имеют минералы, дающие в большинстве случаев черную черту (самородные металлы – золото, серебро, платина; сульфиды – пирит, галенит, сфалерит).

Металловидный (или полуметаллический) блеск характерен для минералов, поверхность которых имеет вид потускневшего металла (графит, гематит).

Неметаллический блеск свойствен подавляющей части всех известных минералов. Минералы с неметаллическим блеском дают светлоокрашенную черту (любую цветную или белую) или не дают черты совсем. Среди неметаллических блесков обычно различают:

- а) стеклянный (кварц, кальцит, гипс);
- б) жирный – как бы смазанный маслом (нефелин);
- в) перламутровый (слюда, тальк);
- г) шелковистый – при тонковолокнистом строении (асбест, тремолит);
- д) алмазный (галенит, сфалерит);
- е) матовый – практически не блестит, часто с пористой, неровной поверхностью (каолинит);

Прозрачность – способность минерала пропускать свет. По прозрачности минералы подразделяют:

- а) на прозрачный (горный хрусталь, топаз);
- б) полупрозрачный (халцедон, опал);
- в) просвечивающий – пропускающий свет лишь в очень тонких пластинах (полевые шпаты, нефрит);
- г) непрозрачный (пирит, магнетит).

Излом – вид поверхности, образующейся при раскалывании минерала. Излом может быть:

а) *раковистый* – имеющий вид вогнутой и концентрически-волнистой поверхности, напоминающий поверхность раковин (кварц);

б) *занозистый* – с поверхностью, покрытой ориентированными в одном направлении «занозами» (гипс, роговая обманка);

в) *неровный* (нефелин, берилл);

г) *землистый* – с матовой шероховатой поверхностью (каолинит, лимонит);

д) *зернистый* – встречающийся часто у минеральных агрегатов.

Спайность – способность минералов раскалываться по блестящим параллельным плоскостям по определенным кристаллографическим направлениям. Не следует путать плоскости спайности с природными гранями кристаллов. Виды спайности:

а) *весьма совершенная* – минерал очень легко (ногтем) раскалывается на отдельные тончайшие пластинки, образуя зеркально-блестящие плоскости спайности (слюда, гипс);

б) *совершенная* – минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубы или другие формы (галит, кальцит, полевой шпат);

в) *средняя* – образует по плоскости спайности при расколе неровный угол (апатит);

г) *несовершенная* – обнаруживается с трудом, при расколе образуется поверхность с неправильным изломом (оливин);

д) *весьма несовершенная* – не обладает спайностью (кварц, золото).

Твердость – степень сопротивляемости минерала внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию). Для определения твердости принята шкала Мооса (таблица 1), в которой используются минералы с известной и постоянной твердостью.

Т а б л и ц а 1 – Шкала твердости Мооса

Эталонный минерал	Условная твердость по Моосу	Число твердости, МПа	Вспомогательный признак
Тальк	1	24	Легко чертится ногтем
Гипс	2	360	Чертится ногтем
Кальцит	3	1090	Легко чертится монетой

Флюорит	4	1890	Чертится ножом
Апатит	5	5360	С трудом чертится ножом
Ортоклаз	6	7967	С трудом царапает стекло
Кварц	7	11200	Легко царапает стекло
Топаз	8	14270	Режет стекло
Корунд	9	20600	То же
Алмаз	10	100600	—"

Интервалы твердости между минералами-эталоном различны. Алмаз тверже талька не в 10 раз, а более чем в 1000 раз. Самый большой интервал между корундом и алмазом.

При определении твердости исследуемого минерала на его поверхности выбирают гладкую площадку и проводят по ней с нажимом острым углом минерала из шкалы твердости. Если на исследуемом минерале после стирания пальцем сохраняется царапина, то его твердость будет меньше, чем у царапанного минерала; если царапина отсутствует, то твердость первого больше. Это испытание проводят до тех пор, пока исследуемый минерал не будет находиться между двумя минералами из шкалы Мооса, т. е. твердость его не определится как промежуточная между ними или как равная одному из них.

В практике нередко прибегают к определению твердости при помощи распространенных предметов. Так, твердостью 1 обладает графит мягкого карандаша, 2 – каменная соль, 2–2,5 – ноготь, 3–3,5 – бронзовая монета, 4 – железный гвоздь, 5–5,5 – стекло, около 6 – нож, игла, 6,5–7 – напильник.

Плотность минералов колеблется в широких пределах: от значений примерно равных единице до 23,0 г/см³. Плотность зависит от химического состава и структуры минералов. Подавляющая масса минералов имеет плотность от 2,5 до 3,5 г/см³.

Точное определение плотности возможно только в лабораторных условиях. На практике диагностика минералов по плотности обычно осуществляется простым взвешиванием на ладони и отнесением минерала к следующим группам:

- легкие (до 2,5 г/см³ – смолы, гипс, галит, самородная сера);
- средние (до 4 г/см³ – кальцит, кварц, полевые шпаты);
- тяжелые (больше 4 г/см³ – рудные минералы).

Некоторые минералы легко узнаются по большой плотности (барит). Как правило, минералы, содержащие в своем составе тяжелые металлы, имеют высокую плотность. Примером зависимости плотности от внутренней структуры могут служить отмеченные выше минералы одного и того же состава – алмаз и графит с плотностями соответственно 3,5 и 2,2 г/см³, что свидетельствует о более плотной упаковке атомов углерода в алмазе.

Специфические свойства

Магнитность характерна для немногих железосодержащих минералов. Наиболее ярко она выражена у минерала магнетит, что нашло отражение в его названии. Магнитность выявляется при помощи магнитной стрелки, которая отклоняется при поднесении к ней испытуемого образца.

Реакция с соляной кислотой является характерным диагностическим признаком для ряда минералов класса карбонатов. Так, кальцит бурно вскипает при действии на него слабой (5–10 %) соляной кислотой. Доломит вскипает с такой кислотой только в порошке, магnezит – при действии нагретой соляной кислоты.

Вкус. На вкус определяются лишь некоторые растворимые в воде соли. Этим методом легко отличить, например, каменную соль от сильвина: последний имеет горько-соленый вкус.

Запах. При горении и ударе, при трении некоторые минералы издадут характерные запахи. Так, запах сернистого газа ощущается при горении серы и при резком ударе по пириту. При трении одного куска фосфорита о другой появляется запах, напоминающий запах сгоревшей спички или жженой кости. При смачивании водой каолин приобретает запах «печки».

Штриховка граней кристаллов характерна для ряда минералов. У различных минералов штриховка имеет разную ориентировку, которая в некоторых случаях может служить важным диагностическим признаком. Так, например, характерным отличием топаза от кварца является его грубая вертикальная штриховка вдоль вытянутых граней в отличие от горизонтальной штриховки у кварца; для кубических кристаллов пирита характерна взаимно перпендикулярная штриховка соседних граней и др.

Умение правильно определить свойства минералов дает возможность также правильно определить и сами минералы.

1.3 Классификация и характеристика породообразующих минералов

В основу современной классификации минералов положены принципы, учитывающие наиболее существенные признаки минеральных видов – химический состав и кристаллическую структуру. В соответствии с этим ниже представлена классификация порообразующих минералов.

К л а с с I. Самородные элементы

Химические элементы встречаются в природе в виде более или менее устойчивых минералов. Среди самородных элементов различают: **неметаллы** (полиморфные модификации углерода – алмаз и графит, самородные S, Se, Te), **полуметаллы** (самородные As, Sb) и **металлы** (самородные Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ir, Fe, Ta, Pb, Zn, Sn, Hg, Bi). Обычно вместе с самородными металлами рассматриваются тесно связанные с ними (минералогически и генетически) их твердые растворы, а иногда и интерметаллические соединения. В самородном состоянии в природных условиях существует также ряд газов: азот, кислород, водород, аргон, гелий, криптон, ксенон, радон.

Большинство самородных элементов встречается редко и лишь в особых условиях образует крупные скопления (месторождения).

Самородное золото, серебро и другие металлы отличаются сильным металлическим блеском, невысокой твердостью (2–3) и наибольшей из всех известных минералов плотностью (до 21 г/см³), обусловленной атомной массой элементов. В кристаллах встречаются редко. Обычно находятся в виде зерен, чешуек, дендритов и нитевидных агрегатов. Иногда – как уникальные явления – образуют самородки разных форм и размеров.

Самородные неметаллы имеют разнообразный неметаллический блеск. Плотность у них в основном небольшая. Твердость колеблется от 1 (у графита) до 10 (у алмаза). Самородные неметаллы встречаются в виде кристаллов, но чаще образуют плотные, чешуйчатые, иногда землистые массы.

Практическое значение самородных элементов, особенно благородных – общеизвестно. Золото является главным валютным

металлом. Наряду с другими благородными металлами (серебро, платина и др.) используется в ювелирном деле, приборостроении. Алмаз является драгоценным камнем первого класса и широко применяется в технике в качестве сверхтвёрдого материала (технические алмазы).

Алмаз – минерал, встречающийся в виде восьми- и двенадцатигранных кристаллов и их частей. Образуются алмазы в верхней мантии Земли на глубине 100–200 км при давлениях 5–9 ГПа и температурах 1470–1970 К. Крупными считаются кристаллы 5–10 кар (1 кар = 0,2 г). Яркоокрашенные прозрачные кристаллы считаются уникальными, почти всегда получают индивидуальные названия. Самым крупным из известных алмазов признан алмаз «Куллинан», найденный в Южной Африке в 1905 г., первичная масса – 3106 карат. Первоначальный размер 50×65×100 мм. Из камня изготовлено 105 бриллиантов наибольший массой 530,2 карата (Звезда Африки I). Вставлен в скипетр Британской империи.

Происхождение самородных элементов определяется магматическими, гидротермальными, метаморфическими и гипергенными процессами; многие самородные элементы встречаются в россыпях.

Самородная сера

Назв. Название дано по химическому составу (от англ. Sulphur, нем. Schwefel, от svebal – сера).

Хим. ф. – S.

Морф. Часто встречаются хорошо образованные кристаллы – таблитчатые, пластинчатые, бипирамидальные, тетраэдробразные, двойники. Образует землистые, порошковые, сплошные агрегаты, друзы, натёки, налёты, корочки.

Св. *Цвет* – желтый, серно-желтый, коричневатый или зеленовато-желтый, иногда коричневый до почти черного за счет примесей битумов, ярко-красный (содержит As), известна молочно-белая и голубая сера. *Цвет черты* – бесцветный. *Прозрачность* – прозрачный, полупрозрачный. *Блеск* – смоляной, жирный, стеклянный. *Сп.* – несовершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 1,5–2,5. *Излом* – неровный, раковистый. *Пр.* – очень хрупкая. *Пл.* – 2,07 г/см³. При температуре 270 °С сгорает с образованием сернистого газа SO², горит синим пламенем.

Растворяется в азотной кислоте, бензоле и эфире. При прокаливании в колбочке сублимируется на стенках. *Диагност. пр.* – цвет, блеск, хрупкость, горючесть, запах сернистого газа при горении.

Ген. Образование магматическое – образуется при вулканических извержениях. Осадочное образование серы связывают с жизнедеятельностью анаэробных бактерий, выделяющих сероводород. Его неполное окисление и приводит к выпадению серы. Кроме того, она образуется за счет разложения сернистых соединений металлов и гипсоносных толщ пород: при восстановлении сульфатов (главным образом, гипса) органическими веществами; при окислении сульфидов (преимущественно пирита) на дне болот, лиманов, мелких заливов. Встречается по трещинам осадочных пород вместе с гипсом, ангидритом, известняком, доломитом, сидеритом, каменной солью. В Туркмении, Поволжье, Дагестане, Приднестровье, Средней Азии, на Урале.

Исп. Сера широко используется в химической промышленности: три четверти добычи серы идет на получение серной кислоты. Необходима она для получения искусственного волокна, азотистых соединений. Применяется сера для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, в целлюлозно-бумажной, резиновой промышленности (вулканизация каучука), в производстве пороха и спичек, красок, стекла, цемента; в медицине, в кожевенном деле.

Графит

Назв. От греч. *grapho* – пишу.

Хим. ф. – С.

Морф. Кристаллы таблитчатые и пластинчатые, очень редкие (встречаются только в известняках). Агрегаты пластинчатые, тонкочешуйчатые, плотные, землистые.

Св. *Цвет* – железно-черный, переходящий в серебристо-серый. *Цвет черты* – черный, переходящий в стально-серый. *Прозрачность* – непрозрачный. *Блеск* – полуметаллический, может быть тусклый. *Сп.* – совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 1. *Излом* – неровный, слюдоподобный. *Пр.* – гибкий. *Пл.* – 2,09–2,26 г/см³. *Диагност. пр.* – жирный на ощупь, растирается пальцами в черную пыль, пачкает руки. Обладает высокой электропроводностью. На земной поверхности устойчив, с кислотами не взаимодействует. На графите, смоченном

капель медного купороса, выделяется пятно меди (отличие от молибденита). В пламени паяльной трубки не плавится. При нагревании с калиевой селитрой вспыхивает (выделяется $\text{CO}_2\uparrow$), при взаимодействии с азотной кислотой и бертолетовой солью образует графитовую кислоту.

Ген. Происхождение магматическое, метаморфическое, пегматитовое. Встречается в глинистых сланцах, редко – в гранитах. Может быть получен искусственно из антрацита. Месторождения графита есть на Урале, Тунгуске, Верхних Саянах, Уссурийске, Украине.

Исп. Графит используется очень широко. Он необходим, главным образом, в металлургической промышленности для изготовления огнеупорных тиглей и для покрытия поверхности литейных форм (с целью предохранения отливки от пригара формовочной земли). Графитовая жидкость применяется при объемном прессовании деталей автомобилей. Штампы, обволакиваемые этим веществом, обеспечивают высокую чистоту поверхности стальных заготовок, что исключает их последующую обработку на шлифовальных станках. Он применяется для изготовления графитовых блоков «атомных котлов» и космической техники, как смазочное вещество (в тех случаях, когда из-за высокого нагрева нельзя применять масла), и в паровых котлах в качестве антинакипного средства. Используют этот минерал в производстве электродов и дуговых углей, около 4 % добываемого графита идет на производство карандашей, черных красок, черной копировальной бумаги, типографской краски и китайской туши. Из графита получают искусственный алмаз.

К л а с с II. Сульфиды

К этому классу относятся, главным образом, сернистые соединения металлов и полуметаллов. Образование сульфидов идет без доступа кислорода, большинство из них имеет гидротермальное происхождение. При окислении сульфиды легко переходят в окислы, карбонаты или сульфаты. Ценность сульфидов в том, что они являются рудами на цветные металлы, причем зачастую им сопутствует золото. Наибольшим распространением пользуются *пирит* (железный

колчедан), *халькопирит* (медный колчедан), *галенит* (свинцовый блеск), *сфалерит* (цинковая обманка), *киноварь*, *марказит* и др.

Физические свойства сульфидов очень специфичны. Внешне они подобны металлам: непрозрачны, имеют металлический блеск, цвета, как и у металлов, в большинстве случаев серо-черные и желтые (реже красные и синие). Также характерно, что все сульфиды имеют относительно низкую твердость – от 1 до 5 (т. е. мягче стекла). Исключения составляют пирит, марказит, твердость которых равна 6. Цвет черты является одним из диагностических признаков сульфидов. Плотность у них довольно высокая.

Пирит

Назв. От греч. *pyr* – огонь (при ударе высекает искру), синонимы – серный колчедан и железный колчедан (по химическому составу), золото для дураков (устар., прост.).

Хим. ф. – FeS_2 .

Морф. Кристаллы в форме куба, октаэдра, пентагондодэкаэдра, очень часто размером до нескольких сантиметров, на гранях – взаимно перпендикулярная штриховка. Небольшие сплошные зернистые скопления, шаровидные, почковидные, лучисто-концентрические агрегаты, псевдоморфозы, вкрапленники, иногда рыхлые массы черного цвета.

Св. *Цвет* – латунно-желтый или ярко-желтый с бурой или пестрой побегалостью (у халькопирита – темнее). *Цвет черты* – буро-черный, зеленовато-черный. *Прозрачность* – непрозрачный. *Блеск* – металлический. *Сп.* – средняя, проявляется не всегда. *Тв.* (шкала Мооса) – 6–6,5. *Излом* – раковистый, неровный. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 5,0–5,2 г/см³. *Диагност. пр.* – высокая твердость, золотистый цвет, кубическая форма кристаллов с грубой взаимно перпендикулярной штриховкой на гранях, цвет черты, при ударе высекает искру. В природе неустойчив, переходит в лимонит и серную кислоту. В соляной кислоте не растворяется, в азотной растворяется в тонком порошке. Активный агент выветривания, даже в количестве 1–2 % является вредной примесью в строительных материалах. Слабо электропроводен.

Ген. Происхождение магматическое и гидротермальное, экзогенное в восстановительных условиях зоны выветривания. Может быть получен

искусственно. Встречается в диоритах, гранитах, серпентинитах, известняках, мергелях, мраморах, каменных углях, часто отдельные кристаллы в осадочных породах. Месторождения минерала – на Урале, в Подмосковье, в Новгородской и Оренбургской областях, в Азербайджане.

Исп. Пирит – основное сырье для получения серной кислоты (содержит около 35–50 % серы), огарки используются в качестве железной руды. Кроме того, из него извлекаются примеси: золото, медь, серебро, кобальт, никель и другие элементы. Пирит используется для очистки газовых отходов химических предприятий от хлора. Обладает способностью осаждать золото из растворов, на этом основано использование его для добычи золота, содержащегося в морской воде.

К л а с с III. Оксиды и гидроксиды

Оксиды и гидроксиды составляют до 17 % массы земной коры. Представители этого класса объединяют минералы разного происхождения и подразделяются, соответственно названию, на два подкласса: оксиды, отличающиеся высокой и средней твердостью, и гидроксиды, обладающие низкой твердостью. С другой стороны, названный класс можно разделить на оксиды и гидроксиды кремния и оксиды и гидроксиды металлов. Оксиды и гидроксиды кремния обладают исключительно важным порообразующим значением: только на долю *кварца* приходится до 12 % массы земной коры. Скрытокристаллические модификации кварца представлены разноокрашенными *халцедонами*. Среди водных оксидов кремния необходимо назвать *опал*. Наибольшее значение из гидроксидов принадлежит таким минералам, как *магнетит*, *гематит*, *лимонит*, *корунд*, *боксит*. Корунд как минеральный вид имеет следующие разновидности: рубин (красный), сапфир (синий), наждак (черный). Наждак благодаря высокой твердости используют как абразивный материал. Из-за высокой температуры плавления применяют как огнеупорный материал.

Кварц

Назв. От нем. *querkluffer* – руда секущих жил. Разновидности: *горный хрусталь* – от греч. *krystallos* – лед (считали разновидностью льда); *аметист* – от греч. «а» отриц. част., и *methyein* быть пьяным –

непьяный (цветом напоминает сильно разбавленное вино); *моріон* – от лат. *mormorion* – черный; *раухтопаз* – от нем. *rauchtopas* (*rauch* – дым и греч. *topazes* – топаз) – дымчатый топаз; *цитрин* – от позднелат. *citrinus* – лимонно-желтый; *тигровый глаз*, *соколиный глаз*, *кошачий глаз* – названы по окраске и др.

Хим. ф. – SiO_2 .

Морф. Обычно кристаллы в форме шестигранной призмы (удлиненно-призматические с поперечной штриховкой на гранях), бипирамидальные, двойники, друзы. Агрегаты зернистые, скрытокристаллические, сливные, плотные.

Св. *Цвет* – сам по себе бесцветный или белый за счет трещиноватости, примесями может быть окрашен в любые цвета (пурпурный, розовый, черный, желтый, коричневый, зеленый, оранжевый и т. д.). *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – прозрачный, полупрозрачный. *Блеск* – стеклянный. *Сп.* – весьма несовершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 7. *Излом* – раковистый, неровный. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 2,65–2,66 г/см³. *Диагност. пр.* – призматические кристаллы с грубой поперечной штриховкой, раковистый излом, высокая эталонная твердость, стеклянный или жирный блеск. Физические параметры очень стабильны. Обладает сопротивлением одноосному сжатию $R_{сж}$ около 2000 МПа, $R_{растяж}$ около 100 МПа. Пьезоэлектрический эффект. В природных условиях очень устойчив. В пламени паяльной трубки не плавится, температура плавления около 1700 °С. В кислотах не растворяется. Взаимодействует только с плавиковой кислотой HF и горячей фосфорной H₂PO₄. Едкие и углекислые щелочи воздействуют при повышенных температурах.

Ген. Образуется магматическим, гидротермальным и метаморфическим путем, а также при перекристаллизации опала и халцедона. Составляет около 65 % объема земной коры. В магматических породах (гранитах, пегматитах, кварцевых порфирах и др.) – до 25 %, в осадочных (песках, песчаниках) и метаморфических (кварцитах) – до 100 %. Месторождения на Урале, Украине, Приморье, Якутии, Кавказе. В осадочных породах Беларуси образует чистые кварцевые пески или пески с примесями глины, глауконита, полевого шпата, бурого угля и др. Промышленное значение имеют Четвернянское (около 50 млн т), Ленинское (46,8 млн т), Лениндарское

(9,2 млн т), Городнянское (7,8 млн т), Жлобинское 1-е (5,5 млн т) и другие месторождения кварцевых песков – сырья для керамической, стекольной и литейной промышленности.

Исп. Кристаллы кварца, обладающие уникальными физическими свойствами, применяются в электротехнике, ультразвуковой технике, оптическом приборостроении и других отраслях. В больших количествах кварц потребляется стекольной и керамической промышленностью (горный хрусталь и маложелезистый кварцевый песок), при производстве огнеупоров (динас). Искрометные, чистой воды кристаллы горного хрусталя применяются в производстве стекол оптических инструментов, ювелирных, художественных изделий, химической посуды. Горный хрусталь, раухтопаз (дымчатый кварц), морион (черный кварц) используются в радиотехнике как стабилизаторы радиоволны: позволяют передавать и принимать радиоволны строго определенной длины. Горный хрусталь применяется в автоматике и телемеханике, в высококачественных генераторах. Окрашенные разновидности кварца (аметист, цитрин, авантюрин, тигровый глаз, кошачий глаз и др.) употребляются как полудрагоценные и поделочные камни.

Халцедон

Назв. (англ. chalcedony) – скрытокристаллическая тонковолокнистая разновидность кварца. Название, как принято считать, получил по древнегреческому городу Халькедон (в Малой Азии).

Хим. ф. – SiO_2

Морф. Скрытокристаллический, волокнистые, натечные, плотные агрегаты, псевдоморфозы по другим минералам (по кальциту) и органическим остаткам (по древесным, по раковинам).

Св. Цвет – окрашен в бледные тона серого, серовато-голубого, молочно-голубого, молочно-белого, желтоватого. Имеет много разновидностей, окрашенных в различные цвета: красноватый (сердолик), зеленоватый (хризопраз), голубоватый (сапфирин) и др. Полосчатый халцедон, состоящий из отличающихся по оттенку, прозрачности и плотности слоев, называется агатом. Камни с параллельными прямыми полосами и слоями называют ониксами.

Цвет черты – черты не дает. *Прозрачность* – полупрозрачен в тонких сколах или просвечивает. *Блеск* – матовый, восковой. *Сп.* – нет (весьма несовершенная). *Тв.* (шкала Мооса) – 6,5–7. *Излом* – раковистый с острыми режущими краями. *Пр.* – вязкий. *Пл.* – 2,6 г/см³. *Диагност. пр.* – плотное строение, высокая твердость, раковистый излом, восковой или матовый блеск. Минерал высокоустойчив к внешним атмосферным воздействиям, при выветривании образуется песок. Не плавится. В кислотах не растворяется (кроме HF).

Ген. Происхождение пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое, экзогенное (выпадение из водных растворов с кварцем и опалом), кристаллизация опала. Встречается в гранитах, песчаниках, кварцитах, андезитах. Распространен на Кавказе, Урале, Чукотке, Камчатке, Командорских островах, Тянь-Шане, Дальнем Востоке, в Восточной Сибири, Забайкалье, Крыму, Казахстане, Грузии, Армении, Карелии, Закавказье. В Беларуси в базальтах ратайчицкой свиты (верхний протерозой) образует миндалины, в осадочных слоях распространен в карбонатных породах верхнего девона и мела, где образует кремниевые конкреции со значительными примесями глинистых и карбонатных минералов.

Исп. Халцедон используется как абразивный материал для обработки твердых металлов, в точном приборостроении, при буровых работах. Его декоративная полосчатая разновидность – агат, применяется для изготовления сувениров и ювелирных изделий. В химических лабораториях применяются агатовые ступки, призмы точных химических весов, детали электрических счетчиков. Также халцедон используется в корпусах часов, компасов и электросчетчиков, цапфах теодолитов и нивелиров, подшипниках. Халцедон – высококислотоустойчивый материал.

Опал

Назв. От санск. *upala* – самоцвет, драгоценный камень.

Хим. ф. – SiO₂·nH₂O.

Морф. Образует натечные, шаровидные, почковидные агрегаты, сталактиты, сплошные, плотные, землистые массы, студнеобразные, ноздреватые накипи.

Св. *Цвет* – разнообразный и обусловлен, главным образом, примесями. Сам по себе опал бесцветен, чаще от прозрачного до белого. В зависимости от особенностей внутреннего строения и состава примесей характерны также млечно-голубые, серые, красные, желтые, зеленые, коричневые и черные окраски. Разновидности: благородный опал, огненный опал, хризопал (зеленый), молочный опал (полупрозрачная до непрозрачной разновидность молочно-белого цвета), гидрофан (сильно пористая и легкая невзрачная разновидность, мутная в сухом состоянии и прозрачная в воде), гиалит (прозрачный бесцветный или голубовато-серый). Обладает эффектом опалесценции. *Цвет черты* – белая, бесцветная. *Прозрачность* – полупрозрачный, если содержит магний, железо, медь – непрозрачный. *Блеск* – стеклянный, восковой, матовый, жирный, тусклый. *Сп.* – нет. *Тв.* (шкала Мооса) – 5,5–6,5. *Излом* – неровный, ровный, раковистый. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 1,9–2,3 г/см³. *Диагност. пр.* – плотное строение, высокая твердость, раковистый излом, восковой или матовый блеск. В природе устойчив к внешним атмосферным воздействиям, постепенно переходит в кварц и халцедон (от которого трудно отличим без химического анализа). Порошок опала легко растворяется в горячих щелочах. В пламени паяльной трубки выделяет воду, иногда краснеет.

Ген. Происхождение гидротермальное или органогенное. Встречается в песчаниках, опоках, трепелах. Кавказ, Урал, Казахстан, Чукотка, Камчатка, Забайкалье, Алтай, Ульяновская, Саратовская, Курская, Днепропетровская области, Донецкая впадина. В Беларуси встречается в виде цемента, включений, скорлупок диатомей, в меловых отложениях (стяжения), в вулканогенных породах верхнего докембрия, обычно в девонских, каменноугольных, пермских, триасовых, кайнозойских отложениях. Некоторые горные породы почти целиком сложены из опала: диатомит, опока, трепел.

Исп. Опал – один из самых красивых ювелирных камней, благородный и огненный опал используется как драгоценный камень. Опал технический, не обладающий декоративной окраской и оптическим эффектом опалесценции, применяется для получения шлифовальных порошков, гидравлических добавок, цемента и легкого кирпича. Используется как звуко- и теплоизолятор, наполнитель фильтров.

Лимонит

Назв. От греч. *leimon* – луг, болото (по месту образования на заливных лугах и заболоченных местностях, где минерал отлагается в виде осадка из водных растворов). Синонимы – луговая руда, бурый железняк, болотная железная руда.

Хим. ф. – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Морф. Кристаллы редки – игольчатые, столбчатые, двойники, псевдоморфозы. Агрегаты ноздреватые, порошокватые, натечные, почковидные, сталактиты, оолиты, плотные, пористые.

Св. *Цвет* – желто-бурый, ржаво-желтый, охряно-желтый, темно-бурый до черного. *Цвет черты* – желтоватая, светло-бурая. *Прозрачность* – непрозрачный. *Блеск* – тусклый полуметаллический, поверхность натёков лаковая, в других случаях матовый. *Сп.* – нет. *Тв.* (шкала Мооса) – 1–5. *Излом* – землистый. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 3,3–4,0 г/см³. *Диагност. пр.* – цвет черты, форма кристаллов. Слабоустойчив к внешним атмосферным воздействиям: под действием давления и повышенных температур теряет воду и переходит в гематит, магнетит. Медленно растворяется в соляной кислоте. При нагревании в стеклянной трубке разлагается на гематит и воду, плавится, при длительном нагревании становится магнитным.

Геог. Образуется экзогенным и биогенным путем из сидерита, пирита, халькопирита, гематита, серпентина, роговой обманки, авгита, биотита, железистых хромитов. Луговые и болотные руды, может быть цементом в осадочных породах или встречается самостоятельно. Урал, Липецкая, Тульская область, Керчь, Казахстан, Западная Сибирь, Карелия, Башкирия, Средняя Азия.

Исп. Лимонит служит рудой для получения железа. Племена, обитавшие на территории Беларуси, начали добывать железо из болотных железных руд в раннем железном веке сыродутной плавкой в глиняных печах-домницах и использовала его для изготовления основных орудий труда, оружия и т. п.

Порошковатый землистый лимонит используется как краска (охра, умбра).

К л а с с IV. Силикаты и алюмосиликаты

Силикаты и алюмосиликаты объединяют около 800 минералов, многим из которых принадлежит огромное породообразующее

значение, ведь представители этого класса составляют до 80 % массы земной коры. Если же к числу силикатов отнести и кварц, являющийся типичным силикатом по строению кристаллической решетки (но не по химическому составу), то доля превысит 90 %. Происхождение минералов данного класса разное. Основу кристаллической решетки в минералах составляет кремний-кислородный тетраэдр. В зависимости от сочетаний этих тетраэдров все силикаты разделяются на следующие **группы**:

Островные силикаты сложены изолированными тетраэдрами. Самый распространенный представитель – *оливин*.

Цепочечные силикаты объединяют минералы группы пироксенов, в которых тетраэдры соединены в непрерывные цепочки. Наиболее распространен породообразующий алюмосиликат – *авгит*.

Кольцевые силикаты обладают соединенными в замкнутые кольца тетраэдрами. Представитель – *берилл*.

Ленточные силикаты содержат соединенные в обособленные ленты тетраэдры. Здесь выделяется семейство *а м ф и б о л о в* – минералов с непостоянным химическим составом, среди которых наиболее распространен породообразующий минерал *роговая обманка*.

Листовые (слоевые) силикаты представлены минералами, в которых тетраэдры объединены в ленты, образующие единый непрерывный слой. Наибольшим распространением среди них пользуются такие породообразующие минералы, как *слюды*: бесцветный мусковит и его мелкочешуйчатая разновидность серицит, черный биотит. Кроме них часто встречаются метаморфического происхождения *серпентин* (змеевик), *тальк* и непостоянного состава хлориты. Эти минералы возникают при воздействии на ультраосновные породы горячих растворов и газов. Другая часть листовых силикатов образуется в результате гипергенеза – выветривания содержащих полевые шпаты и слюды магматических и метаморфических пород. Так возникают глинистые минералы *каолин*, *монтмориллонит*, *бейделлит*, *нонтронит*, а также гидрослюды – минералы непостоянного состава. Среди листовых силикатов выделяется также *глауконит* – водный алюмосиликат К, Fe, Al, образующийся в шельфовой зоне на глубинах 200 – 300 м.

Каркасные силикаты представлены семействами *полевых шпатов* и *нефелина*. Важнейшей из них является группа полевых шпатов, доля

которых в массе земной коре достигает 50 %. Название происходит от шведских слов *feldt*, или *fält* – поле и *spar*, или *spat* – шпат (шведские крестьяне часто находили на своих полях куски шпата). Каркас полевых шпатов создан тетраэдрами, сцепленными всеми четырьмя вершинами. Группа подразделяется на калиево-натриевые и кальциево-натриевые полевые шпаты. Первые представлены ортоклазом, вторые – разновидностями плагиоклазов, в которых наблюдается последовательное уменьшение содержания SiO_2 . В соответствии с этим плагиоклазы включают ряд минералов: от натриевого (кислого по составу) альбита, до кальциевого (основного) анортита. Промежуточное расположение занимает кальциево-натриевый (средний по составу) лабрадор – иризирующий плагиоклаз.

Оливин

Назв. От лат. *oliva* – оливка (по сходству окраски). Разновидности – хризолит (драг.), форстерит.

Хим. ф. – $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$.

Морф. Короткостолбчатые кристаллы редки. Зернистые агрегаты, псевдоморфозы.

Св. *Цвет* – оливковый от темно-желтого до темно-зеленого и черного. *Цвет черты* – бесцветная, белая. *Прозрачность* – прозрачен только хризолит. *Блеск* – стеклянный, жирный. *Сп.* – несовершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 6,5–7. *Излом* – неровный, раковистый. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 3,2–3,5 г/см³. *Диагност. пр.* – характерный оливково-зеленый цвет, частое присутствие прожилков волокнистого серпентина, талька. Малоустойчив к внешним атмосферным воздействиям. В соляной кислоте почти не растворяется, в серной кислоте образует гель SiO_2 . В пламени паяльной трубки не плавится. Под воздействием гидротермальных растворов переходит в асбест, хлорит, магнетит, гематит, серпентинит, тальк, а затем в гидроокислы железа и марганца.

Ген. Оливин типичный глубинный высокотемпературный минерал. Он распространен во многих видах метеоритов, в мантийных породах, в магматических и высокотемпературных метаморфических и метасоматических породах. Восточный склон Урала, Таймыр, Северный Кавказ, Сибирь. Как породообразующий минерал распространен в кристаллическом фундаменте и девонских вулканитах

Беларуси, в незначительном количестве встречается в верхнепротерозойских отложениях.

Исп. Оливин применяется для изготовления огнеупорного форстеритового кирпича и как магниальное удобрение. Его благородная разновидность – хризолит – используются в ювелирном деле.

Авгит

Назв. От греч. auge – блеск, за сильный блеск на плоскостях спайности.

Хим. ф. – (Ca, Na, Mg, Fe, Al)[(Si, Al)₂O₆]

Морф. Отдельные кристаллы короткостолбчатые, таблитчатые, часто двойники. На срезе кристаллы выглядят как восьмиугольник. Сплошные зернистые массы, псевдоморфозы по другим минералам и наоборот.

Св. *Цвет* – темно-зеленый, зеленовато-черный, буровато-черный. *Цвет черты* – бесцветная, светлая серо-зеленая. *Прозрачность* – непрозрачен. *Блеск* – стеклянный или поверхность матовая. *Сп.* – средняя. *Тв.* (шкала Мооса) – 5,0–6,5. *Излом* – неровный, раковистый. *Пр.* – хрупкий, придает горным породам хрупкость, затрудняет полировку. *Пл.* – 3,2–3,6 г/см³. *Диагност. пр.* – Сп. ясная под углом 87–88°. В кислотах не растворяется. Среднеустойчив к внешним атмосферным воздействиям, частично переходит в роговую обманку, каолинит, хлорит, серпентин, гидроокислы железа, тальк.

Ген. Происхождение магматическое, метаморфическое. Встречается в магматических породах основного состава (габбро, базальт, перидотит, порфирит, туфы), темноокрашенных (отличие от роговой обманки). Никогда не встречается совместно с кварцем.

Исп. Август, содержащий до 5 % TiO₂, применяется в качестве руды на титан. Возможно применение в качестве щебня.

Тальк

Назв. Старинное арабское название talg – минерал. Синонимы: *жировик* и *мельный камень* (по ощущениям на ощупь), *горшечный камень* (в древности использовался для изготовления посуды).

Хим. ф. – 3MgO·4SiO₂·2H₂O.

Морф. Агрегаты листоватые, чешуйчатые, сплошные, мелкозернистые, плотные, псевдоморфозы.

Св. *Цвет* – бесцветный, белый, зеленовато-белый, бледно-зеленый, яркий изумрудно-зеленый, переходящий в темно-зеленый, желтоватый, серый. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – полупрозрачный. *Блеск* – жирный, перламутровый, тусклый. *Сп.* – весьма совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 1. *Излом* – близкий к раковистому. *Пр.* – режущийся и легко мнущийся, пластинки гибкие и упругие. *Пл.* – 2,58–2,83 г/см³. *Диагност. пр.* – низкая эталонная твердость, жирность на ощупь. Плохо проводит электричество. Химически устойчив. Хорошо сопротивляется выветриванию. Является огнеупорным материалом. В пламени паяльной трубки белеет, расщепляется и с трудом сплавляется по краям в белую эмаль с твердостью 6.

Ген. Происхождение метасоматическое. Встречается в гидротермально измененных ультраосновных породах и доломитах, образует тальковые сланцы. Широко распространены на Урале, в Карелии, Казахстане, Восточной Сибири.

Исп. Тальк является кислотоупорным и огнеупорным материалом, электроизолятором. Используется в качестве машинной смазки, наполнителя в парфюмерно-косметической, резиновой и целлюлозно-бумажной промышленности. Адсорбент, сырье для получения свето- и огнеупорной краски, в кондитерском деле и электронной технике.

Серпентин

Назв. От лат. serpens – змея (из-за окраски, похожей на шкуру змеи). Синоним – змеевик.

Хим. ф. – $MgO \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Морф. Плотные массы, смятые в мелкие складки, агрегаты волокнистые, пластинчатые, зернистые. Часто содержит прожилки асбеста.

Св. *Цвет* – темно-зеленый, оттенки желтого, бурого, почти белый. Пятнистый, полосчатый. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – непрозрачный. *Блеск* – восковой, жирный. *Сп.* – весьма совершенная, но микроскопически наблюдается крайне редко. *Тв.* (шкала Мооса) – 2,5–4. *Излом* – ровный, реже раковистый. *Пр.* – высокая вязкость. *Пл.* – 2,5–2,6 г/см³. *Диагност. пр.* – Пестрая окраска, жирный блеск, часто наблюдающиеся зеркала скольжения. В серной и соляной кислотах разлагается с выделением кремнезема SiO_2 . При нагревании в закрытой

трубке выделяет много воды. Постепенно переходит в магнезит, халцедон, опал, лимонит.

Ген. Образуется в результате метасоматических и гидротермальных изменений оливина, авгита, роговой обманки, интрузивных ультраосновных пород. Образуется серпентиниты, змеевиковые сланцы.

Исп. Серпентин – чудесный поделочный и облицовочный материал. Отходы такого производства идут на изготовление огнеупорного кирпича.

Мусковит, биотит

Назв. От лат. vitrum muscoviticum – московское стекло, т. к. в древности листы этого минерала вставляли в оконные проемы вместо стекол и даже везли на экспорт в Европу. Биотит – по имени французского физика Ж. Био, изучавшего слюды.

Хим. ф. Мусковит – $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 6H_2O$,
биотит – $K_2O \cdot 6(Mg, Fe)O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Морф. Кристаллы редки – таблитчатые, короткопризматические, бипирамидальные, усеченно-пирамидальные. Агрегаты листовато-пластинчатые, чешуйчатые.

Св. *Цвет* – окраска мусковита светлая: серая, желтоватая, зеленоватая, в тонких листах бесцветен. Окраска биотита темная: бурая, коричневая, зеленая до черной; в результате выветривания приобретает бронзовый оттенок. *Цвет черты:* мусковит – белый, биотит – белый или зеленоватый. *Прозрачность* – прозрачный. *Блеск* – стеклянный, перламутровый. *Сп.* – весьма совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 2–3. *Излом* – неровный, легко расщепляется на тонкие гибкие упругие (отличие от талька) листочки. *Пр.* – высокая механическая прочность. *Пл.* – 2,76–3,12 г/см³. *Диагност. пр.* – весьма совершенная сп., цвет, упругость и гибкость отдельных пластин. Очень высокое электрическое сопротивление, термическая прочность. Тонкие пластинки с трудом сплавляются в непрозрачную белую эмаль. В кислотах не растворяется. В природе устойчив к внешним атмосферным воздействиям, постепенно переходит в гидрослюды. Немного снижает прочность строительных материалов.

Ген. Происхождение магматическое, пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое. Является составной частью большинства магматических (кроме излившихся) и метаморфических

пород, очень часто чешуйки слюды есть в составе осадочных пород. Может быть получен искусственно. Восточная Сибирь, Средний Урал, Кольский полуостров, Украина. В Беларуси – в кристаллическом фундаменте.

Исп. Мусковит – самый надежный и долговечный диэлектрик, применяемый в сложнейших энергетических установках, электронике, транзисторных приемниках, электрических выключателях. Используется в индустрии строительных материалов, деревообрабатывающей промышленности, производстве автомобильных стекол. В металлургии вставляется в окна печей. Измельченный мусковит применяется при изготовлении толя, обоев, смазки, писчей бумаги, точильных камней, автомобильных шин, огнеупорных красок, а в склеенном и спрессованном виде (миканит) заменяет листовую слюду. Биотит является высококачественным изолятором, применяется для производства бронзовой краски и жаростойких масс.

Плагиоклаз, лабрадор, ортоклаз

Назв. Плагиоклаз – от греч. plágios – косою и klásis – ломка, раскалывание, лабрадор назван по месту находки в провинции Лабрадор (Канада) на острове Паулс, ортоклаз – от греч. orthós – прямой (из-за способности раскалываться по взаимно перпендикулярным направлениям). Разновидность – лунный камень, солнечный камень.

Хим. ф. Са–Na–К – полевые шпаты.

Морф. Кристаллы призматические, таблитчатые, двойники. Агрегаты крупнокристаллические, зернистые.

Св. Цвет – окраска плагиоклаза бесцветная, желтоватая, сероватая, часто бледно-розовая до красной и др.; окраска лабрадора зеленовато-серая с эффектом иризации (под определенным углом зрения появляются яркие синие, зеленые, очень редко красные отблески); ортоклаз бесцветный, зеленоватый, сероватый желтый, белый, розовый. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – непрозрачный. *Блеск* – стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, поверхность выветрелых образцов матовая. *Сп.* – совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 6–6,5. *Излом* – ступенчатый. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 2,55–2,6 г/см³. *Диагност. пр.* – способность раскалываться на пластины по спайности,

иризация на плоскостях у лабрадора. В свежем состоянии среднеустойчив, при выветривании снижается твердость.

Ген. Плагноклаз и ортоклаз – происхождение магматическое и пегматитовое. Составляет до 60 % массы магматических пород (гранит, сиенит), до 30 % метаморфических (гнейс), до 12 % осадочных пород. Месторождения многочисленны во всех странах: Карелия, Сибирь, Урал, Украина. Лабрадор – происхождение магматическое. Встречается в лабрадоритах, габбро и их аналогах. Месторождение в Украине (Волынь). В Беларуси – самые распространенные после кварца породообразующие минералы в антропогенных отложениях.

Исп. Ортоклаз находит применение в керамической промышленности: в производстве фарфора, фаянса, эмалей, глазурей, стекольной промышленности. Разновидности ортоклаза – лунный и солнечный камень – облицовочные и поделочные материалы. Плагноклаз представляет собой важное керамическое сырье (глазурный шпат), в размолотом виде используется как удобрение. Лабрадор – прекрасный и очень ценный поделочный и облицовочный материал.

К л а с с V. Фосфаты

Фосфаты образованы разного происхождения солями фосфорной кислоты. Класс насчитывает около 200 минералов, составляющих около 0,7 % массы земной коры. Чаще всего применяются для производства фосфорных удобрений: магматического происхождения – *апатит* и близкий к нему по составу, но гипергенного происхождения – *фосфорит* (фосфат кальция). Фосфатам характерны невысокие показатели твердости и плотности.

Апатит

Назв. От греч. *apatao* – обманываю (часто путают с ювелирными камнями – бериллом, турмалином).

Хим. ф. – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$.

Морф. Кристаллы игольчатые, короткостолбчатые, призматические, таблитчатые. Друзы, зерна, плотные массы, тонкокristаллические, сахаровидные агрегаты, землистые, волокнистые, лучистые, почковидные, шаровидные.

Св. *Цвет* – бесцветные, чаще голубые, зеленые, фиолетовые, бурые, серые. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – отдельные кристаллы прозрачны. *Блеск* – на гранях стеклянный, на изломе жирный. *Сп.* – нет. *Тв.* (шкала Мооса) – 5. *Излом* – неровный. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 3,17–3,22 г/см³. *Диагност. пр.* – форма кристаллов и агрегатов, эталонная твердость, хрупкость. Слабоустойчив к внешним атмосферным воздействиям, растворяется в азотной и соляной кислотах. Раствор с *HCl* в соединении с аммиаком дает белый студенистый осадок. Порошок апатита, смоченный в серной кислоте, окрашивает пламя в зеленовато-голубоватый цвет. В пламени паяльной трубки плавится с трудом.

Ген. Происхождение магматическое, гидротермальное, пневматолитовое. Может быть получен искусственно. Встречается совместно с минералами щелочной магмы (нефелином и т. п.) в сиенитах, фосфоритах. Месторождения многочисленны. Самое крупное промышленное месторождение – в России на Кольском полуострове в породах щелочного комплекса (Хибинский массив). Также месторождение Ковдор, Северная Карелия, Слюдянка (Прибайкалье), Якутия, Восточная Сибирь, Казахстан. В пегматитах провинций Онтарио и Квебек в Канаде. Известны также месторождения в Бразилии, США, Чили, ЮАР, Норвегии, Финляндии, Германии и других странах. В Беларуси в незначительных количествах встречается в образованиях разного возраста – от кристаллического фундамента до антропогенных отложений включительно, как породообразующий минерал распространен в отложениях мела и палеогена, где входит в состав фосфоритов. Новообразованный апатит выявлен в нижнекембрийских отложениях Брестской впадины и в рифейских отложениях Оршанской впадины. В щелочных породах кристаллического фундамента Микашевичско-Житковичского выступа выявлена цериевая разновидность апатита – бритолит.

Исп. Апатит называют «хлебным камнем» – применяется он для получения удобрений (суперфосфатов). Из отходов производства фосфорных удобрений изготавливают фосфорное стекло, пропускающее ультрафиолетовые лучи. Получают также сорта стекол,

задерживающих инфракрасные тепловые лучи. Применение фосфорного стекла дает возможность принимать солнечные ванны в помещении, наблюдать доменный процесс. Некоторые сорта фосфорного стекла выдерживают нагревание до 800 °С. Фосфатные минералы находят применение в керамической промышленности для получения «костяного фарфора», в литейном деле – придают литью большую текучесть, и, таким образом, литье хорошо заполняет формы. В химической промышленности апатит используют для получения фосфора, ортофосфорной кислоты H_3PO_4 , пирофосфорной кислоты $H_4P_2O_7$ и других соединений фосфора, которые применяются в спичечной, керамической, текстильной, пищевой промышленности, военном деле, медицине. Насчитывается более ста отраслей народного хозяйства, где используются эти вещества.

К л а с с VI. Сульфаты

Сульфаты представляют собой соли серной кислоты, накапливающиеся, в большинстве своем, в соленасыщенной водной среде. Сульфатам принадлежит большое породообразующее значение, они слагают около 0,1 % массы земной коры. Минералам свойственны низкая твердость, неметаллические разновидности блеска, светлая окраска. В земной коре широко распространены *гипс*, *ангидрит*, *мирабилит* (глауберова соль), *барит*.

Ангидрит

Назв. От греч. ап – приставка отрицания, hydor – вода. Синоним – кубический шпат (из-за формы обломков при раскалывании).

Хим. ф. – $Ca[SO_4]$.

Морф. Кристаллы редки; толстостолбчатые и призматические, нередко со штриховкой на гранях, двойники. Сплошные и зернистые массы, псевдоморфозы.

Св. *Цвет* – белый с голубым, серым, красным оттенком, некоторые кристаллы бесцветны. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – иногда прозрачен или просвечивает. *Блеск* – стеклянный, перламутровый, жирный. *Сп.* – совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 3–3,5. *Излом* – неровный, ровный. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 2,95–2,98 г/см³. *Диагност. пр.* – цвет, прямоугольные выколки по спайности, твердость. Слабоустойчив к внешним атмосферным воздействиям. Растворяется в

воде (2,1–3,3 г/л). При гидратации переходит в гипс, увеличиваясь в объеме на 30 %. Растворяется в кислотах, не выделяя $\text{CO}_2\uparrow$ (отличие от мрамора, известняка, доломита, магнезита). В порошке растворяется в серной кислоте. Сплавляется в белую эмаль.

Ген. Типичный химический осадок лагун, гидротермальный генезис. Встречается самостоятельно, образуя одноименную горную породу, часто сочетается с галенитом и гипсом. Месторождения многочисленны: Приуралье, Донбасс, Литва, Архангельская, Вологодская, Куйбышевская, Горьковская области. В Беларуси ангидритовые слои и пачки распространены среди пород верхнефранской соленосной формации и верхнедевонской галитовой субформации Припятского прогиба. Прослои, гнезда и включения ангидритов часто встречаются в породах наровского, евлановского и др. горизонтов девонских отложений Припятского прогиба.

Исп. Из ангидрита получают серу, применяют в бумажной промышленности, медицине, сельском хозяйстве (в качестве удобрения), производстве серной кислоты, цемента, эмалей, глазурей и красок. Используют для изготовления декоративной настольной скульптуры малых форм.

Гипс

Назв. От греч. *gypsos* – мел, гипс. Разновидности – *пластинчатый гипс* «марьино стекло»; *селенит* – от греч. «selene» – Луна (по внешнему виду), алебастр – сплошные мраморовидные массы.

Хим. ф. – $\text{Ca}[\text{SO}_4]\cdot\text{H}_2\text{O}$.

Морф. Кристаллы пластинчатые, игольчатые, столбчатые, линзовидные, часто двойники. Агрегаты сахаровидные, мраморовидные, крупнозернистые, сплошные, жилковатые, волокнистые, рыхлые, плотные, друзы.

Св. *Цвет* – белый, серый, розовый, красный, синий, желтый, бесцветный. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – прозрачный, полупрозрачный. *Блеск* – стеклянный, перламутровый, шелковистый или матовый. *Сп.* – весьма совершенная в одном направлении, совершенная в двух направлениях. *Тв.* (шкала Мооса) – 2. *Излом* – ровный, раковистый, занозистый. *Пр.* – гибкий. *Пл.* – 2,3 г/см³. *Диагност. пр.* – низкая эталонная твердость (царапается ногтем), Слабоустойчив к внешним атмосферным воздействиям. Растворяется в

воде в соотношении 1 : 400 (2–3,3 г/л), сообщает воде сульфатную жесткость. Растворяется в соляной кислоте, не вскипая. При нагревании до температуры 60–70 °С происходит дегидратация; при 200 °С переходит в ангидрит, а при дальнейшем нагревании ращепляется и сплавляется в белую эмаль.

Ген. Типичный химический морской осадок, гидротермальное происхождение. Встречается в глинах, мергелях, песках или самостоятельно – образует одноименную горную породу. Урал, Северный Кавказ, Прибалтика, Архангельская область, Приднестровье, Поволжье, Донбасс, Средняя Азия, Крым, Карелия, Татарстан, Тульская, Калужская, Рязанская области. В Беларуси в наровском горизонте среднего девона образует многочисленные желваки, линзы, а в нижней части разреза – гипсоносную пачку мощностью до 3–10 м; в нижней части надсолевой толщи данковского горизонта верхнего девона Припятского прогиба образует мощную (50–400 м) гипсоносную толщу. В виде гнезд, линз, прослоев, цемента в песчаниках встречается в отложениях котлинской свиты верхнего протерозоя, в пермтриасе, в ордовикских, силурийских и кайнозойских отложениях.

Исп. Гипс применяется в архитектурном и скульптурном деле для изготовления строительных деталей: карнизов, плит, блоков, барельефов. Обожженный гипс применяется в качестве вяжущего вещества, добавляется к портландцементному клинкеру для замедления схватывания. Волокнистая разновидность – селенит – обладает красивым лунным отливом и является поделочным камнем. Его и другие разновидности гипса используют для изготовления декоративной настольной скульптуры малых форм. Из гипса получают серу, применяют его в бумажной промышленности, медицине, сельском хозяйстве (в качестве удобрения), производстве серной кислоты, цемента, эмалей, глазурей и красок. Прозрачный пластинчатый гипс используется в оптике.

К л а с с VII. Карбонаты

Карбонаты являются солями угольной кислоты, насчитывают около 80 представителей. Карбонаты имеют огромное породообразующее значение в составе осадочных и метаморфических пород, составляют до 2 % массы земной коры. Отличительной особенностью карбонатов

является их активное взаимодействие с соляной кислотой, сопровождающееся бурным выделением углекислого газа. Блеск большинства карбонатов стеклянный, твердость невысокая. Наиболее распространены такие представители, как *кальцит*, *магнезит*, *доломит*, *сидерит*.

Кальцит

Назв. От лат. *calx* – известь. Синоним – известковый шпат; разновидности – *исландский шпат*, *арAGONит*.

Хим. ф. – $\text{Ca}[\text{CO}_3]$.

Морф. Кристаллы таблитчатые, пластинчатые, призматические, ромбоэдрические. Агрегаты зернистые, землистые, плотные, друзы, жеоды, натёки, сростки, корочки, псевдоморфозы.

Св. *Цвет* – бесцветный, молочно-белый, иногда бледные оттенки голубого, желтого, зеленого, синего, фиолетового, темно-бурого цвета до черного. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – прозрачный (исландский шпат), полупрозрачный, непрозрачный. *Блеск* – стеклянный, на выветрелой поверхности перламутровый, может быть матовая поверхность. *Сп.* – совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 3. *Излом* – ровный, ступенчатый, зернистый. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 2,7 г/см³. *Диагност. пр.* – бурная реакция с HCl. Обладает пьезоэлектрическим эффектом, кальциты некоторых месторождений люминесцируют белым и оранжевым цветом. Неустойчив к внешним атмосферным воздействиям. Слабо растворяется в воде, особенно в присутствии $\text{CO}_2\uparrow$ (0,03 г/л), сообщает воде карбонатную жесткость. В пламени паяльной трубки не плавится, растрескивается и разлагается на $\text{CO}_2\uparrow + \text{CaO}$, при этом наблюдается яркое свечение, окрашивает пламя в оранжевый цвет.

Ген. Происхождение осадочное, органогенное, метаморфическое, гидротермальное и при выветривании. Встречается в известняках, доломитах, мраморах, известковых туфах. Месторождения многочисленны: Восточная Сибирь, Украина, Киргизия, Ленинградская область, Кавказ. Исландский шпат встречается на Северном Кавказе, в Крыму, Якутии. Кальцит может быть получен искусственно. В Беларуси распространен в палеозойских (с ордовика), мезозойских и кайнозойских отложениях как основной компонент известняка, мела, мергеля, в незначительном количестве – в породах кристаллического фундамента, рифея, венда и кембрия.

Исп. Кальцит используется в химической промышленности, в металлургии в качестве флюса и в производстве строительных материалов. Прозрачная бесцветная разновидность – исландский шпат – является оптическим сырьем. Он двойит и поляризует лучи света, прозрачен почти для всех длин волн. Эти свойства используются в различных оптических приборах, астрономических измерительных инструментах, квантовых генераторах, радиоэлектронике, вычислительных устройствах, медицинской аппаратуре, в голографии и лазерной технике.

К л а с с VIII. Галоиды

Галоиды являются солями галоидно-водородных кислот. Насчитывается около 100 представителей, как правило, гипергенного и гидротермального происхождения. Чаще всего встречаются соединения хлористые и фтористые, такие, как *галит* (каменная соль), *сильвин* (калийная соль). В оптике используется *флюорит*. Галогениды отличаются стеклянным блеском, невысокими твердостью и плотностью, часто легкой растворимостью в воде.

Галит

Назв. От греч. *hals* – соль, синоним – каменная соль.

Хим. ф. – NaCl.

Морф. Образует кристаллы кубические, октаэдрические, в некоторых месторождениях волокнистые. Агрегаты листоватые, волокнистые, сталактиты, вкрапленники, сплошные крупнозернистые массы, друзы, корочки, налеты.

Св. *Цвет* – бесцветный, беловатый, желтый, красный, пурпурный или синий. *Цвет черты* – белый. *Прозрачность* – прозрачный, полупрозрачный. *Блеск* – стеклянный. *Сп.* – весьма совершенная. *Тв.* (шкала Мооса) – 2,5. *Излом* – раковистый. *Пр.* – хрупкий. *Пл.* – 2,165–2,168 г/см³. *Диагност. пр.* – соленый вкус, спайность. Слабоустойчив к внешним атмосферным воздействиям, ухудшает строительные свойства грунтов и стройматериалов. Сильно растворим в воде (320–350 г/л), раствор NaCl реагирует с хлоридом серебра с выпадением белого

творожистого осадка $\text{AgCl}\downarrow$. Высокая теплопроводность, на угле легко плавится, окрашивая пламя в желтоватый цвет.

Ген. Происхождение хемогенное (осаждение в замкнутых водоемах). В осадочных породах залегает пластами, но часто формы залегания каменной соли напоминают формы магматических пород – купола, потоки, линзы. Соликамск, Донбасс, Закавказье, Соль-Илецк, оз. Эльтон, оз. Баскунчак. Мощные отложения галита девонского возраста выявлены в Припятском прогибе на площади 26 тыс. км². Общий объем каменной соли в Припятском соляном бассейне составляет около 22 тыс. км³. Детально разведаны Старобинское (0,75 млрд т), Мозырское (промышленные запасы 600 млн т) и Давыдовское (предварительно оцененные запасы свыше 20 млрд т) месторождения каменной соли, обеспечивающие пищевую и химическую промышленность Беларуси и смежных стран. В Мозыре работает завод по производству поваренной соли.

Исп. Галит применяется при изготовлении более полутора тысяч различных изделий, без него не обходится почти ни одна отрасль промышленности. Соль используется как важнейший пищевой продукт (среднее потребление соли 7–10 кг на человека в год), для консервирования мяса и рыбы, в холодильном деле. Используется для высаливания мыла и органических красок, для соления кож. В металлургии – для хлорирующего обжига, в керамической промышленности – для глазурования глиняных изделий, в медицине, в производстве алюминия и хлорной извести, для очистки газов – гелия, неона, аргона. Галит служит сырьем для получения соляной кислоты, рудой для получения металлического натрия и хлора, а также всех соединений этих элементов. Металлический натрий применяется для получения сплавов, как восстановитель в металлургии, в качестве катализатора в производстве органических соединений, в электропромышленности – для изготовления проводов (натриевые «жилы», покрытые медной оболочкой) и разрядных ламп. Натриевые лампы применяются для уличного освещения, они в два раза ярче и почти в три раза долговечнее ртутных, повышают контрастность предметов. Натрий служит катализатором при получении

синтетического каучука. Перекись натрия регенерирует воздух в кабинах космических кораблей и подводных лодках. Облако паров натрия, выпущенных из космической ракеты, позволяет определить ее местоположение и уточнить траекторию полета. Установлено, что 1 мм² каменной соли способен хранить до миллиарда единиц информации, что позволяет использовать крупинцы соли в электронике. Натриево-серная аккумуляторная батарея способна запасать в пять раз больше энергии, чем свинцово-кислородная батарея равного веса. Натриевый теплоноситель используется в атомных реакторах. Галит добавляют в бетон для снижения температуры его застывания и в буровые растворы.

2 МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1 Специально подобранная рабочая коллекция минералов.

2 Предметы-заменители минералов-эталонов шкалы Мооса. Неглазуванная фарфоровая пластинка – «бисквит» или керамическая плитка. Магнит. Лупа.

3 Разбавленная соляная кислота HCl (10 %).

4 Данные методические указания. Конспекты учебных занятий по теме «Породообразующие минералы, классификация и их физические свойства». Журнал лабораторных работ.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Проработка теоретической части.

2 Практическое определение свойств минералов, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов минералов определяют их цвет, цвет черты, блеск, спайность, твердость, реакцию с соляной кислотой. Полученные данные сопоставляют и уточняют с имеющимся описанием минералов.

3 По окончании работы студент сдает сделанное описание минералов на контрольный просмотр, после чего проводится опрос студента по практической части с демонстрацией приобретенных навыков.

4 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

С образцами минералов следует обращаться аккуратно, ни в коем случае не ронять и не бросать их.

В процессе определения твердости минералов при работе со стальным ножом, иглой или стеклом необходимо быть предельно осторожными во избежание порезов и царапин. При работе со стеклом нельзя проводить диагностику, держа стекло в руке, поскольку под давлением твердого минерала оно может разломиться. Необходимо положить стекло на стол и только после этого проверять твердость минерала.

При работе с разбавленной соляной кислотой следует избегать попадания кислоты на поверхность кожи, в глаза или рот. Если же это произошло, достаточно промыть пораженные участки водой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Что положено в основу классификации минералов, какие классы минералов вы знаете?

2 Назовите представителей каждого класса.

3 Назовите физические свойства, по которым вы проводили макроскопическое исследование образцов.

4 Разделите минеральные агрегаты учебной коллекции по внешнему виду (зернистые, землистые, сахаровидные, листоватые, таблитчатые и т. д.).

5 Разделите минералы учебной коллекции на светлоокрашенные и темноокрашенные. Дайте качественную характеристику окраски.

6 Разделите минералы учебной коллекции на прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные.

7 Что такое спайность? Какие виды спайности вы знаете?

8 Разделите минералы учебной коллекции по типу блеска.

9 Что такое шкала Мооса? Какие представители эталонных минералов входят в учебную коллекцию?

10 Выберите из учебной коллекции минералы, являющиеся вредными примесями для грунтов.

11 Назовите и продемонстрируйте диагностические признаки кальцита и галита.

12 Выберите из учебной коллекции минералы, которые используются в виде естественного строительного камня.

13 Выберите из учебной коллекции минералы, служащие сырьем для получения искусственных строительных материалов.

14 Назовите представителей каждого класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Тихомирова, А. И.** Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Инженерная геология». Ч. I. Породообразующие минералы и горные породы / А. И. Тихомирова. – Гомель: БелИИЖТ, 1986. – 43 с.

2 **Седенко, М. В.** Геология, гидрогеология и инженерная геология/ М. В. Седенко. – Мн.: Выш. шк., 1975. – 384 с.

3 **Ананьев, В. П.** Инженерная геология: учеб. для вузов / В. П. Ананьев. – М.: Вышш. шк., 2002. – 510 с.

4 **Швецов, Г. И.** Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. для вузов / Г. И. Швецов. – М.: Высш. шк., 1997. – 318 с.

5 **Маслов, Н. Н.** Основы инженерной геологии и механики грунтов: учеб. для вузов / Н. Н. Маслов. – М.: Высш. шк., 1982. – 511 с.

6 **Бетехтин, А. Г.** Курс минералогии: учеб. пособие / А. Г. Бетехтин – М.: КДУ, 2007. – 721 с.

7 **Булах, А. Г.** Общая минералогия: учеб. / А. Г. Булах. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. – 356 с.

Учебное издание

БЕСПАЛОВА Марина Вячеславовна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Часть I

Породообразующие материалы

Лабораторный практикум

Редактор Н. А. Д а ш к е в и ч

Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Компьютерный набор и верстка М. В. Б е с п а л о в о й

Подписано в печать 18.10.2011 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,96. Тираж 500 экз.
Зак. № . Изд. № 149

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

М. В. БЕСПАЛОВА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Часть I

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Лабораторный практикум

Гомель 2011