

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**Ю. В. Митько,  
И. И. Шишкова**

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ  
МИНЕРАЛОВ:  
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ**

Практическое пособие

для студентов специальности 1–51 01 01  
«Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2021

УДК 549(076)  
ББК 26.311.4я73  
М676

Рецензенты:

кандидат географических наук А. И. Павловский,  
геолог службы литологии и стратиграфии  
Центра обработки исследования и хранения керна  
БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение  
«Белоруснефть» В. В. Даниленко

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Митько, Ю. В.**

М676 Краткий определитель минералов: диагностические призна-  
ки : практическое пособие / Ю. В. Митько, И. И. Шишкова ;  
Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ  
им. Ф. Скорины, 2021. – 44 с.  
ISBN 978-985-577-792-3

В пособии приводится описание главных диагностических признаков минералов, современная классификация минералов и краткий определитель минералов для следующих классов: самородные элементы, галоиды, сульфиды, окислы, карбонаты, сульфаты, фосфаты, вольфраматы и молибдаты, хроматы и бораты. Материал пособия направлен на формирование знаний и усиление изучения учебных коллекций минералов по дисциплине «Минералогия».

Адресовано студентам специальности 1–51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

УДК 549(076)  
ББК 26.311.4я73

**ISBN 978-985-577-792-3**

© Митько Ю. В., Шишкова И. И., 2021  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
1 Диагностические признаки минералов.....	5
1.1 Окраска.....	5
1.2 Цвет черты.....	7
1.3 Блеск.....	8
1.4 Прозрачность.....	10
1.5 Спайность и излом.....	12
1.6 Плотность и твердость.....	14
1.7 Классификация и номенклатура минералов.....	16
2 Краткий определитель минералов.....	20
Литература.....	44

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Минералогия – это наука о минералах, изучающая их состав, свойства, морфологию, особенности структуры, процессы образования и изменения минералов, закономерности их совместного нахождения в природе, а также условия и методы искусственного получения и практического использования. Минералогия является первым фундаментальным разделом наук петрографического цикла. Она тесно связана с литологией, петрографией, полезными ископаемыми, геохимией.

Минералогия включает изучение минералов и их происхождения, связи с ними различных рудных и нерудных полезных ископаемых, а также минерального состава и строения магматических, метаморфических и осадочных горных пород.

Минералами называют однородные природные тела, представляющие собой химические соединения определенного состава, имеющие кристаллическую структуру и образовавшиеся в результате геологических процессов.

Целью практического пособия по дисциплине «Минералогия» является оказание помощи студентам в изучении минеральных видов, их физических и химических свойств, а также морфологии и генезиса.

В данном пособии приводится описание главных диагностических признаков минералов, их современная классификация и краткий определитель. Используя схему описания минералов и учебные коллекции, студенты на практических занятиях должны определить и описать минералы следующих классов: самородные элементы, галоиды, сульфиды, окислы, карбонаты, сульфаты, фосфаты, вольфраматы и молибдаты, хроматы и бораты.

Практическое пособие адресовано студентам 1 и 2 курсов специальности 1 – 51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

# 1 ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ

## 1.1 Окраска

*Окраска минералов* невольно обращает на себя внимание при первом же знакомстве с ними и потому является одним из важнейших признаков, свойственных минералам. Вполне естественно, что многие названия даны минералам именно по этому признаку. Примеры: лазурит, азурит (от франц. *azur* – лазурь), хлорит (от греч. *хлорос* – зеленый), родонит (от греч. *родон* – розовый), рубин (от лат. *ruber* – красный), крокоит (от греч. *крокос* – шафран, т. е. здесь имеется в виду его красно-оранжевый цвет), аурипигмент (от лат. *aurum* – золото), хризолит, хризоберилл (от греч. *хризос* – золото), эритрин (от греч. *эритрос* – красный), гематит (от греч. *гематикос* – кровавый), альбит (от лат. *albus* – белый), меланит (от греч. *мелас* – черный) и т. д. И наоборот, такие названия, как «киноварь», «малахитовая зелень» и другие вошли в наш язык как стандартные цвета окрасок, что говорит о том, что эти цвета постоянно присущи данным минералам.

В природных химических соединениях различают три рода окрасок по происхождению: идиохроматическую; аллохроматическую; псевдохроматическую.

*Идиохроматизм.* Во многих случаях окраска природных соединений, никогда не встречающихся в виде бесцветных кристаллов, обусловлена внутренними свойствами самого минерала (его конституцией). Таковы, например, черный магнетит ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ), латунно-желтый пирит ( $\text{FeS}_2$ ), карминно-красная киноварь ( $\text{HgS}$ ), зеленые и синие кислородные соли меди (малахит, азурит, бирюза и др.), густо-синий лазурит и т. д.

Эти типичные окраски минералов получили название идиохроматических. В различных минералах они обусловлены разными причинами. В многочисленных минералах окраска обязана своим происхождением тому, что в состав самих соединений входит какой-либо *хромофор*, т. е. химический элемент, приносящий окраску. К числу их, как давно уже было установлено, относятся следующие: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, т. е. элементы семейства железа, располагающиеся в центре менделеевской таблицы элементов, разбитой по длинным периодам, и в меньшей степени – W, Mo, U, Cu и TR. Содержание хрома в минералах обуславливает весьма интенсивные окраски – красную (пироп, рубин и др.), ярко-зеленую (уваровит, изумруд, фуксит), фиолетовую

(родохром, кеммерерит). Установлено, например, что зеленые бериллы – изумруды – обязаны своей чудесной яркой окраской совершенно ничтожной изоморфной примеси  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  к  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в пределах нескольких сотых процента, а нередко зеленая окраска изумрудов связана отчасти и с присутствием  $\text{V}_2\text{O}_3$ . Следовательно, явление окраски минералов далеко не столь простое, как это могло бы показаться с первого взгляда. Ион  $[\text{CrO}_4]^{2-}$ , содержащий  $\text{Cr}^{6+}$ , в искусственных соединениях обычно дает желтую окраску, но в соединении его с сильно поляризующими катионами наблюдается окрашивание в густой оранжево-красный цвет. Таков, например, минерал крокоит ( $\text{Pb}[\text{CrO}_4]$ ). В некоторых случаях минерал может быть окрашен в тот или иной цвет вне всякой связи с хромофорами или с изменением его химического состава, так как химическим и спектральным анализами не удастся установить хотя бы ничтожные следы каких-либо примесей красящего пигмента. Так, известны случаи окраски каменной соли ( $\text{NaCl}$ ) в красивый синий цвет. Оказалось, что эта окраска своим происхождением обязана тому, что часть ионов этого соединения, в частности натрия, превратилась в нейтральные атомы, присоединив к себе необходимые для этого электроны.

*Аллохроматизм.* Известно немало примеров, когда один и тот же минерал бывает окрашен в различные цвета и оттенки. Так, кварц, обычно встречающийся в виде бесцветных, часто совершенно прозрачных кристаллов (горный хрусталь), бывает окрашен в красивый фиолетовый цвет (аметист), розовый, желто-бурый (от окислов железа), золотистый (цитрин), серый или дымчатый (раухтопаз), густой черный (морион), наконец, в молочно-белый цвет. Точно так же каменная соль – галит – может обладать белым, серым, желтым, бурым, розовым и иногда синим цветом. В большинстве случаев окраска в таких минералах связана с посторонними тонкорассеянными механическими примесями, окрашенными в тот или иной цвет хромофорами (носителями окраски). Эти красящие вещества могут быть представлены как неорганическими, так и органическими соединениями. Часто бывает достаточно совершенно ничтожного их количества для того, чтобы вызвать интенсивное окрашивание бесцветных минералов, причем окраска зависит не только от количества, но и от степени дисперсности этих веществ. Подобные окраски, не зависящие от химической природы самого минерала, носят название аллохроматических (т. е. чуждых самим минералам).

*Псевдохроматизм.* В некоторых прозрачных минералах иногда наблюдается «игра цветов», обусловленная интерференцией падающего

света в связи с отражением его от внутренних поверхностей трещин спайности, иногда от поверхности каких-либо включений. Это явление нам хорошо знакомо по иризирующим пленкам керосина, нефти, масла, плывущим по воде и окрашенным в различные «цвета радуги». Оно объясняется тем, что здесь интерферируют лучи света, отраженные от передней поверхности прозрачной пленки (ее границы с воздухом) и задней (поверхности раздела с водой). Подобные явления ложной окраски наблюдаются и в твердых прозрачных минералах. Прекрасным примером может служить поделочный камень, относящийся к группе плагиоклазов из семейства полевых шпатов – лабрадор, в котором, особенно на полированных плоскостях, при некоторых углах поворота вспыхивают местами красивые синие и зеленые переливы, обусловленные интерференцией света на параллельно расположенных тончайших пластинах (ламелях) различного по основности плагиоклаза. Такая микроструктура образуется при распаде первоначально гомогенного твердого раствора. Иризирующие пестроокрашенные пленки нередко наблюдаются на почковидной поверхности бурых железняков (гидроокислов железа), кристаллах железного блеска, на слегка окислившейся поверхности борнита –  $Cu_5FeS_4$  (в виде фиолетовых и синих отливов) и др. Во всех этих случаях окраска ничего общего не имеет с природой самого минерала. Подобные пленки на минералах называются *побежалостями*.

В обычной практике при определении цвета минералов прибегают к сравнительной оценке, сопоставляя его с окраской каких-либо хорошо известных предметов или веществ. Поэтому широко пользуются двойными названиями цветов минералов, например: молочно-белый, медово-желтый, латунно-желтый, карминно-красный, изумрудно-зеленый, яблочко-зеленый (цвет неспелого яблока), шоколадно-бурый, свинцово-серый, оловянно-белый и т. д. Несмотря на то, что все эти определения весьма относительны, они все же приняты и встречаются во всей мировой литературе по минералогии.

## 1.2 Цвет черты

Под этим термином подразумевается цвет тонкого порошка минерала. Этот порошок легко получить, если мы будем проводить испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки, называемой бисквитом. Порошок получается

в виде следа на пластинке, окрашенного в тот или иной характерный для данного минерала цвет.

Этот признак в сравнении с окраской минералов является гораздо более постоянным, а следовательно, и более надежным диагностическим признаком. Цвет черты, или порошка, в ряде случаев совпадает с цветом самого минерала. Например, у киновари окраска и цвет черты красные, у магнетита – черные, у лазурита – синие и т. д.

Для других минералов наблюдается довольно резкое различие между цветом минерала и цветом черты. Из числа известных в природе минералов такое различие мы наблюдаем, например, у гематита (цвет минерала стально-серый или черный, черта – красная), у пирита (цвет минерала латунно-желтый, черта – черная) и т. д.

Большинство прозрачных или полупрозрачных окрашенных минералов обладает бесцветной (белой) или слабоокрашенной чертой. Поэтому наибольшее диагностическое значение цвет черты имеет для непрозрачных или полупрозрачных резко окрашенных соединений. В природе нередко один и тот же минерал встречается то в плотных, то в порошковатых разновидностях. Цвета их в ряде случаев сильно отличаются друг от друга. Примерами могут служить: лимонит (гидроокись железа) – в плотных массах черный, а порошковатых (в виде охры) – желто-бурый; гематит (безводная окись железа) – в кристаллической разновидности почти черный, а в порошковатых разновидностях – ярко-красный и т. д. В других случаях цвет минерала в плотных кристаллических массах и в диспергированном состоянии одинаков; например, у малахита он и в том и в другом виде зеленый, у азурита – синий, у киновари – красный, у аурипигмента – ярко-желтый и т. д.

Следует упомянуть, что аллохроматическая окраска многих полупрозрачных минералов, вызванная примесями в виде дисперсной фазы тех или иных соединений, в сущности отвечает цвету этих соединений в порошковатом состоянии. Таковы, например, желто-бурые и бурые опалы, окрашенные гидроокислами железа, красные яшмы, густо проникнутые тонкораспыленной безводной окисью железа и т. д.

### 1.3 Блеск

Падающий на минерал световой поток частью отбрасывается назад, причем частота колебаний не претерпевает изменений. Этот отраженный свет и создает впечатление *блеска минерала*. Интенсивность блеска, т. е. количество отраженного света, тем больше, чем резче

разница между скоростями света при переходе его в кристаллическую среду, т. е. чем больше *показатель преломления* ( $N$ ) минерала. Блеск почти не зависит от окраски минералов.

Давно установленные чисто практическим путем градации интенсивностей блеска минералов почти точно укладываются в следующую ступенчатую шкалу.

*Стеклообразный блеск*, свойственный минералам с  $N = 1,3-1,85$ . К ним относятся: лед ( $N = 1,309$ ), криолит ( $N = 1,34-1,36$ ), флюорит ( $N = 1,43$ ), кварц ( $N = 1,544$ ); далее следуют многочисленные галоидные соединения, карбонаты, сульфаты, силикаты и другие кислородные соли; заканчивается этот ряд такими минералами, как шпинель ( $N = 1,73$ ), корунд ( $N = 1,77$ ) и большинство гранатов ( $N$  до 1,85).

*Алмазный блеск*, характерный для минералов с  $N = 1,85-2,6$ . В качестве примеров сюда следует отнести: англезит ( $N = 1,87-1,89$ ), циркон ( $N = 1,92-1,96$ ), касситерит ( $N = 1,99-2,09$ ), самородную серу с алмазным блеском на плоскостях граней ( $N = 2,04$ ), сфалерит ( $N = 2,3-2,4$ ), алмаз ( $N = 2,40-2,46$ ), рутил ( $N = 2,62$ ), часто обладающий полуметаллическим блеском, свойственным густо окрашенным разностям.

*Полуметаллический блеск* прозрачных и полупрозрачных минералов с показателями преломления  $N = 2,6-3,0$ . Примеры: алабандин ( $N = 2,70$ ), куприт ( $N = 2,85$ ), киноварь ( $N = 2,91$ ).

*Металлический блеск* минералов с показателями преломления выше 3. В порядке возрастающей отражательной способности приведем следующие примеры: гематит, пиролюзит (кристаллический), молибденит, антимонит, галенит, халькопирит, пирит, висмут и др.

Вторым важным фактором (независимо от показателей преломления и поглощения света), влияющим на результат отражения света, является *характер поверхности*, от которой происходит отражение. Выше были рассмотрены блески минералов, обусловленные зеркально гладкими поверхностями (т. е. гранями кристаллов и плоскостями спайности). Но если минерал в изломе имеет не идеально гладкую, а скрытобугорчатую или ямчатую поверхность, то стеклянные, алмазные и другие блески приобретают чуть тусклый оттенок. Отраженный свет при этом частично теряет свою упорядоченность, подвергаясь некоторому рассеиванию. Создается жировой, или, как чаще говорят, *жирный блеск*. В этом явлении можно наглядно убедиться, если проследить за изменением блеска в свежем изломе каменной соли во влажном воздухе. Через несколько дней блестящие поверхности будут казаться как бы покрытыми тончайшей пленкой жира. Особенно это

будет заметно в сравнении с плоскостями свежих сколов. Наиболее типичными примерами жирного блеска могут служить блеск самородной серы в изломе или блеск нефелина, подвергнутого едва заметному разложению.

Поверхности с более грубо выраженной неровностью обладают *восковым блеском*. Особенно это характерно для скрытокристаллических масс и твердых светлоокрашенных гелей. Таковы, например, часто встречающиеся блески кремней, колломорфных масс минералов группы галлуазита и др.

Наконец, если тонкодисперсные массы вдобавок обладают тонкой пористостью, то в этом случае падающий свет полностью рассеивается в самых различных направлениях. Микроскопические поры являются своего рода «ловушками» для света. Поверхности такого рода носят название *матовых*. Примерами могут служить: мел, каолин (в сухом состоянии), различные охры, сажистый пиролюзит  $MnO_2$ , тонкопористые массы гидроокислов железа и т. д.

Для некоторых минералов, обладающих явно выраженной ориентировкой элементов строения в одном или двух измерениях в пространстве, наблюдается своеобразное явление, связанное с блеском, так называемый *отлив минерала*. В минералах с параллельноволокнистым строением (асбест, немалит, селенит и др.) мы всегда наблюдаем типичный *шелковистый отлив*. Прозрачные минералы, обладающие слоистой кристаллической структурой и в связи с этим резко выраженной совершенной спайностью, имеют характерный *перламутровый отлив* (примеры: мусковит, пластинчатый гипс, тальк и др.). В том, что появление перламутрового отлива связано именно со слоистостью, легко убедиться, если сложить в пачку тонкие покровные или оконные стекла и взглянуть на них сверху. Можно действительно увидеть своеобразный отлив, совершенно похожий на блеск жемчужин.

## 1.4 Прозрачность

Прозрачностью называется свойство вещества пропускать сквозь себя свет. Абсолютно непрозрачных тел не существует, однако многие минералы, особенно металлы (даже в тонких пленках), видимые лучи пропускают в столь малых количествах, что практически кажутся совершенно непрозрачными. Точно так же не существует и абсолютно прозрачных материальных сред, т. е. таких, которые совершенно не поглощали бы пропускаемого через них света. Одна из самых прозрачных сред – чистая вода – в толстом слое имеет явно голубой цвет, что

свидетельствует о существенном поглощении лучей красного конца спектра видимого света.

Из курса физики известно о том, что одна часть падающего на данное тело светового потока отбрасывается или отражается, а другая вступает внутрь среды.

Как известно, вступивший в данную среду луч света меняет свою скорость, преломляется и по мере проникновения вглубь постепенно расходует свою энергию на превращение ее в другие виды энергии (преимущественно тепловую), благодаря чему количество света постепенно уменьшается, т. е. происходит поглощение (абсорбция) света.

В зависимости от степени прозрачности все минералы, наблюдающиеся в крупных кристаллах, делят на следующие группы:

- 1) *прозрачные* – горный хрусталь, исландский шпат, топаз и др.;
- 2) *полупрозрачные* – изумруд, сфалерит, киноварь и др.;
- 3) *непрозрачные* – пирит, магнетит, графит и др.

Многие минералы, кажущиеся в больших кристаллах или обломках непрозрачными, просвечивают в тонких осколках или тонких шлифах (биотит – черная слюда, рутил и др.). Когда вместо крупных кристаллов имеем дело с *тонкозернистыми* агрегатами, наблюдается иная картина в отношении прозрачности веществ.

Если тело состоит из множества маленьких частиц – зерен, различно оптически ориентированных, то в такой среде лучи света не могут проложить себе прямых длинных путей. Свет в подобных средах, многократно преломляясь в различных направлениях, в конце концов рассеивается и отражается. Поэтому такие среды кажутся непрозрачными. В этом легко убедиться, если сравнить пластинку прозрачного кальцита (исландского шпата) и такой же толщины отполированную с обеих сторон пластинку тонкозернистого белого мрамора, состоящего из агрегата кальцитовых зерен. В то время как сквозь исландский шпат легко можно читать надписи на этикетке, пластинка мрамора не пропускает света. Только в тонких шлифах такие тела обнаруживают свою прозрачность. Если при этом вещество, обладающее тонкоагрегатным строением, не проявляет заметного поглощения света, то для него характерен молочно-белый цвет. Наиболее резко этот цвет выражен в тех случаях, когда вещество находится в дезагрегированном состоянии, т. е. когда в промежутках между мельчайшими обломками или частицами присутствует воздух. Это явление хорошо знакомо: если ударить молотком по прозрачному голубоватому льду, то в местах удара появляется молочно-белая окраска благодаря возникновению массы тончайших трещинок и пустот, выполненных воздухом.

## 1.5 Спайность и излом

*Спайностью* называется способность кристаллов и кристаллических зерен раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим плоскостям, параллельным действительным или возможным граням. Это свойство кристаллических сред связано исключительно с внутренним их строением и для одного и того же минерала не зависит от внешней формы кристаллов (например, у ромбоэдрических, скаленоэдрических и призматических кристаллов или даже совершенно неправильных кристаллических зерен кальцита наблюдается всегда одна и та же форма спайности по ромбоэдру). Этот признак, являющийся характерным для каждого данного кристаллического вещества, служит одним из важных диагностических признаков, помогающих определить минерал.

Не случайно многие минералы называются шпатами (полевые шпаты, тяжелый шпат, плавиковый шпат, исландский шпат и т. д.). Об этом же говорят названия таких минералов, как ортоклаз (спайность под прямым углом), плагиоклаз (под косым углом) и др.

На практике важно различать степень совершенства проявления спайности. С этой точки зрения принята следующая пятиступенчатая шкала:

1 *Спайность весьма совершенная* (например, в слюдах и хлоритах). Кристалл способен расщепляться на тонкие листочки.

2 *Спайность совершенная* (например, в кристаллах кальцита, галенита, каменной соли и др.). При ударе молотком всегда получают выколки по спайности, внешне очень напоминающие настоящие кристаллы. Например, при разбивании галенита получают мелкие правильные кубики, при раздроблении кальцита – правильные ромбоэдры и т. п.

3 *Спайность средняя* (например, в кристаллах полевых шпатов, роговых обманок и др.). На обломках минералов отчетливо наблюдаются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным направлениям.

4 *Спайность несовершенная* (например, у апатита, касситерита, самородной серы и др.). Она обнаруживается с трудом, ее приходится искать на обломке минерала.

5 *Спайность весьма несовершенная*, т. е. практически отсутствует (например, у корунда, золота, платины, магнетита и др.). Она обнаруживается в исключительных случаях. Такие тела обычно имеют раковистый излом, подобный тому, что наблюдается в изломе шлака или вулканического стекла – обсидиана.

В зависимости от простой кристаллографической формы кристалл может раскалываться по одному (биотит), двум (пироксен), трем (галенит) и более (флюорит – четырем, сфалерит – шести) направлениям.

В зависимости от простых кристаллографических форм, по граням которых проходит спайность, кристалл колется по следующим направлениям:

- 1) спайность по пинакоиду – одно направление (мусковит, биотит, серпентин, тальк);
- 2) спайность по ромбической или тетрагональной призме – два направления (пироксен, амфибол);
- 3) спайность по ромбоэдру и кубу – три (галит, галенит, кальцит);
- 4) спайность по октаэдру – четыре (флюорит);
- 5) спайность по ромбододекаэдру – шесть (сфалерит).

Говоря о спайности по нескольким направлениям, не имеется в виду, что кристалл при ударе должен обязательно расколоться на идеальные многогранники. В зависимости от удара поверхность скола и форма осколков могут быть разными. Минералы с весьма совершенной и совершенной спайностью обычно очень трудно расколоть по другим направлениям (например, тальк, биотит и мусковит). Минералы со средней (ясной) спайностью легко раскалываются по спайности, но их можно расколоть и по другим направлениям (например, полевой шпат). Минералы с плохой (неясной) спайностью раскалываются как по спайности, так и по другим направлениям; в этих случаях спайность трудно обнаружить (например, берилл).

При первом изучении минерала и когда нет его больших кристаллов, ограничиваются неполными наблюдениями, отмечая лишь, есть или нет спайность, каково ее качество, как она проходит (вдоль или поперек кристалла), каков угол спайных выколов. Это важно для диагностики минералов.

Часто в кристаллах спайность проходит по граням не одной, а двух и более кристаллографических форм. Степень совершенства спайности по ним всегда различна. Например, полевые шпаты раскалываются по двум разным пинакоидам, на одних плоскостях блеск сильный, поверхности ровные, на других – блеск слабый, поверхности менее совершенные.

Спайность является чрезвычайно важным свойством с точки зрения технического использования минерала; нередко его применение в промышленности целиком определяется спайностью. Способность мусковита раскалываться по спайности на очень тонкие слои в сочетании с диэлектрическими свойствами этого минерала позволяет использовать его в электротехнике. Карандаш так хорошо пишет по бумаге благодаря совершенной спайности графита, которая приводит к отслоению тонких чешуек этого минерала и их прилипание к бумаге. Смазывающие

свойства графита и талька определяются их мягкостью и той легкостью, с которой они раскалываются вдоль поверхностей спайности.

В тех направлениях, где нет спайности, кристаллы раскалываются по сложным поверхностям. Ведут речь об *изломе*. Различают следующие типы изломов:

- ровный,
- ступенчатый,
- неровный,
- занозистый,
- крючковатый,
- раковистый.

Вид излома является характерной особенностью некоторых минералов (раковистый излом у кварца), что помогает в их диагностике.

## 1.6 Плотность и твердость

*Плотность* ( $\rho$ ) – одна из главнейших констант минералов. Определяется как отношение массы минерального зерна на единицу его объёма, измеряется в г/см<sup>3</sup>. Значение плотности минеральных видов колеблется в широких пределах: от значений  $< 1$  (озокерит, лёд) до 23,0 г/см<sup>3</sup> (минералы группы осмистого иридия).

При макроскопическом определении минералов их плотность оценивается приблизительным сравнением в руке, на основании чего можно отнести минералы к 5 группам:

– к группе с *очень низкой плотностью* ( $\rho = < 1,0$  г/см<sup>3</sup>) относятся, например, озокерит, лёд и др.;

– к группе с *низкой плотностью* ( $\rho = 1,0–3,0$  г/см<sup>3</sup>) относятся, например, янтарь, кварц, галит, гипс, алмаз, твердые битумы и др.;

– к группе со *средней плотностью* ( $\rho = 3,0–7,0$  г/см<sup>3</sup>) относятся, например, пирит, барит, корунд, сидерит, сфалерит, магнетит, гематит, церуссит и др.;

– к группе с *высокой плотностью* ( $\rho = 7,0–10,0$  г/см<sup>3</sup>) относятся, например, галенит, касситерит, киноварь, медь, висмут и др.;

– к группе с *очень высокой плотностью* ( $\rho = > 10$  г/см<sup>3</sup>) относятся, например, уранинит, серебро, золото, минералы группы самородной платины, минералы группы иридия и осмистого иридия и другие минералы.

Как показывают подсчёты, в минеральном мире преобладают минералы с низкой плотностью.

Удельные веса минералов определяются в основном двумя способами:

1) методом вытеснения жидкости, т. е. путем взвешивания образца и измерения объема вытесненной им воды в сосуде;

2) путем определения потери в весе минерала, погруженного в воду (абсолютный вес образца делят на потерю им веса в воде). Удельный вес мелких зернышек минерала определяется с помощью, так называемого, пикнометра или тяжелых жидкостей и весов Вестфалля, описываемых в специальных руководствах.

Довольно значительные колебания удельного веса, устанавливаемые для одного и того же минерала, наблюдаются сравнительно редко и, помимо изоморфизма, обычно бывают обусловлены мельчайшими включениями посторонних минералов, в том числе пузырьков газа и жидкостей.

Различие в удельных весах минералов широко используется при обогащении руд различными гравитационными методами с целью отделения нерудных минералов (кварца, кальцита, барита и др.) от рудных минералов (галенита, сфалерита, касситерита и др.) При обогащении получают концентраты с повышенным содержанием полезных минералов.

*Твердость* – это сопротивление царапанью, сверлению, давлению, шлифовке. Определенная работа, затраченная на преодоление этого сопротивления, может быть принята за меру твердости. Она характеризует внутреннюю силу сцепления материала. Для некоторых минералов (например, самородной меди) твердость определяется мерой пластической деформации. Для хрупких материалов – величина нагрузки, когда начинается их разрушение.

*Абсолютная твердость* определяется разными методами, например, методом вдавливания, царапанья, сверления, шлифования. Твердость, установленная разными методами, несколько различается.

При определении твердости методом вдавливания используют стандартную по размеру алмазную пирамидку, которая с определенной нагрузкой вдавливается в минерал. Глубину вдавливания (отпечаток) определяют под микроскопом. Зная глубину лунки и величину нагрузки, легко рассчитывают значение твердости (в МПа или  $\text{кг/мм}^2$ ). Прибор называется *микротвердомером*. Твердость минералов очень разная – от  $2,4 \text{ кг/мм}^2$  (тальк) до  $10\,060 \text{ кг/мм}^2$  (алмаз).

Для практических целей быстрой диагностики используют величину *относительной твердости*, которая определяется методом, предложенным Ф. Моосом в 1824 г. (таблица 1). Шкала твердости Ф. Мооса состоит из эталонов твердости.

Таблица 1 – Шкала твердости Ф. Мооса

Относительная твердость минерала	Эталон	Химическая формула минерала
1	Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$
2	Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	Кальцит	$CaCO_3$
4	Флюорит	$CaF_2$
5	Апатит	$Ca_5(PO_4)_3F$
6	Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$
7	Кварц	$SiO_2$
8	Топаз	$Al_2[SiO_4]F_2$
9	Корунд	$Al_2O_3$
10	Алмаз	C

В этой шкале каждый последующий минерал своим острым концом царапает предыдущий эталон. Иногда приходится ориентироваться на подручные «эталонные», хотя они и неточны – ноготь (2,5), стекло (5), нож (5,5–6).

Результаты определения твердости зависят от характера поверхности, степени хрупкости минерала, степени его изменения – нужно испытывать только свежую поверхность. Начинать лучше всего со стекла – сначала им поцарапать минерал, затем наоборот. В полевой работе геолога стекло, перочинный нож и ноготь – главные «эталонные».

## 1.7 Классификация и номенклатура минералов

В настоящее время известно более 3 000 минералов. В основу современной классификации минералов положены принципы, учитывающие наиболее существенные признаки минеральных видов – химический состав и кристаллическую структуру.

За основную единицу при такой классификации принят минеральный вид, обладающий определенной кристаллической структурой и определенным стабильным химическим составом. Минеральный вид может иметь разновидности. Под *разновидностью* понимают минералы одного вида, отличающиеся друг от друга по какому-то физическому признаку, например по цвету минерал кварц отличается многочисленными разновидностями (черный – морион, прозрачный – горный хрусталь, фиолетовый – аметист и др.).

Современная классификация минералов представлена в следующем виде (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация минералов

Класс минералов	Название класса	Представители
I	Самородные элементы	Золото, алмаз, графит, сера и др.
II	Галоиды	Флюорит, галит, сильвин и др.
III	Сульфиды	Сфалерит, киноварь, пирит и др.
IV	Окислы	Гематит, корунд, магнетит и др.
V	Карбонаты	Кальцит, магнезит, сидерит и др.
VI	Фосфаты	Апатит, шеелит, крокоит и др.
VII	Сульфаты	Барит, гипс, ангидрит и др.
VIII	Силикаты	Оливин, тальк, актинолит, ортоклаз и др.

*Самородные элементы (простые вещества).* К этому классу относятся минералы, состоящие из одного химического элемента и называемые по этому элементу. Например: самородное золото, серебро, сера и т. д. Все они подразделяются на две группы: металлы и неметаллы. В первую группу входят самородные Au, Ag, Cu, Pt, Fe и некоторые др., во вторую – As, Bi, S и C (алмаз и графит).

В основном они образуются при эндогенных процессах в интрузивных породах и кварцевых жилах, а сера – при вулканизме. При экзогенных процессах происходит разрушение пород, высвобождение самородных минералов (в силу их устойчивости к физическому и химическому воздействию) и их концентрация в благоприятных для этого местах. Таким образом, могут формироваться россыпи золота, платины и алмаза.

*Галоиды.* Наиболее широко распространены фториды и хлориды – соединения катионов металлов с одновалентным фтором и хлором. Фториды – минералы светлые, средней плотности и твердости. Представитель – флюорит  $\text{CaF}_2$ . Хлоридами являются минералы галит  $\text{NaCl}$  и сильвин  $\text{KCl}$ .

Для галоидов общими являются низкая твердость, кристаллизация в кубической сингонии, совершенная спайность, широкая цветовая гамма, прозрачность.

По генезису фториды и хлориды отличаются. Флюорит – продукт эндогенных процессов (гидротермальный), а галит и сильвин образуются в экзогенных условиях за счет осаждения при испарении в водоемах.

*Сульфиды* – соли сероводородной кислоты. Подразделяются на простые и сульфосоли. По сравнению с самородными, у них более широкий состав элементов-катионов. Отсюда большее разнообразие минеральных видов и более широкий диапазон одного и того же свойства. Общими свойствами для сульфидов являются металлический блеск, невысокая твердость (до 4), серые и темные цвета, средняя плотность.

*Оксиды (оксиды)* – представляют один из наиболее распространенных классов с более 150 минеральными видами, в которых атомы или катионы металлов образуют соединения с кислородом или гидроксильной группой (ОН). Наиболее широко представлены оксиды Si, Fe, Al, Ti, Sn. Некоторые из них образуют и гидроксидную форму. Особенность большинства гидроксидов – снижение значений свойств по сравнению с оксидной формой того же атома металла. Яркий пример – оксидная и гидроксидная форма Al. Оксиды по химическому составу и блеску можно разделить на металлические и неметаллические. Для первой группы характерны средняя твердость, темные цвета (черный, серый, бурый), средняя плотность. Пример – гематит и касситерит. Вторая группа характеризуется низкой плотностью, высокой твердостью 7–9, прозрачностью, широкой гаммой цветов, отсутствием спайности. Пример – кварц, корунд.

*Карбонаты* – соли угольной кислоты. Общие свойства – кристаллизуются в ромбической и тригональной сингониях (хорошие кристаллические формы и спайность по ромбу); низкая твердость 3–4, преимущественно светлая окраска, реакция с кислотами (HCl и HNO<sub>3</sub>) с выделением углекислого газа. Карбонаты – одни из основных породообразующих минералов осадочных пород (известняки, доломиты и др.) и метаморфических (мрамор, скарны).

*Фосфаты* – соли фосфорной кислоты, т. е. содержащие PO<sub>4</sub>. Количество минеральных видов мало. Генезис – магматический и осадочный.

*Сульфаты* – соли серной кислоты, т. е. имеют радикал SO<sub>4</sub>. Наиболее распространенные и известные сульфаты Ca, Ba, Sr, Pb. Общими свойствами для них являются кристаллизация в моноклинной и ромбической сингониях, светлая окраска, низкая твердость, стеклянный блеск, совершенная спайность. Образуются они в экзогенных условиях, часто совместно с галоидами. Некоторые сульфаты (барит, целестин) имеют гидротермальный генезис.

*Силикаты* – наиболее распространенный и разнообразный класс минералов (до 800 видов). В основе систематики силикатов лежит кремнекислородный тетраэдр [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>. В зависимости от структуры, которую они образуют, соединяясь друг с другом, все силикаты делятся на островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, листовые и каркасные.

В составе катионов в силикатах наиболее часто присутствуют: Mg, Fe, Mn, Al, Ti, Ca, K, Na, Be, реже Zr, Cr, B, Zn редкие и радиоактивные элементы. Необходимо отметить, что часть кремния в тетраэдрах может замещаться Al и тогда минералы относят к алюмосиликатам. Сложный химический состав и разнообразие кристаллической структуры в сочетании дают большой разброс показателей физических

свойств. Даже на примере шкалы Мооса видно, что твердость у силикатов от 1 до 9. Спайность – от весьма совершенной до несовершенной.

Силикаты образуются в основном при формировании магматических и метаморфических пород в эндогенных процессах. Большая группа глинистых минералов (каолин и др.) образуется в экзогенных условиях при выветривании силикатных горных пород. Многие силикаты являются полезными ископаемыми.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите основные диагностические признаки минералов.
- 2 Охарактеризуйте три рода окрасок минералов по происхождению.
- 3 Приведите примеры характерных минералов и их цвет черты.
- 4 Назовите виды блеска минералов с примерами.
- 5 Назовите группы минералов по степени прозрачности. Приведите примеры.
- 6 Что такое спайность минералов? Назовите ее виды (примеры минералов).
- 7 Назовите виды излома в минералах (с примерами).
- 8 Что такое плотность минерала? Назовите ее виды (примеры минералов).
- 9 Приведите шкалу твердости Ф. Мооса.
- 10 Дайте классификацию минералов с названиями классов и примерами минералов.

## Задание

Пользуясь теоретическим материалом, литературой и кратким определителем минералов, по приведенной ниже схеме опишите в тетради для практических работ все имеющиеся в коллекции образцы минералов.

*Схема описания образцов минералов:*

- 1) номер, название и химическая формула минерала;
- 2) цвет минерала;
- 3) цвет черты;
- 4) блеск;
- 5) спайность;
- 6) твердость;
- 7) химические свойства и важные признаки;
- 8) морфология агрегатов;
- 9) условия образования;
- 10) практическое значение и применение.

## 2 КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Таблица 3 – Краткий определитель минералов (от самородных элементов до боратов)

Номер образца	Название и химическая формула минерала	Краткое обозначение минерала	Условия образования минерала	Практическое значение и применение
1	2	3	4	5
<b>САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ</b>				
1	Самородное золото Au	Au	Приурочено к гидротермальным жилам с кварцем и пиритом. Присутствует в пегматитах, чёрных песках, россыпных месторождениях	В ювелирном деле (украшения), в химической промышленности (для плакирования труб)
	Самородное серебро Ag	Ag	Встречается в низкотемпературных гидротермальных жилах, чаще в зонах цементации и окисления сульфидно-полиметаллических месторождений серебра. Распространено как вторичный продукт в верхних частях сульфидных гидротермальных серебряносодержащих месторождений. Входит в состав серебряных руд	Для производства монет; для фототехнических целей, украшений, предметов обихода и роскоши; в электронной промышленности, медицинско-терапевтических и химико-технических целях
2	Самородная медь Cu	Cu	Образуется в зоне окисления некоторых медносульфидных месторождений; встречается также в осадочных породах, преимущественно в медистых песчаниках и сланцах	В электротехнике (основа для изготовления силовых и других типов кабелей, проводов и проводников), для производства труб, в ювелирном деле (изготовление изделий и украшений)

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
	Самородная платина (поликсен) Pt	Pt	Встречается в типичных магматических месторождениях, генетически связанных с ультраосновными изверженными породами. В экзогенных условиях в процессе разрушения коренных месторождений и пород образуются платиноносные россыпи	Применяется при создании ювелирных изделий; в промышленности и науке (лабораторное оборудование); в медицине для производства хирургических инструментов
	Самородное железо (феррит) Fe	Fe	Образование теллурического железа в земной коре связывают с процессами застывания основных и ультраосновных магм	Поскольку месторождения самородного железа редки, промышленного значения они не имеют
	Самородный мышьяк As	As	Образуется из горячих водных растворов, встречается в средне- и низкотемпературных гидротермальных жилах совместно с минералами Ag, Co, Ni	Незаменим при легировании свинцовых сплавов; для синтеза полупроводниковых материалов. Сульфидные соединения используют при производстве художественных красок. В медицине для производства лекарственных средств
	Алмаз C	C	Месторождения связаны с кимберлитовыми и лампроитовыми трубками, приуроченными к древним кратонам	Огранённый алмаз (бриллиант) – драгоценный камень; используют для изготовления ножей, свёрл, резцов и т. п. изделий; применяется в часовой и ядерной промышленности

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
5	Самородная сера S	S	Образуется при вулканических извержениях; при выветривании сульфидов; при разложении гипсоносных осадочных толщ, а также в связи с деятельностью бактерий	Используется в производстве серной кислоты. Применяется в химической, целлюлозно-бумажной (получение сульфат-целлюлозы), кожевенной и резиновой промышленности (вулканизация каучука), в сельском хозяйстве (производство ядохимикатов)
7	Графит C	C	Образуется при высокой температуре в вулканических и магматических горных породах, в пегматитах и скарнах. Встречается в кварцевых жилах с вольфрамитом и др. минералами в средне-температурных гидротермальных полиметаллических месторождениях. Широко распространён в метаморфических породах – кристаллических сланцах, гнейсах, мраморах. Крупные залежи образуются в результате пиролиза каменного угля под воздействием траппов на каменноугольные отложения	Для изготовления плавильных тиглей, футеровочных плит, электродов, нагревательных элементов, твёрдых смазочных материалов, наполнитель пластмасс, замедлитель нейтронов в ядерных реакторах, компонент состава для изготовления стержней для чёрных графитовых карандашей, для получения синтетических алмазов
<b>ГАЛОИДЫ</b>				
11	Флюорит (плавиковый шпат) CaF <sub>2</sub>	Fl	Встречается в гидротермальных рудных жилах, в доломитах и известняках. Акцессорный минерал в кислых магматических породах	В металлургии в качестве плавня (флюса); из флюорита получают фтор; для изготовления эмалей и глазурей

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
14	Галит (каменная соль) NaCl	Gal	Галит можно найти в пластах хемогенных осадочных пород и в донных отложениях пересыхающих и высохших лиманов, озёр и морей	Основной источник поваренной соли, которая используется в пищевой, химической промышленности (как сырье для производства хлора, гидроксида натрия и соляной кислоты) и электротехнике
15	Сильвин KCl	Sil	Имеет осадочное, хемогенное происхождение, в усыхающих соляных озёрах; обычен в верхах соленосных скоплений. Продукт сублимации на стенках кратеров вулканов и в трещинах застывших лав	Широко применяется в сельском хозяйстве как калийное минеральное удобрение и частично в химической, медицинской, легкой и стекольной промышленности
16	Мирабилит (глауберова соль) Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	Mir	Типичный осадочный хемогенный минерал, кристаллизующийся обычно из рассолов озёрного или морского происхождения при температуре ниже 20–25 °С. В больших массах образуется в насыщенных натрием и сульфатными анионами соляных озёрах при испарении воды при температурах ниже 33 °С	Используется при производстве соды, гипосульфата, ультрамарина; кроме того, в стекольной промышленности, в холодильном деле, в медицине как слабительное средство
<b>СУЛЬФИДЫ</b>				
20	Халькозин (медный блеск) Cu <sub>2</sub> S	Нк	Образуется из восходящих гидротермальных растворов; из нисходящих растворов в зонах цементации всех месторождений меди (процесс выветривания)	Промышленно важная руда меди

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
21	Галенит (свинцовый блеск) PbS	Gl	Месторождения гидротермальные (входит в состав полиметаллических руд); известен в криолитовых пегматитах и в зонах контактового метаморфизма. Может встречаться в известняках в жилах и прожилках или заполняя пустоты. Иногда встречается и как осадочно-диагенетическое образование, выделяясь в виде рассеянной вкрапленности в песчаниках, известняках, а также в ядрах конкреций. Установлено современное образование галенита из подземных рассолов и шахтных вод	Основная руда для получения свинца
22	Киноварь HgS	Kin	Образуется в гидротермальных близповерхностных месторождениях вместе с кварцем, кальцитом, баритом, антимонитом, пиритом, галенитом, марказитом. Откадывается в жилах среди сильно метаморфизованных джеспероидных пород, ассоциированных с недавней вулканической активностью	Основная руда для получения ртути
23	Сфалерит (цинковая обманка) ZnS	Sfl	Встречается в гидротермальных среднетемпературных месторождениях; известен в скарнах, а также в различных осадочных и вулканогенно-осадочных месторождениях	Выплавляют металлический Zn. Попутно извлекают примеси: Cd, In, Ga. Используют в лакокрасочном производстве для изготовления цинковых белил

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
24	Пирротин (магнитный колчедан) $Fe_nS_{n+1}$	Po	Встречается в магматических месторождениях с породами основного состава, несколько реже в гидротермальных месторождениях, скарнах, пегматитах	Является рудой железа, хотя и менее значимой, чем пирит. Используется в химической промышленности (производство серной кислоты)
25	Марказит $FeS_2$	Mrc	Образуется в гидротермальных месторождениях вместе с пиритом и другими сульфидами; иногда замещает пирротин в зоне окисления сульфидных месторождений. В осадочных породах распространен главным образом в угленосных песчано-глинистых отложениях	Используется для получения серной кислоты
26	Антимонит (сурьмяной блеск, стибнит) $Sb_2S_3$	Anm	Встречается в собственно сурьмяных месторождениях (антимонито-кварцевые жилы и залежи), а также во многих сурьмяно-ртутных месторождениях	Руда для получения сурьмы
28	Аурипигмент $As_2S_3$	Aug	Имеет низкотемпературное гидротермальное происхождение. Часто встречается вместе с реальгаром, киноварью, антимонитом в глинах, гидротермально изменённых глинистых мергелях и сланцах, а также в рудных жилах. Кроме того, минерал встречается в виде продукта фумарольной деятельности	Являются важной рудой мышьяка; используется как минеральный пигмент в станковой живописи и особенно в иконописи

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
30	Молибденит $\text{MoS}_2$	Mo	Генетически связан с гранитами, кварцевыми жилами, грейзенами, иногда с пегматитами. В результате гидротермальных процессов осаждается из глубинных горячих вод	Сырьё для производства молибдена. Также из него получают рений, селен. Как полупроводник, применяющийся в радиотехнике для изготовления детекторов компонент смазок
31	Реальгар $\text{As}_2\text{S}_3$	Rlg	Происхождение низкотемпературно-гидротермальное. Обычно находится вместе с аурипигментом или с антимонитом. Встречается также как продукт возгонки при вулканических извержениях и в виде отложений из горячих источников	Применяется как добавка для повышения жаростойкости меди, в производстве свинцовой дроби, некоторых типографских сплавов, а также мышьяково-кадмиевых баббитов. Используется в темперной живописи в качестве оранжевого минерального пигмента
32	Халькопирит (медный колчедан) $\text{CuFeS}_2$	Hpr	Происхождение гидротермальное, в ассоциации с галенитом и сфалеритом входит в состав полиметаллических руд. Образуется также при метаморфических процессах, встречается в грейзенах и скарнах	Важнейшая медная руда
34	Борнит (пестрая медная руда) $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	Brn	Встречается в средне- и низкотемпературных гидротермальных месторождениях. Обычен в виде вкрапленности или прожилков в ассоциации с другими сульфидами меди	Является рудой на медь

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
35	Пирит (серный колчедан) $\text{FeS}_2$	Pr	Сосредоточен в месторождениях гидротермального происхождения, особенно в серноколчеданных залежах, осадочных и метаморфических породах. В осадочных породах образуется в донных илах и известковых осадках закрытых морских бассейнов. В небольших количествах образуется при магматических процессах	Является сырьём для получения серной кислоты, серы и железного купороса; применяется в качестве корректирующей добавки при производстве цементов
38	Арсенопирит (мышьяковый колчедан) $\text{FeAsS}$	Apr	Встречается в гидротермальных рудных жилах совместно с галенитом, сфалеритом, флюоритом, кварцем. Также в пегматитах и в высокотемпературных постмагматических (пневматолитовых) месторождениях, иногда в зонах контактового метаморфизма	Основное сырьё для получения мышьяка и его соединений
39	Блеклые руды $\text{Cu}_3(\text{Sb,As})\text{S}_3$ (тетраэдрит-теннантит)	Вlk	Минерал тетраэдрит образуется в низко- и среднетемпературных гидротермальных рудных жилах. Минерал теннантит встречается в рудах медных и свинцово-цинковых месторождений в ассоциациях с кварцем, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом и другими сульфидами	Тетраэдрит является рудой меди и сопутствующих металлов. Теннантит используется в качестве медной руды

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
	Никелин NiAs	Nik	Формируется в условиях гидротермально-среднетемпературного процесса в составе руд пятиэлементной формации (Co-Ni-Ag-Bi-U)	При значительных запасах является рудой на никель
	Пентландит $Fe_4Ni_4(Co,Ni,Fe)S_8$	Pnt	Встречается в месторождениях медно-никелевых сульфидных руд, генетически связанных с основными и ультраосновными изверженными породами	Главный источник выплавляемого никеля
	Ковеллин CuS	Cov	Типичный минерал зоны вторичного сульфидного обогащения в окисленных частях сульфидных медных месторождений. Как вторичный гипергенный минерал, образуется за счёт халькопирита, борнита, халькозина в зоне цементации сульфидных месторождений	Совместно с халькозином составляет наиболее богатые медные руды
	Кобальтин CoAsS	Cob	Типичный минерал высокотемпературных гидротермальных процессов в контактово-метасоматических и жильных месторождениях	Является основной рудой для получения кобальта. Применяется как легирующий элемент для изготовления специальных сталей и технически важных сплавов. В качестве зелёных и синих красок – для окрашивания керамических изделий

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
<b>ОКИСЛЫ</b>				
103	Гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Gem	Обычен для эффузивных пород, чаще всего встречается в гидротермальных жилах. Образуется вместе с магнетитом в скарнах. Рассеян во многих осадочных горных породах, в глинах	Из гематитовых руд выплавляют чугуны. Применяется в темперной живописи как минеральный пигмент, в производстве клеёнки, линолеума, красных карандашей, художественных шрифтов, стойких окрашенных эмалей. Как поделочный камень используется для изготовления недорогих полированных вставок и мелких резных изделий
109	Касситерит $\text{SnO}_2$	Kas	Месторождения генетически связаны с кислыми изверженными породами, преимущественно гранитами. Образует скопления в пегматитовых жилах, связанных с оловоносными интрузиями. В зонах окисления оловорудных месторождений касситерит исключительно устойчив – образует россыпи	Касситеритовые руды – единственный вид сырья, из которого в промышленных масштабах получают олово. Олово используется: для производства белой жести, для сплавов с медью, цинком, свинцом и др., для лужения медной посуды, для изготовления оловянной фольги
110	Пирролюзит $\text{MnO}_2$	Pir	Промышленное значение имеют осадочные месторождения, в которых пирролюзит находится в ассоциации с другими марганцевыми и железистыми окислами и гидроокислами	Применяется для выплавки ферромарганца; в производстве сухих батарей, химических препаратов, в стекольном, фарфоровом и др.

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
111	Кварц SiO <sub>2</sub>	Q	Непосредственно кристаллизуется из магмы кислого состава. Является одним из главных минералов гранитных пегматитов. Широко распространён в осадочных толщах, часто находится в известняках, доломитах и др. Накапливается в россыпях различного генезиса в виде окатанной гальки	Используется в оптических приборах, в генераторах ультразвука, в телефонной и радиоаппаратуре (как пьезоэлектрик), в электронных приборах. В больших количествах потребляется стекольной и керамической промышленностью (горный хрусталь и чистый кварцевый песок). Также применяется в производстве кремнезёмистых огнеупоров и кварцевого стекла. Многие разновидности используются в ювелирном деле
112	Агат SiO <sub>2</sub>	Ag	Месторождения многочисленны, встречается как в изверженных, так и в осадочных породах	Ценный поделочный и полудрагоценный камень, широко используется в ювелирном деле и как материал для художественной резьбы. Применяется в точном приборостроении. Из агата изготавливают ступки и пестики для химико-аналитических работ, призмы для аналитических весов, камни для часов

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
113	Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Op	Отлагается из термальных источников и гейзеров в вулканических областях. Распространен также в пустотах и трещинах эффузивных горных пород. В главной массе опал образуется в экзогенных условиях при разложении силикатов в процессе выветривания самых различных по составу горных пород, чаще ультраосновных. Большие массы отлагаются осадочным путем в виде пластов в процессе коагуляции	Благородный опал принадлежит к драгоценным камням. Состоящие из опала горные породы диатомит, трепел и опока – сырьё для цемента, наполнителей и других строительных материалов
114	Магнетит $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	Mt	С основными породами нередко генетически связаны магматические месторождения титаномагнетита. Сравнительно редко магнетитовые месторождения приурочены к кислым и щелочным породам. В контактово-метасоматических образованиях он часто играет весьма существенную роль, сопровождаясь гранатами, пироксенами, хлоритами, сульфидами, кальцитом и др. минералами. При региональном метаморфизме осадочных железных руд возникали очень крупные пластовые и линзообразные залежи гематито-магнетитовых руд среди метаморфизованных древних осадочных толщ	Важная железная руда. Изделия из плавленного магнетита используют в качестве электродов для некоторых электрохимических процессов. Частично используется в качестве утяжелителей глинистых растворов при бурении

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
115	Хромит (хромистый железняк) $\text{FeCr}_2\text{O}_4$	Hrm	Встречается в магматических горных породах – хромитах, в сростании с серпентином, оливином и пироксеном	Являются ценной хромовой рудой
116	Ильменит (титанистый железняк) $\text{FeTiO}_3$	Им	Минерал относительно устойчив в коре выветривания и образует многочисленные и богатые элювиальные россыпи по габброидам, щелочным и метаморфическим породам. В коре выветривания ультращелочных, щелочных и карбонатитовых пород ильменит развит широко. Хорошо сохраняется в верхней латеритной зоне коры	Является ценной рудой для получения титана и его производных (оксида титана, ферротитана и др.). Также используют для производства высококачественной краски для боевой техники, в частности, военных кораблей
127	Лимонит $\text{FeOOH} \cdot (\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$	Lim	Скопления минерала образуют месторождения бурого железняка и так называемые «болотные руды». В близповерхностных условиях при выветривании самых разных горных пород и руд часто образует псевдоморфозы по другим минералам. Является составной частью многих разновидностей природных охр	Используется в качестве минеральных пигментов
	Корунд $\text{Al}_2\text{O}_3$	Cor	Встречается в магматических породах, бедных кремнезёмом. Крупные кристаллы находятся в пегматитах. Характерны для метаморфических пород глубокой	Наждак и искусственный корунд применяются как абразивный материал. Прозрачные разновидности корунда (сапфир, рубин)

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
			<p>стадии метаморфизма. Также образуется при контактово-метаморфических изменениях осадочных пород, богатых глиноземом – наждак. Основную массу драгоценных разновидностей находят в россыпях</p>	<p>являются драгоценными камнями. Высококачественные корунды применяют при изготовлении точных механизмов, лазеров и других оптических устройств</p>
	<p>Рутил TiO<sub>2</sub></p>	<p>Ru</p>	<p>В качестве акцессорного минерала встречается в гранитах, сиенитах, диоритах, габбро и др. Чрезвычайно распространен в метаморфических породах. Характерный минерал минерализованных трещин в метаморфических породах – альпийских жил. Накапливается в россыпях и корах выветривания, возникших за счет рутилоносных пород</p>	<p>Важный компонент титановых руд. Применяется в электродной и лакокрасочной промышленности. Служит также источником извлечения Nb и Ta</p>
	<p>Шпинель MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub></p>	<p>Shn</p>	<p>Типична для магнезиальных скарнов и других контактово-метасоматических пород. Отмечена как акцессорная в различных горных породах, встречается в роговиках, гнейсах, среди осадочных пород и в россыпях</p>	<p>Окрашенные прозрачные разновидности шпинели используются как драгоценные камни. Искусственная шпинель применяется в качестве огнеупорного материала. Находит некоторое применение в керамике, а также в производстве устойчивых керамических красок</p>

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
	Диаспор AlO(OH)	Dsp	Сосредоточен в бокситах, где он является рудообразующим минералом совместно с бёмитом и гидраргиллитом. Встречается в метаморфических, гидротермальных и метасоматических месторождениях типа вторичных кварцитов	Эффективный коллекционный минерал и редкий драгоценный камень
	Гётит FeO(OH)	Get	Встречается в виде продукта выветривания; образуется при нормальных температуре и давлении из других железосодержащих минералов: сидерита, магнетита, пирита и других, либо как продукт осаждения в болотах и других природных источниках. Входит в состав бурых железняков	Важный компонент руд в зонах окисления месторождений железа
<b>КАРБОНАТЫ</b>				
150	Кальцит (известковый шпат) CaCO <sub>3</sub>	Cal	Месторождения, связанные с вулканическими породами основного и среднего состава: базальтами, долеритами, андезитами и их туфами и брекчиями; месторождения в карбонатных осадочных породах – в известняках, доломитизированных известняках, мергелях, а также мраморах	Широко применяется в строительстве и химических производствах. Исландский шпат используется в оптических приборах
151	Церуссит PbCO <sub>3</sub>	Cer	Широко распространен как типичный вторичный минерал зон окисления рудных месторождений	Важная руда на свинец. Прозрачные кристаллы считаются драгоценными

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
152	Арагонит $\text{CaCO}_3$	Arg	Происхождение низкотемпературное гидротермальное (в ассоциации с серпентином, опалом, халцедоном, другими карбонатами); осадочное; гипергенное (в ассоциации с гипсом, доломитом, глинистыми минералами); биогенное (входит в состав перламутрового слоя раковин многих видов моллюсков, в экзоскелет кораллов)	Арагонитовый гороховый камень – поделочный камень. Арагонитом сложены тончайшие слои жемчуга
153	Магнезит $\text{MgCO}_3$	Mgn	Встречается в гидротермальных месторождениях или в качестве продукта выветривания ультраосновных горных пород	Магнезит используют для производства огнеупоров и вяжущих материалов, в химической промышленности. Применяется для производства огнеупорного кирпича. Также является рудой магния и его солей
154	Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Dol	Осадочно-хемогенный в ассоциации с галогенидами, гипсом, ангидритом. Гидротермальный, часто с кальцитом. При метаморфических процессах перекристаллизовывается, образуя доломитовые мраморы. Доломит слагает породу того же названия и часто является примесью в известняках и мраморе	Огнеупорные материалы. Флюсы в металлургии. Сырьё в химической промышленности, стекольном производстве. Средство борьбы с насекомыми. Доломитовая мука используется для раскисления (известкования) почв
154а	Анкерит (жемчужный шпат) $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$	Ank	Минерал гидротермальных сульфидных месторождений и гидротермально изменённых магнезиально-железистых	Практического значения не имеет

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
			<p>пород. Типичный минерал карбонатов и низкотемпературных свинцово-цинковых пород, в карбонатных породах ассоциирует с баритом, кварцем, флюоритом, доломитом. Известен в хрусталеносных жилах и как продукт метасоматоза в карбонатных осадочных породах</p>	
155	<p>Сидерит (железный шпат) <math>\text{FeCO}_3</math></p>	Sid	<p>Происхождение гидротермальное или осадочное, встречается в полиметаллических месторождениях как жильный минерал. Легко выветривается до лимонита, при окислении переходит в бурый железняк. Распространенный минерал гидротермальных свинцово-цинковых и медных сульфидных жил. Часто присутствует в рудах гидротермальных жильных месторождений различных типов: серебряных, серебряно-полиметаллических, оловянных</p>	<p>Важная руда для получения железа. Он используется главным образом в чёрной металлургии для выплавки стали</p>
156	<p>Родохрозит <math>\text{MnCO}_3</math></p>	Rod	<p>Гидротермальный минерал средне- и низкотемпературных месторождений свинца, цинка, серебра и меди. Встречается в высокотемпературных месторождениях с родонитом, гранатом, брайнитом, тефроитом и в пегматитах с литиофиллитом.</p>	<p>Является сырьём для выплавки ферромарганца. Также используется для выплавки чугуна и стали. Применяется в химической промышленности.</p>

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
			<p>В осадочных марганцевых месторождениях ассоциирует с марказитом, кальцитом, опалом и др. В коре выветривания марганцевых и железомарганцевых месторождений. В метаморфизованных первично-осадочных марганцевых месторождениях</p>	<p>Иногда используется в качестве декоративного камня в ювелирном деле</p>
157	<p>Смитсонит <math>ZnCO_3</math></p>	Smt	<p>Минерал зоны гипергенеза. Образуется в поверхностных условиях в процессе метасоматического замещения известняков при участии поверхностных вод с растворенным <math>ZnSO_4</math>, появляющимся в зоне окисления сульфидных месторождений при окислении сфалерита. Устойчив в поверхностных условиях. Реже – в низкотемпературных гидротермальных жилах</p>	<p>Является рудой цинка. Используются в ювелирном деле</p>
160	<p>Малахит <math>Cu_2CO_3(OH)_2</math></p>	Mlh	<p>Характерный минерал близповерхностных зон окисления меднорудных и полиметаллических гидротермальных месторождений, образуется при гипергенных процессах. Сопровождает различные медные руды, являясь продуктом их выветривания</p>	<p>Ценный поделочный и облицовочный камень</p>

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
161	Азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	Az	Образуется в близповерхностных зонах окисления большинства медно-сульфидных месторождений, встречается во вторичных медных рудах вместе с малахитом. В условиях выветривания неустойчив и легко замещается малахитом	Как минеральный пигмент; как недорогой поделочный камень; в пиротехнике – для изготовления составов огня зелёного цвета; используется для выплавки меди, получения медного купороса
<b>СУЛЬФАТЫ</b>				
190	Барит (тяжелый шпат) $\text{BaSO}_4$	Bar	Происхождение главным образом гидротермальное. Может заполнять миндалевидные пустоты в ряде основных вулканитов. В осадочных породах образует радиально-лучистые конкреции и секрции	Служит сырьём для производства сульфата бария, эмали, глазури, солей бария. Используется как наполнитель при изготовлении резины, клеёнки, линолеума, бумаги. Прозрачные кристаллы используют в оптических приборах. Применяется в качестве утяжелителя буровых растворов
191	Целестин $\text{SrSO}_4$	Cel	Образуется в гипергенных близповерхностных условиях. Встречается в осадочных горных породах среди известняков, доломитов, гипсовых пород. Был также установлен в некоторых морских организмах, в частности в скелетах радиолярий	Используется в пиротехнике, химии (в стекольном, керамическом производстве), фармацевтике

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
193	Ангидрит $\text{CaSO}_4$	Ang	Образуются в осадочных толщах главным образом в результате обезвоживания отложений гипса. Распространён в осадочных месторождениях эвапоритовой формации, в крышах соляных куполов. Возможно образование в результате гидротермального низкотемпературного процесса минералообразования в жильных и скарновых месторождениях	Применяется для получения сульфата аммония, в производстве серной кислоты и как декоративный камень в архитектуре интерьера
194	Гипс (легкий шпат) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Gr	Встречается в пластах осадочных пород. Образует прожилки в глинистых осадочных породах. Иногда слагает цемент песчаника. В почвах аридной зоны формируются новообразования гипса	В «сыром» виде используется как удобрение и в целлюлозно-бумажной промышленности, в химической для получения красок, эмали, глазури; как вяжущий материал в строительном деле, в медицине; для создания декоративных элементов в классическом стиле (барельефы, карнизы и т. д.); в архитектуре
194а	Селенит (волокнистый шпат) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Sel	Встречается в пластах осадочных горных пород, преимущественно глинистых, где образует линзовидные прожилки параллельно-волокнистой структуры	Применяется как недорогой поделочный камень для изготовления резных художественных и художественно-бытовых изделий, бус и фигурок

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
	Алунит $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$	Al	Формируется в близповерхностных условиях, в результате низкотемпературного гидротермального процесса минералообразования в интервале температур 15–400 °С, при воздействии реакционных сульфатных вод, образованных в результате сольфатарной деятельности или при разложении пирита на глинозёмистые породы, процесс обычно сопровождается каолинизацией или окварцеванием. Также известно экзогенное происхождение алунита: зоны окисления сульфидных месторождений	Используется в ювелирной промышленности
	Мирабилит (глауберова соль) $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	Mir	Выпадает в больших количествах из морских вод, оседая бесцветными кристаллами на дне и берегах. В растворённом виде присутствует в морской воде и во многих минеральных водах. Встречается в виде налёта и корок на залежах гипса и каменной соли	Используется при производстве соды, гипосульфата, ультрамарина; в стекольной промышленности, в холодильном деле, в медицине как слабительное средство
<b>ФОСФАТЫ</b>				
181	Апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$	Ap	Образует скопления в щелочных магматических породах (мельтейгит-уртитях и др.), карбонатитах, нефелиновых и гранитных пегматитах, скарнах,	Является сырьём для производства фосфорных удобрений, фосфора и фосфорной кислоты, его применяют в чёрной

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
			некоторых рудных и альпийских жилах. Крупнейшие месторождения апатита (фосфоритов) связаны с осадконакоплением и биохимическими процессами	и цветной металлургии, в производстве керамики и стекла
182	Бирюза $\text{CuAl}_6(\text{OH})_2[\text{PO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Bir	Образование обычно связано с гипергенными или низкотемпературными (180–80 °С) гидротермальными процессами. Проявления бирюзы часто связаны с зонами вторичного изменения медных месторождений	Полудрагоценный поделочный камень широко используется в ювелирном деле
184	Вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Viv	Гипергенный, встречается в торфяниках и бурых железняках. Образуется в восстановительных условиях лимонитовой зоны осадочных сидеритовых месторождений железа и в торфяниках, округлые порошковые скопления вивианита обычны в низинных торфяных болотах	Эффектные друзы, крупные одиночные кристаллы и их срастания используются как декоративно-коллекционный материал; скрытокристаллические землистые разновидности – как минеральный пигмент для приготовления синей краски (индиго натуральный)
	Монацит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})[\text{PO}_4]$	Mon	Первичный монацит встречается почти во всех кислых и щелочных магматических породах, накапливается в россыпях (тяжёлая фракция)	Является рудой редкоземельных элементов и тория

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
<b>ВОЛЬФРАМАТЫ И МОЛИБДАТЫ</b>				
185	Шеелит $\text{CaWO}_4$	Slf	Промышленные месторождения обычны в скарнах. Встречается в гидротермальных месторождениях в кварцевых жилах вместе с арсенопиритом, галени- том, карбонатами и пиритом	Добывается для получения воль-фрама и его соединений. Кри-сталлы шеелита с примесями лантаноидов могут быть исполь-зованы в квантовых генераторах света (лазерах). Используется в ювелирном деле
186	Вольфрамит $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$	Wlf	Накапливается в россыпях, образуется в высокотемпературных гидротермаль-ных кварцевых и пневматолитовых жилах и грейзенах	Является важнейшей рудой вольфрама
	Повеллит $\text{CaMoO}_4$	Pov	Встречается в зонах окисления молиб-деновых месторождений в виде псевдо-морфоз по молибдениту. Редко в пусто-тах базальтов, гранитных пегматитов	Используется в качестве руды молибдена
	Гюбнерит $\text{MnWO}_4$	Gub	Формируется в результате пегматитово-го процесса минералообразования в ред-кометалльных гранитных пегматитах; в грейзенах; при гидротермальном высо-котемпературном процессе в связи с кислым магматизмом в кварцевых жи-лах; при низкотемпературном; редко в скарнах	Широко используется в промыш-ленности и металлургии, добыва-ется как руда на вольфрам

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
<b>ХРОМАТЫ И БОРАТЫ</b>				
187	Крокоит $PbCrO_4$	Krk	Образуется в зоне окисления месторождений Pb-содержащих руд поблизости от массивов ультраосновных магматических пород, которые при выветривании могут давать хромовую кислоту, образующуюся при разрушении хромшпинелидов	Благодаря своей редкости и красоте считается ценным коллекционным минералом
	Ссайбелиит (ашарит) $MgBO_2(OH)$	Sst	Встречается как вторичный минерал в соленосных осадочных месторождениях боратов. Он образуется в условиях сухого жаркого климата как продукт переработки и дегидратации водных боратов – калиборита, гидроборацита и др. Также образуется в соляных куполах, где ассоциирует с гидроборацитом, улекситом и др.	Главный минерал боратовых руд
	Людвицит $Mg_2Fe_3(BO_3)O_2$	Lud	Минерал магнезиальных скарнов. Приурочен преимущественно к форстеритовым зонам скарнов и к кальцифирам	В ювелирном деле в виде кабошонов
	Колеманит $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	Col	Формируется в зонах с интенсивным испарением поверхностных вод	Является ценным природным промышленным источником нерастворимого бора и борной кислоты

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бетехтин, А. Г. Курс минералогия : учеб. пособие / А. Г. Бетехтин. – М. : КДУ, 2008. – 720 с.
- 2 Миловский, А. В. Минералогия / А. В. Миловский, О. В. Кононов. – М. : Изд-во МГУ, 1982. – 311 с.
- 3 Кривовичев, В. Г. Минералогический словарь / В. Г. Кривовичев. – СПб. : Санкт-Петербургский университет, 2008. – 556 с.
- 4 Джонс, М. П. Прикладная минералогия / М. П. Джонс. – М. : Недра, 1991. – 392 с.
- 5 Флейшер, М. Словарь минеральных видов / М. Флейшер. – М. : Мир, 1990. – 203 с.
- 6 Штрюбель, Г. Минералогический словарь / Г. Штрюбель. – М. : Недра, 1987. – 494 с.
- 7 Лодочников, В. Н. Главнейшие породообразующие минералы / В. Н. Лодочников. – М. : Недра, 1974. – 248 с.
- 8 Лазаренко, Е. К. Курс минералогии / Е. К. Лазаренко. – М. : Высшая школа, 1971. – 607 с.
- 9 Сиротин, К. М. Определитель минералов / К. М. Сиротин. – М. : Высшая школа, 1970. – 264 с.
- 10 Юбельт, Р. Определитель минералов / Р. Юбельт. – М. : Издательство «Мир», 1978. – 278 с.

Производственно-практическое издание

**Митько** Юлия Владимировна,  
**Шишкова** Ирина Игоревна

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ:  
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ**

Практическое пособие

Редактор В. И. Шкредова  
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 09.09.2021. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,8. Уч.-изд. л. 3,1.

Тираж 25 экз. Заказ 460.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246028, Гомель



РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



**Ю. В. МИТЬКО,  
И. И. ШИШКОВА**

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ  
МИНЕРАЛОВ:  
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ**

Гомель  
2021

