

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

З.К. Азизов, С.А. Пьянков

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Ульяновск-2006

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

З.К. Азизов, С.А. Пьянков

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Учебное пособие

Ульяновск-2006

УДК 551.1.4.

З.К. Азизов, С.А. Пьянков Определитель минералов: Учебное пособие/ Ульяновский техн. ун-т. - Ульяновск, 2006. - 53 с.

Даны сведения о свойствах породообразующих минералов. Табличная форма изложения материала, наличие ключа и алфавитного указателя обеспечивают уверенную и быструю работу с определителем.

Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов строительных специальностей по определению основных минералов.

Может использоваться при изучении курсов по инженерной геологии, материаловедению, на лабораторных занятиях по геологии и полевой геологической практике.

Библиогр.: 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского Совета Ульяновского государственного технического университета.

Рецензенты: кандидат географических наук Н.М. Коротина; кафедра географии УлГПУ.

© Ульяновский государственный технический университет, 2006

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение	4
I. Свойства и генезис минералов	5
1. Основные свойства минералов	5
2. Дополнительные свойства минералов	9
3. Генезис минералов	11
II. Сведения о классификационных группах минералов	16
III. Ключ к определителю минералов	19
IV. Определитель минералов	21
V. Алфавитный указатель минералов	44
Список рекомендуемой литературы	48

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство призвано оказать помощь студентам-строителям, изучающим краткий курс инженерной геологии, в самостоятельной работе по определению минералов. Определитель составлен в форме таблицы, что упрощает выбор минерала, соответствующего набору определенных студентом свойств. Свойства минералов и характеристика классификационных групп приведены в специальных разделах.

Ключ к определителю рекомендует следующую последовательность работы:

1. Определение блеска минерала.
2. Определение твердости.
3. Определение цвета и черты.
4. Выбор подходящих минералов по вертикальным графам определенных свойств пунктов 1,2,3.
5. Идентификация посредством определения прочих свойств по горизонтальным строкам определителя.

В конце пособия помещен алфавитный указатель описанных в нем 116 минералов и приведены их формулы.

I. СВОЙСТВА И ГЕНЕЗИС МИНЕРАЛОВ

1. Основные свойства минералов

Минералы - относительно конкретные и достаточно устойчивые химические соединения и самородные элементы, характеризующиеся строго постоянным внутренним строением. Обычно к минералам относят природные образования, возникшие в результате физико-химических процессов в недрах и на поверхности земной коры. Однако к ним нельзя не отнести и выращиваемые в лабораториях и на заводах драгоценные камни, минеральные образования, получаемые при моделировании геологических процессов, жемчуг, выращиваемый как аквакультура.

На сегодня известно до 4000 минералов. Разумеется, существуют различные их систематики. В пособии использован принцип, базирующийся на выделении классов, подклассов, групп мелких химических классификационных единиц. Деление на основе химической конституции отражает многие свойства минералов, позволяющие их диагностировать. В определителе приведены основные свойства наиболее типичных представителей самородных элементов, сульфидов, сульфатов, галоидов, фторидов, фосфатов, карбонатов, окислов и силикатов.

Основные свойства присущи всем минералам, поэтому диагностика основывается на различиях в характеристиках этих признаков. Кроме того, диагностике помогают дополнительные признаки, отражающие специфические свойства, присущие далеко не всем, и даже единственным в своем роде, минералам, но позволяющие быстро и однозначно идентифицировать их. В определителе учтены как основные (химизм, строение, минеральные агрегаты, твердость, плотность, спайность, излом, цвет, черта, блеск, генезис), так и дополнительные (магнитные и электрические свойства, гигроскопичность, запах, вкус, горючесть, упругость, ковкость, радиоактивность) свойства и приведены сведения относительно практического использования минералов.

Строение минералов. В природе существуют твердые, жидкие и газообразные минеральные образования. Твердые минералы могут быть *кристаллическими и аморфными*. Кристаллические состоят из множества одинаковых структурных элементов, образующих упорядоченную пространственную (кристаллическую) решетку. Различают атомный, ионный и молекулярный типы решеток, которые определяют *анизотропность* (различные свойства), изотропность (одинаковые свойства) кристаллов и их способность самоограняться. Кристаллы - как природные, так и искусственные - имеют форму многогранников. Они могут быть изотропными и анизотропными. Аморфные минералы всегда изотропны. Способность веществ при одинаковом химическом составе кристаллизоваться в разных формах называется полиморфизмом (многоформностью). Например: алмаз и графит, пирит и марказит, кальцит и арагонит. Разная структура полиморфных разновидностей объясняет их различные свойства. Некоторые вещества разного химического состава могут образовывать сходные кристаллографиче-

ские формы. Такие вещества могут создавать смешанные формы, содержащие исходные компоненты в разной пропорции. Это явление называется *изоморфизмом*, а смеси именуются *изоморфными*. В качестве примера можно назвать полевые шпаты, изоморфный ряд которых формируется при смешивании альбитовой и анортитовой молекул.

В природных условиях чаще всего вырастают не вполне правильные кристаллические формы, имеющие некоторые дефекты, но при любых изъянах углы между соответствующими гранями кристаллов одного и того же вещества остаются одинаковыми и постоянными. Этот *закон постоянства граничных углов* дает возможность устанавливать идеальную форму кристаллов и точно диагностировать мельчайшие минеральные зерна.

Разная степень симметрии кристаллов объясняется различными комбинациями плоскостей, осей центров и симметрии в них. Таких комбинаций может быть 32, и называются они *классами* (или видами) симметрии. Последние объединяются в 7 *систем, или сингоний*: кубическую, тетрагональную, гексагональную, ромбическую, тригональную, моноклинную и триклинную. Кубические кристаллы обладают *высшей* симметрией: их простейший элемент - куб, они изотропны. Кристаллы гексагональной, тетрагональной и тригональной сингоний характеризуются *средней* симметрией. Они имеют столбчатый, шестоватый, игольчатый, листоватый, таблитчатый, пластинчатый *габитус* (облик) и шести-, четырех- и трехгранные сечения (соответственно), перпендикулярные длинной оси. Анизотропность выражается в различии основных свойств по длинным и коротким осям. Ромбическая, моноклинная и триклинная сингонии относятся к *низшей* группе симметрии. Им свойственны весьма разнообразные формы с анизотропными свойствами. У ромбических кристаллов сечение, перпендикулярное длинной оси, имеет форму ромба.

Природные минеральные формы (скопления). Природные скопления минеральных зерен, или кристаллов, принято называть *минеральными агрегатами*. Они могут быть *моно- и полиминеральными*, т.е. состоять из одного или нескольких минералов. Форма минеральных агрегатов зависит от их состава и условий формирования.

Группа кристаллов, выросших на общем основании, образует *друзу*. Друза с ориентированными в одном направлении мелкими сросшимися кристаллами называется *щеткой*. Эти формы образуются при кристаллизации минералов в пустотах горных пород (кварц, кальцит, гипс). Тот же генезис имеют *секреции* - минеральные образования, частично или полностью выполняющие полости и растущие от периферии к центру. Секреции могут образовывать как аморфные (халцедон), так и кристаллические (кварц, кальцит) минералы. Крупные секреции именуется *жеодами*, мелкие - *миндалинами*.

Желваковые образования, возникшие в рыхлых осадочных образованиях на дне древних и современных водоемов как результат стяжения минерального вещества вокруг инородных центров кристаллизации, именуется *конкрециями*. Конкреции растут от центра к периферии, по строению могут быть радиально-лучистыми и концентрическими. Их формы и размеры весьма различны. Мель-

чайшими конкрециями являются оолиты (кальцит, арагонит, фосфорит, кремний, сидерит, железо-марганцевые конкреции (жмк) дна современного океана).

В пустотах, в том числе и в пещерах, широко распространены натечные формы. Они могут иметь самый различный размер и состав (кальцит, малахит, глинистые минералы, лед и т.д.). Это прежде всего *сталактиты*, *сталагмиты* и *сталагматы*, почковидные и гроздевидные образования пещер.

При быстрой кристаллизации в мелких трещинах и глине солей, выпадающих из подземных вод, образуются тонкие ветвистые древовидные образования - *дендриты*. Наиболее часто обнаруживаются дендриты самородной меди, железистых и марганцевых соединений и т.п.

Минеральные агрегаты неупорядоченных зерен и кристаллов делят на крупно- (более 3 мм), средне- (1-3 мм) и мелкозернистые (менее 1 мм). Облик их может быть не только зернистый (кристаллический), но и пластинчатый, листоватый, шестоватый, полосчатый, волокнистый, оолитовый и т.д. Именно характер минеральных агрегатов определяет структурно-текстурные признаки горных пород. Агрегаты неразличимых под лупой зерен именуют *скрытокристаллическими*; мягкие, пачкающие руки, напоминающие рыхлые почвы - *землистыми* (каолин, боксит, лимонит и т.д.).

Ложные формы, не соответствующие истинному габитусу слагающего их вещества, называются *псевдоморфозами*. В соответствии с генезисом различают псевдоморфозы превращения, или *метаморфозы*, как, например, образование лимонита по пириту; вытеснения (халцедона, кремня по кальциту), выполнения (опала, лимонита по дереву).

Физические свойства минералов определяют набор его основных признаков, к которым следует относить: твердость, плотность, спайность, излом, цвет, черту, блеск.

Твердость, или сопротивление разрушению при диагностике определяют царапанием одного минерала другим. Таким способом выясняют, какой минерал тверже, т.е. определяют относительную твердость. Определения производятся по 10-балльной шкале Ф.Моаса, состоящей из 10 минералов, в которой каждый последующий минерал на балл тверже предыдущего и поэтому царапает его. Ниже приведена шкала Ф. Моаса с некоторыми практическими рекомендациями.

1. Тальк (скоблится ногтем).
2. Гипс (царапается ногтем).
3. Кальцит (скоблится ножом).
4. Флюорит (легко царапается ножом).
5. Апатит (трудно царапается ножом).
6. Ортоклаз (трудно царапается стеклом).
7. Кварц,
8. Топаз, (не царапаются стеклом,
9. Корунд, оставляют царапину на
10. Алмаз (ноже и стекле).

При определении твердости не следует путать царапину с чертой. С черты пыль породы бесследно стирается пальцем. Надо помнить, что анизотропные минералы имеют разную твердость по различным направлениям, а скрытокристаллические, пористые и порошковатые массы всегда мягче кристаллов с хорошей огранкой (охра гематита - 1, кристалл гематита - 6).

Плотность (удельный вес) - всегда отражает химический состав и структуру минерала. Ее определяют приблизительно, “взвешивая” минерал на ладони. Обычно выделяют три весовые категории: легкие (до 3 г/см³), средние (3-4 г/см³) и тяжелые (более 4 г/см³) минералы. При удельном весе более 10 г/см³ говорят об очень тяжелых минералах. К ним относят самородные золото, серебро, платину, ртуть. Самый тяжелый минерал, известный на Земле, - осмистый иридий, имеющий плотность 23 г/см³. Большая часть минералов, слагающих земную кору, - это легкие и средние минералы.

Спайность - это способность минералов раскалываться (расщепляться) по параллельным ровным блестящим поверхностям, именуемым плоскостями спайности. Спайность - свойство исключительно кристаллических минералов. Плоскость спайности соответствует грани кристалла. Выделяют следующие виды спайности:

- весьма совершенная - минерал легко расщепляется на листочки, пластинки (слюды, тальк, пластинчатый гипс);

- совершенная - при ударе молотком образуются обломки, ограниченные плоскостями спайности (кальцит, галит);

- средняя - обломки ограничены как плоскими, так и неровными границами (ортоклаз, авгит);

- несовершенная - плоскости спайности обнаруживаются редко (апатит, оливин);

- весьма несовершенная - плоскости спайности практически отсутствуют (кварц, пирит, магнетит).

Излом - поверхности раскола, ориентированные вопреки спайности. Различают раковистый (халцедон, кремень, кварц), занозистый (селенит, асбест), зернистый (горные породы), землистый (боксит, лимонит, ступенчатый (ортоклаз, галенит) и др. поверхности излома.

Цвет нельзя считать основным диагностическим признаком минералов, ибо он переменчив и зависит от многих факторов. Это и структурные особенности, и присутствие красителей (хромофоров), механических примесей, трещин и пустот. Цвет контролируется и такими параметрами среды, как температура, влажность и т.д. Восприятие цвета глазами также не однозначно. Однако ряд минералов имеет постоянную окраску. Например, галенит всегда серый, киноварь - красная, малахит - зеленый, лазурит - синий и т.д. Примеси же, обуславливающие различия в окраске и оттенки, очень часто дают информацию о химическом составе. Например, в группе гранатов магниево-алюминиевый пироп - темно-красный, кальциево-алюминиевый гроссуляр - светло-зеленый, кальциево-железистый андрадит - буровато-зеленый и т.д. (см.: Определитель. “Гранаты”, № 75). Описывая цвет минерала, следует охарактеризовать основной цвет,

его глубину и оттенок. Например: темно-серый с голубоватым оттенком (для малебдинита). В минералогии зачастую используют нестандартные характеристики цвета типа: “кошенильно красный”, “фисташковый”, “латунно-желтый”, “соломенно-желтый” и т.д. Однако, несмотря на образность таких определений, лучше применение их свести до минимума.

Черта (цвет черты) - это след, который остается на неглазурованной фарфоровой пластинке (бисквите), если чертить по ней минералом. В ряде случаев он совпадает с цветом минерала в куске (киноварь, магнетит, малахит и т.д.). Но многие минералы характеризуются резкими отличиями в цвете черты и куска (пирит, гематит). Черта - более постоянный, нежели цвет в куске, диагностический признак.

Цвет и черту следует определять в свежем изломе.

Блеск отражает как внутреннее строение, так и характер отражающей поверхности минерала. Легко различаются минералы с металлическим блеском. Минералы с металлическим и металлоидным блеском чаще всего имеют черную или очень темную черту (магнетит, галенит, графит); минералы с белой и цветной чертой обычно обладают неметаллическим блеском (гипс, сера, киноварь). В группе минералов с металлическим блеском исключение представляют: самородное золото, медь, серебро, платина, халькопирит и блеклые руды. Имея металлический блеск, они дают цветную черту: золото - зеленоватую, серебро - серебристо-белую, медь - медно-красную, халькопирит - зеленоватую, блеклые руды - темно-бурую. Неметаллический блеск разделяют на: полиметаллический (минерал имеет блеск металла, но черта и порошок у него цветные), алмазный, стеклянный, жирный, шелковистый, перламутровый, матовый и т.д.

2. Дополнительные свойства минералов

Свойства, присущие конкретным минералам или отдельным минеральным группам, принято относить к дополнительным. Очень часто только одно какое-то индивидуальное свойство позволяет однозначно диагностировать минерал (галит - соленый, арсенопирит - при ударе издает запах чеснока, сера - легко загорается от спички, горит синим пламенем, издавая удушливый запах сернистого газа, который выделяется при горении). Дополнительные свойства весьма разнообразны, поэтому рассмотрим только некоторые из них, помогающие визуальной диагностике.

Магнитность свойственна минералам, содержащим железо, кобальт и никель. Степень магнитности минерала может быть различной. Значительные массы сильно магнитных минералов (магнитного железняка) притягивают стрелку компаса, сильный магнит. Но чтобы зафиксировать более слабые проявления магнитных свойств, надо к порошковому препарату (который получают измельчая минерал или содержащую его породу ударом молотка) прикоснуться намагниченным лезвием перочинного ножа или магнитной подковкой. Этим способом можно извлечь магнитные минералы из смеси.

Электрические свойства ряда минералов легко возбуждаются, если их натереть шерстью или кожей. Наэлектризованные таким образом, они притягивают маленькие кусочки бумаги (сера, янтарь). Кварц, турмалин электризуются при нагревании, причем один конец кристалла заряжается положительно, второй - отрицательно. При охлаждении знаки меняются.

Люминесценция - свойство минералов светиться под воздействием внешних агентов: при нагревании, царапании, разламывании, освещении и т.д. Различают следующие виды свечения.

- Флюоресценция (или собственно люминесценция) есть свечение в момент воздействия. Цвет свечения одного и того же минерала может меняться и по окраске, и по силе свечения, что зависит от многих причин. Например, алмаз в катодных лучах светится ярким голубым, реже - красным.

- Фосфоресценция - свечение после воздействия. Некоторые разности светятся в темноте, если этому предшествовало облучение солнечным светом. Так же ведет себя флюорит. После нагревания светится апатит, флюорит, барит и др.

- Термолюминесценция - свечение при нагревании. Некоторые разности окрашенных флюоритов начинают светиться уже при 60 °С, но при достаточно высоких температурах свечение исчезает.

- Триболлюминесценция - свечение при механическом воздействии (царапании, разламывании), ее обнаруживают сфалерит, мусковий и др.

Горючесть и запах. Самородная сера, ряд сернистых минералов, каоустобиолиты загораются, издавая характерные запахи. Запахи могут ощущаться при выбивании искр, разбивании и стирании: кремень, мышьяковистые минералы, сера, флюорит и др. При смачивании водой каолин издает "запах печки". Многие каоустобиолиты пахнут сами по себе (асфальт, озокерит, нефть).

Запахи ряда минералов являются следствием захвата пахучих веществ при формировании, т.е. запах может быть генетическим признаком, отражающим особые условия формирования минерала (пахучие известняки, халцедоны, флюориты, кварцы).

Вкус ощущается только у растворимых в воде минералов. Например: галит - соленый, сильвин - горьковато-соленый, эпсомит - горький, квасцы - кислые, вяжущие.

Гигроскопичность - это способность увлажняться, поглощая влагу из воздуха. При этом легкорастворимые минералы расплываются (галит, карналит), нерастворимые липнут к языку, влажным губам (каолин, кремнезем в виде опок, трепела, гейзерита).

Упругость - способность изменять форму при внешнем воздействии, но обретать ее после устранения нагрузки (слюды).

Хрупкость - способность крошиться под давлением. Например, блеклые руды крошатся при резании ножом.

Ковкость - приобретение пластичности при разогреве в результате механического воздействия. Ковких минералов немного. Это прежде всего самородное золото, платина, серебро.

Прозрачность - способность пропускать свет в тонких пластинах. По степени прозрачности выделяют минералы:

- прозрачные (через них ясно видны предметы: горный хрусталь, гипс, мусковит);

- полупрозрачные (через них видны лишь очертания предметов: халцедон, опал);

- просвечивающие (пропускают свет в очень тонких пластинах, но предметы через них различить нельзя: полевые шпаты);

- непрозрачные (совсем не пропускают свет: пирит, магнетит).

Реакция с соляной кислотой. Минералы класса карбонатов легко распознаются по взаимодействию с 10 - процентной кислотой. Кальцит (и арагонит) бурно вскипают в капле холодной кислоты. Dolomit вскипает в кислоте только в порошке.

Двулучепреломление - это свойство, обусловленное асимметрией кристалла, наиболее хорошо выражено у исландского шпата (прозрачного кальцита). Изображение, рассматриваемое через кристалл, двоится.

Радиоактивность - явление, открытое в 1886 г. А. Бекерелем, объясняет непрерывное превращение атомов, сопровождаемое большим расходом энергии. Конечные продукты превращений - устойчивые изотопы свинца. Радиоактивность устанавливается по ионизации воздуха с помощью счетчиков Гейера-Мюллера, являющихся основой радиометров. Урансодержащие минералы - такие, как урановая слюдка, урановая смолка - оказывают воздействие на фотопленку. При подозрении на наличие урансодержащих минералов образец кладут в темный ящик на эмульсионный слой пленки. Через некоторое время пленку проявляют. Светлые участки будут соответствовать местоположению урановых минералов.

Таким образом, диагностирование минералов требует работы различных органов чувств. Однако ведущая роль в этом, несомненно, отводится зрению и зрительной памяти, развитие которой требует практического опыта.

3. Генезис минералов

Под генезисом понимают способ и условия формирования минералов в природе. Определить генезис отдельного минерала удастся далеко не всегда. Обычно генезис минерала связывают с генезисом породы, которую он слагает. В этом плане мы вправе выделять минералы магматических, метаморфических и осадочных пород.

Магматические горные породы, как и слагающие их минералы, формируются из магматического расплава при застывании магмы в недрах (интрузивные) и на поверхности (эффузивные) Земли. Магматические породы в основном слагаются силикатами и по содержанию кремнекислоты делятся на: кислые (более 65% SiO₂), кварц-полевошпатовые породы группы гранита-липарита; средние (65-52% SiO₂) бескварцевые породы, состоящие из натриево-кальциевых плаги-

оклазов с содержанием 15-30% темноцветных минералов (роговая обманка, авгит, биотит), представленные группой диорита - андезита; основные (52-54 % SiO_2) - группа габбро-базальта (долерита), состоящая из основных плагиоклазов и цветных минералов, среди которых наитипичны - пироксены. Ультраосновные (менее 45-40 % SiO_2) бесполовошпатовые породы сложены преимущественно магнезиально-железистыми силикатами (оливином и пироксином). Сюда относятся породы группы перидотита - пикрита.

Изверженные породы формируются на глубине в главную стадию кристаллизации. По мере их формирования происходит постепенное объединение расплава и обогащение другими элементами. В результате формируется “остаточный” расплав, состав и свойства которого отличны от начального.

При кристаллизации остаточного расплава образуются особые породы, получившие название *пегматитов*. Пегматиты слагают жилы и характеризуются крупным кристаллом. Наиболее распространены пегматиты гранитного состава, т.е. богатые кварцем и полевым шпатом. Процесс сопровождается выделением летучих компонентов. Насчитывается около 180 минералов пегматитового происхождения, но главнейшими являются кварц, полевые шпаты и слюда. Щелочные пегматиты отличаются отсутствием кварца. Минералы пегматитов образуют группу минералов *пегматитового генезиса*.

При взаимодействии паров и газов между собой или с ранее возникшими минералами образуются минералы *пневматолитового генезиса*. Пневматолитовый процесс осуществляется, если расплав, насыщенный летучими компонентами, кристаллизуется при пониженном давлении, когда происходит сухая перегонка вещества, т.е. летучие переходят в твердое состояние, минуя жидкую фазу. По минеральному составу пневматолитовые жильные тела бывают разными, но наиболее характерны для них касситерит, гематит, молибденит. Пневматолитовый процесс сопровождает вулканизм, когда пары воды, CO_2 , H_2S , SO_2 , HCl , HF и др. газы реагируют друг с другом и газами атмосферы и создают минералы, накапливающиеся в вулканических трещинах и кратерах (сера, железный блеск, нашатырь и др.).

Гидротермальные минералы выделяются из горячих водных растворов или образуются при воздействии этих растворов на боковые породы. Выделяют высоко-, средне- и низкотемпературные гидротермальные образования. Высокотемпературные (300-400 °C) жилы обычно сложены грейзенами - породами, буквально нашпигованными кварцем, сульфидами, флюоритом и др. Околожильные формации, обычно средне- и низкотемпературные, почти всегда обогащены серицитом, карбонатами, хлоритом, реже - пиритом и др.

Вулканические минералы по своей сути являются минералами эффузивных образований, формирование которых осуществлялось через аппараты вулканических извержений. Такие минералы возникают за счет вулканических паров и газов, кристаллизации лавы на глубине и при излиянии ее на поверхность при быстром охлаждении в результате гидротермальных процессов. Набор минералов весьма разнообразен: это породообразующие оливин, авгит, роговая обманка

ка, полевые шпаты, нефелин; возгоны серы, нашатыря, реальгара. Особенно широк спектр поствулканических гидротермальных минералов, выполняющих пустоты и трещины (цеолиты, кварц, кальцит, халцедон, опал, барит и др.).

Метаморфические горные породы образуются как результат сложных преобразований в составе и строении минералов и горных пород в связи с воздействием на них высоких температур и давлений. С региональным метаморфизмом, свойственным обширным платформенным территориям, связано понятие “степень метаморфизма”, определяющее глубину процесса. Каждой ступени соответствует парагенез минералов, образованных в определенном диапазоне температур и давлений.

Для низкой и очень низкой ступеней метаморфизма типичны голубые сланцы, основным минералом которых является голубая роговая обманка - глаукофан, серпентиниты, филлиты, альбитофиры и некоторые другие породы, формирующие зеленокаменную метаморфическую фацию.

На средней ступени метаморфизации формируются фации кристаллических сланцев, гнейсов, амфиболитов, а при частичном плавлении амфиболитов - мигматиты - породы, по минеральному составу очень близкие к гранитам. Основными минералами перечисленных пород являются кварц, полевые шпаты, биотит, хлорит, гранаты, амфиболиты, пироксены, эпидот.

На высшей ступени регионального метаморфизма возникают гранулиты (кварц, ортоклаз, плакиоклаз + гранат, силлиманит, пироксен, нередко - гранат), а на контакте земной коры и мантии - эклогиты - плотные тяжелые породы, сложенные пироксеном и гранатом (пиропом).

Динамометаморфизм (дислокационный) рождает милониты - породы, состоящие из тонкозернистого агрегата того набора минералов, который формировал исходную породу. Из новообразований в милонитах обнаруживаются хлорит, тальк, слюда. При уплотнении милониты приобретают сланцеватую текстуру и превращаются в бластомилонит. В бластомилонитах все минеральные зерна приплюснуты.

При ударном метаморфизме, вызванном падением метеоритов, возникают породы, объединяемые в группу импактитов. Среди импактитов различают неперемещенные продукты слабого (катаклазиты) и более сильного (ударные брекчии) дробления. Если процесс преобразования более глубок, в породах начинается плавление и образование стекла. В этом случае формируются псевдотахилиты (неперемещенные) и тагамиты (перемещенные). Смешанные и перемещенные продукты дробления и плавления называют зювитами. Основными минеральными новообразованиями в импактных являются стекло (продукт плавления материнских пород), микролиты плагиоклаза, пироксена, биотита, а также гипербарические полиморфные модификации SiO_2 - коэсит и стишовит; алмаз и лонсдейлит (еще более высокобарная модификация углерода).

При контактном метаморфизме метаморфизму подвергаются породы в зоне контакта с внедрившейся интрузией. Наиболее распространенной метаморфической породой контактовых зон являются роговики, нередко содержащие кордие-

рит и андалузит (вблизи контакта), а также биотит, хлорит, мусковит (дальше от контакта в сторону вмещающей породы).

В случае значительного выноса растворов и газов из магмы и привноса веществ из вмещающей породы в магму следует говорить о контактово-метасоматическом процессе. Очевидно, что в результате гидротермальных и пневматолитовых реакций возникают новые минералы. Метасоматоз легко растворимых известняков создает новую породу - скарн. При метасоматозе в известняках образуются магнетит, железный блеск, касситерит, кобальтин, сфалерит, молибденит, пирротин, арсенопирит, шпипель, корунд, гранаты, серпентин, графит, магнезит, флогопит, пироксены, амфиболы, эпидот, хлориты, апатит и многие другие минералы. Именно скарны являются кладовой промышленных скоплений железа, вольфрама, олова, цинка, многих драгоценных камней.

В случаях, когда минералы возникают посредством кристаллизации из магматического расплава или при участии летучих или гидротермальных продуктов дифференциации магмы, что происходит при магматическом, пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном и контактово-метасоматическом процессах, об их генезисе можно говорить как о магматогенном или эндогенном. С экзогенными процессами связано гипергенное (супергенное), т.е. экзогенное происхождение минералов.

Осадочные горные породы формируются на поверхности Земли (или чуть глубже) из продуктов выветривания, жизнедеятельности организмов посредством осадки солей из перенасыщенных растворов. Особую группу осадочных пород составляют каустобиолиты - горючие полезные ископаемые, в образовании которых задействованы органические вещества, кислород, водород, азот атмосферы и гидросферы и лучистая энергия Солнца. Осадочные породы покрывают около 75% поверхности континентов, и подавляющая их часть - результат литогенеза морских осадков. В обломочных породах концентрируются преимущественно продукты физического выветривания, набор минералов в которых весьма разнообразен. В песчаных и алевритовых породах преобладают устойчивые кварц, полевые шпаты, а также гранат, циркон, эпидот, циозит и др. минералы. Глинистые породы сложены глинистыми минералами (каолинит, иллит, гидрослюда, монтмориллонит и др.), являющимися собой продукты преимущественно химического выветривания. Процессы окисления, каолинизации, гидратации, гидролиза и пр. обеспечивают разнообразие минералов в корах выветривания различного типа.

В водоемах аридных зон посредством осадки формируются залежи хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных и пр. солей. Биогенные процессы обеспечивают накопление на дне водоемов с нормальной соленостью мощных толщ пород, сложенных кальцитом, арагонитом, опалом; в специфических морских обстановках образуются железо-марганцевые, баритовые конкреции, глаукониты и прочие минеральные образования.

При вторичном изменении осадочных пород возникают *диагенетические минералы*. Посредством диагенеза могут образовываться кальцит, доломит, кремьень - в известняковых толщах, гипс - в ангидритах и наоборот - ангидрит в

гипсовых пластах, слюды - в глинах и т.д. Таким образом, о происхождении минерала проще судить, если известно, с какой породой он связан. Совместное нахождение минералов в природе, обусловленное их близким происхождением, именуется *парагенезисом*. Минералы сходного генезиса составляют парагенетический ряд. Например: с пиритом встречаются золото, сидерит, лимонит, гетит, гематит, ярозит, галенит, халькопирит, сфалерит, кварц. Этот набор минералов может относиться к различным, но связанным между собой процессам. Учение о парагенезисе - основа современной минералогии. По парагенетическим рядам можно осуществлять научное прогнозирование поисков полезных ископаемых и выяснять общие закономерности происхождения и распространения минералов.

В горных породах возможно определить возрастные соотношения и генерации минералов. Естественно, что если минерал выделился в трещинах другого, вырос на его поверхность, замещает или цементирует его, этот минерал образовался позже. Хорошо окристаллизованные минералы обычно более ранние по сравнению с теми, которые заполняют промежутки между ними и хуже огранены. Реликты, уцелевшие от растворения и замещения, естественно, тоже являются ранними. Один и тот же минерал может выделяться в разные моменты остывания магмы. Так возникает несколько *генераций* одного и того же минерала. Одноименные минералы разных генераций отличаются деталями химического состава и парагенезисом.

Минералы, характерные для определенного типа генезиса, называют *типоморфными*. Например, киноварь - минерал низкотемпературных жил, гранат - минерал зоны глубокого метаморфизма. Типоморфные признаки позволяют судить о генерации минерала. К примеру, высокотемпературный касситерит пегматитов обычно темный, почти черный, кристаллы его короткопризматические, почти дипирамидальные; содержит до 5% $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$. Касситерит более низкотемпературных гидротермальных жил чаще всего бурого и светло-бурого цвета, кристаллы его удлиненные, обычная примесь - вольфрам. "Деревянистый" оловянный камень, еще более низкотемпературная генерация касситерита, скрытокристаллический и образует натечные формы.

II. СВЕДЕНИЯ О КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ГРУППАХ МИНЕРАЛОВ

1. Самородные элементы (1-5)

Химически инертные в природных условиях минералы - состав которых в общем отвечает отдельным элементам, но в них могут быть различные примеси, в том числе и типа сплавов и твердых растворов. Насчитывается около 90 таких минералов, которые составляют около 0,1% веса земной коры. В большинстве своем это редкие и очень редкие минералы. Происхождение их как эндогенное, так и гипергенное. К самородным элементам относятся как металлы (золото, платина, медь, серебро), так и неметаллы (алмаз, графит, сера, мышьяк).

2. Сульфиды (6-12)

Насчитывается около 200 таких минералов (около 0,25% веса земной коры). Наиболее распространены пирит и пирротин. К этому классу относят не только сульфиды, но и селенистые, мышьяковистые, теллуристые, сурьмянистые и др. аналогичные соединения тяжелых металлов. Вода в этих соединениях отсутствует. Характерные признаки: большой удельный вес, металлический блеск, обычно небольшая твердость, типичный для металлов цвет - стально-серый, латунно-желтый, серебряно-белый и т.п. Происхождение чаще всего гидротермальное, жильное, но может быть контактово-метаморфическое и гипергенное. Многие сульфиды (сфалерит, галенит, халькопирит, киноварь и др.) являются важнейшими рудными минералами.

3. Сульфаты (13-16)

До 260 минералов (0,1% веса земной коры), представляющих собой соли серной кислоты. Среди них есть основные и водные соли. Преимущественно светлые, с низкой твердостью минералы, формирующие мощные толщи химических осадков, и продукты окисления сульфидов и серы. Благодаря хорошей растворимости легко теряют и присоединяют воду, переотлагаются, вовлекаются в диагенез.

4. Галоиды (17-21)

Хлористые, фтористые и йодистые соединения, образующие около 100 минералов, представляющих собой соли галоидоводородных кислот. Из них максимально распространены соединения фтора и хлора.

Из хлоридов наиболее распространены соли натрия, калия и магния. Они обычно бесцветны, но могут быть слабо окрашены примесями окислов железа, меди, свинца; легко растворяются в воде, ощутимы на вкус. Медные хлориды - зеленые или синие. Свинцовые хлориды - тяжелые и обладают алмазным блеском. Твердость 2-3. По генезису это химические осадки аридных обстановок

(соли Na, K, Mg) и продукты гипергенеза в зоне окисления сульфидов (соли Cu, Pb и др). Наибольшее значение из хлористых солей имеют NaCl - галит, слагающий толщину поваренной соли, а также соли K и Mg.

Из фторидов наиболее распространенным является флюорит (CaF_2). Фтористые минералы светлые, с небольшими удельным весом и твердостью. Чаще всего их генезис магматический, пневматолитовый и гидротермальный, но некоторые фториды Ca и Al могут встречаться в зоне гипергенеза.

5. Фосфаты (22-24)

Фосфаты вместе с арсенатами и ванадатами по массе слагают 0,7% земной коры (около 350 минералов). Это основные и водные соли фосфорной кислоты. Многие минералы являются весьма редкими, трудно диагностируются. В большинстве - инертные, формируются в поверхностной зоне при участии органики, хотя могут быть и глубинными.

6. Карбонаты (25-30)

Соли угольной кислоты; слагают до 1,8% массы земной коры. Известно около 80 минералов, но максимально распространены карбонаты Ca и Mg. Отличаются небольшой твердостью, неметаллическим блеском, светлой окраской. Удельный вес определяется химическим составом. Все карбонаты достаточно легко вскипают в соляной кислоте, выделяя CO_2 . Это их главный диагностический признак. В большинстве гипергенные, биогенные. Гидротермальные карбонаты приурочены к жилам, зонам контактового метасоматоза, могут выполнять миндалины в эффузивах, выделяться из минеральных источников. Накапливаются в современных морях и океанах, контролируя углекислотную систему этих водоемов. Имеют большое практическое значение как руды и строительный материал.

7. Окислы (31-69)

Около 200 минералов из класса окислов слагают примерно 17% земной коры. Наиболее распространенным окислом является кварц (13%). Достаточно широко распространены и окислы железа (более 3%). Это главнейшая породообразующая группа минералов. Часто встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, но могут быть и скрытокристаллическими и аморфными. Подвержены изоморфизму. Минералов с металлическим блеском среди окислов почти нет. Структуры разные, отражаются в разнообразии свойств. Твердость обычно более 5,5. Образуются при эндогенных и экзогенных процессах. Наиболее твердые и устойчивые накапливаются в россыпях. Многие окислы являются важнейшими рудами железа, хрома, марганца, алюминия, титана, олова, тантала, урана, редких земель.

8. Силикаты (69-116)

Наиболее многочисленная (около 800) группа породообразующих минералов, слагающая до 80% массы земной коры. Силикаты имеют сложный химический состав. Главные их компоненты - Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, реже - Mn, Ti, B и др.

Основной структурный элемент силикатов - кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Тип структуры определяется характером сочетания тетраэдров. Выделяют силикаты с островными, цепочечными, листовыми и каркасовыми структурами.

Островные силикаты (48-50) сложены одиночными радикалами ортокремниевой кислоты $\text{H}_4[\text{SiO}_4]$, обособленными парами тетраэдров, имеющими один общий кислород, обособленными кальциевыми группировками из трех $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, четырех $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ и шести $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ кольцевых группировок.

Цепочечные силикаты (51) - структура представляет собой обособленные цепочки, в которых у каждого тетраэдра по два общих кислорода. Радикал такой структуры - $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{4-}$ или $[\text{SiO}_3]^{2-}$.

Поясные силикаты (52) имеют структуру сдвоенных цепочек. Радикал - $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$.

Листовые силикаты (53-58) - кремнекислородные тетраэдры образуют листы. Радикал - $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$.

Каркасовые силикаты (59-60) - сложная структура, в которой кислороды всех тетраэдров являются общими. В чистой структуре такого типа нет свободных валентностей. Но кремний в центрах тетраэдров может частично замещаться алюминием, что высвобождает одну валентность. Силикаты наглядно демонстрируют связи между строением и физическими свойствами. По генезису силикаты в большинстве своем связаны с эндогенными процессами, но выветривание силикатов приводит к возникновению других.

III. КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛИТЕЛЮ МИНЕРАЛОВ

Металлический и металловидный блеск

1. *Мягкие минералы.* (Твердость до 2,5. Царапаются ногтем): графит (2), галенит (9), молибденит (11), лимонит (64).
2. *Минералы средней твердости.* (Твердость 2,5 - 5,0. Не царапаются ногтем и не царапают стекло):
 - а) черта белая или отсутствует: сфалерит (5);
 - б) черта желтая, бурая, красная, коричневая: золото (4), лимонит (64);
 - в) черта от серой до черной: платина (5), халькопирит (8), галенит (9).
3. *Твердые минералы.* (Твердость выше 5,0. Царапают стекло):
 - а) черта желтая, красная, бурая, коричневая: гематит (61-62), лимонит (64), касситерит (66), пиролюзит (67), хромит (68);
 - б) черта от серой до черной: пирит (6), марказит (7), магнетит (63).

Неметаллический блеск

1. *Мягкие минералы.* (Твердость до 2,5. Царапаются ногтем):
 - а) черта белая или отсутствует: сера (3), гипс (2), мирабилит (15), галит (17), сильвин (18), нашатырь (19), апатит (22), боксит (60), тальк (91), слюда (93-99), мусковит (94), биотит (98), асбест (106), каолинит (107);
 - б) черта желтая, бурая, красная, коричневая: киноварь (12), боксит (60), гематит (61-62), лимонит (64);
 - в) черта зеленоватая, зеленая: биотит (98), глауконит (101), хлорит (102);
 - г) черта от серой до черной: графит (2), фосфорит (23), пиролюзит (67).
2. *Минералы средней твердости.* (Твердость 2,5-5,0. Не царапается ногтем и царапают стекло):
 - а) черта белая или отсутствует: сфалерит (5), ангидрит (14), барит (16), галит (17), криолит (21), апатит (22), кальцит (25), арагонит (26), сидерит (29), боксит (60), мусковит (94), биотит (98), серпентин (103-106);
 - б) черта желтая, бурая, красная, коричневая: сфалерит (5), киноварь (12), фосфорит (23), сидерит (29), родохрозит (30), боксит (60), гематит (61-62), лимонит (64);
 - в) черта зеленоватая, зеленая: биотит (98), серпентин (103-106);
 - г) черта голубая, фиолетовая: флюорит (20);
 - д) черта от серой до черной: фосфорит (23), ильменит (65).
3. *Твердые минералы.* (Твердость 5,0- 7,0. Царапают стекло, но не царапают кварц):
 - а) черта белая или отсутствует: бирюза (24), кварц 23-38), халцедон (39-45), опал (51), диаспор (58), оливин (69-71), гранат (72-98), роговая обманка (83-90), полевые шпаты (108-116), альбит (109), лабрадор (110), анортит (111), ортоклаз (113);

б) черта желтая, красная, коричневая: гепатит (61-62), лимонит (64), касситерит (66), роговая обманка (83-90);

в) черта зеленоватая, зеленая: пироксены (80), авгит (81), роговая обманка (83-90);

г) черта от серой до черной: магнетит (63), ильменит (65), авгит (81), роговая обманка (83-90).

4. *Очень твердые минералы.* (Твердость выше 7,0. Царапают кварц): алмаз (1), корунд (54-57), рубин (55), сапфир (56), наждак (57), гранат (72-78), топаз (79).

IV. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

№ п/п	Минерал, формула Разновидности (Р.)	Сингония (С.) Фор- мы нахождения в природе (Ф.)	Твер- дость, <u>балл</u> плот- ность, г/см ³	Спайность (Сп.) Излом (Изл.)	Цвет (Ц.) Черта (Ч.) Блеск (Б.)	Дополнитель- ные свойства	Генезис (Г.) Спутники (Спут.) Применение (Пр.) Прочие сведения
1	2	3	4	5	6	7	8
I. САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ							
1	1. Алмаз - С Р.: - <i>бриллиант</i> - прозрачный, <i>карбонадо</i> - чер- ный, <i>борт</i> - непрозрач- ный, низкого каче- ства; <i>баллас</i> - шарооб- разный борт	С. - кубическая Ф.- хорошо ограни- ченные кристаллы (октаэдры и ромбо- додекаэдры). Са- мый большой алмаз “Кюлленан” весил 3025 карат	<u>10</u> 3,52	Сп. - нет Изл. - не- ровный	Ц. - бесцветный, желтоватый, сине- ватый, реже - зе- леный, красный, черный Ч. - нет Б. - алмазный, сильный	Диэлектрик, пропускает ультрафиоле- товые (УФ) и инфракрасные (ИК) лучи, в УФ и катодных лучах светится голубым и жел- тым светом. Резко выступа- ет из воды	Г. - магматический в трубках взрыва. Метаморфический (космический) в астроблемах Концентрируется в россыпях Пр. - драгоценность 1 класса, абразивный материал
2	2. Графит - С	С. - гексагональная Ф. - таблички, плотные землистые и чешуйчатые мас- сы	<u>1,0</u> 2,2	Сп. - весьма совершен- ная Изл. - не- ровный	Ц. - железо- черный до сталь- но-серого Ч. - черная Б. - металловид- ный до жирного	Пишет на бума- ге, пачкает ру- ки, проводник электричества	Г. - магматический и мета- морфический Пр. - в металлургии, для изго- товления электродов, сухих элементов, красок, каранда- шей, смазочных веществ
3	3. Сера - S	С. - ромбическая, может быть гекса- гональная и аморф- ная	<u>1,5 - 2,5</u> 2,1	Сп. - раз- личная Изл. - не- ровный	Ц. - желтый, ко- ричневый, зеле- ный, серый Ч. - белая	Хрупкая. Заго- рается от спич- ки, пламя голу- бое, удушливый	Г. - образуется при разложе- нии гипса, выделяется из вул- канов и горячих источников

1	2	3	4	5	6	7	8
		Ф. - порошковатые и землистые массы, налеты, корочки			Б. - жирный	запах сернистого газа. Плохой проводник электричества. Электризуется при трении. Растворяется в сероуглероде	Спут. - гипс, целестин, арагонит, кальцит, битумы, нашатырь и другие Пр. - электрохимия, медицина, электротехника, военное дело, сельское хозяйство, резиновая промышленность, спичечное производство и др.
4	4. Золото - Au Р.: <i>электрум</i> - до 30% и более серебра; <i>медистое золото</i> - до 20% меди; <i>висмутистое золото</i> - до 3% висмута; <i>мальдонит</i> - до 35% висмута	С. - кубическая Ф. - кристаллы редки, чаще - листочки, чешуйки, древовидные формы. Встречаются крупные самородки (до 70, 100, 250 кг)	<u>2,5 - 3</u> 15 - 19	Сп. - совершенная Изл. - неровный, ступенчатый	Ц. - золотистый, более светлый при присутствии серебра Ч. - зеленовато-коричневая Б. - металлический	Ковкое. Не растворяется в HCl и HNO ₃ . Растворяется в нагретой царской водке	Г. - магматический (в кислых жильных породах) и экзогенный (в россыпях), диагенетический и результате разрушения Спут. - пирит, арсенопирит, киноварь, барит, магнетит, платина, алмаз и др. Пр. - украшения I класса, валюта, медицина, архитектура, приборостроение, электронная микроскопия и пр.
5	5. Платина -Pt Р.: <i>ферроплатина</i> ; <i>иридийная</i> , <i>палладийная</i> , <i>родонийная</i> , <i>медистая платина</i>	С. - кубическая Ф. - кристаллы редки. Чаще аморфна. Самородки до 8 кг	<u>4 - 4,5</u> 14 - 19	Сп. - отсутствует Изл. - неровный	Ц. - стально-белый Ч. - серая Б. - металлический	Ковкая. Растворяется только в нагретой царской водке	Г. - магматический, в основных и ультраосновных породах. Россыпная Спут. - серпентин, оливин, хромит, магнетит, халькопирит и др. Пр. - в ювелирном деле, медицине, электротехнике, гальванопластике, электронной микроскопии, для изготовления кислото- и

1	2	3	4	5	6	7	8
							огнеупорной лабораторной посуды

II. СУЛЬФИДЫ

6	1. Пирит - FeS ₂ (серный колчедан)	С. - кубическая Ф. - зернистые массы, кристаллы в форме куба	<u>6 - 6,5</u> 4,9 - 5,2	Сп. - отсутствует Изл. - неровный, реже ступенчатый	Ц. - соломенно-желтый Ч. - черная Б. - металлический, яркий	Штриховка на гранях куба. Слабо проводит электричество	Г. - гидротермальный (жильный, контактовый); гипергенный; часто встречается в глинах и угольных пластах Спут. - сернистые соединения Cu, Pb, Zn, золото, марказит, сидерит, лимонит, гетит и др. Пр. - сырье для получения серной кислоты
7	2. Марказит - FeS ₂ (лучистый колчедан)	С. - ромбическая Ф. - желваки, корочки, копьевидные сростки, лучисто-шестоватые агрегаты, плотные массы	<u>6</u> 4,9	Сп. - отсутствует Изл. - неровный	Ц. - бронзово-желтый Ч. - серовато-желтая Б. - металлический серебряно-золотой	Слабая электропроводность	Г. - гидротермальный и гипергенный Спут. - пирит, кварц; реже - галенит, сфалерит, медные руды и др. Пр. - сырье для получения серной кислоты
8	3. Халькопирит CuFeS ₂ (медный колчедан)	С. - тетрагональная Ф. - Тетраэдрические кристаллы, двойники, сплошные массы и вкрапленники	<u>3,5 - 4</u> 4,2	Сп. отсутствует Изл. - неровный	Ц. - ярко-желтый, золотистый Ч. - зеленовато-черная Б. - сильный, металлический	Пестрая побелость типа павлиньего хвоста (пера). Плохой проводник электричества	Г. - преимущественно гидротермальный, жильный и контактовый Спут. - пирит, касситерит, кварц, барит, кальцит, сернистые соединения Cu, Zn, Pb, Ag, Ni, Co и другие Пр. - важнейшая медная руда

1	2	3	4	5	6	7	8
9	4. Галенит - PbS (свинцовый блеск)	С. - кубическая Ф. - кристаллы, кристаллические массы	$\frac{2-3}{7,4-7,6}$	Сп. - весьма совершен- ная Изл. - не- ровный	Ц. - свинцово- серый Ч. - голубовато- серая Б. - металличе- ский	Слабо прово- дит электриче- ство. Часто со- держит примесь серебра	Г. - магматический и мета- морфический Спут. - сфалерит, халькопи- рит, кварц, кальцит, барит, флюорит и др. Пр. - главная свинцовая руда
10	5. Сфалерит - ZnS (цинковая обман- ка) Р.: <i>клейофан</i> - светлый; <i>марматит</i> - тем- ный (> 10% Fe); <i>умучионит</i> - окра- шенный реальга- ром в малиновый или розово- красный цвет, поч- ковидный и др.	С. - кубическая Ф. - кристаллы, сплошные крупно- и мелкозернистые массы	$\frac{3,5-4}{3,9-4,2}$	Сп. - весьма совершен- ная Изл. - разный	Ц. - от бесцветно- го до темно-бурого и почти черного Ч. - белая, светло- желтая до темно- бурой Б. - алмазный до полуметалличе- ского	Отдельные разновидности обладают три- боломинесцен- цией. Диэлек- трик. Разлагает- ся в HCl с обра- зованием H_2S	Г. - гидротермальный, реже пневматолитовый. Может быть типергенным (в зонах цементации) Спут. - галенит и др. суль- фидные минералы, кварц, ба- рит, флюорит; реже - карбо- наты и др. Пр. - главная цинковая руда
11	6. Молибденит - MoS_2 (молибде- новый блеск)	С. - гексагональная Ф. - листоватые кристаллы. Часто радиально-лучис- тые агрегаты и ото- рочки кварцевых жил	$\frac{1}{4,7}$	Сп. - весьма совершен- ная Изл. - не- ровный	Ц. - стально- серый Ч. - голубоватая, пишет на бумаге Б. - сильный ме- таллический	От графита отличается цве- том, чертой, блеском, упру- гость. листоч- ков	Г. - пневматолитовый и гид- ротермальный Может быть магматической Спут. - касситерит, пирит, золото и др. Пр. - важнейшая молибдено- вая руда
12	7. Киноварь - HgS Р.: <i>печенковая</i> <i>руда</i> - темная смесь киновари	С. - тригональная Ф. - ромбоэдры, двойники, пророс- тания.	$\frac{2-2,5}{8-8,2}$	Сп. - со- вершенная Изл. -	Ц. - красный (ко- шенильно), реже - свинцово-серый, до черного	В 15 раз быст- рее кварца вра- щает плоскость	Г. - гидротермальный (эпи- гидротермальный - осаждает- ся при нейтрализации щелоч- ных ртутных рас-
1	2	3	4	5	6	7	8

	глины и битумов	Обычно сплошные зернистые массы		неровный	Ч. - красная Б. - алмазный	поляризации. Диэлектрик. При нагревании в закрытой паяльной трубке с железными опилками дает капельно-жидкую ртуть	творов вблизи поверхности). Может быть в россыпях Спут. - самородная ртуть, пирит, марказит, реальгар, антимонит, кварц, флюорит, барит, халцедон, опал, Пр. - важнейшая ртутная руда и природная краска
III. СУЛЬФАТЫ							
13	1. Гипс - $CaSO_4 \cdot H_2O$ (легкий шпат) Р.: - <i>алебастр</i> - мелкозернистый белый гипс; <i>селенит</i> - волокнистый розовый гипс	С. - моноклинная, ромбическая Ф. - одиночные кристаллы, двойники гальские и парижские) типа ласточкина хвоста, зернистые массы	<u>2</u> 2,3	Сп. - соврешенная Изл. - неровный, занозистый	Ц. - белый, розовый, серый, бесцветный Ч. - белая Б. - стеклянный	Растворяется в воде в соотношении 1:400. При нагревании до 63 °С теряет воду и переходит в ангидрит	Г. - морской химический осадок, выпадает из растворов при 63 °С, продукт гидратации ангидрита и окисления серы и сернистых минералов Спут. - ангидрит, галит, кизерит Пр. - в архитектуре, как поделочный камень, удобрение, при фальсификации продуктов
14	2. Ангидрит - $CaSO_4$	С- ромбическая Ф. - таблитчатые и призматические кристаллы с грубой штриховкой на гранях. Сплошные мраморовидные массы	<u>3 - 3,5</u> 2,9 - 2,98	Сп. - совершенная Изл. - неровный	Ц. - серый, голубой, голубовато-серый, фиолетовый Ч. - белая Б. - матовый, сахаровидный, на плоскостях спайности – перла-	Поглощая воду, медленно переходит в гипс. В восстановительном пламени на угле дает CaS, который в капле воды на	Г. - химический, морской осадок; выпадает из растворов при температуре выше 63 °С. Может встречаться в зонах вулканизма как результат выпадения из горячих растворов Спут. - гипс, галит, кизерит, борацит Пр. - поделочный камень;
1	2	3	4	5	6	7	8
					мутровый	серебряной мо-	для производства серной ки-

						нете вызывает появление тем- ного пятна	слоты
15	3. Мирабилит - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (глауберова соль)	С. - моноклинная Ф. - выцветы, ко- рочки, сплошные массы	<u>1,5 - 2</u> 1,48	Сп. - со- вершенная Изл. - не- ровный	Ц. - белый, бес- цветный Ч. - белая Б. - стеклянный, матовый	Горько- солёный вкус. На воздухе те- ряет воду и рас- сыпается. Легко растворим в кислотах	Г. - химический, озерный и почвенный осадок Спут. - галит, тенардит Пр. - для изготовления соды и в стекольном производстве
16	4. Барит - BaSO_4 (тяжелый шпат)	С. - ромбическая Ф. - таблитчатые и призматические кристаллы, сплош- ные зернистые и листоватые массы	<u>2,5 - 3</u> 4,3 - 4,6	Сп. - со- вершенная по двум направле- ниям Изл. - не- ровный	Ц. - белый, розо- вый, бурый, крас- ный, реже - бес- цветный Ч. - белая Б. - матовый	В HCl не рас- творяется. В пламени паяль- ной трубки рас- трескивается, края закругля- ются	Г. - гидротермальный, руд- ных и чисто баритовых жил. Гипергенный, зоны железных шляп Спут. - флюорит, медные, свинцовые, цинковые, сереб- ряные минералы, гипс, каль- цит, халцедон, кварц, цеолиты и др. Пр. - в лакокрасочной, рези- новой, бумажной, фармаколо- гической промышленности

IV. ГАЛОИДЫ. ХЛОРИДЫ

17	1. Галит - HCl (каменная соль)	С. - кубическая Ф. - сплошные зер- нистые массы, пал- сты, кристаллы, корки, друзы	<u>2,0</u> 2,0	Сп. - со- вершенная Изл. - не- ровный, ступенча- тый	Ц. - белый, серый, розовый, красный Ч. - белая Б. - стеклянный, жирный	Соленый на вкус. Легко рас- творяется в во- де. Фигуры удара на гранях куба прямые	Г. - лагунно-морской, озер- ный, химический осадок. Может быть продуктом воз- гонки вулканов Спут. - сильвин, ангидрит, карналит, полигалит Пр. - для химической и пи- щевой промышленности
----	---	--	-------------------	---	--	---	--

1	2	3	4	5	6	7	8
18	2. Сильвин -KCl	С. - кубическая Ф. - сплошные зернистые массы, пласты, кристаллы, друзы	<u>2,0</u> 2,0	Сп. - совершенная Изл. - неровный, ступенчатый	Ц. - белый, красный, розовый, серый Ч. - белая Б. - стеклянный, жирный	Горько-соленый на вкус. Фигуры удара на гранях куба косые	Г. - лагунно-морской и озерный, химический осадок. Может быть продуктом возгонки вулканов Спут. - галит, ангидрит, полигалит, карналит Пр. - источник калия
19	3. Нашатырь - NH₄Cl	С. - кубическая Ф. - налеты и корочки	<u>1,5 - 2</u> 1,53	Сп. - совершенная Изл. - неровный	Ц. - белый, желтоватый Ч. - белая Б. - матовый	Соленый жгучий вкус. При нагревании, не плавясь - улетучивается. При нагревании в закрытой трубке с содой дает сильный запах аммиака. Легко растворим в воде	Г. - возгоны в районах вулканизма и подземных пожаров, в зонах пластов каменного угля. Продукт гниения органики Спут. - сера, квасцы, селитра Пр. - в химической, кожевенной, лакокрасочной промышленности, при паянии и лужении

V. ФТОРИДЫ

20	1. Флюорит - CaF₂ (плавиковый шпат) Р.: <i>оптический флюорит</i> - бесцветный; <i>ратовкит</i> - темно-фиолетовый; <i>радиофлюорит</i> - с	С. - кубическая Ф. - кристаллы, зернистые и плотные массы, столбчатые натёки	4,0 3,1 - 3,2	Сп. - совершенная по октаэдру Изл. - неровный	Ц. - фиолетовый, зеленый, бесцветный Ч. - голубая, зеленая Б. - стеклянный	Может обладать термолюминесценцией. Не проводит электричества, пропускает ИК и УФ лучи и др. В пламени плавится, окраши-	Г. - гидротермальный, реже - пневматолитовый, встречается в грейзенах и пегматитах. Ратовкит может быть гипергенным Спут. - кварц, барит, кальцит, галенит, сфалерит Пр. - для приготовления фтористых препаратов
----	--	---	------------------	--	--	--	---

1	примесью радия					вая	
2	3	4	5	6	7	8	
21	2. Криолит - $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$	С. - моноклинная Ф. - сплошные зернистые массы	<u>2,5</u> 3,0	Сп. - совершенная Изл. - неровный	Ц. - белый Ч. - белая Б. - матовый	пламя в красный цвет. При нагревании порошка CaF_2 в пробирке с H_2SO_4 выделяет HF В паяльной трубке легко плавится, образуя белую эмаль. В небольших кусочках плавится в пламени свечи. При нагревании с H_2SO_4 выделяет HF	Г. - гидротермальный, минерал высоких температур. Встречается в пегматитовых жилах. Редок Спут. - кварц, сидерит, сфалерит, пирит и многие другие Пр. - плавень в производстве алюминия

VI. ФОСФАТЫ

22	1. Апатит - $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})[\text{PO}_4]_3$	С. - гексагональная Ф. - гексагональные призматические кристаллы, вкрапленники, иногда крупные, зернистые агрегаты	<u>2,0 - 5,0</u> 3,2	Сп. - совершенная Изл. - неровный	Ц. - голубой, зеленый, фиолетовый, реже - бесцветный Ч. - белая Б. - стеклянный, жирный	С порошком магния дает реакцию на фосфор	Г. - магматический, встречается в изверженных магматических породах, в зоне контактов жил Спут. - полевой шпат, магнетит, кальцит, слюды, хлорит и др. Пр. - основа фосфорных удобрений
23	2. Фосфорит -	С. - аморфный	<u>2,0 - 5,0</u>	Сп. - со-	Ц. - желтый, се-	При трении	Г. - осадочный биохимиче-

1	2	3	4	5	6	7	8
	$\text{Ca}_5(\text{F,Cl})[\text{PO}_4]_3$ (с примесями)	Ф. - конкреции, псевдоморфозы,	3,2	верешен- ная	рый, бурый до черного	двух кусков друг о друга	ский Спут. - полевой шпат,
		землистые и натеч- ные массы		Изл. - не- ровный, зернистый	Ч. - серая Б. - матовый, зем- листый, полужир- ный	издает специ- фический запах	карбонатные, кремнистые и глинистые минералы Пр. - основа фосфорных удобрений
24	3. Бирюза (слож- ное соединение с фосфором) - $\text{CuAl}_6(\text{OH})_8[\text{PO}_4] \cdot$ $4\text{H}_2\text{O}$	С. - триклинная Ф. - кристаллы редки. Плотные скрытокристалли- ческие образования	<u>5,0 - 6,0</u> 2,6 - 2,83	Сп. - не- совершен- ная Изл. - ра- ковистый	Ц. - голубой, го- лубовато-зелено- го Ч. - матовая Б. - белый	В паяльной трубке не пла- вится. Окраши- вает пламя в зеленый, а с HCl - в синий цвета. Раство- ряется в HCl	Г. - магматический, встреча- ется в тонких прожилках кварца Спут. - квару, лимонит, фос- фаты Пр. - полудрагоценный ка- мень

VII. КАРБОНАТЫ

25	1. Кальцит - CaCO_3 (известко- вый шпат) Р.: <i>исландский</i> <i>шпат</i> - прозрач- ный, часта при- месь Mg	С. - тригональная, ромбоэдры, реже скаленоэдры Ф. - натечные, сплошные зерни- стые и землистые массы	<u>3,0</u> 2,71	Сп. - со- вершенная Изл. - не- ровный, может быть сту- пенчатый	Ц. - белый, серый, иногда - бесцвет- ный, прозрачный Ч. - белая Б. - стеклянный	Высокое двой- ное лучепре- ломление (в пластинках, отколотых по спайности, изо- бражение дво- ится). Хорошо растворяется в HCl (вскипает)	Г. - биогенный, гипергенный, гидротермальный, метамор- фический Спут. - доломит, арагонит, сульфиды Пр. - строительный и поде- лочный камень, флюс в ме- таллургии, николи в поляри- зационном микроскопе
26	2. Арагонит - CaCO_3 Р.: <i>гороховый ка-</i> <i>мень;</i> <i>железные цветы</i>	С. - ромбическая Ф. - скаленоэдры, плотные зернистые массы, оолитовые и игольчатые скопле-	<u>3,5 - 4</u> 2,94	Сп. - весьма совершен- ная Изл. - не-	Ц. - белый, розо- вый, голубоватый, серый Ч. - белая Б. - стеклянный	Часто слагает скелетные час- ти организмов. Преобразуется в кальцит. Бур-	Г. - гипергенный, биогенный, гидротермальный Спут. - кальцит, жильные минералы Пр. - поделочный камень и

1	2	3	4	5	6	7	8
	Часта примесь Sr, а также Pb, Zn, Cu	ния		ровный		но вскипает с HCl. Визуально часто	строительный материал
27	3. Магнезит - $MgCO_3$ Р.: <i>брейнерит</i> с 30%-й примесью $FeCO_3$	С. - тригональная Ф. - кристаллические и землистые агрегаты, реже - ромбоэдрические кристаллы, натеки	<u>3,5 - 4,5</u> 3,1	Сп. - неясная, может быть совершенная	Ц. - белый, серый, желтый, бледный Ч. - белая Б. - стеклянный, шелковистый, матовый	В порошке похож на мел и каолин, вскипает в горячей HCl	Г. - метаморфический, гипергенный, гидротермальный Спут. - опал, серпентин, тальк и др. Пр. - огнеупорный и строительный материал
28	4. Доломит - $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ (горький шпат) Р.: <i>жемчужный шпат</i> - друзы мелких кристаллов	С. - тригональная Ф. - ромбоэдрические кристаллы, щетки, мраморовидные формы	<u>3,5 - 4,0</u> 2,8 - 2,9	Сп. - неясная Изл. - неровный	Ц. - белый, бурый, желтый, серый Ч. - белая Б. - стеклянный, перламутровый	В порошке вскипает с HCl	Г. - диагенетический, метаморфический Спут. - сидерит, родохрозит, тальк, брусит Пр. - строительный материал, флюс в металлургии
29	5. Сидерит - $FeCO_3$ (железный шпат) Р.: <i>сферосидериты</i> , плотные, с примесью глины, шаровидной формы	С. - тригональная Ф. - ромбоэдрические кристаллы, щетки, шаровидные массы	<u>3,4 - 4,5</u> 2,7 - 3,9	Сп. - неясная, может быть совершенная	Ц. - серый, зеленовато-желтый, бурый Ч. - белая, может быть желтоватая Б. - стеклянный, часто перламутровый	Сильно вскипает в горячей HCl. Капля HCl на сидерите желтеет от образования хлорного железа	Г. - гидротермальный и диагенетический Спут. - пирит, галенит, серебряные руды, лимонит (как продукт окисления сидерита) Пр. - железная руда
30	6. Родохрозит $MnCO_3$ (марганцевый шпат)	С. - тригональная Ф. - кристаллы редки. Обычно встречаются почковидные и шаровидные агрегаты и зер-	<u>3,5 - 4,0</u> 3,45 - 3,6	Сп. - неясная Изл. - неровный	Ц. - розовый Ч. - розовая Б. - матовый	Слабо растворяется в HCl	Г. - гидротермальный (в рудных жилах), контактовый Спут. - минералы серебра, свинца, меди Пр. - марганцевая руда

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

VIII. ПРОСТЫЕ ОКИСЛЫ. ОКИСЛЫ

31	1. Вода - H_2O Р.: <i>тяжелая вода</i> D_2O	Жидкая, Мировой океан, в том числе океаны, моря, озера, реки, подземные воды	- 1,0 - 1,01		Бесцветная	Высокая теплоемкость, растворяющая способность. При замерзании 1 г воды выделяется 80 кал	Г. - изначальный - дессипация магмы. Ювенильная, инфльтрационная, конституционная, гигроскопическая, пленочная Минерал жизни, который вывел Землю из космической фазы. Кладовая многих химических элементов, часть из которых добывают
32	2. Лед - H_2O Р.: <i>снег; град; иней; изморозь</i> и др.	С. - гексагональная Ф. - кристаллы в виде призм, зернистые, плотные массы, натеки, снежинки и пр.	<u>1,0 - 1,5</u> 0,9181	Сп. - нет Изл. - раковистый	Бесцветный Ч. - нет Б. - стеклянный	Пластичен при повышенном давлении	Г. - фирновый, ледниковый, речной, морской Пр. - кладовая пресных вод

ГРУППА КРЕМНЕЗЕМА

33	1. <i>Кварц</i> - SiO_2	С. - тригональная Ф. - удлиненные гексагональные кристаллы. Могут быть дипиррамидальные. Двойники	<u>7,0</u> 2,65-2,66	Сп. - нет Изл. неровный	Ц. - различный: молочно-белый бесцветный фиолетовый черный дымчатый Б. - стеклянный, жирный	Пропускает УФ лучи, вращает плоскость поляризации, обладает пьезоэлектричеством	Г. - магматический жильный, метаморфический. Присутствует в осадочных породах Спут. - полевые шпаты, слюда, карбонаты, сульфиды Пр. - оптика, радиотехника, производство стекла, абразивов, строительных материалов, ювелирный камень
34	Р.: <i>обыкновенный; горный хрусталь;</i>						
35	<i>аметист;</i>						
36	<i>морион;</i>						
37	<i>раухтопаз</i>						
38							

1	2	3	4	5	6	7	8
39	2. Халцедон - SiO_2 Р.: плазма	Ф. - скрытокристаллический. Натёки, почки, корки, псевдоморфозы	$\frac{6,5}{2,6}$	Сп. - нет Изл. - неровный, раковистый	Ц. - разный зеленый яблочно-зелен. зеленый с алыми пятнами белый, с прожилками хромита, синий, серый	Просвечивается в тонких краях. Полосатые разновидности с примесью глины - яшмы	Производство стекла, абразивов, строительных материалов Г. - метаморфический, гипергенный Пр. - кислото- и огнеупорный материал, применяется в технике точных приборов, ювелирном производстве
40	<i>Хризопраз</i>						
41	<i>Гелиотроп</i>						
42	<i>Кахалонг</i>						
43	<i>Моховик</i>						
44	<i>Сапфирин</i>						
45	<i>Роговик</i>	Скрытокристаллический	$\frac{5,5 - 6,5}{2,2 - 2,3}$				
46							
47	3. Яшмы				Полосатые: синий, желтый, голубой с концентрическим рисунком; полосатый (часть агата); красный с концентрическим рисунком		
48	Р.: Агат						
49	<i>Оникс</i>						
50	<i>Сердолик</i>						
51	4. Опал - $SiO_2 \cdot n H_2O$	Ф. - аморфен, vyplняет пустоты, трещины, образует псевдоморфозы	$\frac{5,5 - 6,5}{2,2 - 2,3}$	Сп. - нет Изл. - раковистый	Ц. - белый, желтый (полуопал), серый Ч. - слабая, белая Б. - жирный	При прокаливании теряет воду. Характеризуется внутренним цветом отражением	Г. - магматический, гипергенный, цемент многих осадочных пород, слагает гейзерит, диатомит, опоку, трепел Пр. - огнеупорный материал. Художественный и драгоценный камень
52	Р.: гяалит - прозрачный опал						
53	5. Кремнь - SiO_2	Аморфен	$\frac{7,0}{2,6}$	Сп. - нет Изл. - ра-	Ц. - белый, разный	Непрозрачен, при ударе о	Г. - диагенетический Пр. - абразив, зажигалки.

				ковистый	Б. - матовый, мутный	сталь искрит, издает специ-	Раньше - кремниевые ружья
1	2	3	4	5	6	7	8
						фический запах	

ОКИСЛЫ И ГИДРООКИСЛЫ АЛЮМИНИЯ

54	1. Корунд - С	С. - тригональная Ф. - бочковидные кристаллы, могут быть сплошные	<u>9,0</u> 4,0	Сп. - отсутствует Изл. - раковистый	Б. - стеклянный Ц. - разный: красный, синий, серый	Параллельная штриховка в трех направлениях по отдельности	Г. - метаморфический, из зоны контакта интрузий с известняками, зоны зеленокаменных пород (в сланцах и змеевиках), бокситов Спут. - диаспор, слюда, пирит, рутил и др. Пр. - абразивный материал, драгоценный камень
55	Р.: рубин	быть сплошные					
56	сапфир	мелкозернистые					
57	наждак (смесь с магнитом и гематитом)	массы (наждак)					
58	2. Диаспор - $Al_2O_3 \cdot H_2O$ Р.: мanganодиаспор - до 4% Mn_2O_3 и до 2% Fe_2O_3 - розовый	С. - ромбическая ф. - пластинчатые удлиненные кристаллы, листоватые и скрытокристаллические сплошные массы	<u>6,5 - 7,0</u> 3,3 - 3,5 Хрупок	Сп. средняя Изл. - неровный	Ц. - бурый, фиолетовый, розовый Ч. - бурая Б. - перламутровый на плоскостях спайности	Не плавится в паяльной трубке. В кислотах не растворяется	Г. - контактово-метаморфический и экзогенный Спут. - корунд, наждак, гидраргиллит и др. Пр. - компонент алюминиевых руд
59	3. Гидраргиллит - $Al_2O_3 \cdot 3 H_2O$	С. - моноклинная Ф. - мелкие таблички, оолитовые массы, натёки, корки, пелитоморфные	<u>2,5 - 3,5</u> 2,3 - 2,4	Сп. - весьма совершенная Изл. - не-	Ц. - белый, зеленоватый, красновато-белый Ч. - разная	В HCl и H_2SO_4 растворяется при нагревании. Хрупок	Г. - гипергенный минерал кор выветривания алюмосиликатных пород. Встречается в пегматитовых жилах Спут. - нифелин, каолинит,

1	2	3	4	5	6	7	8
		массы		ровный			алунит Пр. - компонент алюминиевых руд
60	4. Боксит (горная порода диаспора и гидраргиллита с примесью каолинита, кремнезема, окислов Fe и др)	Может иметь каменистый, глиноподобный и оолитовый облик	$\frac{-}{2,5}$		Ц. - белый, розовый, до красного Ч. - разная	Малогигроскопичен, тощий на ощупь (в отличие от глины)	Г. - переотложенная кора выветривания латеритного типа Пр. - важная алюминиевая руда

ЖЕЛЕЗНЫЕ ОКИСЛЫ И ГИДРООКИСЛЫ

61	1. Гематит - Fe_2O_3 (железный блеск)	С. - тригональная Ф. - кристаллы ромбоэдрические, таблитчатые, чешуйчатые, сплошные кристаллические массы	$\frac{5,5 - 6,5}{4,9 - 5,3}$	Сп. - нет. Изл. - неровный, раковинистый	Ц. - черный. Ч. - вишнево-красная Б. - металлоидный	Немагнитен или слабо магнитен	Г. - метаморфический, магматический, диагенетический Спут. - кварц, карбонаты, магнетит, лимонит и др. Пр. - важная железная руда
62	Р.: <i>красный железняк</i> (мартит) - скрытокристаллический гематит						
63	2. Магнетит - Fe_2O_4 (магнитный железняк)	С. - кубическая Ф. - октаэдрические кристаллы, сплошные зернистые массы, натеки	$\frac{5,5 - 6,5}{4,9 - 5,2}$	Сп. - нет Изл. - землистый	Ц. - железно-черный Ч. - черная Б. - металлический, тусклый	Сильно магнитен	Г. - магматический и метаморфический Спут. - гематит, апатит, хромит, пирит, серпентин и др. Пр. - важная железная руда
64	3. Лимонит - $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (магнитный железняк)	Аморфен Ф. - сплошные массы, натеки, псевдоморфозы	$\frac{4,0 - 5,5}{3,6 - 4,0}$	Сп. - нет Изл. - землистый	Ц. - ржаво-желтый, бурый до черного Ч. - желто-бурая и бурая Б. - тусклый, металлический и по-	Сильно магнитен	Г. - осадочный и метасоматический Пр. - железная руда, желтая минеральная краска

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

ПРОЧИЕ ОКИСЛЫ

65	1.- Ильменит - $FeTiO_3$ (титанистый железняк)	С. - тригональная Ф. - аналогична формам гематита	<u>5,0-6,0</u> 5,0	Сп. - нет Изл. - неровный, раковистый	Ц. - железно-черный Ч. - черная Б. - металлический	Немагнитен или слабо магнитен	Г. - магматический, часто связан с нифелиновыми сиенитами. Встречается в россыпях Спут. - магнетит, рутил, сфен и др.
66	2. - Касситерит - SnO_2 (оловянный камень)	С. - тетрагональная Ф. - кристаллы, сплошные зернистые массы. Двойники	<u>6,0 - 7,0</u> 6,0	Сп. - несовершенная Изл. - неровный	Ц. - бурый до почти черного. Ч. - серая, темно-серая. Б. - металловидный	Обладает плеохроизмом	Г. - магматический, гипергенный. Встречается в россыпях Спут. - многочисленны Пр. - важнейшая оловянная руда
67	3. Пиролюзит - MnO_2	С. - тетрагональная. Ф. - оолитовые и землистые массы, налеты, радиально-лучистые агрегаты и корочки из мелких кристаллов. Псевдоморфозы	<u>5,0 - 6,0</u> 4,76-4,86 Могут быть мягкими	Сп. - нет Изл. - неровный	Ц. - железно-черный Ч. - темная Б. - металлический	Растворяется в HCl с выделением Cl	Г. - гипергенный - продукт выветривания пород и минералов, содержащих марганец Пр. - важнейшая марганцевая руда
68	4. Хромит - $FeCr_2O_4$ (хромистый железняк). Представитель группы хромшпинеллей	Ф. - зернистые массы	<u>5,5</u> 4,5	Сп. - нет Изл. - неровный	Ц. - черный Ч. - светло-бурая Б. - металловидный	Перл буры окрашивает в зеленый цвет	Г. - магматический, метаморфический (образуется при серпентинизации оливиновых пород) Спут. - серпентин, платина, магнетит и др.

							Пр. - основная хромовая руда
1	2	3	4	5	6	7	8

VIII. СИЛИКАТЫ

69	1. Оливин - $(MgFe)_2 [SiO_4]$ (перидот)	С. - ромбическая Ф. - отдельные кристаллы и зерна, зернистые массы	6,5 3,3 - 4,1	Сп. - не- совершен- ная Изл. - не- ровный	Ц. - разный, от бесцветного до желтого, темно-зеленого (оливкового) бурого и черного Ч. - отсутствует Б. - стеклянный, прозрачный, желтовато-зеленый. Темные, прозрачные кристаллы	Прозрачен или просвечивает	Г. - породообразующий минерал основных и ультраосновных магматических пород. Встречается в железистых породах, метеоритах Спут. - хромит, платина, и др.
70 71	Р.: <i>хризолит</i> <i>фаялит</i>	Ф. - кристаллы Ф. - крупные кристаллы					
72	2. Гранаты - $R''_3 R'''_2 [SiO_4]_3$, где: R''_3 - Mg, Ca, Mn, Fe R'''_2 - Al, Fe, Cr (изоморфный ряд)	С. - кубическая Ф. - изометрические многогранные кристаллы, зернистые агрегаты	<u>до 8,0</u> 3,5 - 4,25	Сп. - нет Изл. - не- ровный	Ц. - разный Ч. - отсутствует Б. - алмазный	После прокаливания легко разлагается в HCl с выделением кремнезема (кроме уваровита)	Г. - метаморфический, приурочен к скарнам и сланцам, а также кимберлитам и эклогитам Пр. - драгоценный камень, абразив
73	Р.: <i>пироп -</i> $Mg_3 Al_2 [SiO_4]_3$				Ц. - темнокрасный светло-зеленый		
74	<i>россуляр -</i> $Ca_3 Al_2 [SiO_4]_3$				буровато-зеленый		
75	<i>андрадит -</i> $Ca_3 Fe_2 [SiO_4]_3$ <i>уваровит -</i>				изумрудно-		

76	$Ca_3Cr_2 [SiO_4]_3$				зеленый		
1	2	3	4	5	6	7	8
77	спессартин - $Mn_2Al_3 [SiO_4]_3$				от розового до красного и бурого красновато- коричневый		
78	альмандин - $Fe_2Al_3 [SiO_4]_3$ и другие						
79	3. Топаз - $Al_2(FeOH)_2[SiO_4]_3$	С. - ромбическая Ф. - призматиче- ские кристаллы с хорошей огранкой, зернистые массы, псевдоморфозы по полевоому шпату	<u>8,0</u> 3,4 - 3,6	Сп. - нет Изл. - не- ровный	Ц. - светло- желтый, дымча- тый, зеленоватый, голубой, розовый, красный, реже - бесцветный Ч. - нет Б. - стеклянный	Практически нерасстворим в кислотах	Г. - магматический и мета- морфический. Россыпи Спут. - кварц, ортоклаз, амо- зонит, касситерит и др. Пр. - драгоценный камень

ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

80	Пироксены - $R_2 [Si_2O_6]$, где R - Ca, Mg, Fe, иногда - Mn	С. - ромбическая и моноклинная Ф. - короткие столбчатые кри- сталлы	<u>5,5 - 7,0</u> 3,1 - 3,6	Сп. - средняя под углом около 90°	Ц. - от белого до черного Ч. - слабая, свет- лая, серовато- зеленая Б. - шелковистый	Не плеохрои- руют	Г. - магматический, мета- морфический Спут. - разнообразны Пр. - главнейшие пороодооб- разующие минералы
81	В том числе: 1. Авгит - (Ca, Na) (Mg, Fe, Al, Fe) (Al, Si) O Р.: обыкновенный - темно-зеленый и зеленовато-	С. - моноклинная Ф. - короткостолб- чатые кристаллы, восьмигранные призмы	<u>6,5</u> 3,3 - 3,6	Сп. - под углом 90° (87°). По- перечные сечения - квадраты	Ц. - от темно- зеленого до черно- го Ч. - светлая Б. - шелковистый, на плоскостях		Г. - магматический (в жиль- ных и эффузивных породах). Метаморфический - на кон- такте с известняком Спут. - магнетит, оливин, амфиболы, хлорит, каолинит

	черный; <i>базальтический</i> - с Ti и Mn; в тонких пластинах про-				спайности - пер- ламутровый		и др. Пр. - породообразующий ми- нерал
1	2	3	4	5	6	7	8
	свечивает красно- вато-коричневым цветом						
82	Амфиболы - $R''_7(OH)_2[Si_2 O_{11}]$, где: R - Ca, Mg, Fe В том числе:	С. - ромбическая, моноклинная, от- части - триклинная Ф. - удлиненные призматические (до игольчатых и во- локнистых) кристаллы	<u>5,5 - 6,0</u> 2,9 - 3,8	Сп. - со- вершенная под углом 124°. По- перечные сечения - шести- гранники	Ц. - от бесцветно- го до темно- зеленого, темно- синего и черного Ч. - светлая, зеле- новато-серая, красновато- коричневая Б. - шелковистый, на плоскостях спайности - пер- ламутровый	Обладает пле- охроизмом	Г. - магматический и мета- морфический Спут. - различные Пр. - главнейшие породооб- разующие минералы
83	Роговые обманки:	С. - моноклинная Ф. - гексагональ- ные удлиненные кристаллы	<u>6,0 - 6,5</u> 3,0 - 3,45	Сп. - под углом 124°. По- перечные сечения - шести- гранники	Ц. - темно- зеленый Ч. - зеленовато- бурая Ц. - смоляно- черный	Часто волокни- стого и лучи- стого строения	Г. - магматический и мета- морфический Пр. - главнейший породооб- разующий минерал. Типичен для базальтов, трахитов Продукт изменения пироксе- нов, главным образом - авгита Характерны для щелочных горных пород
84	1. Обыкновенная роговая обманка						
85	2. Базальтиче- ская (с Ti и Mn)						
86	3. Уралит	Волокнистое сло- жение					
87	4. Щелочные ро- говые обманки				Ц. - синие, жел- тые, бурые, чер- ные		
88	Р.: - <i>рибекит</i> ;						
89	<i>крокодилит</i> ;						

90 | *тигровый и соколиный глаз и др.*

ЛИСТОВЫЕ СИЛИКАТЫ

1	2	3	4	5	6	7	8
91	1. Тальк - $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$	С. - моноклинная Ф. - листоватые и	$\frac{1,0}{2,7 - 2,8}$	Сп. - весьма	Ц. - светло- зеленый до бело-	Гибкий в тон- ких листочках,	Г. - метаморфический (про- дукт метаморфизации
92	Р.: <i>стеатит</i> - плотный тальк, горшечный ка- мень, <i>агалит</i> - тонково- локнистый тальк	сплошные кристал- лические массы		совершен- ная Изл. - жирный на ощупь	го Ч. - белая Б. - жирный	не разлагается в кислотах. Ди- электрик	оливина, пироксенов и др.) Спут. - серпентин, доломит, магнетит и др. Пр. - кислото- и огнеупорный материал. Используется в производстве изоляторов, смазок, в парфюмерии, бу- мажном и резиновом произ- водстве
93	Слюды обыкно- венные	С. - моноклинная Ф. - кристаллы - тонкие листочки, таблички, реже бо- чонковидные, вере- теновидные. Сплошные чашуй- чатые массы	$\frac{2,0}{\text{до } 3,2}$	Сп. - весьма совершен- ная Изл. - не- ровный	Ц. - различный Ч. белая Б. - жирный, на плоскостях спай- ности - перламут- ровый	Триболюми- несценция. Фи- гуры удара - шестилучевые звезды. Упругость. Ди- электрик	Г. - метаморфический, маг- матический Спут. - кварц, тальк, каоли- нит, полевые шпаты и др. Пр. - электротехника, тепло- изоляционный материал
94	1. Мусковит - $KAl_2(OH,F)$ $[AlSi_3O_{10}]$				Ц. - светлый, светло- коричневый, дым- чатый, бесцветный		Типичен для пегматитов и сланцев Продукт разрушения поле- вых шпатов
95	Р.: <i>серицит</i>	Мелкокристалли- ческий мусковит					
96	2. Фуксит (с хромом)	Мелкочешуйчатый мусковит			Ц. - изумрудно- зеленый		Типичен для листвинитов

97	3. Флагонит $KMg_2(OH,F)$ $[AlSi_3O_{10}]$	Ф. - Крупные кристаллы			Ц. - бурый разных оттенков	Встречаются кристаллы весом до 1 т	Типичен для мраморов
98	4. Биотит $K(Fe,Mg)_2(OH,F)$ $[AlSi_3O_{10}]$	Ф. - крупные кристаллы			Ц. - черный, разной интенсивности		Пр. - важнейший породообразующий минерал. Типичен для пегматитов и сланцев
1	2	3	4	5	6	7	8
99	5. Лепидолит - $KLi_{1,5}Al_{1,5}(OH,F)$ $[AlSi_3O_{10}]$	Ф. - листоватые и плотные массы			Ц. - от светло-серого до красновато-фиолетового		Характерен для пегматитов Спут. - кварц, касситерит и др. Пр. - руда лития
100 101	Гидрослюдь: Глауконит (состав непостоянен, главные компоненты - K_2O , SiO_2 , H_2O)	С. - моноклинная Ф. - тончешуйчатый, образует агрегаты зерен, конкреции	<u>2,0 - 3,0</u> 2,2 - 2,8	Сп. - редкая Изл. - неровный, землистый	Ц. - ярко-зеленый, до черного Ч. - зеленая Б. - стеклянный, жирный и матовый	Хрупок. Растворяется в концентрированной HCl	Г. - осадочный. Широко распространен в песках, песчаниках, глинах Пр. - используется как калийное удобрение, зеленая краска, смягчитель воды
102	Хлориты - состав сложный Р.: <i>шамозит</i> , <i>кеммерит</i> и др.	С. - моноклинная Ф. - сплошные зернистые массы, друзы таблитчатых кристаллов	<u>2,0 - 2,5</u> 2,6 - 2,85	Сп. - весьма совершенная Изл. - разный	Ц. - от светло- до темно- зеленого, фиолетовый Ч. - белая Б. - жирный, матовый, тусклый	Листочки гибкие	Г. - метаморфический; образуются преимущественно по биотиту, амфиболам, гранату
103	Серпентин - $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$	С. - неясная Ф. - скрыто- кристаллические массы	<u>2,5 - 4,0</u> 2,5 - 2,65	Сп. - нет Изл. - неровный, раковинистый	Ц. - желтовато-зеленый до темно-зеленого Ч. - светлая, зеленоватая Б. - жирный, шелковистый		Г. - метаморфический. Типичен для контакта ультраосновных массивов с доломитизированными известняками

104	Офит (благородный серпентин)	Плотный				Просвечивает на краях	Пр. - полудрагоценный камень
105	Антигорит	Ф. - чешуйчатый, скорлуповатый			Ц. - темно-зеленый		
106	Асбест (хризотил-асбест, горный лен) и др.	С. - моноклинная. Тонковолокнистая	<u>2,5 - 3,0</u> 2,22	Изл. - занозистый		Волокна мягкие и гибкие	Пр. - материал для несгораемых тканей, теплоизоляции, изготовления огнеупоров и т.п
1	2	3	4	5	6	7	8
107	1. Каолинит - $Al_4(OH)$ - основной глинистый материал. Разновидности глин: <i>фарфоровые, огнеупорные, горшечные, черичные, красящие, отбеливающие, сукновальные, кил, бентониты, флоридины</i>	С. - моноклинная Ф. - скрытокристаллические, порошковатые, землистые, плотные агрегаты	1,0 - 2,5 2,6	Сп. - неясная Изл. - неровный	Ц. - белый, слегка желтоватый Ч. - белая Б. - тусклый, матовый, жирный	Гигроскопичен. Сухой липнет к языку. Пластичен. Размокает. Хороший сорбент, огнеупорен	Г. - продукт разрушения кислых магматических пород, калиевых, полевых шпатов, слюд и др. алюмосиликатов Пр. - основное сырье в фарфоровой и керамической промышленности, строительный материал, отбеливатель, огнеупорный материал. Наполнитель в бумажном производстве, сорбент, фальсификатор в пищевом производстве и др.

ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ. КАРКАССОВЫЕ СИЛИКАТЫ

Минералы изоморфного ряда альбита ($Ab=NaAlSi_3O_8$) и анортита ($An=CaAl_2Si_2O_8$)

108	Плагиоклазы - (кальциево-натриевые полевые шпаты) В том числе:	С. - триклинная Ф. - полисинтетические двойники, тонкая штриховка на гранях		Сп. - под углом 86-86,5°			
-----	--	--	--	--------------------------	--	--	--

109	1. Альбит - ($Ab_{90-100} An_{0-10}$), $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	Ф. - таблитчатые, зубьевидные кристаллы, двойники, агрегаты, напоминающие кучку зерен	<u>6,0 - 6,5</u> 2,65	Сп. - совершенная Изл. - неровный, ступенчатый	Ц. - белый, красноватый, зеленоватый, иногда бесцветный Ч. - нет Б. - перламутровый	При разложении переходит в серицит	Г. - магматический и метаморфический, характерен для кислых пород Спут. - кварц, мусковит, ортоклаз и др. Пр. - основной породообразующий минерал
110	2. Лабрадор - $Ab_{50} An_{50}$	Ф. - кристаллы, сплошные кристаллические мас-	<u>6,0</u> 2,7	Сп. - совершенная	Ц. - серый, коричневатый, зеленый	Голубоватые, синеватые, сероватые пере-	Г. - магматический основной минерал основных пород - норитов, габбро, диа-
1	2	3	4	5	6	7	8
		сы		Изл. - неровный	Ч. - слабая, белая или бесцветная Б. - стеклянный, перламутровый	ливы на плоскостях спайности. Штриховка на гранях	базов, может быть в диоритах Спут. - ромбические пироксены, амфиболы, магнетит, кальцит и др. Пр. - ценный поделочный камень. Облицовочный камень
111	3. Анортит - ($Ab_{0-10} An_{10-90}$), $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	С. - триклинная Ф. - кристалло-столбчатые, таблитчатые. Зернистые агрегаты	<u>6,0 - 6,5</u> 2,75-2,76	Сп. - совершенная под углом 86-86,5°	Ц. - белый, серый, красноватый Ч. - бледная, слабая Б. - стеклянный, перламутровый	От альбита визуально практически не отличим	Г. - магматический Пр. - промышленного значения не имеет
112	Калиевые полевые шпаты	С. - моноклинная и триклинная Ф. - призматические кристаллы. Разнообразные двойники	<u>6,0</u> 2,5 - 2,62	Сп. - совершенная под углом 90° Изл. - неровный	Ц. - белый, серый, розовый, зеленый, реже - бесцветный Ч. - нет или слабая белая Б. - стеклянный, на плоскостях спайности - пер-		Г. - магматические минералы кислых пород Породообразующие

	В том числе:				ламутровый		
113	1. Ортоклаз - $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	С. - моноклинная Ф. - кристаллы призматические, короткие таблитча- тые и столбчатые. Двойники. Друзы. Сплошные кристал- лические массы. Псевдо-	<u>6,0 - 6,5</u> 2,5 - 2,62	Сп. - со- вершенная под углом 90° Изл. - не- ровный	Ц. - разный, свет- лый Ч. - нет Б. - стеклянный, перламутровый	Растворяется только в HNO ₃ . При разложе- нии переходит в каолинит	Г. - магматический, типичен для гранитов, пегматитовых жил; реже - гидротермальный Спут. - кварц, альбит, слюды, топаз и др. Пр. - в стекольной и керами- ческой промышленности. Минерал кислых жильных
114	<i>Р.: адуляр</i>				Ц. - водяно- прозрачный		
1	2	3	4	5	6	7	8
		морфозы. Клино видные кристаллы					пород. Полудрагоценный ка- мень
115	2. Микроклин - $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ с Na	С. - триклинная Ф. - кристаллы сходны с ортокла- зовыми	<u>6,0 - 6,5</u> 2,54-2,57	Сп. - со- вершенная под углом 90°	Ц. - белый, серый, коричневый, жел- тый, красный, зе- леный Ч. - нет Б. - стеклянный, перламутровый	При разложе- нии переходит в каолинит	Г. - магматический минерал кислых пород Спут. - кварц, слюды Пр. - в стекольной и керами- ческой промышленности. Поделочный камень
116	<i>Р.: амазонит</i>				Ц. - зеленый, зе- леновато-голубой		

V. АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Название	№ пп в определителе	Формула
1	2	3
	А	
Авгит	81	$R_2 [Si_2O_6]$; R - Ca, Mg, F, Mn
Агат	48	SiO_2
Адуляр	114	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$
Алмаз	1	C
Альбит	109	$Ab_{90}An_{10}$
Альмандин	78	$Fe_3Al_2 [SiO_4]_3$
Амазонит	116	$K_2O \cdot Al_{22}O_3 \cdot 6SiO_2$
Аметист	36	SiO_2
Амфиболы	82-90	$R''_7 (OH)_2 [Si_4O_{11}]$; R - Ca, Mg, Fe''
Ангидрит	14	$CaSO_4$
Андрадит	75	$Ca_3Fe_2 [SiO_4]_3$
Анортит	11	$Ab_{10} - An_{90}$
Антигорит	105	$Mg_6 (OH)_8 [Si_4O_{10}]$
Апатит	22	$Ca_5(F,Cl) [PO_4]_3$
Арагонит	26	$CaCO_3$
Асбест	106	$Mg_6 (OH)_8 [Si_4O_{10}]$
	Б	
Барит	16	$BaSO_4$
Биотит	98	$K (Fe,Mg)_2 (OH,F)_2 [AlSi_3O_{10}]$
Бирюза	24	$CuAl_6 (OH)_8 [PO_4]_4 \cdot 4H_2O$
Боксит	60	Горная порода
	В	
Вода	31	H_2O
	Г	
Галенит	9	PbS
Галит	17	NaCl
Гелиотроп	42	SiO_2
Гематит	61-62	Fe_2O_3
Гиалит	52	$SiO_2 \cdot nH_2O$
Гидраргиллит	59	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$
Гидрослюды	100-101	Гл. компоненты: $K_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3,$ SiO_2, H_2O
Гипс	13	$CaSO_4$
Глауконит	101	Гл. компоненты: $K_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3,$ SiO_2, H_2O
Горный хрусталь	35	SiO_2
Гранаты	72-78	$R_3'' R_2''' [SiO_4]_3$; R'' - Mg, Ca, Mn, Fe; R''' - Al, Fe, Cr

1	2	3
Графит	2	C
Гроссуляр	74	$\text{Ca}_3\text{Al}_2 [\text{SiO}_4]_3$
	Д	
Диаспор	58	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Доломит	28	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
	З	
Золото	4	Au
	И	
Ильменит	65	FeTiO_3
	К	
Калиевые полевые шпаты	112 - 116	
Каолинит	107	$\text{Al}_4[\text{OH}]$
Касситерит	66	SnO_2
Кальцит	25	CaCO_3
Кахалонг	43	SiO_2
Кварц	33-38	SiO_2
Киноварь	12	HgS
Корунд	54-57	Al_2O_3
Кремень	53	SiO_2
Криолит	21	$\text{Na}_3 [\text{AlF}_6]$
Крокодилит	89	
	Л	
Лабрадор	110	$\text{Ab}_{50}\text{An}_{50}$
Лед	32	H_2O
Лепидолит	99	$\text{K, Li}_{1,5}\text{Al} (\text{Fe,OH})_2; [\text{Fe,OH}] \cdot [\text{Al, Si}_2\text{O}_{10}]$
Лимонит	64	$\text{FeO}_2 \cdot n\text{HO}$
	М	
Магнезит	27	MgCO_3
Магнетит	63	Fe_3O_4
Марказит	7	FeS_2
Мартит	62	Fe_2O_3
Микроклин	115	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
Мирабилит	15	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Молибденит	11	MoS_2
Морион	37	SiO_2
Моховик	44	SiO_2
Мусковит	94	$\text{K} \cdot \text{Al SiO}_2 (\text{OH,F})_2 [\text{Al, Si}_2, \text{O}_{10}]$
	Н	
Нашатырь	19	NH_4Cl
Наждак	57	Al_2O_3

1	2	3
	О	
Обманка базальтическая	85	с Ti и Mn
Обманка обыкновенная	84	
Обманки щелочные	87-90	
Оливин	69-71	$(\text{Mg,Fe})_2 [\text{SiO}_4]$
Оникс	49	SiO_2
Опал	51	SiO_2
Ортоклаз	113	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 6\text{SiO}_2$
Офит	104	$\text{Mg}_6 (\text{OH})_8 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
	П	
Пирит	6	FeS_2
Пироксены	80-81	$\text{R}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$; R - Ca, Mg, Fe'', Mn
Пирролюзит	67	MnO_2
Пироп	73	$\text{MgAl}_2 [\text{SiO}_4]_3$
Плагиоклазы	108-111	
Плазма	40	SiO_2
Платина	5	Pt
	Р	
Раухтопаз	38	SiO_2
Рибекит	88	
Роговик	46	SiO_2
Роговые обманки	83-90	
Родохрозит	30	MnCO_3
Рубин	55	Al_2O_3
	С	
Сапфир	56	Al_2O_3
Сапфирин	45	SiO_2
Сера	3	S
Сердолик	50	SiO_2
Серицит	95	$\text{K, Al (OH,F)}_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
Серпентин	103-106	$\text{Mg}_6 (\text{OH})_8 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
Сидерит	29	FeCO_3
Сильвин	18	KCl
Слюды	93-99	
Соколиный глаз	90	
Спессартин	77	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$
Стеатит	92	$\text{Mg}_3 (\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
Сфалерит	5	ZnS

1	2	3
	Т	
Тальк	91	$Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$
Тигровый глаз	90	
	У	
Уваровит	76	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$
Уралит	86	
	Ф	
Фаялит	71	
Флагопит	97	
Флюорит	20	CaF_2
Фосфорит	23	$Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$
Фуксит		
	Х	
Халцедон	39-45	SiO_2
Халькопирит	8	$CuFeS_2$
Хлорит	102	
Хризолит	70	$(Mg, Fe)_2[SiO_4]$
Хризопраз	41	SiO_2
Хромит	68	$FeCr_2O_4$
	Я	
Яшма	47-50	SiO_2 (порода)

