



ОПИСАТЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

*Учебное электронное пособие
к практическим занятиям по минералогии*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОПИСАТЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

*Учебное электронное пособие
к практическим занятиям по минералогии*

Петрозаводск
Издательство ПетрГУ
2022

ISBN 978-5-8021-3928-8

© Кулешевич Л. В., составление, 2022
© Петрозаводский государственный университет, 2022

Издается по решению редакционно-издательского совета
Петрозаводского государственного университета

Рецензенты:

О. И. Володичев, доктор геолого-минералогических наук;
О. Б. Лавров, руководитель музея геологии докембрия ИГ КарНЦ РАН

Научный редактор *О. Б. Лавров*

Составитель:

Л. В. Кулешевич

Описательная минералогия : учебное электронное пособие к практическим занятиям по минералогии / [сост.: Л. В. Кулешевич ; науч. ред. О. Б. Лавров] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозав. гос. ун-т. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2022. – 1 CD-ROM. – Систем. требования : PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше ; Microsoft Windows, MAC OSX ; 256 Мб (RAM); Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-8021-3928-8

Учебное электронное пособие представляет собой краткий конспект основных диагностических свойств минералов, изучаемых в рамках учебных часов по дисциплине «Минералогия» в ИЛГСН ПетрГУ (кафедра наук о Земле и геотехнологий) студентами бакалавриата и специалитета (геологический и горно-геологический профили). В издании приводится описание минералов, их свойства, генезис и возможные области применения, а также информация о находках минералов в Карелии.

В пособии принята наиболее простая для понимания систематика минералов и даны их описания по классам. При составлении использованы классические учебники по минералогии А. Г. Бетехтина, А. В. Миловского и О. В. Кононова, А. Г. Булаха с соавторами.

УДК 549
ББК 26.303

Учебное электронное издание

Минимальные системные требования:

PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше;
Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM);
Adobe Reader; дисковод CD-ROM

© Кулешевич Л. В., составление, 2022

© Петрозаводский государственный университет, 2022

Учебное электронное издание

ОПИСАТЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

*Учебное электронное пособие
к практическим занятиям по минералогии*

Составитель:
Кулешевич Людмила Владимировна

Редактор *И. И. Куроптева*
Художественный редактор *О. В. Черняков*

Подписано к использованию 27.06.2022.
1 CD-R. 50 Мб. Тираж 100 экз. Изд. № 168

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33
<https://petsu.ru>
Тел.: (8142) 71-10-01

Изготовлено в Издательстве ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33
URL: press.petsu.ru/UNIPRESS/UNIPRESS.html
Тел./факс: (8142) 78-15-40
nvpahomova@yandex.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Классификация минералов	5
Класс простые вещества (самородные элементы)	7
Класс сульфиды и их аналоги.....	11
Класс оксиды и гидроксиды	18
Класс галоиды	25
Класс карбонаты	27
Класс фосфаты и их аналоги	30
Класс сульфаты	33
Класс молибдаты, вольфраматы, хроматы.....	35
Класс нитраты	37
Класс силикаты и алюмосиликаты	38
Список использованной литературы.....	59
<i>Приложение</i>	60
Альбом минералов	60
Самородные элементы, простые вещества.....	60
Сульфиды.....	61
Оксиды, гидроксиды	63
Галоиды (фториды, хлориды)	65
Карбонаты.....	66
Фосфаты и их аналоги.....	67
Сульфаты	68
Вольфраматы, молибдаты, хроматы	68
Силикаты островные	69
Силикаты цепочечные и ленточные	72
Силикаты слоистые	74
Силикаты каркасные	75

ВВЕДЕНИЕ

Все горные породы и руды состоят из минералов. Геолог должен знать и уметь определять минералы по их основным диагностическим свойствам. Знание свойств минералов позволит сформировать умение и навыки их искать, определять генезис (происхождение) и возможности использования.

Минерал – это твердое природное химическое соединение кристаллической структуры, образовавшееся в ходе природных геологических процессов. Современная систематика минералов основана на химическом составе. В учебниках по минералогии для простоты усвоения обычно приводится сокращенная классификация. Большое минеральное сообщество подразделяется на: 1) простые вещества; 2) сернистые соединения; 3) кислородные соединения; 4) галогенные соединения; 5) органические соединения и углеводороды (последние в учебный курс по минералогии не входят). Классы минералов делятся на подклассы, группы, ряды, семейства. В группах принято объединять минеральные виды, к ним по некоторым особенностям состава и свойств бывают приписаны разновидности минералов. Для самостоятельных минеральных видов даны идеальные формулы.

Изучая минералогия, постараемся запомнить основные диагностические свойства минералов – цвет, блеск, твердость, спайность, форму выделения отдельных кристаллов и их агрегатов. Напомнить, как определяются общие свойства минералов, нам поможет первая часть учебной программы и пособие (Кулешевич, 2000). Кроме того, важнейшим признаком для верной диагностики является минеральная ассоциация. Именно визуальные признаки, прорабатываемые на практических занятиях по минералогии, позволят нам в дальнейшем проводить диагностику любых образцов с неизвестными минералами, а знание возможных ассоциаций минералов и условий их нахождения в природе – определять генезис.

Диагностика минералов основана на «узнавании» по характерным для них признакам – форме кристаллов или зерен, агрегатов, физическим свойствам и встречающимся «спутникам» – сопутствующим минералам. Такое знание закладывается у студентов лишь во время практических или лабораторных работ, а также при самостоятельных занятиях с рабочими коллекциями в учебном кабинете или с эталонными коллекциями в минералогических музеях. Не всё сразу удастся, но наша память уникальна и кропотливый труд обязательно приведет к успеху. Появятся навыки работы с минералами и, казалось бы, рутинная схема описания минералов, предлагаемая практически во всех учебных пособиях как алгоритм диагностики, станет привычной.

При работе с настоящим пособием студенту рекомендуется составлять конспекты – краткие таблицы свойств минералов (см. с. 5). Они систематизируют и концентрируют полученную информацию, что позволит подготовиться к контрольной проверке. Подсказкой может послужить альбом с фотографиями минералов, приведенный в Приложении, либо фотогалерея, создаваемая самим студентом по мере изучения минералов.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Классы минералов выделяются по химическому составу. Систематика минералов включает следующие классы:

- 1 – самородные элементы, или простые вещества (металлы, полуметаллы, неметаллы, а также малораспространенные нитриды, карбиды, фосфиды, силициды. Мы изучаем металлы и неметаллы);
- 2 – сульфиды и их аналоги (арсениды, антимониды, висмутиды, теллуриды, селениды);
- 3 – галогениды (фториды, хлориды);
- 4 – оксиды и гидроксиды;
- 5 – карбонаты;
- 6 – фосфаты и их аналоги (арсенаты, ванадаты);
- 7 – сульфаты и их аналоги;
- 8 – молибдаты, вольфраматы, хроматы;
- 9 – нитраты;
- 10 – бораты;
- 11 – силикаты, алюмосиликаты.

Подклассы формируются по структурным типам минералов. Выделяются минералы со следующими типами структур:

- координационная;
- островная;
- цепочечная;
- слоистая;
- каркасная.

Более подробное деление подклассов проводится в зависимости от особенностей химического состава – его сложности и присутствия добавочных анионов и воды.

Свой личный конспект минералов следует вести по пунктам, представленным в таблице «Форма конспекта свойств минералов для самостоятельной работы», сплошным текстом или же в форме таблицы, рекомендуемой также и в других учебниках минералогии (Булах, 1999; Булах и др., 2008).

Форма конспекта свойств минералов для самостоятельной работы

Название минерала (хим. формула, примеси, разновидности)	Сингония, тип структуры, форма выделения, размер зерен	Физические свойства: цвет, цвет черты, блеск, спайность, тв., пл., особые свойства	Происхождение (генезис), минералы-спутники, замещения	Применение, месторождения или места находок
Сера S. Обычно хим. чистая. Примеси: Se, битумы	Синг. ромб. Структура: 8-ные кольца. Встречается в виде дипирам. кристаллов, корочек,	Желтый, реже бурый и черный от битумов. Черта желтая. Блеск стекл., жирный. Излом неров., раковистый. Тв. 1,5–2.	1. Осадочное, биохим., благодаря жизнедеятельности серных бактерий, при разложении гипсоносных толщ.	В пром. химической, текстильной, резиновой, для производства красок, взрывчатых веществ. М-я известны в Поволжье, Ср. Азии,

	прожилков, друз, сплошных масс	Пл. 2,07 г/см ³ . Т _{пл} = 270°. Горит с выделением SO ₂ . Диэлектрик, при трении заряжается отрицательно	2. В зоне окисления сульфидов. 3. Возгоны при вулканической деятельности. Спутники: 1) гипс, битумы; 2) сульфиды; 3) сульфаты	современных вулкан. областях
--	--------------------------------	--	--	------------------------------

КЛАСС ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА (САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ)

Минералы данного класса представлены атомами одинаковых элементов подклассов металлов (Cu, Ag, Au, Fe, Co, Ni, Os, Ir, Pt, Hg и др.), полуметаллов (Al, Zn, Pb, Bi, Sb, As) и неметаллов (C, S, Se, Te).

Общие свойства для этих минералов следующие: для большинства **самородных металлов** характерен металлический тип химической связи и координационные структуры преимущественно с кубической и гексагональной упаковкой атомов. Все самородные металлы отличаются сильным металлическим блеском, высокой плотностью, ковкостью, умеренной твердостью 3–4 (реже до 6), обладают высокой тепло- и электропроводностью. Для самородных металлов характерны широкие изоморфные замещения, иногда с образованием промежуточных самостоятельных индивидов: интерметаллидов со своей определенной кристаллической структурой, например аварунит FeNi_{2-3} , среди платиноидов (PdBi , Pt_3Fe , Pt_2FeNi) или же изоморфных смесей, в их числе ферроплатина Pt(Fe) , для которой характерно замещение в структуре минерала части платины железом.

Интерметаллиды – это соединения металлов и полуметаллов (PtFe_3 , Pt_2FeNi , PdBi , Cu_3Au_2 , AgHg), в которых каждый элемент занимает определенную позицию в кристаллической решетке.

Твердые растворы – это изоморфные соединения, в которых в структуре часть атомов замещена неупорядоченно, например поликсен (Pt , Fe).

Для самородных **полуметаллов** характерна ковалентно-металлическая связь, полуметаллический (металлоидный) блеск. Среди них более распространены Bi, Sb, As. Ковалентная связь усиливается от Bi к Sb и As, их твердость 2–3,5. Al, Zn, Pb встречаются крайне редко в определенных условиях.

Для самородных неметаллов (S, алмаз) характерен ковалентный тип связи и координационная структура, для графита – слоистая структура. Причем степень ковалентности **неметаллов** увеличивается от Te к Se, S и достигает максимума в алмазе (C). Минералы S, Se, Te, графит (C) имеют низкую твердость 1–1,5. Сера и графит встречаются широко, образуя месторождения. Минералы углерода представлены несколькими модификациями, известно девять аллотропических модификаций углерода: графит – гексагональный, алмаз – кубический, лонсдейлит – гексагональный, чаоит – гексагональный. Среди них фуллерен имеет молекулярную структуру сферических по форме многоатомных группировок углерода (встречается в шунгитах Карелии). За исключением графита все эти минералы редки.

Существуют и достаточно **редкие природные соединения** металлов: с C – карбиды, с N – нитриды, с P – фосфиды, с Si – силициды, также относимые к данному классу. Эти минералы обычно имеют внеземное происхождение, но иногда встречаются в импактитах – горных породах метеоритных кратеров.

Образование самородных элементов: большинство минералов связано с магматическим процессом; с вулканическим, осадочным и гипергенным – образование серы; графит образуется преимущественно в результате метаморфизма.

ПОДКЛАСС МЕТАЛЛЫ

Металлы с координационной структурой

Золото Au. Может содержать примеси Ag, Cu, Fe, Pt, Hg. Сингония кубическая. Встречается в виде мелких зерен, дендритов, чешуек и проволочек в кварце, кубические кристаллы встречаются редко. Цвет золотисто-желтый. За счет Ag золото приобретает более светлый тон, за счет Cu – красноватый. Черта золотисто-желтая, блеск металлический. Твердость 2–3. Плотность $19,3 \text{ г/см}^3$. Ковкое, излом крючковатый. Химически стойкое.

Разновидности: электрум (20–70 % Ag), медистое (красное золото), ртутистое золото, порпечит – золото с палладием.

Происхождение: 1) гидротермальное (средне- и низкотемпературное) – в кислых гранитных интрузиях (а); в вулканических комплексах (б). Встречается в кварцевых жилах, в рудах полиметаллов. Спутники золота: пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит, Bi-Te-минералы; 2) магматическое – в интрузивных базит-гипербазитовых комплексах, встречается совместно с платиноидами; 3) благодаря химической стойкости накапливается в россыпях в самородках.

Месторождения: известны на Урале, в Восточной Сибири (Алдан, Чукотка), на Алтае, Камчатке, в Казахстане, а также за рубежом: в Африке, Австралии, Индии, Канаде, на Аляске. В Карелии выявлены лишь небольшие рудные объекты (Таловейс, Лобаш-1, Майское, Воицкое).

Использование: Au – валютный металл, используется в ювелирном деле, радиоэлектронике, приборостроении, медицине.

Серебро Ag. Содержит незначительные примеси Au, Cu. Сингония кубическая. Встречается в виде дендритов, пластинок, волосовидных и проволочных форм. Цвет серебристо-белый с желтоватым или черным налетом. Черта серебристо-белая. Блеск металлический. Твердость 5. Плотность $10,5 \text{ г/см}^3$. Ковкое, излом крючковатый. Имеет высокую электропроводность.

Происхождение и месторождения: 1) встречается в низкотемпературных гидротермальных жилах с сульфидами (северо-восток России); 2) в зоне окисления серебряных и полиметаллических месторождений, где образуется за счет акантита Ag_2S и сульфосолей (на Алтае добывается попутно из полиметаллических руд). В Карелии месторождения отсутствуют. За рубежом известны месторождения в Мексике и Норвегии.

Использование: монеты, сплавы, в ювелирном деле, фотоделе, электротехнике, медицине.

Медь Cu. Обычно медь химически чистая, но иногда содержит примеси Fe, Au. Сингония кубическая. Кубические кристаллы редки. Выделяется в виде дендритовых сростаний, проволочных и сплошных сростков, комков, самородков, вес которых достигает 450 кг. Цвет розово-красный, блеск металлический, черта блестящая светло-оранжево-розовая. Твердость 2,5–3. Плотность $8,9 \text{ г/см}^3$. Ковкая, легко деформируется, излом крючковатый. Обладает высокой электропроводностью. При окислении покрывается коричневым или зеленым налетом (из-за окр куприта, лимонита, малахита).

Происхождение: 1) экзогенное – в зоне окисления сульфидных медных руд; 2) гидротермальное низкотемпературное.

Месторождения: известны на Урале, в Саянах, Карелии, Казахстане.

Использование: в электротехнике, машино- и приборостроении, судостроении. Широко применяются сплавы с Sn, Zn, Ni (бронза, латунь, мельхиор). Самородки обычно являются коллекционными минералами.

Платина Pt. Сингония кубическая. Обычно чистая, но может содержать примеси и образует твердые растворы с Fe, Ir, Rh, Os, Cu. Наиболее распространен поликсен (Pt, Fe с Fe ~9–11 %). Встречается в форме неправильных зерен, в россыпях – в форме окатанных самородков. Цвет серый (стальной), черта белая. Блеск металлический. Твердость 4–4,5. Плотность 15–19 г/см³. Ковкая, излом крючковатый. Тугоплавкая ($T_{пл} = 1771^{\circ}$) и химически инертная.

Происхождение: 1) магматическое – встречается в ультраосновных породах, в хромитовых, сульфидных никелевых и титаномagnetитовых рудах; 2) накапливается в россыпях; 3) гидротермальное – в черных сланцах.

Месторождения: известны на Урале, в Якутии, ЮАР, Канаде, небольшие проявления – в Карелии.

Использование: валютный металл, применяется для изготовления химической посуды, катализатор в химической промышленности, используется при крекинге нефти, ювелирный металл.

ПОДКЛАСС НЕМЕТАЛЛЫ

Неметаллы с координационной структурой

Алмаз C. Сингония кубическая. Внешний облик кристаллов октаэдрический, ребра часто бывают закруглены (кристаллы при этом выглядят как оплавленные). Цвет: минерал прозрачный, иногда с оттенками желтоватого или голубоватого цвета. Спайность средняя. Твердость 10. Плотность 3,5 г/см³. Люминесцирует голубовато-синим или желтым цветом. Масса алмазов измеряется в каратах: 1 карат – 0,2 г. Алмазы массой более 100 карат редкие, имеют собственные имена и историю («Куллинан» – 3024,75 к; «Орлов» – 194,8 к; «Шаж» – 88,7 к).

Разновидности: ювелирные и технические.

Происхождение: 1) магматическое – образуются при $P = 60\text{--}80$ тыс. атм. и $T = 1000^{\circ}$ в магмах ультраосновного состава повышенной щелочности (кимберлитах, лампроитах). Встречаются в парагенезисе с хромдиопсидом, оливином, пиропом, пикроильменитом; 2) экзогенное – в россыпях.

Месторождения: известны в России (Якутия, Архангельская обл.), Африке (ЮАР, Намибия, Заир, Гана, Ангола дают до 80–95 % мировой добычи алмазов из кимберлитов и россыпей), Индии, Бразилии. В Карелии пока обнаружены только проявления.

Использование: 1) технические алмазы – в буровых коронках, сверлах, резцах и в качестве абразивов; 2) чистые и равномерно окрашенные прозрачные камни – ювелирные. Ограненные алмазы называют бриллиантами.

Неметаллы слоистой структуры

Графит C. Сингония гексагональная. Встречается в виде тонкочешуйчатых масс, плотных и землистых выделений, иногда кристаллов. Цвет и черта черные, блеск полуметаллический. Спайность совершенная. Твердость 1. Плотность 2,2 г/см³. Проводит электричество, огнеупо-

рен, кислотоустойчив. От похожего на него молибденита отличается черным цветом и чертой (молибденит – голубоватый). В наших образцах – сплошные плотные массы, диагностируется легко.

Разновидности: различают по степени упорядоченности в структуре – кристаллический чешуйчатый и аморфный графит.

Происхождение: 1) метаморфическое – в С-содержащих сланцах; 2) контактово-метаморфическое – на контакте с траппами при метаморфизме каменных углей.

Месторождения: известны в Саянах, Сибири, на Украине, в юго-западном Приладожье (Карелия).

Использование: 1) в металлургии (тигли, литейное дело); 2) смазочный материал; 3) в производстве карандашей; 4) в электропромышленности (электроды); 5) в новых технологиях (получение нанотрубок, сеток, нитей, пластин, фильтров и др.); 6) в медицине.

Неметаллы островной кольцевой структуры

Сера S. Сингония ромбическая (бывает и моноклинная). Иногда содержит примеси Se. Цвет желтый, иногда бурый и черный (благодаря включениям битумов). Черта бело-желтая. Блеск стеклянный, в изломе жирный, кристаллы просвечивают. Сера хрупкая, в руках от тепла потрескивает. Спайности нет. Твердость 1,5–2. Плотность 2,07 г/см³. Диэлектрик. При трении заряжается отрицательно. Плавится при $T = 270^{\circ}\text{C}$ с выделением SO_2 .

Происхождение: 1) осадочное, биохимическое, в связи с жизнедеятельностью серных бактерий (сульфатредуцирующих), ассоциирует с гипсом, битумами; 2) в зоне окисления колчеданов; 3) гидротермальное и эксгальационное низкотемпературное в возгонах при вулканической деятельности.

Месторождения: известны в Средней Азии (Туркмения, Узбекистан), Поволжье, вулканические – на Курильских островах, Камчатке, в Италии.

Использование: 1) для получения серной кислоты H_2SO_4 , которая используется в химической промышленности и при обогащении руд; 2) для производства красок, в текстильной, резиновой промышленности, в борьбе с вредителями в сельском хозяйстве; 3) при получении взрывчатых веществ.

КЛАСС СУЛЬФИДЫ И ИХ АНАЛОГИ

Сульфиды – это соединения металлов, полуметаллов переходных элементов с S, As, Se, Te. Видообразующие элементы в них: Fe, Cu, Zn, Pb, Sb, Ag, Bi, Co, Ni – главные; Se, Cd, In, Ga, Ge, Te – редкие. Наиболее распространены и образуют рудные скопления около 20 минералов, которые мы изучаем. Типы химической связи: 1) ковалентный; 2) донорно-акцепторный (преобладает у металлов с заполненной d-оболочкой); 3) металлический (с незаполненной d-оболочкой); 4) ковалентно-металлический (смешанный тип). Типы кристаллических структур зависят от сингонии, они разные: координационные, островные, цепочечные, слоистые, каркасные. По химическому составу это соли H_2S -кислоты (и аналогов). Минералы называются сульфидами, сульфоарсенидами, арсенидами, селенидами, теллуридами и т. д. Среди этого класса характерно широкое проявление изовалентного и гетеровалентного изоморфизма. Сульфиды делятся на группы в соответствии с составом (по анионному радикалу) и типам структуры: моносульфиды, дисульфиды (или персульфиды), островные, цепочечные, слоистые. Внешний облик и формы выделения минералов соответствуют их структуре.

Общие свойства: минералы имеют разный размер зерен (тонко-, мелко-, средне- или крупнозернистые), встречаются как в отдельных кристаллах, так и в сростаниях и в рудных скоплениях. Текстуры и структуры руд имеют свои определенные названия – массивные, вкрапленные, гнездово-вкрапленные, полосчатые, прожилковые и другие (для их определения имеются специальные справочники). Большинство сульфидов имеет металлический блеск, высокую электропроводность или полупроводниковые свойства. Твердость моносульфидов – 2–3, до 4, дисульфидов – 5–7, сложных сульфидов – 3–4, слоистых сульфидов – 1–2. Конкретные свойства рассмотрим в каждой группе по минеральным видам.

Происхождение: 1) преимущественно гидротермальное (от высоко-, средне- до низкотемпературного); 2) магматическое (это минералы ликвидационных руд, например пентландит и ассоциирующие с ним сульфиды); 3) гипергенное в зоне окисления и вторичного сульфидного обогащения; 4) экзогенное осадочное (в осадочных породах).

Сульфиды являются основными минералами руд цветных, благородных и редких металлов. При окислении замещаются сульфатами, оксидами, карбонатами.

ПРОСТЫЕ СУЛЬФИДЫ, МОНОСУЛЬФИДЫ

Координационная структура

Халькозин Cu_2S (медный блеск). Сингония моноклинная. Встречается в сплошных массах, плотный. Цвет и черта черные (с небольшим синеватым тоном). Блеск металлический, тускнеет со временем и становится полуметаллическим. Спайность несовершенная. Твердость 2,5–3. Плотность $5,7 \text{ г/см}^3$. Ковкий.

Происхождение: 1) образуется в зоне вторичного сульфидного обогащения окисленных медных месторождений; 2) гидротермальное. Ассоциирует с борнитом, блеклыми рудами, халькопиритом, ковеллином. При окислении по нему образуется малахит, Cu_2O , Cu.

Месторождения: известны на Урале, в Казахстане (Джезказган, Коунрад), Узбекистане (Алмалык). В Карелии встречается в зоне окисления м-я Воронов Бор, низкотемпературных жилах проявления м-я Чевжаваара.

Использование: медная руда применяется для получения меди и сплавов.

Галенит PbS (свинцовый блеск). Иногда содержит примеси Ag, Bi, Te, реже Se. Сингония кубическая. Преобладают кристаллы кубического и кубооктаэдрического габитуса, разномасштабные массы, сплошные руды, жилы, включения. Цвет голубовато-серый, черта серо-черная. Блеск металлический. Спайность совершенная по трем направлениям (по кубу). Хрупкий. Твердость 2–2,5. Плотность 7,5 г/см³ (тяжелый).

Происхождение: 1) гидротермальное средне- и низкотемпературное – встречается в рудах и жилах, в т. ч. в метасоматических образованиях – скарнах. Ассоциирует со сфалеритом, пиротином, сульфосолями, блеклыми рудами, пиритом, баритом, кальцитом, кварцем; 2) осадочное – в битуминозных сланцах и карбонатных породах. В зоне окисления замещается церусситом PbCO₃ или англезитом PbSO₄.

Месторождения: в скарнах – известны в Приморье, гидротермальные жильные – в Средней Азии (м-е Жайрем в Казахстане), на Кавказе, в Сибири и за рубежом. В Карелии встречается в скарнах Приладожья (Питкяранта) и в полиметаллических рудах на м-и Лобаш (Беломорский р-н).

Использование: важная руда на свинец и его сплавы, попутно добываются примеси Ag, Bi.

Сфалерит ZnS (цинковая обманка). Сингония кубическая. Содержит изоморфные изовалентные примеси Fe (до 20 %), Mn и гетеровалентные Cd (0,5–1 %), In, Ga, Ge. Форма выделения: кристаллы тетраэдрического габитуса, рудные агрегаты образуют сплошные, зернистые, полосчатые сростания, реже почковидные. Цвет коричневый, бурый до черного у железистых разновидностей, желтый – без железа. Черта коричневая, желтая. Блеск алмазный. Твердость 3,5–4. Плотность 3,9–4,1 г/см³.

Разновидности: марматит – Fe-разновидность, клейофан – низкотемпературная бесцветная или медово-желтая, брукит – скрытокристаллическая, почковидная разновидность, вюрцит – гексагональная полиморфная модификация.

Происхождение: 1) гидротермальное – в жилах и метасоматических залежах в скарнах, в ассоциации с галенитом, пиритом, халькопиритом; 2) иногда осадочное – в месторождениях угля. При окислении замещается смитсонитом ZnCO₃ и каламином.

Месторождения: известны на Алтае, Урале, в Средней Азии, Забайкалье. В Карелии встречается в скарнах Приладожья (Питкяранта), жилах и рудах м-я Лобаш (Беломорский р-н).

Использование: руда на Zn, попутно могут добываться редкие и рассеянные металлы (в частности, In).

Пентландит (Ni, Fe)₉S₈. Сингония кубическая. Содержит примеси Co. Образует сплошные зернистые массы, крупнозернистые кристаллы овального облика в тонкозернистой пирротиновой руде. Цвет светло-коричневый (бронзовый), светлее, чем у пирротина, в отличие от последнего магнитных свойств не имеет. Черта черная. Спайность совершенная. Блеск металлический. Твердость 3,5–4. Плотность 4,9 г/см³.

Происхождение: магматическое ликвационное – встречается в ультраосновных и основных породах.

Месторождения: известны в Красноярском крае (Норильск, Талнах), Мурманской обл. (Печенга), Канаде (Садбери), ЮАР (Бушвельд). В Карелии – в архейских ультраосновных породах (м-е Вожминское).

Использование: важнейшая руда на Ni, попутно добывается Co. Ni используется как добавка к сталям, в сплавах (мельхиор), в изготовлении монет.

Пирротин Fe_{1-n}S (магнитный колчедан). Представлен несколькими модификациями: среди них троилит гексагональный, пирротин – моноклинный и гексагональный. Иногда содержит примеси Cu, Ni, Co. Образует сплошные и мелкозернистые агрегаты, руды, жилы, вкрапленность. Цвет коричневый (бронзовый), черта черная. Блеск металлический, но тусклый, в отличие от пентландита и пирита, с которыми ассоциирует. Магнитен в различной степени. Хрупкий. Твердость 4. Плотность $4,5 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: 1) магматическое ликвационное – встречается в ассоциации с пентландитом и халькопиритом; 2) гидротермальное среднетемпературное – в жилах, а также в скарнах; 3) вулканогенно-осадочное; 5) при метаморфизме колчеданных руд, замещает пирит.

Месторождения: имеет широкое распространение. В Карелии входит в состав метаморфизованных колчеданных руд вулканогенно-осадочного происхождения (м-я Хаутаваарское, Парандово). При окислении замещается гидроокислами железа (лимонитом).

Использование: для производства H_2SO_4 .

Цепочечная структура

Киноварь HgS . Сингония тригональная. Встречается в виде зернистых агрегатов, сплошных и землистых масс, налетов, примазок, жил, щеток, иногда крупных овальных кристаллов. Цвет киновари ярко-красный, в землистых массах – алый. Черта красная, алая. Блеск алмазный в кристаллах, но чаще в сростаниях стеклянный. Твердость 2–2,5. Плотность 8 г/см^3 .

Происхождение: низкотемпературное гидротермальное – в рудах и жилах, встречается с антимонитом, реальгаром, флюоритом, баритом. Образуется в зонах современного и палеозойского вулканизма.

Месторождения: известны на Алтае, Чукотке, Камчатке, Донбассе, в Киргизии (Хайдаркан).

Использование: минерал для получения Hg, красной краски. Ртуть применяется в электротехнике, приборостроении, химической промышленности, в градусниках, во взрывчатых материалах.

Антимонит Sb_2S_3 (сурьмяный блеск, стибнит). Сингония ромбическая. Иногда содержит примеси As, Pb, Ag. Кристаллы удлиненно-призматические, столбчатые с грубой штриховкой по длине. Цвет светло-голубовато-серый, черта серо-черная. Блеск металлический, иногда с синеватой побежалостью. Спайность совершенная по удлинению. Твердость 2. Плотность $4,6 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: низкотемпературное гидротермальное – встречается самостоятельно, а также вместе с киноварью, пиритом, флюоритом, кальцитом, кварцем, баритом, халцедоном. При окислении замещается охрами.

Месторождения: известны на Алтае, в Якутии, Средней Азии (Киргизия, Таджикистан). В Карелии – редкие находки.

Использование: руда на Sb, употребляется в сплавах с Pb, Sn в подшипниках, аккумуляторах, для изготовления так называемого типографского металла.

Висмутин Bi_2S_3 (висмутовый блеск). Сингония ромбическая. Кристаллы обычно вытянутые призматические, столбчатые, игольчатые со штриховкой по удлинению. Цвет светло-серый с голубоватым оттенком. Черта серая. Блеск металлический, более яркий, чем у антимонита. Твердость 2. Плотность 6,6 г/см³.

Происхождение: гидротермальное высоко-, среднетемпературное – встречается в гидротермальных жилах и грейзенах, а также в скарнах, в ассоциации с самородным Bi, висмутотеллуридами, пиритом. При окислении замещается охрами зеленовато-желтого цвета.

В Карелии встречается в ассоциации с молибденитом и золотом.

Использование: руда на Bi, который используется для получения сплавов с низкой температурой плавления.

Слоистая структура

Аурипигмент As_2S_3 . Сингония моноклинная. Образует слоистые и чешуйчатые слюдоподобные агрегаты, землистые массы. Цвет и черта желтые, оранжево-желтые. Спайность весьма совершенная. Твердость 1,5–2. Плотность 3,5 г/см³.

Происхождение: низкотемпературное гидротермальное, встречается с реальгаром.

Месторождения: известны в Якутии, Грузии, Азии (Турция, Иран).

Использование: 1) получение As; 2) получение желтой краски.

Молибденит MoS_2 (молибденовый блеск). Сингония гексагональная. Содержит примеси Re и очень редкого элемента Os, иногда отмечают Fe. Кристаллы таблитчатые, шестигранные, агрегаты листоватые, изогнутые, чешуйчатые, звездчатые, радиально-лучистые, вкрапления в измененных гранитах и кварцевых жилах. Цвет голубовато-серый, черта голубовато-серая (блестящая). Блеск металлический. Имеют весьма совершенную спайность. Твердость 1. Плотность 4,7 г/см³. Пачкает руки, жирный на ощупь, от графита отличается голубоватым тоном и цветом черты, от галенита – по форме кристаллов, твердости и прочим свойствам.

Происхождение: 1) гидротермальное высоко- и среднетемпературное – встречается в кварцевых жилах в гранитах, пегматитах, грейзенах, в прожилках и вкрапленности с пиритом, халькопиритом; 2) газовой-гидротермальное – в вулканических областях. При окислении замещается желтым порошковым налетом ферримолибдита.

Месторождения: известны на Кавказе (Тырныауз), в Красноярском крае, Казахстане. В Карелии – м-я и проявления Лобаш, Ялонваара, Бергаул; в рудах Падминского типа молибденит образует скопления.

Использование: 1) главный минерал Мо-руд, получают Мо и извлекают редкие примеси (Re, Os); 2) применяется для легирования стали и сплавов в черной металлургии, инструментальных сталей; 3) для изготовления твердоплавких и высокотемпературных сплавов в электротехнике, в конструкционных материалах в атомной и аэрокосмической технике, самолето- и ракетостроении.

Ковеллин $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuS}_2$ (медное индиго). Сингония гексагональная. Образует примазки, порошковые налеты, реже кристаллические массы в рудах медных месторождений. Цвет темно-синий. Блеск от полуметаллического до металлического. Твердость 1,5–2. Плотность 4,6 г/см³.

Происхождение: образуется в зоне окисления и вторичного обогащения медных месторождений, встречается с борнитом, халькозином, халькопиритом.

Островная (кольцевая) структура

Реальгар As_4S_4 . Сингония моноклинная. Образует друзы, корочки, прожилки, короткопризматические кристаллы. Встречается в зернистых и землистых агрегатах и в виде налетов. Цвет красно-оранжевый, черта оранжевая, блеск стеклянный. На свету желтеет и переходит в аурипигмент желтого цвета. Хрупкий. Твердость 1,5–2. Плотность $3,5 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: 1) гидротермальное низкотемпературное – в жилах и гнездах в ассоциации с аурипигментом, антимонитом; 2) встречается как возгон при вулканической деятельности.

Месторождения: те же, что и у аурипигмента.

Использование: получение As.

ДИСУЛЬФИДЫ И ИХ АНАЛОГИ

Островная структура

Пирит FeS_2 (серный колчедан). Сингония кубическая. Содержит примеси As, Co, Ni, иногда Au. Образует кубические, пентагондодекаэдрические и реже октаэдрические кристаллы. На гранях бывает видна ростовая штриховка. Встречаются двойники прорастания («по пиритовому закону»). Цвет серо-желтый, черта черная (из-за высокой твердости получается не всегда). Блеск металлический, яркий. Спайности нет, излом неровный. Твердость 6–7. Плотность 5 г/см^3 , тяжелый.

Происхождение: 1) гидротермальное средне- и низкотемпературное – в жилах, вкраплениях, рудах, секрциях, щетках; 2) вулканогенно-осадочное и осадочное – в залежах колчеданных руд. При окислении происходит образование лимонитовых псевдоморфоз по пириту, развиваются разнообразные охры и пористые корки.

Месторождения: известны на Урале, в Испании, Норвегии и других странах. В Карелии колчеданы представлены на м-х Парандово, Хаутаваарское.

Использование: для получения серной кислоты.

Марказит FeS_2 . Сингония ромбическая (это полиморфная модификация с пиритом). Встречается в виде желваков, радиально-лучистых конкреций, сферолитовых корочек, ромбиков. По свойствам подобен пириту, от которого отличается по морфологии (внешнему облику) и меньшей устойчивости в окисленных условиях.

Происхождение: 1) экзогенное – в осадочных породах; 2) гидротермальное низкотемпературное; 3) в зоне окисления.

Месторождения: редкие – в осадках (глинах, углях, песчаниках), используемых как строительный материал; FeS_2 относится к вредной примеси, снижающей их огнеупорность.

Арсенопирит FeAsS (мышьяковый колчедан). Сингония моноклинная. Образует вытянутые призматические кристаллы, в сечении дающие ромбики, руды, вкрапленность. В крупных сростаниях встречается штриховка на гранях призмы. Цвет серо-белый («оловянно-белый»), черта серо-черная. Блеск металлический. Спайность несовершенная. Хрупкий. Твердость 6. Плотность 6 г/см^3 . При ударе молотком по богатым рудам чувствуется запах чеснока.

Происхождение: гидротермальное высоко- и среднетемпературное – в жилах с кварцем, вольфрамитом, пирротинном; часто в ассоциации с леллингитом и золотом, либо пиритом и

золотом; как гидротермальный встречается в контактово-метасоматических образованиях (скарнах).

Месторождения: известны на Урале, в Средней Азии, Сибири. В Карелии арсенопирит часто ассоциирует с золотом, встречается в виде вкраплений в породах и жилах на м-и Новые Пески и в железистых кварцитах в южном карьере м-я Костомукшское.

Использование: 1) для получения As; 2) в кожевенной, лакокрасочной промышленности, а также для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве; 3) в медицине и некоторых других отраслях.

Кобальтин CoFeAs . Сингония кубическая. Содержит примеси Ni, Sb. Co изоморфно замещается Ni, образуя ряд до герсдорфита. Кристаллы кубического или октаэдрического габиту-са, руды сплошные мелко- и среднезернистые. Встречается штриховка на гранях. Цвет бело-серый, часто с розоватым или темным налетом из-за окисления. Блеск металлический, иногда тусклый из-за окисления, черта серо-черная. Твердость 5,5–6. Плотность $6,2 \text{ г/см}^3$. Хорошо диагностируется по розовым налетам эритрина (диагностический признак кобальтовых руд).

Происхождение: гидротермальное высоко- и среднетемпературное – встречается в жилах, рудах. Минерал 5-элементной (Ni-Co-Ag-Bi-U) формации, установлен в месторождениях с ураном. Как гидротермальный также известен в контактово-метасоматических образованиях (скарнах).

Месторождения: известны на Урале, Кавказе (Дашкесан), в Канаде (Кобальт), Чехии (Рудные горы). В Финляндии и Карелии встречается в урановых рудах. При окислении кобальтин замещается розовым эритрином и гидроокислами.

Использование: для получения Co, As (один из основных источников получения Co). Co используется в технических отраслях промышленности. As применяется в медицине и некоторых других отраслях.

ДВОЙНЫЕ СУЛЬФИДЫ

Координационная структура

Халькопирит CuFeS_2 (медный колчедан). Сингония тетрагональная (талнахит – полиморфная модификация, имеет кубическую сингонию). Иногда содержит примеси Ag, Fe, Re, In. Кристаллы тетрагональные образуются редко, обычно встречаются разнометаллические агрегаты, гнезда, вкрапленность, жилы, сплошные руды. Цвет зеленовато-желтый, часто с пестрой радужной побелостью из-за пленки окисления. Черта черная, зеленовато-коричневато-черная (цвета хаки). Блеск металлический. Твердость 3,5–4. Плотность – $4,2 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: 1) магматическое – в ликвационных рудах с пирротинитом, пентландитом; 2) гидротермальное – в скарнах в ассоциации с магнетитом, шеелитом, пирротинитом; 3) гидротермальное – средне-, низкотемпературное – с сульфидами Pb, Zn, Cu в полиметаллических рудах, а также в жилах с кварцем и кальцитом; иногда в миндалинах вулканических пород; 4) реже встречается в осадочных породах. В зоне окисления по халькопириту образуется борнит, халькозин, ковеллин, куприт, хризокolla. Образцы с халькопиритом часто бывают покрыты медной зеленью и синью – малахитом и азуритом.

Месторождения: халькопирит-пентландит-пирротиновые руды известны на Кольском п-ове, в Красноярском крае; вулканогенно-осадочные – на Урале; гидротермальные – в Казахстане. В Карелии известны м-я Воронов Бор, Воицкое, Лобаш-1.

Использование: важная руда на Cu, попутно извлекают Ag, In. Используется как металл (медная проволока), в сплавах, в электротехнике и некоторых других отраслях.

Борнит Cu_5FeS_4 (пестрая медная руда). Содержит изоморфные примеси Ge, Re, Se, Te. Встречается в двух главных полиморфных модификациях: 1) высокотемпературной кубической, $T > 228\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2) низкотемпературной тетрагональной (мы работаем с низкотемпературной модификацией). В кристаллах встречается редко, обычно бывает представлен в зернистых массах, сплошных рудах, жилах. Цвет розово-фиолетово-коричневый (или бронзово-красный), часто с сине-фиолетовой побелостью, либо черным налетом из-за окисления, «пестрый». Черта серо-черная, блеск металлический или полуметаллический. Излом неровный, спайность отсутствует. Хрупкий. Твердость 3. Плотность 5–5,2 г/см³.

Происхождение: 1) гидротермальное – в медно-порфировых и колчеданно-полиметаллических месторождениях; 2) гипергенное – образуется в зоне вторичного сульфидного обогащения; 3) осадочное – в медистых песчаниках; 4) борнит высокотемпературной модификации может встречаться в позднемагматических месторождениях. При окислении замещается халькозином, малахитом, азурином, купритом, лимонитом.

Месторождения: эндогенные, обычно совпадают с месторождениями халькопирита.

Использование: получение меди.

Группы теннантита – тетраэдрита (блеклые руды), буланжерита – джемсонита в объеме практических занятий не рассматриваются, с ними можно познакомиться самостоятельно.

КЛАСС ОКСИДЫ И ГИДРОКСИДЫ

Оксиды и гидроксиды – это соединения металлов и полуметаллов с кислородом; гидроксиды содержат группу OH, добавочные анионы или воду. В окислах преобладает ионный тип связей с небольшим вкладом ковалентной и металлической. В гидроокислах существенно влияние водородных связей. Для простых оксидов характерен ограниченный изоморфизм (не более 1 %), для сложных (магнетит, хромит) – более широкие изоморфные замещения (например, как в магнетите, хромите), гетеровалентные замещения развиты в тантало-ниобатах. Для простых оксидов характерны координационные структуры, для кварца – каркасная структура; в сложных оксидах встречаются цепочечные и каркасные, в гидроксидов – ленточные и слоистые структуры. Минералы с координационной и каркасной структурами имеют изометричный облик, цепочечные оксиды – удлиненно-призматический, ленточные и слоистые образуют уплощенно-таблитчатые кристаллы.

Общие свойства: цвет минералов зависит от хромофора. Окислы с Fe, Mn, Ti, Nb, Ta обычно черные, буро-коричневые, являются полупроводниками с полуметаллическим, реже металлическим блеском. Твердость высокая: у черных оксидов преимущественно – 6, для кварца, касситерита, рутила, корунда – 7–9. У гидроксидов твердость снижается от 5 до 1–2 (вады, лимонит, боксит – минеральные смеси, содержащие гидроксиды).

ПРОСТЫЕ ОКСИДЫ КООРДИНАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Корунд Al_2O_3 . Сингония тригональная. Иногда содержит примеси Fe, Cr. Кристаллы столбчатые, бочонковидные, встречается также в зернистых агрегатах. Цвет синий, серо-синий, розовый, блеск стеклянный, в хороших кристаллах – до алмазного. Спайности нет (бывает видна отдельность). Твердость 9. Плотность 4 г/см^3 .

Разновидности: сапфир синий прозрачный, рубин розово-красный (окраска за счет Cr). Наждак – зернистая порода серо-черного цвета, содержащая корунд.

Происхождение: 1) позднемагматическое – в пегматитах, связанных с сиенитами; 2) контактово-метаморфическое; 3) накапливается в россыпях.

Месторождения: известны в Ильменских горах на Урале, в Казахстане; сапфиры поступают из Бирмы, Шри-Ланки, Индии. В Карелии розовые корунды встречаются на Хит-острове оз. Верхнее Пулонгское в метаморфических породах.

Использование: корунд, наждак – абразивы; сапфир, рубин – драгоценные камни.

Гематит (красный железняк) Fe_2O_3 . Сингония тригональная. Цвет у минерала черный с красноватым оттенком, серо-стальной в кристаллах. Черта коричневатая-красная (вишнево-красная) – характерный диагностический признак. Немагнитен. Блеск полуметаллический в мелкозернистых рудах, до металлического в кристаллах. Твердость 5,5–6, в тонкозернистых рудах снижается. Плотность $5,2 \text{ г/см}^3$.

Разновидности: железный блеск – тонкочешуйчатый гематит. Образования черного цвета в виде цветка называют гематитовыми розами, мелкочешуйчатые образования называются Fe-слюдами, натечные – Fe-голова, встречаются оолиты. Псевдоморфоза гематита по магнетиту называется мартитом.

Происхождение: 1) контактово-метасоматическое; 2) гидротермальное – в жилах; 3) осадочное; 4) метаморфическое (при метаморфизме осадочных Fe-руд). В зоне окисления замещается гетитом, лимонитовой смесью.

Месторождения: Курская магнитная аномалия, Кривой Рог (Украина), оз. Верхнее в США, другие страны. В Карелии встречается в виде прослоев и жил на Туломозерском м-и.

Использование: 1) руда на Fe; 2) получение стали, сплавов, чугуна; 3) используется в машиностроении и разных отраслях промышленности.

Уранинит UO_2 . Сингония кубическая. Содержит примеси Th, Pb, Ra, He, содержание U составляет 50–65 %. Кристаллы кубические встречаются редко, обычно образует почковидные, натечные и плотные массы черного, буро-серого цвета. Блеск полуметаллический, смолистый на вид. Твердость 5,6–6. Плотность 8–10 г/см³. Имеет сильную естественную радиоактивность.

Разновидности: 1) урановая смоляная руда и смолки – это колломорфные и скрытокристаллические выделения; 2) настуран – натечные и черные землистые агрегаты.

Происхождение: 1) позднемагматическое – в пегматитах; 2) гидротермальное – в жилах с сульфидами, флюоритом; 3) осадочное – в битуминозных породах. В зоне окисления замещается и переходит в землистые разности – урановые слюдки.

Месторождения: известны на Украине, в Средней Азии. В Карелии встречается в Онежской структуре (м-я Падминского типа).

Использование: руда на U.

ОКСИДЫ С ЦЕПОЧЕЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

Рутил TiO_2 . Сингония тетрагональная. Содержит незначительное количество примесей Fe, Nb, Sn, V. Кристаллы призматические, игольчатые, встречаются коленчатые двойники. Цвет коричнево-красный, бурый до черного, желто-коричневый. Черта светло-коричневая, желтая. Блеск полуметаллический у темных кристаллов и стеклянный – у желтых. Спайность средняя по удлинению. Излом раковистый. Твердость 6–6,5. Плотность 4,2 г/см³.

Разновидности: 1) сагениит – игольчатый рутил, образующий вросстки в слюдах; 2) «волосы Венеры» – вросстки в кварце.

Происхождение: 1) магматическое – в разных породах (основных, средних кислых, щелочных); 2) метаморфическое – в гнейсах, сланцах; 3) гидротермальное – в кварцевых жилах и жилах альпийского типа; 4) накапливается в россыпях.

Месторождения: известны на Урале, в Норвегии.

Касситерит SnO_2 (оловянный камень). Сингония тетрагональная. Содержит примеси Fe, Nb, Ta. Кристаллы короткопризматические (до нескольких см), завершаются дипирамидой. Образует почки, сферолиты. Цвет темно-коричневый, бурый, черный. Черта светло-коричневая. Блеск полуметаллический. Твердость 6,5–7. Плотность 7 г/см³.

Разновидности: бурый скорлуповатый касситерит, похожий на древесину, носит название «деревянистое олово».

Происхождение: 1) встречается в пегматитах в ассоциации с мусковитом, альбитом, кварцем, колумбитом; 2) в альбитовых гранитах и грейзенах ассоциирует с мусковитом, топазом, кварцем; 3) в скарнах ассоциирует с Sn-содержащим гранатом и шеелитом; 4) в гидротермаль-

ных жилах – с кварцем, турмалином, высокотемпературными сульфидами; 5) накапливается в россыпях.

Месторождения: известны в Магаданской обл., Приморье, Забайкалье, Хабаровском крае, россыпи – в Бирме. В Карелии образуется в скалах Приладожья.

Использование: 1) в легкоплавких сплавах с Cu, Zn, Pb; 2) для лужения, белой жести, припоев.

Пирролюзит MnO_2 . Сингония тетрагональная. Встречается в радиально-лучистых агрегатах, игольчатых и землистых массах, оолитах, конкрециях. Цвет и черта черные. Блеск полуметаллический. Твердость от 2 до 5–6 (в разных агрегатах). Плотность 4,7–5 г/см³.

Происхождение: 1) образуется в коре выветривания Mn-содержащих пород, 2) осадочное.

Месторождения: известны на Южном Урале, в Грузии, на Украине.

Использование: 1) руда на Mn; 2) добавка к сталям, в химической промышленности, при производстве стекла; 3) при изготовлении медицинских препаратов.

ОКСИДЫ С КАРКАСНОЙ СТРУКТУРОЙ

Группа кварца

Кварц SiO_2 . Сингония низкотемпературного кварца – триклинная, высокотемпературного – гексагональная. Высокотемпературный α -кварц ($T = 575\text{--}870^\circ$) встречается во вкраплениях магматических пород; β -кварц ($T < 575$) – в друзах и хорошо ограненных кристаллах, жилах, миндалинах. У кварца есть полиморфные модификации: тридимит ($T \text{ обр.} = 870\text{--}1470^\circ$) – гексагональной сингонии; кристобалит ($T = 1470\text{--}1710^\circ$) – кубической сингонии. Низкотемпературный кварц, с которым мы обычно работаем на практикуме, образует кристаллы, секрции, жилы, друзы, щетки. Кристаллы имеют грани призмы и дипирамиды, встречаются скипетровидные кристаллы, разнообразные двойники. Цвет белый, серый, розовый, бывает прозрачный бесцветный. Блеск стеклянный. Спайности нет, излом раковистый. Твердость 7. Плотность 2,65 г/см³. Прозрачный кварц без внутренних дефектов обладает пьезоэлектрическими свойствами.

Разновидности кристаллические: горный хрусталь – прозрачный кварц; аметист – фиолетовый кварц; розовый кварц (в пегматитах); раухтопаз – дымчатый кварц; морион – черный кварц (в пегматитах, грейзенах, гранитах-рапакиви).

Кошачий, тигриный, соколиный, бычий глаз – кварц с включениями-вростками асбеста, актинолита, гематита. Авантюрин – с переливами желто-красного цвета, обусловленными включениями слюды и гематита. Натечные формы и секрции имеют тонкодисперсное строение, среди них выделяют: халцедон – серо-голубой цвет (волокнистое тонкодисперсное строение); сердолик – оранжево-красный; агат – полосчатый и зональный разного цвета; карнеол – коричнево-красный; празем и хризопраз – желто-зеленый, зеленый. Кварц тонкодисперсного строения, образующий конкреции, с механическими включениями песка, глины – это кремнь. Яшма – кварцевая порода с примесью других минералов и пигментов, окрашенная в разные цвета, с декоративными рисунками. Кварцит – горная порода, состоящая преимущественно из кварца.

Происхождение: 1) магматическое и позднемагматическое – вкрапления кварца в кислых горных породах, графические срастания в пегматитах (кварц никогда не встречается в нефели-

новых, оливиновых породах и хромитовых рудах); 2) гидротермальное – в жилах, друзах, щетках, миндалинах; 3) осадочное – накапливается в россыпях, песках, осадках; 4) метаморфическое – в разных по составу горных породах и кварцитах.

Месторождения: многочисленны. В Карелии примером красивого облицовочного камня могут служить метаморфизованные кварцитопесчаники с примесью гематита – красные шокшинские кварциты; гидротермальные жилы Костомукшского и Медвежьегорского р-нов; аметисты и карнеолы Заонежья (Волкостров и Кондобережская); морионы из гранитов-рапакиви в Приладожье.

Использование: 1) пьезокварц (горный хрусталь, морион) – в радиотехнике, кварц – в оптике; 2) аметист, халцедон, агат, хризопраз и некоторые другие – в ювелирном деле; 3) кварцевые пески используются в стекольной промышленности; 4) песчаники и кварциты – строительный материал; 5) кварц – абразивный материал; 6) источник получения Si; 7) красивые друзы, щетки, секрции – коллекционный материал.

Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (имеет глобулярное внутреннее строение). Встречается в конкрециях, натечных образованиях. Цвет белый, разный. Блеск стеклянный, матовый. Твердость 5,5. Плотность 1,9–2,3 г/см³.

Разновидности: кахолонг – белый, черный, огненный, перламутровый опал.

Происхождение: 1) образуется в корях выветривания; 2) гидротермальное вулканогенное – в миндалинах эффузивных пород, гейзеритах, реже гидротермальное жильное; 3) биогенное осадочное – в осадках (диатомит, трепел).

Использование: 1) благородный опал – драгоценный камень; 2) опаловые горные породы – строительный и термоизоляционный материал.

СЛОЖНЫЕ ОКСИДЫ С КООРДИНАЦИОННОЙ СТРУКТУРОЙ

Семейство шпинелидов

Шпинель (алюмошпинель) MgAl_2O_4 . Сингония кубическая. Характерны изоморфные замещения на Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} . Цвет голубой, синий, розовый, розово-красный, черный. Блеск стеклянный. Твердость 8. Плотность 3,57–3,72 г/см³.

Происхождение: 1) контактово-метасоматическое – в скарнах; 2) магматическое; 3) метаморфическое.

Использование: ювелирные изделия, коллекционный материал. Благородная шпинель – драгоценный камень.

Хромит (хромшпинель) FeCr_2O_4 . Кубическая сингония. Характерны изоморфные замещения Fe на Mg^{2+} , Cr на Fe^{3+} , Al^{3+} . Кристаллы октаэдрические небольшого размера, их скопления образуют шпирь, линзы, нодулы, вкрапленные и полосчатые руды. Цвет черный, черта черная и бурая. Блеск полуметаллический. Твердость 5,5. Плотность 4,5 г/см³. Слабо магнитный, за счет включений магнетита.

Происхождение: магматическое (ранне- и позднемагматическое) – в породах ультраосновных, образует вкрапления и руды. Ассоциирует с оливином, серпентином, магнетитом, уваровитом.

Месторождения: известны на Урале, в Казахстане, ЮАР. В Карелии – в Бураковском массиве (Аганозерское).

Использование: руда на хром, который является добавкой к тугоплавким, высокопрочным сталям.

Магнетит (ферришпинель) FeFe_2O_4 (магнитный железняк). Сингония кубическая. Содержит изоморфные примеси Mg, Ti, V, Mn и Fe – 72,4 %. Образует кристаллы разного размера – октаэдры, ромбододекаэдры, в рудах – разномзернистые срастания, сплошные массы, в породах встречаются вкрапленники, жилы. Цвет черный, черта черная. Блеск полуметаллический. Твердость 6–5,5. Плотность 5 г/см³. Сильно магнитный.

Разновидности: титаномagnetит содержит TiO_2 1–20 %, а также магнетиты с V, Mn, Mg (их названия даются с добавлением прилагательного по элементу-примеси, например магномagnetит).

Происхождение: 1) магматическое – в основных, щелочных породах и карбонатитах; 2) метасоматическое – в скарнах; 3) гидротермальное – в жилах; 4) метаморфическое – образуется при метаморфизме бурых железняков и первичных железо-кремнистых осадков; 5) может накапливаться в россыпях. При окислении магнетита образуется мартит (мартит – это псевдоморфоза гематита по магнетиту), затем переходит в гидроокислы Fe.

Месторождения: известны на Урале, Кавказе (Дашкесан), в Якутии, Швеции. Полосчатые железистые кварциты представлены м-ями Курской магнитной аномалии, Мурманской обл. (Михайловское, Оленегорское), Карелии (Костомукшское, Корпангское), Кривого Рога (Украина).

Использование: из магнетитовых руд получают Fe, из титаномagnetитовых – Fe, Ti, V. Магнетит, гематит, хромит, ильменит относятся к рудам черных металлов.

Группа ильменита

Ильменит FeTiO_3 (титанистый железняк). Сингония тригональная. Содержит примеси Mg, Nb, Cr, V. Кристаллы таблитчатые, пластинчатые разного размера, руды массивные. Цвет черный, черта черная. Блеск полуметаллический (смоляной), излом раковистый. Твердость 5,5–6. Плотность 4,7 г/см³. Бывает слабо магнитен.

Разновидности: пикроильменит (с Mg) встречается в кимберлитах.

Происхождение: 1) магматическое – в основных породах (пироксенитах, габбро), щелочных породах (нефелиновых сиенитах) и пегматитах; 2) встречается в кимберлитах (пикроильменит) и карбонатитах; 3) метаморфическое; 4) накапливается в россыпях.

Месторождения: Урал (в Ильменских горах).

Использование: из руд добывают Ti, который используется: 1) в сплавах (ферротитан) и как добавка в сталь; 2) в лакокрасочной промышленности – изготовление белил.

СЛОЖНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ Ti, Nb, Ta

Группа колумбита – танталита

Колумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ и **танталит** $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$. Сингония ромбическая. Представляют собой изоморфный ряд с замещениями Nb – Ta, Fe – Mn. Кристаллы уплощенные ромби-

ческие, пластинчатые. Цвет черно-бурый, черта темно-красная до черной. Блеск полуметаллический. Спайность средняя, излом неровный, минерал хрупкий. Твердость 6. Плотность 5,3–8 г/см³.

Происхождение: встречаются в измененных альбитизированных гранитах, пегматитах, грейзенах.

Использование: сырье на редкие металлы Nb, Ta.

ГИДРОКСИДЫ

Брусит Mg(OH)₂. Содержит изоморфные примеси Fe²⁺, Mn²⁺. Сингония тригональная. По форме выделения минерал тонкочешуйчатый, волокнистый (в сростании с серпентином). Цвет белый, серо-зеленый, черта белая. Блеск стеклянный, спайность совершенная. Твердость 2,5. Плотность 2,4 г/см³.

Происхождение: 1) образуется при изменении ультраосновных пород; 2) встречается в доломитах, скарнах вместе с серпентином.

Месторождения: известны на Урале, в Казахстане, Якутии.

Использование: при достаточном количестве для получения Mg и производства огнеупоров.

Диаспор AlOOH и **бёмит** AlO(OH). Минералы ромбической сингонии. Образуют скрытокристаллические разновидности. Цвет у диаспора коричнево-бурый, у бёмита – белый, желтый. Обычно встречаются с белым гидраргиллитом (гиббсит) Al(OH)₃, каолинитом, гидроокислами Fe. Входят в состав бокситов оолитового сложения.

Происхождение: месторождения бокситов образуются в корах выветривания Al-Si-пород в условиях жаркого климата.

Месторождения: известны на Урале, в Ленинградской и Архангельской обл., за рубежом.

Использование: руда на Al – легкий металл, используемый в технике, самолетостроении, приборах.

Гётит FeOOH и **гидрогётит** с nH₂O. Сингония ромбическая. Кристаллы пластинчатые, встречаются в виде сферолитовых корок и землистых агрегатов. Цвет темно-коричневый, желто-бурый. Черта буро-желтая, блеск различный, у охр – матовый. Твердость 2–5,5. Плотность 3,3–4,3 г/см³.

Происхождение: 1) осадочное (химический осадок, биогенный); 2) образуются в коре выветривания при разложении пирита, сидерита, магнетита. Входят совместно с **лепидокрокитом** FeO(OH) в состав бурых лимонитовых железняков.

Манганит MnO(OH). Минерал моноклинной сингонии. Имеет черный цвет, полуметаллический блеск. Образует черные массы. Твердость 4. Плотность 4,3 г/см³.

Романешит BaMn²⁺Mn⁴⁺O₂₀ · 3H₂O. Сингония ромбическая. Содержит примеси Fe, Al, Si, W. BaO 16–17 %. Первоначально был выделен как бариевый псиломелан. Образует оолиты, почки, бывает натечный, землистый. Цвет и черта черные. Блеск полуметаллический тусклый, у землистых агрегатов – матовый. Твердость 5–6. Плотность 4–4,7 г/см³.

Происхождение: образуется в зоне окисления.

Месторождения: известны во Франции (м-е Романеш), на Урале. Оксиды и гидроксиды марганца входят в вады – минеральную смесь Mn-минералов.

СЛОЖНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ СМЕСИ

Боксит – гидроокислы алюминия (иногда с примесью лимонита). Имеют оолитовое строение. Содержат диаспор, бёмит, гидраргиллит.

Происхождение: образуются в корях выветривания.

Использование: руда на Al.

Лимонит – гидроокислы железа. Содержит гётит, гидрогётит, лепидокрокит, гематит в разных сочетаниях. Минеральная смесь бурого, коричнево-бурового, буро-желтого цвета с оранжевой чертой. А также с примесью глинистого и песчаного материала. Образует натечные формы, корочки, землистые агрегаты, охристые массы. Лимониты оолитового (бобового) сложения называют бобовой железной рудой. Образует полные псевдоморфозы по пириту, сидериту, марказиту. Твердость 1–5. Плотность 2,7–4,3 г/см³.

Происхождение: 1) образуется в зоне окисления и корях выветривания; 2) химические и биохимические осадки – морские, озерные и болотные руды.

Использование: руда на Fe.

Вады – рыхлая землистая смесь гидроокислов Mn, романешита (псиломелана) и оксида марганца. Форма выделения – порошки, охры, дендриты на плоскости, оолиты, крупные скорлупообразные шары – океанические конкреции, почки. Цвет черный. Блеск матовый. Черта коричнево-черная, черная. Твердость 1–2 (до 4–6). Плотность 2,8–4,4 г/см³. Асболан – вады с примесью Со, тунгомелан – с примесью W.

Происхождение: 1) экзогенное – образуются в зоне окисления марганец-содержащих пород, 2) осадочное – в марганцевых конкрециях в глубоководных впадинах.

Использование: получение Mn и примесей, которые встречаются в рудах совместно. Идет в сплавы, химическую промышленность, медицину.

КЛАСС ГАЛОИДЫ

Среди галоидов выделяют подклассы фторидов и хлоридов. Наиболее распространенными среди них являются минералы флюорит, галит, сильвин, их мы изучаем на практикуме.

ПОДКЛАСС ФТОРИДЫ КООРДИНАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Флюорит CaF_2 (или плавленый шпат). Сингония кубическая. В структуре на месте Са могут находиться примеси Y и РЗЭ. Образует кубические и октаэдрические кристаллы, кубооктаэдры, двойниковые сростания, друзы, жилы, сплошные массы, зональные сферолиты. Цвет фиолетовый, зеленоватый, желто-зеленый разных оттенков, иногда синий, минерал бывает бесцветный и полихромный. Блеск стеклянный, черта бесцветная. Встречаются зональные кристаллы с зонами роста разного цвета. Фиолетовый цвет связан с примесями РЗЭ. Многие флюориты люминесцируют под ультрафиолетовыми лучами синим или фиолетовым цветом. Спайность совершенная. Твердость 4. Плотность 3,18–3,2 г/см³.

Разновидности: оптический флюорит – прозрачный, бесцветный; ратовит – землистый, бледно-фиолетовый.

Происхождение: 1) гидротермальное низкотемпературное – выделяется в жилах, прожилках, гнездах и вкрапленности в измененных породах, грейзенах; 2) контактово-метасоматическое – в скарнах (обычно при средних и низких температурах). Спутники флюорита в жилах и гнездах – это кварц, барит, кальцит, сульфиды Pb, Zn, Sb. В грейзенах он ассоциирует с мусковитом, топазом, турмалином, вольфрамитом, касситеритом.

Месторождения: известны в Забайкалье, Средней Азии, Архангельской обл. В Карелии встречается в грейзенах, скарнах, жилах и прожилках в гранитах комплекса рапакиви в районе Питкяранты.

Использование: 1) в химической промышленности – получение фтора и плавиковой кислоты; 2) флюс в металлургии, снижающий температуру плавления; 3) оптическое сырье; 4) ювелирный камень.

ПОДКЛАСС ХЛОРИДЫ КООРДИНАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Галит NaCl , каменная или поваренная соль. Сингония кубическая. Кристаллы кубические разного размера, в сплошных агрегатах и корках в бассейнах – мелкозернистый, иногда встречаются друзы, сталактиты (в подземных выработках). В соляных бассейнах в рассолах встречаются плавающие кристаллы – «лодочки». Цвет белый, серый, прозрачный. Блеск стеклянный. Спайность совершенная. Твердость 2. Плотность 2,1 г/см³. Легко растворяется в воде. Соленый на вкус.

Происхождение: 1) экзогенное, это химический осадок усыхающих морей, озер и захороненный в пластах и линзах в более древних осадках; 2) образуется в современных морях на мелководье при испарении, в т. ч. в искусственных «ваннах».

Месторождения: известны в районе Каспийского моря (озера Эльтон, Баскунчак), в Крыму, центральной и южной полосе России, на Донбассе, в Закарпатье, Болгарии, Польше. Обнаружен в параметрической скважине в западной части Онежской структуры в Кондопожском р-не Карелии.

Использование: 1) пищевая и 2) химическая промышленность – для получения Na, Cl, соды, HCl, перекиси натрия и др., в катализе; 3) для изготовления ярких ламп с парами натрия, антифрикционных сплавов и при очистке инертных газов.

Сильвин KCl (калийная соль). Сингония кубическая. Образует кубические кристаллы и сплошные, зернистые и слоисто-полосчатые массы. Цвет белый, серый, оранжево-красный, розоватый (из-за примесей гематита). Блеск стеклянный. Черта белая. Спайность совершенная. Твердость 1,5–2. Плотность 2 г/см³. Горько-соленый, растворим в воде.

Происхождение: химический осадок усыхающих морей, озер.

Месторождения: известны в Пермском крае, Белоруссии, Германии.

Использование: 1) в химической промышленности; 2) калийное удобрение; 3) в медицинских целях.

Кроме этих наиболее распространенных хлоридов, в осадочных месторождениях калийных солей встречается карналлит $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и как химический осадок усыхающих морей – бишофит $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, используемые: 1) как калийное удобрение и сырье на K и Mg; 2) в медицинских целях для лечения артрозов. В последнее время для лечения органов дыхания широко применяются дыхательные процедуры в комнатах, оборудованных с использованием калийных солей.

КЛАСС КАРБОНАТЫ

Карбонаты – это соли угольной кислоты. Катионы представлены Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu, щелочами, редкоземельными металлами, анионы – CO_3^{2-} , дополнительно $(\text{OH})^-$, F^- , Cl^- . Для группировки $[\text{CO}_3]^{2-}$ характерна ковалентная связь, у катионов с анионами – ионная, с группами $(\text{OH})^-$ или H_2O – водородная. Для катионов характерны изовалентные изоморфные замещения. Структура островная, определяется плоским изолированным треугольником $[\text{CO}_3]^{2-}$, но есть и более сложные структуры (цепочечные, каркасные). Существуют полиморфные модификации, например у кальцита (тригональная сингония) – арагонит (ромбическая сингония).

Общие свойства: цвет и черта минералов преимущественно белые, блеск стеклянный. Примеси Cu^+ дают голубой цвет, Mn – розовый, Fe – бурый, черный и серый – с битумами, зеленый – из-за вростков актинолита, коричневато-красный – гематита. Карбонаты реагируют с HCl с выделением CO_2 (но по-разному: непосредственно в порошке или при нагревании). Карбонаты щелочноземельных металлов люминесцируют.

Использование: 1) как строительные материалы (мрамор, известняк); 2) для цемента (доломит); 3) в химической промышленности, в т. ч. для получения соды; 4) как огнеупоры (магнезит), флюсы (известняк); 5) оптическое сырье (исландский шпат); 6) декоративный, ювелирный и поделочный камень (малахит, азурит, мрамор).

ПРОСТЫЕ КАРБОНАТЫ

Группа кальцита

Кальцит $\text{Ca}[\text{CO}_3]$. Сингония тригональная. Может содержать незначительные примеси Mg^{2+} , Mn, Fe. Форма кристаллов ромбоэдри, скаленоэдри, иногда сдвойникованные, встречаются друзы, секрции, натечные зональные образования, часто радиального строения (сталактиты, сталагмиты). Мелкозернистые плотные агрегаты – горные породы (мрамор), порошковые массы – мел. Цвет преимущественно белый с разными оттенками благодаря вхождению примесей, бывает полупрозрачный и прозрачный. Спайность совершенная по ромбоэдру. Твердость 3. Плотность $2,7 \text{ г/см}^3$. Реагирует с HCl с выделением CO_2 .

Разновидности: исландский шпат – прозрачные кристаллы с сильным двупреломлением.

Происхождение: 1) осадочное – в виде пород известняка, мела; 2) метаморфическое – в виде плотного мрамора; 3) магматическое – в составе карбонатитов; 4) низкотемпературное гидротермальное – в жилах, секрциях, миндалинах, в разнообразных рудах; 5) гидротермально-метасоматическое – в скарнах; 6) вадозное – в пещерах.

Месторождения: известны на Урале, Кавказе, в Средней Азии, Карелии, Сибири. В Исландии и Сибири встречается прозрачный кальцит – исландский шпат. Известняк и известняки-ракушечники распространены в южных регионах России (Кавказ, Крым), Архангельской обл. В Карелии присутствует серый кальцитовый мрамор (м-е Рускеальское), кальцит-доломитовые мраморы (м-я Ковадъярви, Белогорское).

Магнезит $\text{Mg}[\text{CO}_3]$. Сингония тригональная. Содержит примеси Fe^{2+} , иногда Ca, Mn. Встречается в виде ромбоэдров или белых фарфоровидных скрытокристаллических агрегатов.

Цвет белый, серый. Спайность совершенная (либо не видна в фарфоровидных выделениях). Твердость 4–4,5. Плотность 3 г/см³. В HCl разлагается только при нагревании.

Происхождение: 1) метасоматическое – в магнезиальных скарнах; 2) гидротермально-метасоматическое – при изменении ультраосновных пород; 3) в корях выветривания ультрабазитов.

Месторождения: известны на Урале (Саткинское, Халиловское), Дальнем Востоке.

Использование: магнезиальное сырье, получение MgO, высокоогнеупорных кирпичей, штукатурки, цемента Сореля.

Сидерит Fe[CO₃]. Сингония тригональная. Содержит примеси Mn, Mg. Образует кристаллы-ромбоэдры. Агрегаты зернистые (зерна разного размера). Цвет буро-желтый. Спайность совершенная. Твердость 5–4,5. Плотность 4 г/см³. Легко разлагается в HCl с образованием осадка FeCl₃ желто-коричневого цвета.

Разновидности: изоморфный ряд с MgCO₃ представлен брейнеритом (Fe, Mg)[CO₃] (5–10 – до 30 % MgCO₃), сидероплезитом (до 50 % MgCO₃).

Происхождение: 1) гидротермальное либо гидротермально-метасоматическое – в жилах с полиметаллами; 2) реже осадочное – в застойных восстановительных условиях при недостатке кислорода; 3) метаморфическое. В окислительных условиях неустойчив.

Месторождения: известны на Южном Урале, в Австралии, Испании. В Карелии встречается в метаморфических породах в виде вкрапленников.

Использование: при богатых скоплениях используется как руда на железо (перед плавкой руды обжигаются).

Родохрозит Mn[CO₃] – карбонат розового цвета.

Смитсонит Zn[CO₃] – карбонат зелено-голубого цвета.

Группа арагонита

Арагонит Ca[CO₃]. Сингония ромбическая. Иногда содержит примеси Sr, Pb. Кристаллы призматические, агрегаты радиально-лучистые, шестоватые, образует натечные сталактитовые формы и ветвистые агрегаты, сростания оолитов, раковины, жемчужины. Цвет белый, бежевый, блеск стеклянный, спайность средняя. Твердость 4–4,5. Плотность 2,9 г/см³. В HCl бурно разлагается с выделением CO₂.

Происхождение: 1) низкотемпературное гидротермальное – образуется в современных горячих источниках и миндалинах; 2) осадочное – в органогенных известняках; 3) вадозное – в карстовых пещерах; 4) гипергенное – в корях выветривания.

К этой группе же относятся и более редкие карбонаты – стронцианит Sr[CO₃], церуссит Pb[CO₃], витерит Ba[CO₃].

СЛОЖНЫЕ КАРБОНАТЫ

Группа доломита

Доломит $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$, иногда содержит примеси Fe. Сингония тригональная. Образует кристаллы-ромбоэдры, разномзернистые агрегаты, слагает плотные горные породы (доломитовый мрамор), осадки, землистые массы. Цвет белый, бежевый, бурый. Спайность совершенная. Твердость 3,5–4. Плотность 2,9 г/см³. С HCl реагирует слабо. Конечный член изоморфного ряда с доломитом – **анкерит** $\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$.

Происхождение: 1) осадочное; 2) гидротермальное – в рудных жилах; 3) контактово-метасоматическое – в скарпах.

Месторождения: известны на Урале, Кавказе, в Крыму, Подмосковье, Поволжье, Сибири, Средней Азии, на Донбассе.

Использование: 1) для получения цемента; 2) плотная горная порода (мрамор) – строительный облицовочный материал.

СЛОЖНЫЕ КАРБОНАТЫ С ДОБАВОЧНЫМИ АНИОНАМИ

Малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$. Сингония моноклинная. Встречается в натечных образованиях, почках и концентрически-зональных сростаниях, землистых и порошковых налетах (так называемая медная зелень). Цвет зеленый, черта бледно-зеленая. Блеск стеклянный, в порошковых выделениях матовый. Спайность совершенная, в натечных и порошковых агрегатах не видна. Твердость 3,5. Плотность 4 г/см³. Разлагается HCl.

Происхождение: гипергенное – образуется в зоне окисления сульфидных медных месторождений, выделяется совместно с азуритом, хризоколлой, самородной медью, лимонитом.

Месторождения: известны на Урале. Корочки и порошковые налеты встречаются в зоне окисления на многих рудных объектах с сульфидами меди. В Карелии – на м-ях Воронов Бор, Воицкое.

Использование: 1) поделочный ювелирный камень; 2) при небольших концентрациях совместно с сульфидами – для получения меди.

Азурит $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$. Сингония моноклинная. Встречается в корочках, друзах, мелкокристаллических налетах, землистых массах (как медная синь). Цвет темно-синий, черта голубая. Блеск стеклянный. Твердость 3,5–4. Плотность 3,8 г/см³. Разлагается в HCl.

Происхождение: гипергенное – образуется в зоне окисления сульфидных медных месторождений, выделяется совместно с малахитом.

Месторождения: известны на Урале. Корочки и порошковые налеты встречаются на м-и Воронов Бор в Карелии.

Использование: поделочный ювелирный камень (изредка), коллекционный камень.

Более редкие карбонаты РЗЭ с дополнительными анионами – это бастнезит и его группа $\text{Ce}[\text{CO}_3]_2\text{F}$ (рекомендуем познакомиться самостоятельно).

КЛАСС ФОСФАТЫ И ИХ АНАЛОГИ

Класс фосфаты – это соли фосфорной кислоты. Структура определяется тетраэдром $[\text{PO}_4]^{3-}$, в котором связь между элементами ковалентная, а с катионами – ионная. В дополнительных группах $(\text{OH})^-$ и H_2O – водородная. Встречаются разные типы структур – координационная, островная, цепочечная, слоистая. Цвет минералов зависит от хромофоров (как катионов, так и анионов). Для фосфатов РЗЭ характерна люминесценция. Аналогами фосфатов являются ванадаты с радикалом $[\text{V}_2\text{O}_8]$, минералы группы урановых слюдок и арсенаты с радикалом $[\text{AsO}_4]$.

Простые (без добавочных анионов)

Монацит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Th} \dots)[\text{PO}_4]$. Сингония моноклинная. Примесь ThO_2 может достигать 5–10 %. Кристаллы уплощенно-таблитчатые, чаще встречаются в виде вкрапленников в полевошпате из пегматитовых жил, где могут в длину достигать от 1 см до нескольких. Цвет бурый, красновато-коричневый. Черту не дает. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по (100). Твердость 5–5,5. Плотность 5 г/см³. Минерал слабо радиоактивный.

Происхождение и месторождения: 1) магматическое – в гранитах, пегматитах, щелочных горных породах (м-я в Карелии, на Кольском п-ове); 2) гидротермальное – в грейзенах и жилах; 3) реже метаморфическое; 4) может накапливаться в россыпях, развитых в областях распространения щелочных гранитов, пегматитов.

Использование: для получения редкоземельных элементов.

С добавочными анионами и водой

Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH}, \text{O}, \text{CO}_3)$. Сингония гексагональная. Может содержать примеси Sr, TR, Y, Mn. В пегматитах встречаются шестигранные удлиненно- и коротко-призматические кристаллы, с хорошо выраженными гранями гексагональной призмы и дипирамиды. Руды в щелочных массивах и карбонатитах сложены мелкозернистым сахаровидным апатитом, представлены в Мурманской обл. (м-я Хибинские, Ковдорское). Размер кристаллов от микроскопических до гигантских. Встречаются натечные корочки, почки, в фосфоритах – оолиты. Цвет желто-зеленый, голубой, белый, реже розовый (с Mn), черный (с включениями – в осадках). Цвет связан с изоморфными замещениями или включениями-вростками. Черта белая. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная. Излом неровный. Твердость 5. Плотность 3,2 г/см³. Характерна сиреневая и розовая люминесценция.

Разновидности: называются по дополнительным анионам F, Cl и OH – апатит; с CO_3 – фосфорит; натечные с вакансией в структуре и CO_3 – франколит, штаффелит.

Происхождение: 1) магматическое – встречается как акцессорный в разных горных породах. Рудные скопления образуются в щелочных породах, нефелиновых сиенитах (а), в карбонатитах (б), в габбро (в); крупные кристаллы, сросшиеся с полевыми шпатами, встречаются в пегматитах (г); 2) контактово-метасоматическое – встречается в скарнах и других гидротермально-метасоматических породах; 3) фосфориты образуются в осадочном процессе; 4) гипергенное – натечные штаффелиты в зоне окисления апатитовых руд.

Месторождения: известны в Мурманской обл. (Хибинские, Ковдорское), Сибири, Бурятии. В Карелии – в карбонатитах Тикшеозерского и субщелочных породах Элисенваарского массивов.

Использование: 1) фосфорные удобрения; 2) в химической промышленности получение фосфора Р, фосфорной кислоты H_3PO_4 ; 3) в пиротехнике.

Вивианит $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Моноклинная сингония. Образует радиально лучистые, звездчатые агрегаты, включенные в конкреции лимонитовых руд, землистые массы. Цвет неокисленного минерала – бесцветный, белесый, светло-зеленый. При окислении и замещении $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ цвет становится сине-черным. Блеск стеклянный. Черта бурая, голубоватая. Твердость 1,5–2, плотность 2,6–2,7 г/см³. Спайность совершенная по одному направлению.

Происхождение и месторождения: 1) экзогенное – встречается в торфяниках Московской обл.; 2) осадочное – в железных рудах морского и озерного происхождения (в Крыму на м-и Керченское встречаются радиально-лучистые кристаллы в конкрециях и псевдоморфозы по раковинам); 3) вторичное в зоне окисления – в пегматитах.

Использование: синий краситель (при достаточных концентрациях).

Бирюза $\text{Cu}(\text{Al}, \text{Fe})_6[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Сингония триклинная. Образует плотные скрытокристаллические массы, прожилки, стяжения. Цвет голубой, зеленовато-голубой. Блеск стеклянный, восковый, излом раковистый, Твердость 5–6. Плотность 2,7 г/см³.

Происхождение: экзогенное – образуется в брекчированных Cu- и P-содержащих породах.

Месторождения: известны в Узбекистане, Казахстане, Иране, Австралии.

Использование: ювелирный.

ПОДКЛАССЫ ВАНАДАТЫ, ФОСФАТЫ, АРСЕНАТЫ СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ, ВОДНЫЕ

Уранил-ванадаты, уранил-фосфаты

Группа урановых слюдок слоистой структуры

Образуют охры и порошковые налеты ярких цветов. Все минералы сильно радиоактивные. Твердость 1–2,5. Ассоциируют с уранинитом, настураном, баритом. Проходим обзорно.

Карнотит – $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – порошкообразный, ярко-желтый.

Тюямунит – $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ – землистый, зеленовато-желтый.

Отенит – $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ – желтый.

Торбернит – $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – изумрудно-зеленый.

Происхождение: минералы зоны окисления урановых месторождений.

Использование: урановое сырье.

Арсенаты. Эритрин $\text{Co}_3[\text{AsO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (название минерала дано по цвету – красный). Сингония моноклинная. Содержит примеси Ni, Mg, Fe^{2+} . Образует землистые массы, мелкокристаллические агрегаты розового, малинового цвета. Блеск стеклянный, матовый. Черта светло-розовая. Твердость 1,5–2. Плотность 3,1 г/см³. Продукт окисления кобальтина. Эритрин – минерал-индикатор и поисковый признак на кобальт.

Аннабергит $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Сингония моноклинная. С эритрином существует непрерывный изоморфный ряд с замещением Co на Ni. Образует налеты, землистые массы, корочки. Цвет от светло-зеленого до серо-зеленого. Блеск стеклянный. Черта белая, бледно-зеленая. Спайность в порошковых массах не видна. Твердость 2,5–3. Плотность 3 г/см³. Вторичный минерал, образуется при окислении Ni-As руд (более редкий, чем эритрин). Поисковый признак на никель.

Происхождение: эритрин и аннабергит образуются в зоне окисления кобальт-никелевых арсенидных и сульфоарсенидных (As, S-As) месторождений.

Месторождения: известны на Алтае, в Закавказье (Дашкесан).

Использование: добываются совместно с арсенидами Co, Ni как руды на эти элементы, могут быть красителями.

КЛАСС СУЛЬФАТЫ

Сульфаты – минералы соли серной кислоты с катионами Na, K, Mg, Sr, Ca, Ba. Изоморфизм в них встречается редко (за исключением Ba на Sr: барит-целестин). Для них характерен ковалентно-ионный тип химической связи, в минералах с группой OH^- или H_2O – водородная связь. В сульфатах преобладают координационные или слоистые (в водосодержащих) структуры. Тип структуры этих минералов определяется группировкой-«островом» $[\text{SO}_4]^2$. Среди кристаллов распространены ромбоэдры. Большинство минералов бесцветные с низкой твердостью. Окраска связана с Cu^{2+} , Fe^{2+} , $^{3+}$, включениями гематита. Сульфаты щелочных металлов растворимы в воде.

Сульфаты простые, островной структуры без добавочных анионов

Ангидрит $\text{Ca}[\text{SO}_4]$. Сингония ромбическая. Иногда содержит примеси Mn, Mg, Sr, Ba, TR. Кристаллы короткостолбчатые. Образует мелко- и тонкозернистые агрегаты. Белый, голубовато-серый, черта белая. Блеск стеклянный. Спайность средняя и совершенная. Твердость 3,5. Плотность 3 г/см³.

Происхождение: 1) осадочное хемогенное – встречается в эвапоритовых осадках с гипсом и галитом (образуется при $T > 42^\circ$, при более низкой отлагается гипс); 2) низкотемпературное гидротермальное.

Происхождение и месторождения: образуется в лагунах мелководных морей. Известен в южной части России, на Украине.

Использование: для производства цемента.

Барит $\text{Ba}[\text{SO}_4]$ (тяжелый шпат). Сингония ромбическая. Содержит примеси Sr, Pb, Ra. Кристаллы тонко-таблитчатые, ромбо-призматического облика, образуют друзы, разнозернистые срастания. Цвет белый, серый, розовый, черта белая. Из-за примеси битумов – темно-серый, гематита – розовый (в Карелии). Спайность совершенная и средняя. Блеск стеклянный. Твердость 3–3,5. Плотность 4,5 г/см³. Минерал тяжелый.

Разновидности: минерал с примесью стронция называется стронциобаритом.

Происхождение: 1) гидротермальное низкотемпературное – в колчеданных рудах, в жилах с галенитом, сфалеритом, пиритом, а также нерудными минералами – кальцитом, флюоритом, аметистом; 2) реже осадочное – в рудах марганцевых месторождений, иногда конкрециях.

Месторождения: известны на Урале (в колчеданных рудах), Алтае, в Средней Азии (Казахстан, Туркмения), Грузии.

Использование: 1) как утяжелитель буровых растворов; 2) в химической промышленности – получение бария, солей бария; 3) использование в пиротехнике, а также в производстве стекла, керамики, белил в резиновой, бумажной и лакокрасочной промышленности; 4) в медицине; 5) в материалах, защищающих от рентгеновских лучей.

Целестин $\text{Sr}[\text{SO}_4]$. Сингония ромбическая. Может содержать примесь Ba. Кристаллы таблитчатые, ромбо-призматические. Цвет небесно-голубой, серый, бывает прозрачный, черта белая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная. Твердость 3–3,5. Плотность 4 г/см³.

Происхождение: 1) осадочное – встречается с гипсом, баритом; 2) гидротермальное.

Месторождения: известны в Поволжье, Архангельской обл., Средней Азии.

Использование: 1) для получения стронция, в химической промышленности; 2) в пиротехнике; 3) в медицине (фармацевтике).

Сульфаты слоистой структуры, водные

Гипс – $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Сингония ромбическая, структура слоистая. Образует ромбо-призматические, тонко-таблитчатые кристаллы, двойники типа «ласточкин хвост», зернистые агрегаты, листоватые, волокнистые сростания. Цвет белый, прозрачный, серый и светло-розовый из-за примесей, черта белая. Блеск стеклянный, у волокнистого гипса – до шелковистого. Спайность весьма совершенная по (010). Твердость 2. Плотность $2,3 \text{ г/см}^3$.

Разновидности: плотный волокнистый полупрозрачный гипс называется селенитом.

Происхождение: 1) хемогенное осадочное – образуется в морских осадках вместе с галитом, ангидридом; 2) гипергенное – в зоне окисления сульфидных месторождений; 3) низкотемпературное гидротермальное – образуется в fumarолах современных вулканов (а) и за счет подземных вод в глинисто-песчаных осадках (б).

Использование: 1) строительный материал (используют алебастр – полуобожженный и обожженный гипс), в архитектуре, скульптурах («скульптурный камень»), волокнистый гипс – для поделок; 2) в производстве цемента (портландцемент); 3) в медицине.

Мирабилит (глауберова соль) $\text{Na}_2[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Моноклинная сингония. Минерал мелко-, тонкозернистый белого цвета, горько-солончатый на вкус. Твердость 3. Плотность $1,49 \text{ г/см}^3$. Растворим в воде. (С ним ассоциирует тенардит $\text{Na}_2[\text{SO}_4]$ – безводный минерал ромбической сингонии.)

Происхождение и месторождения: 1) встречаются в хемогенных осадках (эвапоритах), усыхающих озерах, лагунах. М-я известны в заливах Каспийского моря, в Закавказье, выпадает иногда на почве; 2) низкотемпературное гидротермальное (вулканическое) – в областях действующих вулканов (вблизи морских побережий).

Использование: для производства соды и в медицинских целях.

Алунит $\text{KAl}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$. Сингония тригональная. Содержит примесь Na. Встречается в землистых и сплошных плотных (форфоровидных) массах с брекчиевидной текстурой. Цвет бело-серый, желтоватый. Твердость 3,5–4. Плотность $2,8 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: 1) гидротермальное – в связи с вулканической деятельностью; 2) гипергенное – в зоне окисления.

Месторождения: известны на Камчатке (во вторичных кварцитах), в Азербайджане.

Использование: 1) для производства квасцов, поташа; 2) при достаточном количестве может быть рудой на алюминий.

Ярозит $\text{KFe}_3^{3+}[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$. Сингония тригональная. Иногда содержит изоморфную примесь Na. Выделяется в виде землистых масс, охр, иногда в конкрециях. Цвет и черта желтые, серо-желтые, коричневато-желтые. Блеск стеклянный или матовый. Спайность совершенная, в тонких агрегатах не видна. Твердость 2,5–3,5. Плотность $3,2 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: 1) образуется в зоне окисления колчеданных месторождений; 2) при разложении кристаллов пирита в сланцах. В зоне окисления встречается часто, похож на лимонит.

Месторождения: известно в Казахстане, в зоне окисления встречается в небольших количествах достаточно часто.

Использование: сырье для полировального порошка.

КЛАСС МОЛИБДАТЫ, ВОЛЬФРАМАТЫ, ХРОМАТЫ

Шеелит CaWO_4 . Сингония тетрагональная. Может содержать примесь Мо. Образует тетрагональные дипирамидальные кристаллы, в сечении дающие квадрат, либо овальной формы, вкрапленность и сростания в жилах. Цвет бело-желтый, черта белая. Блеск стеклянный. Твердость 4,5. Плотность $6,1 \text{ г/см}^3$. Имеет ярко-голубую люминесценцию.

Разновидности: шеелит образует твердые растворы с повеллитом CaMoO_4 , крайним членом изоморфного ряда. Молибдошеелит содержит 1–20 % MoO_3 , зейригит – 20–25 % MoO_3 .

Происхождение: 1) контактово-метасоматическое – в известковых скарнах; 2) гидротермальное высоко- и среднетемпературное – встречается в грейзенах с вольфрамитом, арсенопиритом, в кварцевых жилах золоторудных месторождений; 3) выделяют также стратиформные объекты метаморфического генезиса; 4) может накапливаться в россыпях.

Месторождения: скарновые известны на Северном Кавказе (Тырныауз), в Приморском крае, Средней Азии; жильные – в Казахстане, на Дальнем Востоке. В Карелии встречаются только рудопроявления.

Использование: получение W, используется в высокотемпературных тугоплавких материалах, нитях накаливания.

Вольфрамит $(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{WO}_4]$. Сингония моноклинная. (В последних систематиках рассматривается в классе оксиды.) Кристаллы уплощенно-удлиненные, таблитчатые со штриховкой на гранях. Цвет черный и красно-коричневый, черта бурая. Спайность средняя, излом неровный. Блеск полуметаллический (смоляной). Твердость 4–4,5. Плотность $7,5 \text{ г/см}^3$. Тяжелый.

Разновидности: существует изоморфный ряд от железистого ферберита до марганцевого гюбнерита.

Происхождение: образуется как высокотемпературный гидротермальный в грейзенах и гидротермальных кварцевых жилах.

Месторождения: известны в Приморье, Сибири.

Использование: получение W, которым легируют металлы, используется в высокотемпературных сплавах, нитях накаливания.

Ферримолибдит $\text{Fe}_2^{3+}[\text{MoO}_4]_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Сингония ромбическая, структура слоистая. Образует землистые массы, порошковатые налеты, охры, псевдоморфозы по молибдениту. Цвет и черта желтые, зеленовато-желтые. Блеск чаще матовый, в мелких кристаллах стеклянный. Твердость 1–1,5. Плотность $4,5 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: гипергенное – образуется в зоне окисления молибденитовых руд (желтые охры – поисковый признак на Мо-руды).

Месторождения: встречается на м-ях молибденитовых руд в виде охр по молибдениту, известен в Хакасии (м-е Сорское), Бурятии (м-е Первомайское), Карелии (рудопроявление Бергаул).

Использование: содержит 60,2 % MoO_3 , добывается совместно с молибденитом для получения Мо.

Крокоит $\text{Pb}[\text{CrO}_4]$ (хромат свинца). Сингония моноклинная. Образует удлиненно-призматические кристаллы и примазки, реже друзы. Цвет ярко-оранжевый, оранжево-красный.

Блеск стеклянный до алмазного. Черта оранжевая. Спайность средняя. Твердость 2,5–3. Плотность 6 г/см³.

Происхождение: гипергенное – образуется в зоне окисления свинцовых руд.

Месторождения: минерал мало распространенный. Встречается на Урале (м-е Березовское).

КЛАСС НИТРАТЫ

Натриевая селитра (нитратин) NaNO_3 (чилийская селитра). Сингония тригональная. Кристаллизуется в ромбоэдрах, встречается в мелкозернистых массах в засушливых областях, налетах на почве, пастбищах, реже образует скопления (как, например, в Чили). Цвет белый, иногда с желтизной, блеск стеклянный, матовый. Твердость 1,5–2. Плотность $2,25 \text{ г/см}^3$. Мало распространенный минерал, чаще связан с разложением органических веществ. Используется как удобрение, сильный окислитель, для производства взрывчатых веществ.

Калиевая селитра KNO_3 (индийская селитра). Сингония ромбическая. Образует выцветы и налеты на почве, корочки. Цвет белый, блеск стеклянный, матовый. Твердость 2. Плотность $1,99 \text{ г/см}^3$. Встречается также как натриевая селитра. Месторождения в Индии выработаны. Используется как удобрение. Данные минералы подробно не рассматриваются в практическом курсе по минералогии.

Класс бораты в учебном курсе не рассматривается. Рекомендуем познакомиться самостоятельно.

КЛАСС СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ

Силикаты и алюмосиликаты представляют собой соединения силикатных, алюмосиликатных и других анионных радикалов с катионами Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K – главными видообразующими элементами, а также Li, B, Be, Ti, Zr, TR, Cs, Sr, Y, Zn, Cu. Число минеральных видов достигает 800 (и более). В связи с тем, что силикаты являются породообразующими минералами, они по распространенности составляют 75 % от всех известных минералов. В состав анионных радикалов-тетраэдров с Si и могут входить Al, Ti, Fe³⁺, роль дополнительных анионов играют (OH), F, O²⁻, S²⁻, Cl⁻, [BO₃]³⁻, [O₃]²⁻, [SO₄]²⁻.

Силикаты отличаются сложным составом и широкими изоморфными замещениями как изовалентного, так и гетеровалентного типа в катионной и анионной частях. В пределах анионных радикалов [SiO₄]⁴⁻ преобладают ковалентные sp³-связи; между катионами и анионами – ионные. В минералах, содержащих группу (OH) и H₂O, существует водородный тип химической связи. В зависимости от сложности соединения тетраэдра [SiO₄] встречаются островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные структуры. Тип этих соединений определяет морфологию и физические свойства минералов.

Выделяют следующие структуры силикатов:

- островные, с изолированными тетраэдрами и их группами: а) одиночные, связь тетраэдров осуществляется через катионы; б) изолированные сдвоенные тетраэдры с одним общим атомом O, остальные связаны через катионы; в) изолированные кольца, состоящие из 2, 3, 4, 6 тетраэдров;

- цепочечные структуры образованы бесконечными одномерными радикалами, которые состоят из линейно связанных тетраэдров. Выделяют простые и сдвоенные цепочки и ленты. Иногда Si замещен на Al;

- слоистые структуры (листовые) имеют силикаты и алюмосиликаты, состоящие из слоев [Si₄O₁₀]⁴⁻, [(Si, Al)₄O₁₀]⁴⁻. Тетраэдры соединяются тремя общими вершинами. Связи между слоями более слабые.

Алюмосиликаты имеют каркасные структуры. Для них характерно объемное соединение тетраэдров [SiO₄]⁴⁻ и [AlO₄]⁵⁻ общими вершинами и ребрами. В крупных пустотах каркаса располагаются большие по размерам атомы Ca, Na, K.

Окраска силикатов имеет в основном хромоформную природу (обусловлена Fe, Mn, Cr, Ni, Cu). У некоторых силикатов цвет связан с дефектами. Аллохроматическая окраска связана с наличием темноцветных включений. Плотность силикатов зависит от плотности упаковки (у островных силикатов она выше, чем у каркасных), от атомной массы катионов, а также от содержания воды.

Происхождение: преимущественно эндогенное и лишь у глинистых минералов – экзогенное. Силикаты – породообразующие минералы и неметаллические полезные ископаемые.

Использование: горные породы – строительные материалы, отдельные минералы – керамическое, огнеупорное, абразивное сырье, тепло- и электроизоляционные материалы. Некоторые силикаты содержат редкие элементы и примеси и являются рудами на Be, Li, Cs, Zr, Ni и др. Благородные разновидности – поделочные и драгоценные камни.

ПОДКЛАСС СИЛИКАТЫ ОСТРОВНОЙ СТРУКТУРЫ

Силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$ – ортосиликаты.

Простые силикаты

Группа оливина с общей формулой $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$.

Форстерит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$, **оливин** $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$, **фаялит** $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ представляют собой изоморфный ряд оливина. Сингония ромбическая. Содержат незначительные примеси Co, Ni. Кристаллы ромбодипирамидальные, но чаще распространены в виде зернистых масс. В горных породах – оливинитах образуют зерна овального облика, имеют размер до 1–3 мм. В основных породах встречаются в виде гнезд мелких зерен. Цвет желто-зеленый, бесцветный, оливково-зеленый, темно-зеленый, иногда до черного (с пылью магнетита). Блеск стеклянный. Твердость 6,5–7. Плотность 3,2–3,5 г/см³. Спайность средняя, в мелких зернах не видна. Излом раковистый. $T_{\text{пл}}$ 1890 °С. Разлагается кислотами до кремнезема.

Разновидности: хризолит – желто-зеленый прозрачный, перидот – светло-зеленый, обе эти прозрачные разновидности являются оливином. Гортонолит – одно из названий оливина.

Происхождение: 1) магматическое – в интрузивных ультраосновных и основных породах в парагенезисе с моноклинным и ромбическим пироксенами, хромитом, магнетитом, Pt (никогда не встречается с кварцем); в эффузивных ультраосновных и основных вулканитах (коматитах, пикритах, базальтах); в кимберлитах. Главный минерал ультраосновных горных пород, в дунитах и оливинитах его содержание достигает 100 %; 2) форстерит встречается в магнезиальных скарпах вместе с тремолитом, шпинелью, флогопитом. При изменении ультраосновных пород по оливину развиваются вторичные минералы – серпентин, тальк, хризотил-асбест, магнетит, ревдинскит, гарниерит.

Использование: 1) маложелезистые оливиновые породы – огнеупорное сырье и источник магния; 2) хризолит, перидот – драгоценные камни; 3) горные породы – облицовочный материал.

Циркон $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$. Сингония тетрагональная. Содержит незначительные количества изоморфных примесей Hf, Th, TR, Ca. Встречается в виде мелких, хорошо образованных кристаллов, с гранями тетрагональной призмы и дипирамиды. Цвет желтый или коричневатобурый. Блеск алмазный, стеклянный. Твердость 7,5–8. Плотность 4,7 г/см³. Спайности нет.

Разновидности: гиацинт – розовый и красный прозрачный циркон; малакон – циркон с радиоактивными элементами и метамиктным распадом.

Происхождение: 1) магматическое – в различных породах, от основных до кислых и в щелочных (встречается как акцессорный, преобладает в щелочных породах и пегматитах); 2) позднемагматическое – в пегматитах тех же пород; 3) накапливается в россыпях с монацитом. В щелочных породах, пегматитах или россыпях может образовывать рудные скопления.

Использование: 1) Zr – добавка в стали, применяется для производства быстрорежущих сталей и твердых бронеупорных плит; 2) ZrO_2 – высокоогнеупорный и кислотоупорный материал; 3) из циркона попутно добывается Hf; 4) гиацинт – драгоценный камень.

Силикаты островной структуры, сложные

Группа гранатов. Сингония кубическая. К этой группе относятся сложные по составу ортосиликаты с общей формулой $\text{R}_3^2\text{R}_2^3[\text{SiO}_4]_3$, где $\text{R}^{2+} = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Fe}^{2+}$, а $\text{R}^{3+} = \text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Cr}$.

Выделяются две погруппы: 1) уграндиты с $R^{2+} = Ca^{2+}$, $R^{3+} = (Al, Fe^{3+}, Cr^{3+})$ и 2) пиральспиты с $R^{3+} = Al$ и $R^{2+} = (Mg, Fe^{2+}, Mn)$.

Общие свойства: гранаты встречаются в кристаллах – ромбододекаэдрах, тетрагон-триоктаэдрах и комбинациях этих форм, а также сплошных сливных и зернистых массах. Блеск стеклянный. Спайность отсутствует. Твердость 7–8. Плотность 3,4–4,3 г/см³. Цвет различный (см. ниже).

Уграндиты (Са-гранаты) – $Ca_3R_2^3[SiO_4]_3$ (изоморфизм по второму катиону).

Гроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$. Цвет светло-зеленый, зеленовато-бурый. Характерен для скарнов.

Андрадит $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$. Цвет бурый до черного, красно-коричневый, зеленовато-бурый. Встречается в скарнах, реже сланцах. Разновидности: демантоид – прозрачная зеленоватая разновидность с 1,5 % Cr_2O_3 , драгоценный камень, встречается в россыпях на Урале. Меланит – андрадит черного цвета, обогащенный Ti, шорломит – Ti-гранат, Sn-содержащий гранат.

Уваровит – $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$ – изумрудно-зеленый. Образует мелкокристаллические корочки на хромите. Редкий.

Пиральспиты (алюмогранаты) – $R_3^2Al_2[SiO_4]_3$.

Альмандин $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$. Цвет розово-красный, розово-фиолетовый, малиновый. Характерен изоморфизм по первому катиону. Наиболее распространенный гранат метаморфического генезиса, встречается в сланцах, гнейсах, амфиболитах.

Спессартин $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$. Цвет розовый, оранжево-красный, желто-бурый. Встречается в пегматитах, сланцах, обогащенных марганцем.

Пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$. Цвет бордовый, темно-красный. Встречается в кимберлитах, спутник алмазов. Накапливается в россыпях.

Происхождение и месторождения: 1) уграндиты имеют контактово-метасоматический генезис – встречаются в скарнах, хромовые гранаты – вблизи ультраосновных пород. Известны на Урале, Кавказе, в Сибири, Саянах, Карелии (Питкяранта); 2) альмандин имеет метаморфический генезис – встречается в амфиболитах, сланцах и гнейсах, спессартин – в т. ч. в пегматитах. Широко развиты в амфиболитовой фации метаморфизма. В Карелии альмандин встречается в Беломорье, Приладожье, Костомукшском р-не и др.; 3) пироп – магматический, породообразующий минерал кимберлитов (Якутия); 4) могут накапливаться в россыпях (Якутия).

Использование: 1) абразивный материал; 2) драгоценные камни.

С добавочными анионами

Титанит (сфен) $CaTi[SiO_4]O$. Сингония моноклинная. Содержит примеси TR^{3+} , Al, Sn. Кристаллы таблитчатой и клиновидной формы, плоские, в форме ромба. Цвет коричневый, бурый, желтоватый. Блеск стеклянный, в хороших кристаллах – до алмазного. Спайность совершенная. Твердость 5,5. Плотность 3,5 г/см³.

Происхождение и месторождения: 1) магматическое – встречается в различных магматических породах как акцессорный, в щелочных породах образует рудные скопления (Кольский п-ов, Урал); 2) позднемагматическое – в щелочных пегматитах (Урал, Кольский п-ов); 3) контактово-метасоматическое – в скарнах (Карелия); 4) метаморфическое – в различных породах; 5) гидротермальное – в жилах.

Использование: при значительных скоплениях является рудой на Ti, например в апатит-титанитовых рудах Хибин.

Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$. Сингония ромбическая, кристаллы призматические (иногда крупные в жилах пегматитов), пластинчатые, образует друзы и мелкозернистые массы в грейзенах. Цвет желтый, дымчатый, голубой, розовый, часто бесцветен. Блеск стеклянный. Спайность совершенная, по одному направлению. Твердость 8. Плотность $3,5 \text{ г/см}^3$. Имеет вертикальную штриховку, от кварца отличается совершенной спайностью и высокой твердостью.

Происхождение: 1) встречается в пегматитовых жилах, в «занорышах» жил в парагенезисе с кварцем, ортоклазом, альбитом, мусковитом; 2) метасоматическое (пневматолитовое) – в высокотемпературных грейзенах (топазовых грейзенах) в парагенезисе с кварцем, аквамарин, флюоритом, касситеритом, вольфрамитом.

Месторождения: известны на Украине, в Сибири, на Мадагаскаре, в Бразилии.

Использование: драгоценный камень.

Группа дистена – андалузита

Дистен, андалузит и силлиманит имеют один и тот же химический состав, но различны по структуре, т. е. являются полиморфными модификациями.

Дистен (или **кианит**) $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$. Сингония триклинная. Кристаллы удлиненно-уплощенные, пластинчатые, иногда изогнутые. Цвет синий, голубой, иногда белый, серый, светло-зеленый, зависит от примесей: Ti – обеспечивает голубой цвет, Fe – буро-желтый, Cr – голубовато-зеленый. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по (100) и средняя по (010). Твердость разная: по спайности – 4,5–5,5, поперек – 6–7. Плотность $3,5\text{--}3,6 \text{ г/см}^3$.

Происхождение: метаморфическое – встречается в кристаллических сланцах в условиях повышенных давлений (в парагенезисе с гранатом, слюдами, ставролитом, корундом).

Месторождения: известен в северной Карелии (Беломорье), на Кольском п-ове, в Забайкалье, на Урале.

Использование: 1) сырье высокоглиноземистое; 2) производство огнеупоров, получение муллита.

Андалузит $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$. Сингония ромбическая. Кристаллы тетрагональные, призматические, столбчатые, их сечение близко к квадрату. Цвет розовый, серо-розовый. Блеск стеклянный. Твердость 7. Плотность $3,1\text{--}3,2 \text{ г/см}^3$.

Разновидности: андалузит с закономерным расположением углистого вещества называется хиастолитом (в сечении кристаллов – вид черного креста). Встречаются параморфозы дистена по андалузиту.

Происхождение: минерал метаморфический умеренных давлений, характерен для углеродисто-слюдяных и других слюдяных сланцев (встречается в парагенезисе с мусковитом, гранатом).

Месторождения: юго-западная Карелия.

Использование: высокоглиноземистое сырье, при достаточных скоплениях – для получения муллита.

Силлиманит $\text{Al}[\text{SiAlO}_5]$. Сингония ромбическая. Встречается в виде волокнистых масс (фибrolиты), игольчатых кристаллов. Цвет бело-серый. Спайность совершенная по удлинению. Блеск стеклянный. Твердость 6,5–7. Плотность 3,2 г/см³.

Происхождение: метаморфическое в условиях повышенных температур – встречается вместе с кордиеритом, биотитом, кварцем.

Месторождения: известны в Сибири, Карелии (Северное Приладожье).

Использование: сырье высокоглиноземистое, керамическое.

Ставролит $\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$ («ставрос» – крест). Сингония ромбическая. Иногда содержит примесь Mg, Ti и некоторые другие. Кристаллы призматические, в сечении дают ромб. Часто образует крестовидные и более сложные двойники и тройники, иногда эпитактические сростания с кианитом. Цвет минерала коричневый, бурый. Блеск стеклянный. Спайность средняя, несовершенная. Твердость 7–7,5. Плотность 3,69 г/см³.

Происхождение: метаморфическое – встречается в кристаллических сланцах совместно с андалузитом, дистеном, слюдами, альмандином.

Месторождения: северная и южная Карелия, Кольский п-ов.

Использование: при достаточных количествах как глиноземистое сырье; ставролитовые кресты – коллекционный материал.

Силикаты островной структуры со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-} + [\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ (орто-диортосиликаты) и с добавочными анионами

Везувиан $\text{Ca}_{10}(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH})_4$. Сингония тетрагональная. Иногда содержит примеси Be, TR, B, F. Кристаллы тетрагональные коротко-призматические дипирамидальные, на вершинах кристаллов бывают углубления. Агрегаты шестоватые и сплошные зернистые массы. Цвет зеленый, разных оттенков: от темно-зеленых и бурых до серо-зеленых и желто-зеленых. Блеск стеклянный. Спайности нет, минерал хрупкий. Твердость 6,5. Плотность 3,4 г/см³. В сплошных агрегатах похож на эпидот и гранат.

Разновидности: вилуит – хорошо ограненные зеленые кристаллы.

Происхождение: 1) контактово-метасоматическое – встречается в скаRNAх с кальцитом, диопсидом, гранатом, эпидотом; 2) реже – гидротермальное.

Месторождения: известен в Якутии, Карелии (Питкяранта).

Использование: красивые и хорошо ограненные кристаллы представляют собой коллекционный материал и ювелирное сырье.

Группа эпидота

Цоизит $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$, сингония ромбическая.

Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Al})_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$. Сингония моноклинная (изучаем эпидот мон.). В эпидоте встречаются примеси Mn^{2+} и TR^{3+} , Fe_2O_3 до 17 %. Кристаллы эпидота удлиненно-призматические, шестоватые, часто сдвойникованные, со штриховкой по удлинению, бывают с зонами роста. Образует зернистые массы, замещая плагиоклазы, заполняет миндалины, друзы, в жилах кварца встречаются радиально-лучистые кристаллы. Породы, содержащие эпидот, называются эпидозитами. Цвет желто-зеленый (у цоизита цвет серовато-зеленый, но уверенно отличить их можно только под микроскопом). Блеск стеклянный. Твердость 6,5–6. Плотность 3,5 г/см³.

Разновидности: тулит – розовый Mn-цоизит.

Происхождение: 1) контактово-метасоматическое – образуется в скарнах (встречается с гранатом, кальцитом, диопсидом); 2) гидротермальное – образуется в основных эффузивах (в миндалинах, подушках), в гидротермальных жилах; 3) метаморфическое – характерен для эпидот-амфиболитовой фации: встречается в измененных основных и средних породах (с актинолитом, хлоритом, кальцитом); 4) метасоматическое – образуется при пропилитизации основных и средних пород.

Месторождения: распространен широко. Известен в скарнах: в Карелии (Питкяранта), на Урале, Кавказе.

Использование: 1) поделочный (сувениры) и коллекционный минерал; 2) облицовочный камень для изготовления небольших плиток (в Карелии используются породы желто-зеленого цвета, обогащенные эпидотом).

Ортит (алланит) $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$. Сингония моноклинная. Кроме Ce, содержит примеси La, Y, Th. Характерна таблитчатая форма, кристаллы имеют ровные прямые грани («ортос» – прямой). Цвет черный, коричнево-черный, темно-бурый. Блеск полуметаллический, смолистый. Твердость 6. Плотность $4,1 \text{ г/см}^3$. Спайности нет. Радиоактивен.

Происхождение: магматическое и позднемагматическое – встречается как акцессорный минерал в щелочных породах, карбонатитах, гранитах, пегматитах.

Месторождения: известен в пегматитах и щелочных породах (Урал, Прибайкалье, Кольский п-ов, северная Карелия).

Использование: при достаточных количествах источник TR, Th.

С более сложным сочетанием сдвоенных кремнекислородных тетраэдров и добавочными анионами

Эвдиалит $(\text{Na}, \text{Ca})_9(\text{Zr}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{O}_9][\text{Si}_9\text{O}_{24}](\text{OH})_3$. Сингония тригональная. В состав входят разнообразные примеси Ba, TR, Y, K, Mg, Mn, Ti, Al. Образует ромбоэдрические, таблитчатые, бочонковидные или овальные кристаллы, сплошные массы. Цвет красный, малиново-красный у эвдиалита, до буро-желтого у эвколита. Блеск стеклянный. Полупрозрачен. Черта белая. Твердость 5–5,5. Плотность $2,8\text{--}3 \text{ г/см}^3$.

Разновидности: эвдиалит – Na, Mn; эвколит – Ca; Fe-разновидности.

Происхождение: позднемагматическое – образуется на пневматолитовой стадии в щелочных нефелиновых породах и их пегматитах. Ассоциирует с эгирином, калишпатом, биотитом, арфведсонитом, нефелином, апатитом, титанитом.

Месторождения: известны на Кольском п-ове, Урале.

Использование: 1) при достаточных количествах – как источник редких и РЗЭ; 2) ювелирный и коллекционный минерал.

Силикаты с изолированными кольцами кремнекислородных тетраэдров $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Сингония гексагональная. Иногда содержит примеси Li, Na, K, Rb, Cs, Cr^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ; содержание BeO составляет ~51 %. Кристаллы гексагональные с гранями призмы и пинакоида, столбчатые, короткие и удлиненные разного размера, вплоть до гигантских. Цвет зеленый, желто-зеленый, голубовато-зеленый, голубой, белый, реже розовый. Блеск

стеклянный. Спайности нет, излом неровный. Твердость 7,5–8. Плотность 2,7 (2,63–2,91) г/см³. (От апатита отличается по более высокой твердости.)

Разновидности: изумруд – прозрачный изумрудно-зеленый берилл, цвет обусловлен примесью хрома; аквамарин – прозрачные голубоватые кристаллы (цвета морской волны); гелиодор – желтые прозрачные кристаллы; воробьевит – бледно-розовый берилл. Бериллы с примесью железа (зеленые, голубые) образуются в пегматитах, альбититах и грейзенах по гранитам (ассоциируют с касситеритом, вольфрамитом, молибденитом). Изумруды (бериллы с хромом) образуются в берилл-флюорит-слюдистых метасоматитах (грейзенах) по ультраосновным породам, содержащим хром. Бесцветные, белые, розоватые бериллы образуются в гранитных Na-Li-пегматитах.

Происхождение: 1) позднемагматическое – образуется в пегматитах в ассоциации с кварцем, мусковитом, турмалином, альбитом; 2) метасоматическое – в альбититах, грейзенах; 3) высокотемпературное гидротермальное – в жилах с топазом, вольфрамитом, касситеритом, молибденитом.

Месторождения: известны на Урале, в Забайкалье, Казахстане. В Карелии встречается редко.

Использование: 1) руда на Be (применяется для получения легких сплавов с Mg, Al, Cu); 2) соли Be используются в различных отраслях промышленности; 3) изумруд, аквамарин, гелиодор, воробьевит – драгоценные камни и самоцветы.

Кордиерит $(\text{Mg, Fe})_2\text{Al}_3[\text{Si}_5\text{AlO}_{18}]$. Сингония ромбическая. Иногда содержит Be. Кристаллы призматические, гексагонального облика, часто образует двойники, тройники. Цвет серый, синий, фиолетовый, бесцветный. Спайность несовершенная. Блеск стеклянный. Твердость 7–7,5. Плотность 2,6 г/см³.

Происхождение и месторождения: 1) метаморфическое – встречается в сланцах с андалузитом, силлиманитом, плагиоклазом, биотитом (встречается на Урале, в Забайкалье, Саянах, юго-западной Карелии); 2) реже магматическое – в трахитах. Замещается серицитом и тальком (называется пинитом).

Использование: прозрачный синий кордиерит – ювелирный камень.

ПОДКЛАСС СИЛИКАТЫ ЦЕПОЧЕЧНОЙ И ЛЕНТОЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Силикаты цепочечной структуры с одинарными цепочками $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ – пироксены

Для пироксенов характерна цепочечная структура и широкое изоморфное замещение одних элементов другими. Катионами являются Ca, Mg, Fe, Mn, в некоторых присутствуют Na, Li, Al. Форма выделения обычно призматическая, у минералов средняя спайность под углом, близким к прямому (87° и 93°).

Простые ортопироксены (или ромбические пироксены)

Группа ромбических пироксенов (гРх) – это изоморфный ряд энстатит (En) – гиперстен (Нур) – ферросилит (Fs) с общей формулой $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. В нем по содержанию ферросилитовой составляющей (Fs) выделяют следующие минералы:

энстатит (En) $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$: ферросилитовая составляющая Fs = 0–12 %;

бронзит (Bro): Fs = 12–30 %;

гиперстен (Hyp) $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$: Fs = 30–50 %;

феррогиперстен (Fe-Hyp) $(\text{Fe, Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$: Fs = 50–70 %;

эвлит: Fs = 70–88 %;

ферросилит (Fs) $\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$: Fs = 88–100 %.

Гиперстен (бронзит) $(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Сингония ромбическая. Форма выделения: небольшие призматические прямоугольные кристаллы размером 0,2–1 см в горных породах – пироксенитах. В метаморфических породах встречаются более крупные кристаллы (до 5–7 см) с прямоугольными сечениями. Иногда у гиперстена наблюдаются вытянутые игольчатые зерна. Цвет: светло-серый, зеленовато-серый у энстатита; темно-серый, светло-коричневый (бронзовый) у гиперстена; коричневый – у бронзита; темно-коричневый – у ферросилита. Цвет становится более темным у Fe-разновидностей. Блеск стеклянный (иногда у коричневатых бронзитов кажется до полуметаллического). Твердость 5,5–6. Плотность 3,1–3,5 г/см³ (увеличивается у Fe-разновидностей). Спайность средняя под углом 87° (и 93°), излом ступенчатый.

Происхождение: 1) магматическое – образуется в ультраосновных и основных породах (в пироксенитах – до 100 % Px). Встречается в парагенезисе с оливином, моноклинным пироксеном, хромитом. Энстатит установлен в кимберлитах, перидотитах; гиперстен (Fs 25–50) – в габбро-норитах, долеритах. В средних породах гPx встречается редко; 2) метаморфическое – в кристаллических сланцах высокой степени метаморфизма (гPx, богатые Fs и Al_2O_3), а также в эклогитах. Входит в гиперстеновые чарнокиты, встречается в алмадин-гиперстеновых гнейсах и в роговиках с кордиеритом; 3) контактово-метасоматическое – в скарнах магнезиальных (редкий); 4) в метеоритах (хондритах) с оливином. При вторичных изменениях замещается серпентином (баститом), тальком, тремолитом.

Месторождения: 1) в дифференцированных базит-ультрабазитовых интрузивных комплексах; 2) в областях высокого метаморфизма; 3) в магнезиальных скарнах. Встречается в северной Карелии.

Использование: в качестве строительного и облицовочного материала.

Клинопироксены (или моноклинные пироксены)

Группа моноклиновых пироксенов (mPx) представлена изоморфным рядом диопсид-геденбергит с общей формулой $\text{Ca}(\text{Mg, Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$.

Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – **геденбергит** $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Сингония моноклиная. Часто содержит примеси Mn^{2+} , Cr, V. Кристаллы короткопризматические, разных размеров, иногда таблитчатые, реже лучистые агрегаты. Цвет серый, светло-зеленый у диопсида, у геденбергита – темный коричневатозеленый, доходит до черного. Блеск стеклянный. Спайность средняя под углом 87°, излом ступенчатый. Твердость 5,5–6. Плотность 3,3–3,4 г/см³. Высокая $T_{\text{пл}} = 1391,5^\circ$.

Разновидности: байкалит – прозрачные призматические кристаллы диопсида; лавровит – ярко-зеленый V-диопсид; хромдиопсид – изумрудно-зеленый, содержит около 3 % Cr_2O_3 ; манганогеденбергит содержит до 10 % MnO.

Происхождение: 1) магматическое – в ультраосновных и основных горных породах и карбонатитах; 2) метасоматическое – в скарнах в парагенезисе с гранатом, везувианом, кальцитом, эпидотом, а также в кальцифирах; 3) метаморфическое – в фациях высокого метаморфизма; 4) в каменных метеоритах. Во вторичных процессах замещается тремолит-актинолитом, хлоритом.

Месторождения: 1) в дифференцированных базит-гипербазитовых интрузивных комплексах (в пироксенитах – до 100 %, в перидотитах); 2) в областях высокого метаморфизма; 3) в известковых скарнах.

Использование: хромдиопсид – ювелирный камень. В составе горных пород – строительный материал.

Авгит $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$. Сингония моноклинная. Характерен более сложный изоморфизм в катионной части. Содержит также примеси Mn, Ti, Cr. Кристаллы короткопризматические с дополнительными гранями, агрегаты (срастания и породы) разнозернистые. Цвет преимущественно черный, буро-черный, темно-зеленый. Блеск стеклянный. Спайность средняя. Твердость 5,5–6. Плотность 3,2–3,6 г/см³.

Разновидности: диаллаг – листоватый авгит с отдельностью по (100); титаноавгит – черный с примесью Ti, Mn.

Происхождение: магматическое – встречается в габбро-долеритах, базальтах, ультраосновных породах (с титаномагнетитом, оливином).

Группа щелочных пироксенов

Эгирин $\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Сингония моноклинная. Иногда содержит примеси Al, Ti. Кристаллы длинно-призматические, столбчатые, иногда игольчатые и радиально-лучистые (эгириновые солнца). Цвет черный, темно-зеленый, зеленый. Черта имеет зеленоватый оттенок. Блеск стеклянный. Твердость 6–6,5. Плотность 3,5 г/см³.

Разновидности: акмит – Ti- и Al-содержащий эгирин; жадеит – Al-разновидность $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$; промежуточные разности называются эгирин-авгитом, эгирин-диопсидом.

Происхождение и месторождения: 1) магматическое – встречается в щелочных горных породах с нефелином, плагиоклазом, щелочными амфиболами, эвдиалитом, сфеном, апатитом, 2) позднемагматическое – в пегматитах этих же пород (Кольский п-ов).

Использование: горные породы, эгириновые солнца – коллекционный материал. Жадеит – поделочный камень.

Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Сингония моноклинная. Содержит Li_2O до 8,1 %, иногда примесь Mn. Кристаллы удлинено-уплощенные призматические крупного размера. Цвет бледно-зеленоватый, иногда розоватый. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по (110). Твердость 6,5–7. Плотность 3,2 г/см³. Люминесцирует.

Разновидности: кунцит – розовый, лиловый (с примесью Mn); более редкий гидденит – изумрудно-зеленый (с примесью Cr).

Происхождение: 1) позднемагматическое-метасоматическое – встречается в редкометаллических пегматитах. Ассоциирует с Li-минералами (лепидолитом, турмалином, бериллом).

Месторождения: известны в Сибири, Средней Азии. В Карелии есть находки в районе деревни Хаутаваара (Суоярвский р-н).

Использование: совместно с другими Li-минералами – руда на Li. Применяется: 1) в антикоррозионных сплавах; 2) литиевых аккумуляторах; 3) медицине; 4) кунцит и гидденит – ювелирные драгоценные камни.

Силикаты с одинарными цепочками кремнекислородных тетраэдров типа $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_5\text{O}_{11}]^{10-}$ – пироксеноиды

Волластонит $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (дощатый шпат). Сингония триклинная. Содержит примеси Mn^{2+} , Fe^{3+} . Кристаллы удлиненные, таблитчатые, с совершенной спайностью в одном направлении. Агрегаты шестоватые, радиально-лучистые. Цвет белый, серо-белый. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по (100). Твердость 4,5–5. Хрупкий. Плотность 2,9 г/см³. Обладает желтой или оранжевой люминесценцией.

Происхождение: метасоматическое – встречается в скарнах с кальцитом, гранатом, тремолитом, эпидотом.

Использование: керамическое сырье.

Родонит $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ или $(\text{Ca}, \text{Mn})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ (орлец, «родон» – розовый). Сингония триклинная. Встречается в сплошных плотных тонкозернистых массах. Кристаллы редки. Цвет розовый с черными прожилками и пятнами из-за присутствия гидроокислов Mn. Твердость 6. Плотность 3,6 г/см³. Диагностируется легко.

Происхождение: 1) контактово-метасоматическое – в скарнах, ассоциирующих с высокомарганцевыми породами; 2) метаморфическое – при метаморфизме пород, богатых Mn. Спутники – марганцевые минералы (родохрозит, псиломелан, гранат).

Месторождения: встречается на Урале.

Использование: ценный поделочный (иногда облицовочный и ювелирный) камень, реже руда на Mn.

Силикаты ленточной структуры со сдвоенными цепочками кремнекислородных тетраэдров $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ – амфиболы

Это минералы, близкие по составу к пироксенам, но содержащие дополнительные анионы (OH^-), (F^- , Cl^-). Катионы представлены Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Na^+ , реже Mn^{2+} , K^+ , Li^+ , Ti^{4+} . В соответствии с ленточной структурой амфиболы характеризуются удлиненно-призматическим габитусом, со средней (иногда совершенной) спайностью по (110), пересекающейся под углами 56° и 124°.

Группа ромбических амфибол

Антофиллит $(\text{Mg}, \text{Fe})_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Сингония ромбическая. Из примесей содержит Al.

Разновидности: **ферроантофиллит** $\text{Fe}_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ и **жедрит** с 2,5–5 % Al_2O_3 .

Выделяется обычно в виде лучистых сноповидных агрегатов, волокнистый. Цвет у антофиллита белый, желтовато-серый, у жедрита – до коричнево-черного. Блеск стеклянный, у волокнистых разновидностей – до шелковистого. Плотность 2,8–3,3 г/см³.

Происхождение: метаморфическое – образуется при метаморфизме ультраосновных пород, встречается в хлоритовых сланцах.

Месторождения: в Карелии антофиллит характерен для зон низкого метаморфизма, жедрит – для зон более высокого метаморфизма, где он ассоциирует с кианитом, альмандином (Беломорье).

Группа моноклинных амфибол

Кальциевые моноклинные амфиболы тремолит-актинолитового ряда с общей формулой $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$.

Тремолит $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, **актинолит** $\text{Ca}_2(\text{Fe, Mg})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, **ферро-актинолит** $\text{Ca}_2\text{Fe}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ – непрерывный изоморфный ряд. Иногда содержат примеси Na^+ , Al^{3+} , реже Cr^{3+} и F^- . Сингония моноклинная. Кристаллы удлиненно-призматические, игольчатые, агрегаты шестоватые, лучистые, часто волокнистые. Цвет: у тремолита – бело-серый; у актинолита – светло-зеленый, зеленый различных оттенков; у ферроактинолита – темно-зеленый (встречается редко). Блеск стеклянный, у волокнистых агрегатов – шелковистый. Хрупкий. Спайность средняя и совершенная у волокнистых разновидностей. Излом занозистый. Твердость 5,5–6, снижается у волокнистых разновидностей. Плотность 2,9–3,3 г/см³.

Разновидности: выделяются по изоморфному ряду. Тонковолокнистые мягкие агрегаты называются амфибол-асбестом (актинолит-асбест, или тремолит-асбест). Плотные тонкодисперсные зеленые массы, состоящие из спутанно-волокнистых кристаллов, называются нефритом.

Происхождение: 1) метаморфическое – в актинолитовых, тремолитовых, тальковых и хлоритовых сланцах, образующихся по основным горным породам и пироксенитам (асбест выделяется в прожилках, нефрит образуется на контакте серпентинитов и габброидов); 2) контактово-метасоматическое – в скарнах.

Месторождения: 1) актинолит-асбесты – в метаморфических областях с основными и ультраосновными породами; 2) метаморфогенно-метасоматический нефрит – в Сибири, Саянах, Китае, Карелии (Медвежьегорский р-н); 3) в известковых скарнах – южная Карелия (Питкяранта).

Использование: актинолит-асбест используется как термоизоляционный материал, для стеновых и кровельных покрытий, цементов, труб, тормозных лент, фиксаторов защитного слоя бетона, материал для тепло- и электрозащитной обмотки. Нефрит – красивый поделочный камень, благодаря своей вязкости хорошо полируется. В целом минералы тремолит-актинолитового ряда ухудшают свойства горных пород как строительного материала (например, щебня) из-за своей повышенной лещадности.

Роговая обманка $(\text{Ca, Na})(\text{Mg, Fe})_4(\text{Al, Fe})[(\text{Si, Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ (Hb – горнблендит). Сингония моноклинная. Все разновидности, в т. ч. магнезио- и феррогорнблендиты, выделяются с учетом миналов по: (Номенклатура..., 1997). Содержит примеси Ti^{4+} , F^- , Cl^- , O^{2-} . Отличается широким гетеровалентным изоморфизмом, в т. ч. Si^{4+} на Al^{3+} , Ca^{2+} на Na^+ , Mg^{2+} и Fe^{2+} на Fe^{3+} , Al^{3+} и большим разнообразием названий. Кристаллы призматические, удлиненные, удлиненно-уплощенные, агрегаты бывают плотные игольчатые, реже волокнистые. Размер разный. Цвет зеленый разных оттенков, буро-зеленый (в щелочных горных породах, в диоритах и в метаморфических породах в эпидот-амфиболитовой фации), доходит до черного (в метаморфических породах амфиболитовой фации – с альмандином). Блеск стеклянный. Иногда получается зеленоватая черта. Спайность средняя под углами около 124° и 56°. Твердость 5,5–6. Плотность 3–3,5 г/см³.

Происхождение: 1) магматическое – в интрузивных породах среднего и щелочного состава развита обыкновенная роговая обманка темно-зеленого цвета, в базальтах – базальтическая роговая обманка; 2) метаморфическое – черная роговая обманка встречается в амфиболитовой

фации в ассоциации с альмандином, биотитом (в амфиболитах, сланцах, гнейсах); 3) в зонах раннего изменения габброидов – вторичная роговая обманка (уралит).

Месторождения: широко представлен в щелочных породах (Кольский п-ов), в амфиболитах (Кольский п-ов, Карелия и многие другие).

Использование: горные породы с роговой обманкой широко используются как строительный и облицовочный материал.

Группа безкальциевых моноклинных амфиболов

Грюнерит $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ – **куммингтонит** $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ – изоморфный ряд железо-магнезиальных безкальциевых амфиболов. Сингония моноклинная. Кристаллы удлиненно-призматические, уплощенные, иногда игольчатые. Цвет: у грюнерита – светлый, желтовато-коричневый; у куммингтонита – зеленовато-коричневый, бурый. Блеск стеклянный. Спайность средняя и совершенная по удлинению. Твердость 5–6, снижается у волокнистых разновидностей. Плотность 3,1–3,6 г/см³.

Происхождение и месторождения: 1) метаморфическое – грюнерит образуется в железистых кварцитах при метаморфизме (в Карелии встречается на Костомукшском и Корпангском м-х); 2) куммингтонит образуется при метаморфизме пироксенсодержащих пород ультраосновного состава (встречается в Беломорье).

Использование: в составе железистых кварцитов может использоваться для получения железа.

Группа щелочных моноклинных амфиболов

Рибекит $\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Сингония моноклинная. Кристаллы удлиненно-призматические, волокнистые. Цвет зеленовато-голубоватый, синий. Блеск стеклянный, у волокнистых разновидностей – матовый. Спайность средняя и совершенная по удлинению. Излом занозистый. Твердость 5–6, снижается у волокнистых разновидностей. Плотность 3,0–3,4 г/см³.

Разновидности: рибекит-асбест называется крокидолитом.

Происхождение: образуется в железистых кварцитах при метаморфизме.

Месторождения: в Карелии встречается на Костомукшском м-и.

Использование: асбестовое волокно – изоляционный, огнеупорный и термостойкий материал.

Глаукофан $\text{Na}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH}, \text{F})_2$. Сингония моноклинная. Образует удлиненные либо волокнистые сростания. Цвет голубоватый, синий, блеск стеклянный, у волокнистых разновидностей – матовый. Черта голубовато-серая. Спайность средняя и совершенная по удлинению. Излом занозистый. Твердость 5–6,5. Плотность 3,0–3,4 г/см³.

Разновидности: родусит – волокнистый глаукофан; кроссит – промежуточный член изоморфного ряда с рибекитом.

Происхождение: метаморфическое – образуется в условиях низких температур и повышенных давлений.

Месторождения: встречается на Урале, Алтае.

Использование: при достаточном количестве может применяться в качестве фильтров в агрессивных средах, радиационной защите.

ПОДКЛАСС СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ

К данному подклассу относятся минералы, в состав которых, кроме Si, Al, входят K^+ , Na^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , а также $(OH)^-$ и H_2O . Это минералы группы серпентина, талька, каолинита, монтмориллонита, слюд, хлоритов, в которых сочетаются слои тетраэдрические и октаэдрические, образующие сетки (пакеты). Для некоторых слоистых силикатов, например серпентина, каолинита, характерны двухслойные пакеты, для талька, монтмориллонита – трехслойные пакеты тетраэдров $[SiO_4]$, объединяемые слабыми вандер-ваальсовыми связями, что обеспечивает весьма совершенную спайность у минералов.

Силикаты с двухслойными пакетами, с добавочными анионами

Группа талька

Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ (тальковый камень). Сингония моноклинная. Содержит незначительные примеси Fe^{2+} , Cr^{3+} (1–2 %). Образует листоватые, чешуйчатые и сплошные плотные массы, чешуйки имеют разный размер. Цвет светло-зеленый, белый, серо-зеленый. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность весьма совершенная по (001). Твердость 1. Плотность $2,8 \text{ г/см}^3$. Листочки легко деформируются. Жирный или мыльный на ощупь (в связи с чем иногда называют жировиком или мыльным камнем).

Происхождение: 1) метаморфическое – образуется в результате метаморфизма ультраосновных пород; 2) гидротермально-метасоматическое – образуется при изменении (лиственитизации) ультраосновных пород; 3) контактово-метасоматическое – низкотемпературный минерал скарнов. Спутники талька – серпентин, магнезит, доломит, тремолит, хлорит, магнетит.

Месторождения: приурочены к массивам ультраосновных пород. Известны в восточной Карелии, Саянах, на Кольском п-ове, Урале. Тальковые, карбонат-тальк-хлоритовые, серпентин-тальк-тремолитовые сланцы достаточно широко распространены в Карелии. Небольшие скопления встречаются в скарнах.

Использование: 1) в молотом виде применяется в бумажной, текстильной, резиновой, кожевенной и парфюмерной промышленности; 2) кусковой тальк как огнеупорный материал используется при изготовлении каминов, для футеровки доменных печей; 3) технический – в виде смазки; 4) в медицине.

Пирофиллит $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$. Сингония моноклинная. Иногда содержит примеси Fe^{3+} (до 0,5 %). Встречается в виде листоватых, чешуйчатых и скрытокристаллических агрегатов. Цвет белый, светло-зеленый. Полупрозрачные разности называются агальматолитом. Спайность весьма совершенная по (001). Твердость 1. Плотность $2,6–2,9 \text{ г/см}^3$. (Более редкий минерал, похож на тальк.)

Происхождение: 1) образуется при гидротермальном изменении алюмосиликатных кислых пород – встречается во вторичных кварцитах; 2) осадочное – в каолиновых глинах (при их дегидратации).

Месторождения: известны на Урале, Украине.

Использование: если встречается в больших количествах, то может применяться: 1) для футеровки; 2) для производства изоляторов; 3) агальматолит – поделочный камень.

Группа серпентина

Серпентин – $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ (змеевик). Сингония моноклинная (есть и другие модификации). Обычно содержит незначительное количество примесей Fe^{2+} , Ni. Образует тонкодисперсные массы и параллельно-волокнистые прожилки. Цвет желто-зеленый, темно-зеленый, серовато-белый, желтоватый. Блеск стеклянный, «восковый» у плотных желтых образцов, у волокнистых разновидностей шелковистый или матовый. Твердость 2,5–4 (зависит от агрегатного состояния). Плотность 2,2–2,7 г/см³.

Разновидности: их достаточно много, это полиморфы. Антигорит – наиболее распространенный мелко-листоватый серпентин; хризотил, лизардит – тонкопластинчатые и волокнистые серпентины (выделяются на ранних стадиях изменения ультраосновных пород, развиваются по оливину, ортопироксену). Хризотил-асбест – белый, светло-зеленый, волокнистый серпентин. Офит – желто-зеленый, просвечивающийся в краях серпентин, название сохранилось за тонкодисперсной разновидностью. Бастит – псевдоморфозы по энстатиту. Ni-содержащие серпентины (ревдинскит, гарниерит, непуит, с NiO 1–56 %) имеют голубоватый цвет.

Происхождение: 1) метаморфическое (в т. ч. метаморфогенно-метасоматическое) – образуется за счет оливина и пироксена ультраосновных пород. Встречается в ассоциации с магнетитом, тальком, магнезитом, тремолит-асбестом; 2) контактово-метасоматическое – в скарнах; 3) гипергенное – встречается в корях выветривания ультраосновных пород (образуются Ni-содержащие силикаты – непуит, ревдинскит и гарниерит).

Месторождения: известны на Урале, Кавказе, Алтае, Кольском п-ове, в Саянах, Карелии. В Карелии известны м-я всех генетических типов серпентина. Никелевая кора выветривания развита в Бураковском массиве.

Использование: 1) в противопожарных термоматериалах (асбестовое волокно «вбивают» в огнестойкие ткани); 2) для теплоизоляции, в тормозных автомобильных лентах; 3) ревдинскит, гарниерит – руда на Ni; 4) серпентинит используется как поделочный и облицовочный камень, а также в сувенирных и ювелирных изделиях (под названием змеевик).

Группа каолинита

(включает каолинит, диккит, галлуазит)

Каолинит $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$. Сингония моноклинная. Образует тонкодисперсные плотные, землистые и порошковидные массы. Тонкодисперсный. Цвет белый, иногда с разными оттенками из-за примесей. Твердость 1. Плотность 2,6 г/см³. Каолинит в сухом состоянии плотный либо порошкообразный, прилипает к мокрому языку, так как гигроскопичен, впитывает воду. Во влажном состоянии образует пластичную массу, на ощупь жирную.

Происхождение: 1) экзогенное, в коре выветривания, – образуется при выветривании силикатных пород (полевых шпатов, слюд); 2) осадочное – входит в состав глин, мергелей, глинистых сланцев. Каолинитовые породы называются каолинами (или каолиновыми глинами).

Месторождения: известны в Ленинградской обл., Сибири, на Кавказе, Украине.

Использование: 1) в строительстве, скульптуре; 2) в керамической, бумажной и резиновой промышленности; 3) при производстве огнеупоров, линолеума, красок; 4) адсорбент.

Семейство смектитов (глинистых минералов) включает монтмориллонит, бейделлит, нонтронит, сапонит. Используются как строительные материалы, адсорбенты, в медицине.

СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ С 2- И 3-СЛОЙНЫМИ ПАКЕТАМИ, С ДОБАВОЧНЫМИ АНИОНАМИ

К слюдам относятся слоистые силикаты и алюмосиликаты, содержащие Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} и щелочные катионы K^+ , Li^+ , Na^+ . Сингония у всех моноклинная.

Общие свойства: кристаллы 6-гранные, листоватые, чешуйчатые. Размер кристаллов различен – от микроскопических до гигантских пластин, размером в несколько метров. Цвет различный, зависит от катионов-хромофоров: от бесцветного, желтоватого до зеленоватого, черного, коричневого и сиреневого. Блеск стеклянный. Спайность весьма совершенная по одному направлению (001). Листочки упругие, легко деформируются, изгибаются и затем восстанавливают форму. Твердость 2. Плотность около $3,2 \text{ г/см}^3$. Безжелезистые слюды – диэлектрики, огнестойкие. (На практике различаем по внешнему облику и физическим свойствам – по цвету, твердости, а также учимся определять минеральный парагенезис).

Группа слюд с 2-слойными пакетами

Мусковит $KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH, F)_2$. По внешнему облику кристаллы псевдогексагонального облика, размер чешуек и листоватых выделений разный. Минерал бесцветный, желтоватый, в плотных кристаллах светло-коричневый.

Разновидности: серицит – мелкозернистый светлый мусковит с шелковистым блеском (встречается в сланцах); жильбертит – мусковит желтого цвета (встречается в пегматитах); фуксит – хромсодержащая разновидность изумрудно-зеленого цвета (встречается в метасоматитах-лиственитах и сланцах). Известны редкие минеральные виды: роскоэлит $KV_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ бежевого цвета, он может содержать примесь хрома и быть зеленым (встречается в U-V-месторождениях Падминской группы в Карелии). Чисто натриевая слюда белого цвета называется парагонитом.

Происхождение: 1) магматическое – в кислых горных породах; 2) позднемагматическое – в пегматитах в ассоциации с микроклином, олигоклазом, кварцем, турмалином (в Карелии раньше из пегматитов добывался листоватый и крупночешуйчатый мусковит, сейчас мелкочешуйчатый); 3) метаморфическое – в различных сланцах и гнейсах; 4) гидротермально-метасоматическое – в грейзенах, серицитолитах, березитах, лиственитах.

Использование: 1) применяется в радиотехнике, электропромышленности, приборостроении – используются его диэлектрические свойства; 2) окна в металлургических печах; 3) крошка как композиционный материал используется в производстве обоев, бумаги, красок, в строительном-облицовочных композитах.

Селадонит $K(Fe^{3+}, Mg)[Si_4O_{10}](OH)_2$ – тонкочешуйчатая слюда, бесцветная, белая, желтоватая.

Разновидности обусловлены замещениями катионов: ферроселадонит – Mg на Fe^{2+} , алюмоселадонит – Fe^{3+} на Al (подробнее см. специальные статьи по слюдам (Номенклатура слюд..., 1998)).

Группа слюд с 3-слойными пакетами

Биотит $K(Fe, Mg)_3[Si_3AlO_{10}](OH, F)_2$. Широко распространенный минерал черного цвета.

Разновидности: лепидомелан (аннит) $KFe_3[Si_3AlO_{10}](OH, F)_2$ – более редкая слюда черного цвета, крайний член этого изоморфного ряда.

Происхождение: 1) магматическое – встречается в магматических горных породах (кислого, среднего и щелочного состава); 2) позднемагматическое – в пегматитах; 3) метаморфическое – в сланцах и гнейсах.

Использование: биотит содержит железо, поэтому непригоден в качестве диэлектрика. Применяется в композиционных материалах.

Флогопит $\text{KMg}_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$. Цвет бурый, коричневый, серо-черный разных оттенков – без железа. Тетраферрифлогопит – оранжево-коричневый (с железом в тетраэдре вместо алюминия).

Происхождение: 1) магматическое – в щелочных ультраосновных породах и карбонатах; 2) контактово-метасоматическое – в скарнах, в ассоциации с диопсидом, апатитом, кальцитом, скаполитом, шпинелью.

Использование: в электро- и радиотехнике как диэлектрик.

Лепидолит $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$ (общее название по семейству литиевых слюд, к которым относятся циннвальдит, полилитионит, трилитионит, тайниолит). Иногда содержит примесь Rb, Mn. Листочки мелкочешуйчатые, часто образуют скорлуповатые («барботовы глазки») и тонкозернистые формы. Цвет розовый (сиреневый), светло-фиолетовый, лиловый, «серебристый» белый, бесцветный, обусловлен вхождением Li и примесью Mn.

Происхождение: встречается в редкометальных пегматитах и грейзенах в ассоциации с клевеландитом, кварцем, сподуменом, полихромным турмалином, бериллом.

Использование: при достаточных скоплениях является рудой на Li – сырье для литиевых аккумуляторов, техники.

Семейство гидрослюды

Гидрослюды – это гидратированные слоистые алюмосиликаты. Сингония моноклиная. Имеют сложный и непостоянный состав. Похожи на обычные слюды.

Вермикулит $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Цвет серый, коричневато-желтый. Твердость 1–1,5. Вспучивается при нагревании, увеличивается в объеме в 10–25 раз. Обожженный вермикулит очень легкий, плавает в воде.

Происхождение: 1) образуется в корях выветривания карбонатитов (Ковдорское м-е); 2) образуется за счет гидратации флогопита или биотита.

Использование: свойство вспучивания.

Слюды с дефицитом межслоевых катионов

Глауконит $\text{K}_{0,85}(\text{Fe}^{3+}_{1,35}\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}^{+2})_{0,67}2[\text{Al}_{0,13}\text{Si}_{3,87}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, имеет дефицит калия. Сингония моноклиная. Обычно землистый, порошкообразный, тонкозернистый, зеленоватый по цвету, иногда с синеватым оттенком. Встречается в глинах, песчаниках.

Происхождение: осадочное – входит в состав глин.

Использование: 1) зеленая краска; 2) адсорбент для очистки воды; 3) «синяя глина», используется в медицине.

Иллит $\text{K}_{0,65}\text{Al}_2[\text{Al}_{0,65}\text{Si}_{3,35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Минерал тонкозернистый, светлый белый.

Происхождение: осадочное – входит в состав глин.

Месторождения: встречается во многих глинистых осадках, известен в слабо метаморфизованных осадках Онежской структуры в Карелии.

КЛАСС СИЛИКАТЫ И АЛЮМОСИЛИКАТЫ С МНОГОСЛОЙНЫМИ ПАКЕТАМИ

Группа хлоритов

К хлоритам относятся слоистые алюмосиликаты, содержащие катионы Mg, Fe, Al, иногда Ni, Cr, Mn. Разнообразие химического состава обусловлено (изо- и гетеровалентными) изоморфными замещениями главных элементов. Хлориты кристаллизуются в моноклинной сингонии. Образуют листоватые, чешуйчатые агрегаты и сплошные массы, иногда оолиты (у шамозита). Вид более крупных кристаллов шестигранный. Цвет от зеленого до черного, иногда желтовато-зеленый. Блеск стеклянный и матовый. Спайность весьма совершенная по (001), листочки гибкие, но не упругие. Твердость 2–3. Плотность колеблется в зависимости от состава: 2,6–2,9 г/см³.

Среди хлоритов выделяют магнезиально-железистые алюмохлориты и железистые хлориты. Первая подгруппа включает зеленые пеннин (Mg, Al)₆[Si_{3,5}Al_{0,5}O₁₀](OH)₈, клинохлор (Mg, Al)₆[Si₃AlO₁₀](OH)₈, прохлорит (репидолит) (Mg, Fe, Al)₆[Si_{2,5}Al_{1,5}O₁₀](OH)₈; вторая подгруппа – темно-зеленые шамозит (Fe²⁺, Mg, Fe³⁺)₆[Si₃AlO₁₀](OH)₈ (бывает покрыт лимонитовой охрой), тюрингит (Fe²⁺, Mg, Fe³⁺, Al)₆[Si₂Al₂O₁₀](OH, O)₈.

Разновидности: Cr-содержащие хлориты – киммерит и кочубейт, цвет у которых доходит до фиолетово-черного.

Происхождение: 1) гидротермальное – в жилах и гидротермально-метасоматических образованиях; 2) метаморфическое – в фации зеленых сланцев (образуются по разным породам, преимущественно основным).

Месторождения: в Карелии встречаются в метаморфизованных основных породах (базальтах, габбро), в миндалинах, в зальбандах кварцевых жил, жил альбититов и др.; железистые хлориты известны в Крыму на железорудных м-ях Керченского п-ова, в ФРГ, во Франции.

Использование: 1) из м-й железистых хлоритов (шамозит и тюрингит) добывают железо; 2) красивые образцы – коллекционный минерал.

ПОДКЛАСС КАРКАСНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ

В состав алюмосиликатов с каркасной структурой входят Si, Al и такие катионы, как Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Ba²⁺, Sr²⁺, Cs⁺, добавочные анионы (OH)⁻, Cl⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, а также Fe³⁺, Ti⁺, реже Mn²⁺, Fe²⁺, Zn²⁺.

Алюмосиликаты с радикалом типа [SiAlO₆]. Плаггиоклазы

Плаггиоклазы – твердые растворы изоморфного ряда альбит-анортит (Ab-An).

Альбит Na[Si₃AlO₈] и **анортит** Ca[Si₂Al₂O₈] – крайние члены изоморфного ряда. Промежуточные члены ряда называются:

альбит № 0–10 (Ab)	}	кислые Pl;
олигоклаз № 11–30		
андезин № 31–50	}	средние Pl;
лабрадор № 51–70		

битовнит № 71–90 }
анортит № 91–100 (An) } основные Pl.

Плагииоклазы отличаются содержанием SiO_2 : в альбите – 68,8 % мол. веса, в андезине – 43,28 % и Са. Это отражается в составе соответствующим номером от 0–10 до 91–100 % по количеству анортита: кислые – средние – основные (такое деление удобно и для систематики горных пород). Основные плагииоклазы более высокотемпературные, чем кислые (An кристаллизуется при $T = 1550^\circ \text{C}$, Ab – при 1100°). Все высокотемпературные разновидности (за исключением An) имеют разупорядоченную структуру Ab с моноклинной сингонией; низкотемпературные разновидности обычно триклинные. Плагииоклазы бывают зональными в связи с кристаллизацией при охлаждении магмы: в них формируется «ростовая» зональность. Если идет раскисление к краю – это прямая зональность, к центру – обратная.

Плагииоклазы образуют кристаллы, агрегаты, друзы, щетки, пластинки, лучистые агрегаты, иногда мономинеральные сростания в породах – пегматитах, альбититах, анортозитах. Альбит в виде пертитовых вростков выделяется в калишпатах (микроклине, амазоните). Цвет у плагииоклазов обычно бывает белый, серый, иногда из-за примеси Fe – розовый, желтоватый, в низкотемпературном альбите встречается до красного. Блеск стеклянный. Спайность совершенная и средняя, угол спайности обычно $86\text{--}70^\circ$. Твердость 6–6,5. Плотность: $2,4 \text{ г/см}^3$ – у Ab, $2,76 \text{ г/см}^3$ – у An. Для олигоклаза характерна голубая, для лабрадора – желто-сине-зеленая иризация.

Разновидности: сахаровидный альбит образует мелкозернистые агрегаты; клевеландит – пластинчатые или радиально-лучистые кристаллы; беломорит – это олигоклаз с бледно-голубой иризацией (назван по карельскому Беломорью, где встречается в пегматитах).

Происхождение: 1) магматическое – в различных изверженных, интрузивных и эффузивных горных породах (от кислых – до основных); 2) позднемагматическое – в пегматитах; 3) метасоматическое – в разных метасоматитах (альбититах, грейзенах, скарнах); 4) метаморфическое – в различных метаморфизованных породах; 5) осадочное – например, в аркозовых песчаниках.

Месторождения: многочисленны; м-я лабрадорита известны на Украине, в Финляндии; м-я беломорита и олигоклазовых пегматитов – в Карелии (Беломорье, Приладожье).

Использование: 1) магматические горные породы – строительные материалы, облицовочный камень; 2) кислые плагииоклазы (олигоклаз) – керамическое сырье для фарфоро-фаянсовой промышленности; 3) беломорит, лабрадорит – поделочный камень.

ЩЕЛОЧНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

К-Na-полевые шпаты $(\text{K}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_4$ – твердые растворы изоморфного ряда $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_4 - \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Сингония моноклинная и триклинная. Бывают представлены ортоклазом, санидином, микроклином. При высоких температурах K- и Na-фазы обладают полной изоморфной смесимостью, а при охлаждении распадаются с выделением пертитов альбита. Примесь Na^+ – до 10 %; если превышает 10 %, то переходят в плагииоклазы. Содержание Са-компонента незначительно. Могут содержать примеси Ba, Rb, Ca, Sr, Pb^{2+} , Fe. Модификации: среди калишпатов выделяют высоко- и низкотемпературные разности. Высокотемпературные имеют неупорядоченную структуру, низкотемпературные – упорядоченные. В кристаллической структуре высокотемпературных K-Na-полевых шпатов Al^{3+} и Si^{4+} в тетраэдрах распределены

беспорядочно: к этому типу относится моноклинный высокотемпературный санидин. При снижении температуры происходит частичное, а затем полное упорядочение структуры, при этом образуются моноклинный ортоклаз ($T_{уст.} > 500^\circ$) и триклинный микроклин ($T_{уст.} < 500^\circ$).

Форма выделения калишпатов. Рассмотрим **микроклин** $(K, Na)[AlSi_3O_8]_4$: кристаллы хорошо ограненные, образуют друзы, бруски, разномасштабные агрегаты-срастания. Цвет бледно-розовый (у микроклина, ортоклаза), желтоватый (у ортоклаза), бывает красный (с примесью Fe^{3+}). Блеск стеклянный. Спайность средняя, угол у ортоклаза $\sim 90^\circ$. Твердость 6–6,5. Плотность 2,5–2,6 г/см³. Иногда в минерале бывает видна структура распада – тонкие воднопрозрачные пертиты, представленные альбитом.

Разновидности: адуляр – прозрачный калишпат, встречается в гидротермальных жилах ($T = 265^\circ$). Голубой адуляр называется лунным камнем. Пертит-кристаллы содержат распад альбита белого цвета. Водно-прозрачные пертиты альбита бывают видны в микроклине невооруженным глазом. Голубовато-зеленый калишпат с белыми пертитами – это амазонит (содержит примесь Pb и редких щелочей). Калишпаты замещаются серицитом, альбитом, каолинитом.

Происхождение: 1) магматическое – в интрузивных и эффузивных породах кислого-среднего состава, а также в щелочных основных и щелочно-ультраосновных горных породах; 2) позднемагматическое – в пегматитах; 3) метасоматическое – в калишпатовых метасоматитах, грейзенах, альбититах; 4) метаморфическое – в метаморфизованных породах (гранито-гнейсах, мигматит-гранитах); 5) гидротермальное – в жилах.

Месторождения: многочисленны в Карелии, на Кольском п-ове, в Сибири.

Использование: 1) как керамическое сырье, поделочный камень; 2) горные породы кислого-среднего состава – строительный материал и облицовочный камень; 3) амазонит – поделочный камень.

Алюмосиликаты с радикалами типа $[SiAlO_4]$ – $[Si_2AlO_6]$ (фельдшпатыды)

К фельдшпатам относятся каркасные алюмосиликаты Na^+ и K^+ , близкие к полевым шпатам, но с более низким содержанием в составе SiO_2 .

Нефелин $KNa_3[SiAlO_4]_4$. Сингония гексагональная. Содержит $K_2O \sim 11\%$, $Na_2O \sim 17\%$, примеси Rb, Ga. Кристаллы мелкие, призматические (иногда квадратные в сечении), образует вкрапленники, срастания и сливные массы. Цвет серый, зеленовато-серый, красноватый, иногда бесцветен. Блеск стеклянный, «жирный». Спайности нет. Твердость 5,5. Плотность 2,6 г/см³.

Разновидности: элеолит – коричневатокрасный нефелин (встречается на Урале).

Происхождение: магматическое – в ассоциации с полевыми шпатами, эгирином, апатитом, лепидомеланом, ильменитом, сфеном, цирконом, эвдиалитом. Образуется в породах, бедных кремнекислотой, но богатых натрием (в нефелиновых сиенитах и их пегматитах). Не встречается с кварцем. Замещается гидротермальным канкринитом, содалитом, альбитом, а в зоне гипергенеза – цеолитами.

Месторождения: известны на Кольском п-ове, Урале, Алтае.

Использование: из нефелина получают соду и поташ, попутно извлекают щелочные металлы и Ga, возможно получение Al. Нефелинсодержащие породы – красивый облицовочный камень.

Лейцит $K[Si_2AlO_6]$. Сингония кубическая – высокотемпературная, тетрагональная – низкотемпературная (при 660°). Содержит примеси Na^+ , Ca^{2+} , иногда Ti^4 . Встречается в форме изометричных кристаллов тетрагон-триоктаэдров или в форме шаровидных кристаллов. Цвет белый, пепельно-серый. Блеск стеклянный. Спайности нет. Твердость 5,5–6. Плотность $2,5 \text{ г/см}^3$. Часто замещается вторичными минералами.

Происхождение: 1) магматическое – образуется в молодых эффузивных калиевых щелочных породах низкой кремнекислотности (без кварца) – лавах, туфах, пеплах; 2) встречается в лампроитах.

Месторождения: крупные кристаллы найдены на Везувии (Италия).

Каркасные алюмосиликаты с добавочными анионами

Скаполит $(Na, Ca)_4[Al_{1-2}Si_{3-2}O_8](Cl, CO_3)$. Сингония тетрагональная. Это группа минералов с широким изоморфизмом катионов и анионов, имеющих свои названия: Na – мариолиты, Ca – мейониты. Кристаллы тетрагонально-призматические (коротко- или удлиненно-столбчатые). Цвет бледно-зеленоватый или бледно-розовый (сиреневатый). Блеск стеклянный. Спайность несовершенная. Твердость 5–6. Плотность $2,6\text{--}2,75 \text{ г/см}^3$. По составу скаполиты близки плагиоклазам (по которым чаще и развиваются), но содержат дополнительные анионы. Разновидность глауколит имеет бледно-фиолетовый цвет.

Происхождение: 1) метасоматическое – в скарнах, а также при изменении плагиоклазов в гранитах; 2) метаморфическое, метаморфогенно-метасоматическое.

Месторождения: 1) известны в скарнах Карелии (Приладожье), в Забайкалье (Слюдянка), Средней Азии; 2) в метаморфических породах – в Беломорье.

Использование: чаще коллекционный минерал.

Канкринит $Na_6Ca_2[SiAlO_4]_6(CO_3, SO_4)_2 \cdot 3H_2O$. Сингония гексагональная. Имеет широкую изоморфную смесимость по дополнительным анионам $(CO_3)^{2-}$ и $(SO_4)^{2-}$. Кристаллы столбчато-призматические, образует каемки вокруг нефелина и псевдоморфозы по нему. Цвет белый, желтоватый, реже розовый. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по одному направлению. Твердость 5–5,5. Плотность $2,4\text{--}2,5 \text{ г/см}^3$.

Разновидности: вишневит – сульфат-канкринит, синий.

Происхождение: 1) магматическое – в щелочных породах и их пегматитах; 2) метасоматическое – развивается по нефелину.

Месторождения: щелочные комплексы Кольского п-ова, Урал, Сибирь.

Использование: красивый поделочный и ювелирный камень.

Содалит $Na_8[SiAlO_4]Cl_2$. Сингония кубическая. Содержит примеси K^+ , Fe^{3+} , $(CO_3)^{2-}$, $(SO_4)^{2-}$, $(OH)^-$. Кристаллы редкие, встречаются в виде ромбододекаэдров, чаще минерал выделяется в форме овальных гнезд. Цвет голубой, синий, иногда белый, розовый. Спайность средняя. Хрупкий. Твердость 5,5–6. Плотность $2,1\text{--}2,4 \text{ г/см}^3$. Люминесцирует в ультрафиолетовом свете.

Разновидности: гакманит – S-содержащий, розовый (в ультрафиолетовом свете оранжевый).

Происхождение: 1) магматическое – в виде вкрапленников встречается в щелочных лавах; 2) метасоматическое – в щелочных породах и пегматитах с нефелином, эгирином, полевым

шпатом, арфведсонитом, сфеном, эвдиалитом и связанных с ними метасоматитах по другим породам.

Месторождения: щелочные комплексы Кольского п-ова, Сибирь, северная Карелия (Тикшеозерский массив).

Использование: красивый поделочный и ювелирный камень.

Лазурит $\text{Na}_6\text{Ca}_2[\text{SiAlO}_4]_6(\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl})_2$. Сингония кубическая. Кристаллы редкие, обычно встречается в виде тонкозернистых масс. Цвет голубой, темно-синий, сине-фиолетовый. Спайность средняя, но в мелкозернистых массах не видна. Твердость 5,5. Плотность 2,3–2,4 г/см³.

Происхождение: метасоматическое – в магнезиальных скарнах с флогопитом, диопсидом, форстеритом, кальцитом.

Месторождения: известны в Средней Азии, Прибайкалье, Афганистане.

Использование: красивый поделочный и ювелирный камень.

Гельвин $(\text{Mn}^{2+})_4[\text{SiBeO}_4]_3\text{S}$. Сингония кубическая. Характерно замещение Mn^{2+} на Fe^{2+} (даналит), Zn^{2+} (гентгельвин), BeO – до 14 %. Образует кристаллы тетраэдрического габитуса и зернистые агрегаты. Цвет красновато-бурый, желтый. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная. Твердость 6–6,5. Плотность 3,2–3,7 г/см³.

Происхождение: 1) гидротермально-метасоматическое – в скарнах (с флюоритом и другими бериллиевыми минералами; 2) в щелочных пегматитах; 3) в гидротермальных жилах.

Месторождения: известны в Сибири, Карелии (в апоскарновых грейзенах Питкяранты), Казахстане.

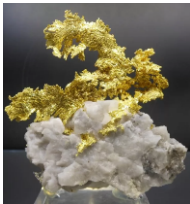
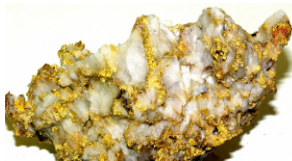
Использование: при достаточном количестве совместно с другими бериллиевыми минералами – руда на Be.

Водные алюмосиликаты – цеолиты. (Знакомство с этими минералами происходит самостоятельно.)

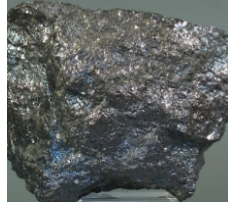
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

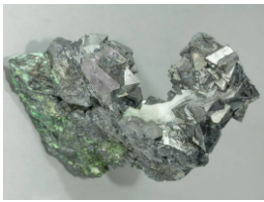
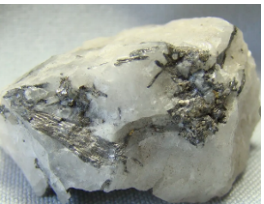
1. *Бетехтин А. Г.* Курс минералогии. – 3-е изд. – Москва : Госгеолтехиздат, 1961. – 539 с.
2. *Бетехтин А. Г.* Курс минералогии. – Москва : Изд-во КДУ, 2007. – 721с.
3. *Булах А. Г.* Общая минералогия. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 1999. – 354 с.
4. *Булах А. Г.* Общая минералогия : учебник / А. Г. Булах, В. Г. Кривовичев, А. А. Золотарев. – 4-е изд. – Москва : Академкнига, 2008. – 416 с.
5. *Годовиков А. А.* Минералогия. – Москва : Недра, 1975. – 519 с.; – 2-е изд., 1983. – 648 с.
6. *Кулешевич Л. В.* Свойства и генезис минералов : учебное пособие к практическим занятиям / Л. В. Кулешевич. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2009. – 178 с.
7. *Миловский А. В.* Курс минералогии / А. В. Миловский, О. В. Кононов. – Москва : Изд-во МГУ, 1982. – 312 с.
8. *Номенклатура амфиболов* : доклад подкомитета по амфиболам Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНС ММА) // Записки ВМО. – 1997. – № 6. – С. 82–102.
9. *Номенклатура слюд* : заключительный доклад подкомитета по слюдам Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНС ММА) // Записки ВМО. – 1998. – № 5. – С. 55–65.

Ресурсы интернета.

Самородные элементы, простые вещества			
 1 Медь, самородок, покрыт малахитом	 2 Медь – комковатый самородок	 3 Медь, ветвистый дендрит	 4 Медь пластинчатая, покрыта малахитом
 5 Серебро, дендрит	 6 Серебро в кварцевой жиле	 7 Серебро «волосовидное»	 8 Платина (окатанные самородки)
 9 Золото, дендрит	 10 Золото в кварце	 11 Золото в кварце (Майское, Чукотка)	 12 Золото в кварце (Воицкое, Карелия)
 13 Сера, кристалл	 14 Сера	 15 Графит (Приладожье) тонкодисперсный	 16 Антраколит (Шуньга, Карелия)
 17 Графит чешуйчатый (Завальевское м-е, Урал)	 18 Алмаз, октаэдрический кристалл	 19 Алмаз в брекчиевидном кимберлите	 20 Алмаз из кимберлитов

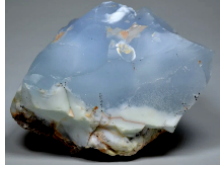
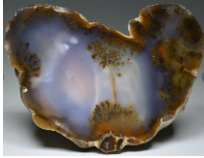
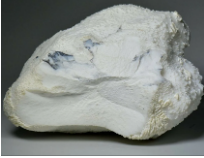
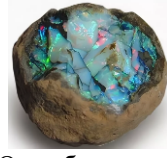
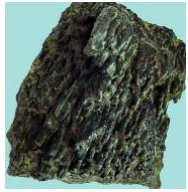
Фотографии образцов из учебной коллекции и коллекции музея ИГ КарНЦ РАН (1–4, 11–16) и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 7–10, 17–19; mineral-book.ru: 5; pinterest.ru: 20).

Сульфиды			
 1 Галенит, кубические кристаллы, спайность совершенная	 2 Галенит, руда	 3 Галенит в кварце	 4 Киноварь
 5 Сфалерит коричневый, тетраэдры	 6 Сфалерит коричневато-желтый	 7 Сфалерит, галенит, кальцит	 8 Сфалерит желтый («медовый» клейофан)
 9 Халькозин	 10 Халькозин	 11 Пирротин, руда	 12 Пирротин в аншилле
 13 Пентландит, кристаллы со спайностью в пирротине	 14 Пентландит в пирротине, руда	 15 Зональные халькопирит- пентландит- пирротинные гнезда	 16 Халькопиритовая руда
 17 Халькопирит	 18 Борнит, руда	 19 Борнит, гнезда в кварце	 20 Ковеллин синий
 21 Пирит, кристалл	 22 Пирит, штриховка	 23 Пирит, двойник прорастания	 24 Пирит, руда

 Марказит, конкреция радиальная 25	 Марказит, окисленная конкреция 26	 Марказит, «почки» 27	 Герсдорфит (слева охра зеленая – аннабергит) 28
 Кобальтин, руда 29	 Кобальтин, кристалл 30	 Кобальтиновая руда с розовым эритрином 31	 Кристаллы арсенопирита 32
 Арсенопирит, вольфрамит 33	 Молибденит, кристалл 34	 Молибденит в кварце 35	 Молибденит, спайность весьма совершенная 36
 Антимонит, кристаллы 37	 Антимонит 38	 Антимонит, друза 39	 Висмутин в кварце 40
 Реальгар 41	 Аурипигмент 42	 Аурипигмент, спайность совершенная 43	 Аурипигмент и реальгар 44

Фотографии образцов из учебной коллекции (2–7, 9, 11–19, 20–27, 33, 35–38, 41–44)
и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 1, 8, 10, 20, 29–30, 36, 39–40; mineral-book.ru: 31, 32;
kamneteka.com: 34; pinterest.ru: 28, 41).

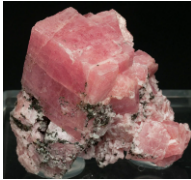
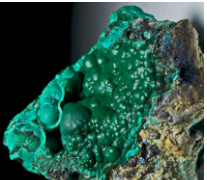
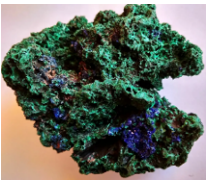
Оксиды, гидроксиды			
 1 Гематитовые розы, кристаллы	 2 Полосчатая гематитовая руда	 3 Гематитовая руда	 4 Гематит, железная голова
 5 Корунд, голубой кристалл	 6 Корунд серо-голубой	 7 Корунд (рубин, розовый)	 8 Шпинель красная
 9 Шпинель черная, кристаллы	 10 Шпинель черная	 11 Рутил, кристаллы темно-коричневые	 12 Рутил в кварце – «волосы Венеры»
 13 Касситерит	 14 Касситерит, кристалл	 15 Лопарит	 16 Пироклор
 17 Магнетитовая руда с кристаллами октаэдрами	 18 Магнетит, кристалл ромбодекаэдр	 19 Магнетитовая руда	 20 Магнетитовая руда (железистый кварцит)
 21 Хромит, нодулярная руда	 22 Хромитовая руда	 23 Хромитовая руда	 24 Хромит, октаэдр
 25 Ильменит в пегматите, спайность средняя	 26 Ильменит, руда	 27 Железо-марганцевые конкрекции	 28 Пирролузит, кристаллы

 29 Пиролузит	 30 Романешит оолитового строения	 31 Пиролузит, дендриты	 32 Кварц, кристалл со штриховкой на гранях
 33 Кварц, друза	 34 Кварц дымчатый	 35 Морион, кристаллы	 36 Аметист, щетка
 37 Секреция аметиста в окисленной породе	 38 Аметист, халцедон, секреция	 39 Морион в графическом пегматите	 40 Хризопраз
 41 Тигровый глаз	 42 Карнеол	 43 Карнеол	 44 Сердолик
 45 Халцедон серо-голубой	 46 Халцедон, секреция	 47 Агат	 48 Агат, секреция
 49 Агат моховой	 50 Опал белый, кахолонг	 51 Опал благородный	 52 Опал «огненный»
 53 Кремень, конкреция	 54 Боксит оолитового строения	 55 Боксит, минеральная смесь (диаспор, гиббсит)	 56 Гётит натечный
 57 Гётит, почка	 58 Озерная лимонитовая руда, «монетная»	 59 Лимонит, озерная оолитовая руда	 60 Лимонит, корка (смесь гидроксидов железа)

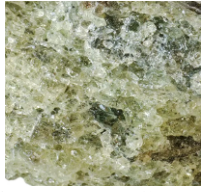
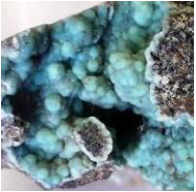
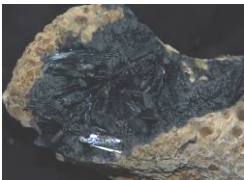
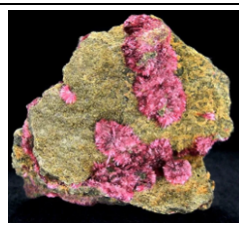
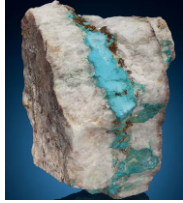
Фотографии образцов из учебной коллекции и коллекции музея ИГ КарНЦ РАН (2–3, 7, 10, 13, 18–22, 25–26, 29–34, 36–43, 46–47, 53–60) и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 4–6, 9, 11–12, 14–16, 23, 28, 35, 44–45, 49–50; pinterest.ru: 1, 17, 51–52; opengeology.org : 8; lutch.ru: 24; geoweb.ru: 27; mindat.org: 48).

Галоиды (фториды, хлориды)			
 1 Флюорит, кристалл октаэдр	 2 Флюорит зональный	 3 Флюорит фиолетовый	 4 Флюорит, прожилки в граните
 5 Флюорит зеленый, кубические кристаллы	 6 Флюорит зеленый и серовато-белый	 7 Флюорит зональный	 8 Флюорит зональный концентрический
 9 Галит, кубические прозрачные кристаллы	 10 Галит, сильвин (послойное накопление)	 11 Сильвин красно-оранжевый, галит голубовато-серый	 12 Сильвин красно-оранжевый, галит белый

Фотографии образцов из учебной коллекции (1–4, 6–7, 12)
и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 5, 9–11; kristallov.net: 8).

Карбонаты			
 1 Кальцит, спайность совершенная	 2 Исландский шпат, прозрачный	 3 Кальцит, ромбоэдр	 4 Кальцит, друза скаленоэдров
 5 Магнезит серый	 6 Магнезит почковидный белый, колломорфный	 7 Родохрозит	 8 Сидерит
 9 Сидерит	 10 Смитсонит	 11 Доломит бордовый, кристалл	 12 Доломит (в кернах)
 13 Анкерит	 14 Арагонит, сталактит	 15 Кальцит, сталактит, срез	 16 Строение сталактита
 17 Сталактиты и сталагмиты в пещере	 18 Арагонит, сросток кристаллов	 19 Малахит, срез и строение почки	 20 Малахит, почки
 21 Малахит, азурит	 22 Порошковый налет на пластинчатой меди	 23 Малахит, азурит, налеты, лимонит	 24 Азурит, малахит, корочки
 25 Сода	 26 Сода	 27 Бастнезит	 28 Бастнезит по гагариниту

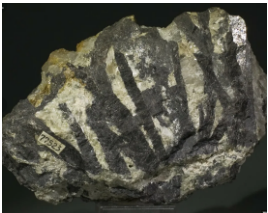
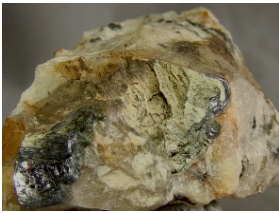
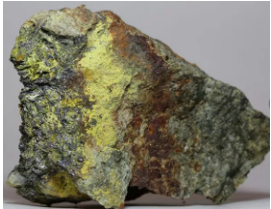
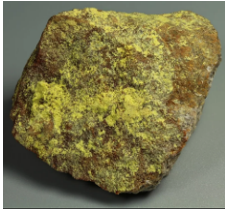
Фотографии образцов из учебной коллекции (1–2, 5, 9, 11–12, 14–15, 22–25) и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 3–4, 6, 8, 18, 27–28; pinterest.ru: 7, 10, 13, 17; dic.akademic.ru: 16; livemaster.ru: 19–21; geo.web.ru: 26).

Фосфаты и их аналоги			
 1 Апатит, гексагональный кристалл	 2 Апатит бутылковидный, голубой, из пегматитов	 3 Апатит, кристаллы в кальците	 4 Апатитовая руда (Хибины)
 5 Сахаровидный апатит	 6 Штаффелит натечный	 7 Штаффелит голубой	 8 Штаффелит белый
 9 Моноцит, кристалл	 10 Ксенотим, кристаллы	 11 Вивианит	 12 Вивианит радиально-лучистый
 13 Вивианит в оолитовой лимонитовой руде	 14 Скородит коричневатозеленый	 15 Эритрин, заместивший кобальтовую руду	 16 Эритрин
 17 Эритрин, радиально-лучистые кристаллы	 18 Аннабергит, охры	 19 Аннабергит, кристаллы, «почки»	 20 Ванадинит $Pb_5[VO_4]_3Cl$
 21 Бирюза, прожилок	 22 Бирюза, срез	 23 Урановые слюдки – уранил-ванадаты: туюмунит	 24 Карнотит $K_2(UO_2)_2[V_2O_8] \cdot 3H_2O$

Фотографии образцов из учебной коллекции (1–2, 5–8, 13–14) и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 3, 14, 18, 21–23; sevstone.ru: 4, 20; geo.web.ru: 9, 16–17, 19; natural museum.ru: 11; jevel.ru: 12; pinterest.ru: 21; dacotamatrix.com: 24).

Сульфаты			
 1 Гипс, кристалл	 2 Гипс-селенит	 3 Гипс волокнистый	 4 Гипсовая роза
 5 Барит пластинчатый	 6 Барит пластинчатый	 7 Барит светло-розовый	 8 Барит серый
 9 Ангидрит	 10 Целестин	 11 Алунит	 12 Ярозит

Фотографии образцов из учебной коллекции (1–3, 5–8, 11–12) и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 4; geo.web.ru: 9, 10).

Вольфраматы, молибдаты, хроматы			
 1 Вольфрамит темно-коричневый в кварце	 2 Вольфрамит черный	 3 Повеллит бежевый с молибденитом	 4 Крокоит
 5 Шеелит, кристаллы	 6 Шеелит в диопсиде, скарн	 7 Ферримолибдит на молибдените	 8 Ферримолибдит, охра

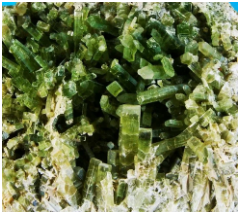
Фотографии образцов из учебной коллекции (1, 6) и доступного интернет-ресурса (webmineral.ru: 2–5, 7–8).

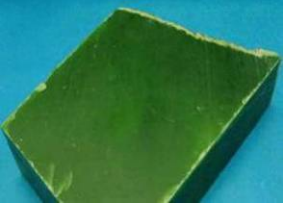
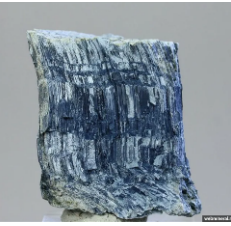
Силикаты островные			
 1	 2	 3	 4
Оливин в базальте	Оливин	Оливин, мелкие овальные зерна	Форстерит
 5	 6	 7	 8
Циркон пирамидально-призматический	Циркон в пегматите	Гранаты: альмандин	Альмандин в биотитовом сланце
 9	 10	 11	 12
Альмандин в амфиболите	Андрадит коричневый, скарн	Андрадит коричневый	Андрадит черный (меланит)
 13	 14	 15	 16
Меланит черный	Гроссуляр	Спессартин	Уваровит
 17	 18	 19	 20
Дистен, кристалл	Дистен (кианит) голубой	Дистен в гранат-биотитовом сланце	Дистен бледно-зеленоватый
 21	 22	 23	 24
Дистен радиально-лучистый серый	Параморфоза дистена по андалузиту	Андалузит	Андалузит

 Силлиманит игольчатый 25	 Силлиманитовый сланец 26	 Силлиманит 27	 Ставролит (тройник прорастания) 28
 Ставролит 29	 Ставролит в гранат-биотитовом сланце 30	 Ставролит (двойники) крестообразный 31	 Топаз, кристалл, голубой 32
 Топаз прозрачный 33	 Титанит игольчатый, сфен 34	 Титанит, ромбоэдр 35	 Везувиан 36
 Эпидот 37	 Эпидотовая миндалина 38	 Эпидот, жила в базальте 39	 Алланит (ортит) в пегматите 40
 Берилл 41	 Изумруд  Аквамарин 42	 Срастание кристаллов берилла 43	 КОРДИЕРИТ CORDIERITE $Mg_2Al_2Si_2O_{10}$ р-мн Сапфир-Сп. изумруд... 44 Кордиерит
 Кордиерит 45	 Кордиерит в породе 46	 Эвдиалит, эгирин 47	 Эвдиалит, кристаллы, апатит сахаровидный 48

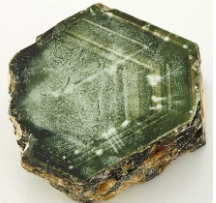
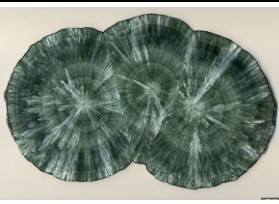
 49 Турмалин (шерл), олигоклаз	 50 Турмалин (шерл), кварц	 51 Турмалиновое «солнце»	 52 Рубеллит и полихромный турмалин
---	---	---	--

Фотографии образцов из учебной коллекции (2–4, 6–13, 18–21, 23–25, 29–30, 33–38, 41–43, 45–47, 49–51) и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 15, 22, 29, 31–32, 39–40, 44, 48; geoweb.ru: 1, 16, 44; livemaster: 14; mineralmarket.ru: 17, 52; pinterest.ru: 26–28).

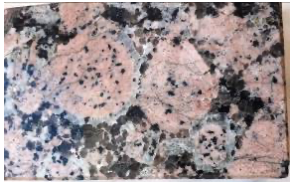
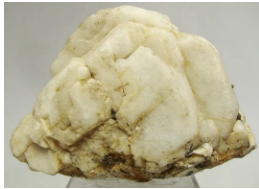
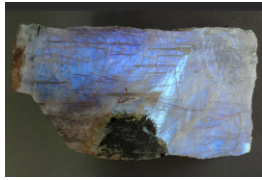
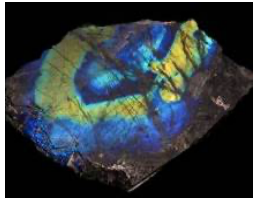
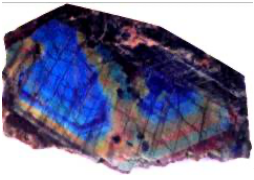
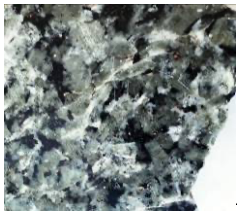
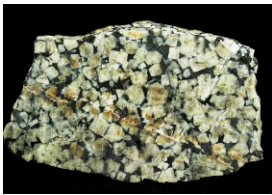
Силикаты цепочечные и ленточные			
 Ромбические пироксены: энстатит	 Энстатит в породе (ортопироксенит)	 Бронзит-гиперстен	 Моноклинные пироксены: диопсид
 Диопсид, кристаллы	 Диопсид	 Хромдиопсид	 Диопсид, друза
 Хромдиопсид	 Геденбергит, кристаллы	 Геденбергит	 Геденбергит
 Авгит, кристаллы	 Эгириновое «солнце»	 Эгирин черный, эвдиалит	 Сподумен бледно-зеленый
 Сподумен (белый в центре) и лепидолит	 Сподумен розовый (кунцит)	 Пироксеноиды: родонит	 Родонит и черные оксиды марганца
 Родонит	 Волластонит	 Волластонит радиально-лучистый	 Волластонит- дабололитовый скарн

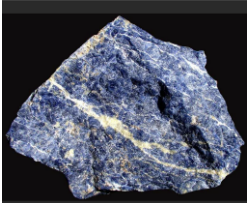
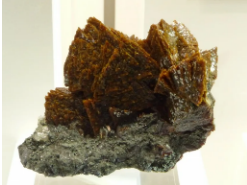
 25 Амфиболы: роговая обманка, кристалл	 26 Темно-зеленая роговая обманка	 27 Роговая обманка в биотитовом сланце	 28 Роговая обманка в гранатовом амфиболите
 29 Тремолит	 30 Тремолит-асбест	 31 Актинолит	 31 Актинолит
 32 Амфибол-асбест и эпидот	 33 Нефрит	 34 Антофиллит	 34 Антофиллит
 35 Грюнерит	 36 Грюнерит в железистом кварците	 37 Грюнерит в железистом кварците	 38 Куммингтонит
 39 Рибекит – волокнистый голубой асбест (крокидолит)	 40 Рибекит	 41 Глаукофан	 42 Родусит – глаукофан волокнистый

Фотографии образцов из учебной коллекции (1–2, 5–7, 11–12, 15, 19–23, 25–30, 31–33, 36, 39) и доступных интернет-ресурсов (wikimedia.org: 3; mindat.ru: 4, 34; webmineral.ru: 8, 10, 16–18, 24, 31–32, 34–35, 40; jewelryexpert.ru: 9; druza.web.ru: 13; geo.web.ru: 14, 23, 24, 37; dakotamatrix.com: 38, 41; dolinakamnej.ru: 42).

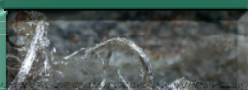
Силикаты слоистые			
 1 Слюды: мусковит, кристалл (7 см)	 2 Мусковит с весьма совершенной спайностью	 3 Мусковит из пегматитов	 4 Фуксит (фукситовый сланец)
 5 Биотит, кристалл	 6 Биотит черный, листоватый	 7 Биотит (гранат-биотитовый сланец)	 8 Флогопит, кристалл, серо-черный, зональный
 9 Лепидолит крупночешуйчатый	 10 Лепидолит, кристалл в альбите	 11 Лепидолит мелкочешуйчатый	 12 Лепидолит, баработовы глазки
 13 Тетраферрифлогопит оранжево-коричневый	 14 Вермикулит «вспученный»	 15 Тальк	 16 Тальк (тальковый сланец)
 17 Пирофиллит	 18 Серпентин	 19 Серпентинит по ультраосновной породе	 20 Серпентин – хризотил-асбест
 21 Хлорит крупночешуйчатый	 22 Хлорит железистый (шабазит)	 23 Клинохлор радиально-лучистый	 24 Каолинит

Фотографии минералов из учебной коллекции (1–7, 10–11, 16, 19–22) и доступных интернет-ресурсов (mineralmarket.ru: 8; rusmineral.ru: 12; geo.web.ru: 13; northwest.prom-rus.com: 14; webmineral.ru: 15, 17, 23; kamneteka.com: 18; mindat.org.ru: 24).

Силикаты каркасные			
 1 Калишпаты: микроклин с тонкими пертитами	 2 Микроклин, брусок	 3 Микроклин, кристалл	 4 Ортоклаз
 5 Овоиды – калишпат и олигоклаз в гранитах-рапакиви	 6 Амазонит, кристаллы	 7 Амазонит	 8 Амазонит с пертитам альбита
 9 Плагиоклазы: олигоклаз белый	 10 Олигоклаз с иризацией – беломорит	 11 Клевеландит – альбит пластинчатый	 12 Олигоклаз в графическом пегматите
 13 Альбит, кристаллы	 14 Беломорит	 15 Лабрадор зональный, кристалл с иризацией	 16 Лабрадор зональный
 17 Лабрадор	 18 Лабрадорит, порода	 19 Нефелин, апатит	 20 Нефелин и апатит
 21 Нефелин, плагиоклаз, эгирин	 22 Нефелин	 23 Элеолит	 24 Лейцит в породе

 25 Скаполит, кристалл тетрагональный	 26 Скаполит бледно-сиреневый	 27 Скаполит	 28 Скаполит
 29 Лазурит синий	 30 Лазурит голубой	 31 Содалит	 32 Содалит
 33 Содалит	 34 Канкринит	 35 Гельвин	 36 Гельвин

Фотографии образцов из учебной коллекции (1–2, 5, 7–12, 16–18, 20–21, 25–27, 29–32)
и доступных интернет-ресурсов (webmineral.ru: 3, 6, 13, 14, 35–36; pinterest.ru: 4; commons.wikimedia.org: 15;
ostrov-mineralov.ru: 19, 28; geo.web.ru: 22–24, 33–34).



Минимальные системные требования :
PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX;
256 Мб (RAM); Adobe Reader; дисковод CD-ROM.

Подписано к использованию 27.06.2022.
40 Мб. 1 CD-R. Тираж 100 экз. Изд. № 168

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33
<https://www.petrso.ru>. Тел. (8142) 711 001

Изготовлено в Издательстве ПетрГУ
185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33
URL: press.petrso.ru/UNIPRESS/UNIPRESS.html.

Тел. / Факс. (8142) 781 540
nvpahomova@yandex.ru

© Кулешевич Л. В., составление, 2022

© Петрозаводский государственный
университет, 2022

ISBN: 978-5-8021-3928-8
9 785802 139288

