

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

А.П. Неволин, Е.Н. Сычкина

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ.
РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ
(ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ)**

*Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2019

УДК 624.131.1
Н40

Рецензенты:

канд. техн. наук *В.И. Клевеко*
(ООО «НПФ “Стройэксперт”», г. Пермь);
д-р техн. наук, профессор *А.Б. Пономарев*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Неволин, А.П.

Н40 Инженерная геология. Рудные минералы (термины и определения) : учеб. пособие / А.П. Неволин, Е.Н. Сычкина. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. – 156 с.

ISBN 978-5-398-02143-1

Приведены характеристики и свойства минералов, наиболее распространенных в земной коре, составляющих основную часть комплексов метаморфических, метасоматических, осадочных пород и рудных месторождений.

Предназначено для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплины «Геология», «Механика грунтов», «Основания и фундаменты».

УДК 624.131.1

ISBN 978-5-398-02143-1

© ПНИПУ, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В АЛФАВИТНОМ ПОРЯДКЕ ЛАТИНСКОГО АЛФАВИТА.....	6
1. МИНЕРАЛЬНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ.....	7
1.1. Сульфиды.....	7
1.1.1. Простые сульфиды.....	7
1.1.2. Сложные сульфиды.....	8
1.2. Галогениды.....	15
1.2.1. Хлориды.....	15
1.2.2. Йодиды.....	17
1.3. Оксиды.....	19
1.3.1. Простые оксиды.....	19
1.3.2. Сложные оксиды.....	23
1.4. Силикаты.....	26
1.4.1. Островные силикаты.....	26
1.4.2. Цепочечные силикаты.....	46
1.4.3. Ленточные силикаты.....	57
1.4.4. Листовые силикаты.....	65
1.4.5. Каркасные силикаты.....	75
1.5. Фосфаты, сульфаты, карбонаты, бораты.....	84
2. РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ.....	92
2.1. Руды черных металлов (железа, марганца, титана, хрома, ванадия).....	93
2.2. Руды легких металлов (алюминия, бериллия, магния).....	104
2.3. Руды цветных металлов (меди, свинца, цинка, никеля).....	115
2.4. Руды малых и редких металлов.....	129
2.5. Руды благородных металлов.....	148
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	153
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ.....	154

ПРЕДИСЛОВИЕ

Россия – одна из богатейших стран мира по запасам полезных ископаемых, природных ресурсов. И это не только нефть, газ, леса, пресная вода, а также рудные и нерудные полезные ископаемые. На территории России встречаются практически все известные минералы и горные породы, а также все типы месторождений различных видов минерального сырья.

Поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых занимаются профессиональные геологи, специалисты-поисковики. Добываемые ресурсы используются практически во всех отраслях народного хозяйства, в том числе в строительстве, производстве материалов, изделий и многих других.

В данном учебном пособии сделана попытка изложить основные важные и интересные сведения о минералах, горных породах, полезных ископаемых и вообще о камнях в общедоступной форме с разъяснениями специфических геологических понятий и терминов. Причем акцент по возможности сделан на вопросы практического применения добываемых ресурсов.

При изучении геологических дисциплин требуются знания основ смежных наук-дисциплин, и в первую очередь химии. С этой целью приведена таблица Периодической системы Менделеева, таблица русских названий химических элементов.

В геологической литературе названия популярных (не обязательно пороодообразующих) минералов часто приводятся в сокращенном от греческих или других иноязычных названий этих минералов виде.

Авторы настоящего пособия избегают применения сокращений, однако оставляют сокращения популярные, общепринятые, которые не требуют специальных разъяснений.

В отдельных разъяснениях нуждаются условные обозначения, принятые в расшифровке происхождения названия минерала

и его химической формулы. Например, оливин [*< лат. oliva – маслина, по характерному цвету*] (перидот) – минерал с химической формулой $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$. В квадратных скобках [*< лат.*] означает, что название происходит от латинского *oliva*, в круглых скобках (перидот) – синоним, другое название этого минерала. В квадратных скобках химической формулы $[SiO_4]$ – основная структурная единица кристаллической структуры минерала, в круглых скобках – формулы, написанные через запятую, – химические элементы $(Mg, Fe)_2$ означают, что оливин имеет переменный состав от $Mg_2[SiO_4]$ до $Fe_2[SiO_4]$, в одном кристалле может существовать только Mg_2 , в другом – только Fe_2 , в третьем – одновременно и Mg и Fe . Магний и железо изоморфно замещают друг друга в кристаллической структуре.

Данное пособие является продолжением электронного учебного пособия: Неволин А.П. Инженерная геология. Минералы и горные породы (термины и определения). Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017 (в части гл. 4 «Минеральная коллекция. Описание минералов»). Сохранен порядок изложения, соответствующий табл. 3.1 (Рекомендуемая классификация минералов), а также сохранена схема описания минералов [1].

В данном учебном пособии приведены описания минералов, породообразующих (главных, второстепенных, акцессорных), в основном метаморфических, метасоматических и осадочных пород. В отдельную главу выделены рудные минералы, которые составляют определенные минералы и описание самих металлов. Для лучшего понимания, освоения изложенного материала приведена таблица химических элементов в алфавитном порядке латинского алфавита. Таблица полностью соответствует последней версии Периодической системы Д.И. Менделеева; в ней приведены символы элементов, их названия на русском языке и порядковые номера в таблице Д.И. Менделеева.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В АЛФАВИТНОМ ПОРЯДКЕ ЛАТИНСКОГО АЛФАВИТА

Цифра – номер в таблице Д.И. Менделеева; (57–71) – лантаноиды; (89–103) – актиноиды.

Ac – актиний	89	Ge – германий	32	Pt – платина	78
Ag – серебро	47	H – водород	1	Pu – плутоний	94
Al – алюминий	13	He – гелий	2	Ra – радий	88
Am – америций	95	Hf – гафний	72	Rb – рубидий	37
Ar – аргон	18	Hg – ртуть	80	Re – рений	75
As – мышьяк	33	Ho – гольмий	67	Rf – резерфордий	104
At – астат	85	Hs – гассий	108	Rh – родий	45
Au – золото	79	I – йод	53	Rn – радон	86
B – бор	5	In – индий	49	Ru – рутений	44
Ba – барий	56	Ir – иридий	77	S – сера	16
Be – бериллий	4	K – калий	19	Sa – самарий	62
Bh – борий	107	Kr – криптон	36	Sb – сурьма	51
Bi – висмут	83	La – лантан	57	Sk – скандий	21
Bk – берклий	97	Li – литий	3	Se – селен	34
Br – бром	35	Lu – лютеций	71	Sg – сиборгий	106
C – углерод	6	Lr – лоуренций	103	Si – кремний	14
Ca – кальций	20	Me – менделевий	101	Sn – олово	50
Cd – кадмий	14	Mg – магний	12	Sr – стронций	38
Ce – церий	58	Mn – марганец	25	Ta – тантал	73
Cf – калифорний	98	Mo – молибден	42	Tb – тербий	65
Cl – хлор	17	N – азот	7	Tc – технеций	43
Cm – кюрий	96	Na – натрий	11	Tb – тербий	65
Co – кобальт	27	Nb – ниобий	41	Te – теллур	52
Cr – хром	24	Nd – неодим	60	Th – торий	90
Cs – цезий	55	Ne – неон	10	Ti – титан	22
Cu – медь	29	Ni – никель	28	Tl – таллий	81
Db – дубний	105	No – нобелий	102	Tm – туллий	69
Dy – диспрозий	66	Np – нептуний	93	U – уран	92
Er – эрбий	68	O – кислород	8	V – ванадий	23
Es – эйнштейний	99	Os – осмий	76	W – вольфрам	74
Eu – европий	63	P – фосфор	15	Xe – ксенон	54
F – фтор	9	Pa – протактиний	91	Y – иттрий	39
Fe – железо	26	Pb – свинец	82	Yb – иттербий	70
Fm – фермий	100	Pd – палладий	46	Zn – цинк	30
Fr – франций	87	Pm – прометий	61	Zr – цирконий	40
Ga – галлий	31	Po – полоний	84		
Gd – гадолиний	64	Pr – празеодим	59		

1. МИНЕРАЛЬНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ.

ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

1.1. Сульфиды

1.1.1. Простые сульфиды

Миллерит [назван по фамилии английского минералога У.Х. Миллера (1801–1880)] (желтый никелевый колчедан, волокнистый колчедан, никелевая обманка, трихопирит) – минерал, сульфид никеля.



Миллерит

Химическая формула: NiS ; состав (в %): Ni – 64,7; S – 35,3; типичные примеси: Fe, Co, Cu.

Формы выделения. Кристаллы игольчатой формы с грубой штриховкой, сингония тригональная; преимущественно встречается в виде радиально-лучистых, игольчатых, волокнистых агрегатов.

Свойства. Твердость 3–4; плотность 5,3–5,4 г/см³. Цвет латунно-желтый с радужной побежалостью, зеленовато-серый; черта зеленовато-черная; блеск металлический; минерал непрозрачный; спайность совершенная; излом неровный. Под паяль-

ной трубкой легко плавится с образованием королька, в восстановительном пламени дает плотную слабомагнитную массу никеля; в азотной кислоте и царской водке растворяется, окрашивая раствор в зеленый цвет.

Образование, нахождение. В большинстве месторождений образование миллерита гидротермальное. Минерал сравнительно редкий. Иногда встречается в месторождениях медно-никелевых сульфидных руд как позднейший гидротермальный минерал, развивающийся за счет петландита (месторождения Норильской группы). В типичных жильных гидротермальных месторождениях скопления миллерита встречены в ассоциации с другими никелевыми и кобальтовыми минералами в лучистых агрегатах в парагенезисе с линнеитом, герсдорфитом, галенитом, флюоритом, кальцитом, кварцем и др. Встречен также в зоне цементации сульфидных месторождений. На территории России минералогическое значение имеют находки миллерита в районе Березовского месторождения (Урал) в виде лучистых и сноповидных агрегатов в карбонатных жилках среди лиственитов; встречен также в Саранском месторождении (Пермский край).

Практическое значение. Входит в состав руд никеля.

1.1.2. Сложные сульфиды

Бурнотит [назван по фамилии французского минералога Ж.Л. Бурнона] – минерал, сложный сульфид, сульфосоль меди, свинца, сурьмы; химическая формула CuPbSbS_3 . Состав (в %): Pb – 42,5; Cu – 13,0; Sb – 24,7; S – 19,8. Типичные примеси: железо (до 5 %), серебро (до 3 %), Zn, Mn, Ni, Bi As.

Формы выделения. Кристаллы псевдотетрагональные, короткопризматические или толстостолбчатые; часто встречаются полисинтетические двойники в виде креста или колеса; обычно встречается в неправильных зернах или в сплошных массах. Сингония кристаллов ромбическая, облик ромбодипирамидальный.



Бурнотит

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 5,7–5,9 г/см³. Цвет стально-серый, темно-серый с томпаково-бурой побежалостью; черта серая; блеск металлический; минерал непрозрачный; спайность несовершенная, весьма несовершенная; излом раковистый, неровный. С азотной кислотой дает синий раствор, при этом осаждается сера и окись сурьмы; под паяльной трубкой сплавляется в черный шарик.

Образование, нахождение. Встречается в гидротермальных полиметаллических месторождениях свинцово-сурьмяных руд. Ассоциации: тетраэдрит, галенит, блеклые руды, халькопирит, пирит, сфалерит, джемсонит, буланжерит.

Изменения. В зоне окисления месторождений легко разлагается, при этом могут образовываться малахит, церуссит и окислы сурьмы (сурьмяные охры). На территории России месторождения с заметным количеством бурнотита встречены в Дарасунском золоторудном месторождении (Забайкалье), в рудах Неждановского месторождения (Якутия).

Практическое значение. При значительных скоплениях – руда свинца.

Валлериит [назван по фамилии шведского геолога Горана Валлериуса (1683–1742)] – минерал, сложный сульфид; химиче-

ская формула $(\text{FeCu})_4(\text{MgAl})_3(\text{OH})_6\text{S}_4$. Типичные примеси: Ni, Ca, K, Na, Si.

Формы выделения. Кристаллы-чешуйки несовершенного габитуса, чешуйчатые агрегаты, шаровидные выделения. Сингония кристаллов гексагональная.



Валлериит

Свойства. Твердость 1–1,5; плотность 3,1–3,15. Цвет темно-серо-бронзово-желтый; черта черная; блеск металлический; минерал непрозрачен; спайность совершенная; излом неровный. Валлериит растворяется в соляной кислоте.

Образование, нахождение. Валлериит – редкий минерал. Встречен в микроколичествах в составе шпировидного эгиринкальцишпат-нефелинового пегматита зоны контакта нефелиновых сиенитов с гранитогнейсами в Ловозерском щелочном массиве (Кольский полуостров) в ассоциации с гематитом, ковеллином, пирротинном и др.

Глаукоdot [<греч. Glaukos – светло-зеленый, голубовато-зеленый] – минерал класса сульфидов, арсенид-сульфид кобальта и железа. Химическая формула $(\text{Co,Fe})\text{AsS}$. Типичная примесь – Ni. Состав (в %): Co – 23,8; Fe – 11,3; As – 45,5; S – 19,4.



Глаукодот

Формы выделения. Кристаллы призматические, зернистые агрегаты; призматические двойники, крестообразные двойники или тройники. Сингония ромбическая.

Свойства. Твердость 5; плотность 6,06 г/см³. Цвет оловянно-серо-белый до красно-серебряно-белого; черта черная; блеск металлический; спайность совершенная; излом неровный; минерал непрозрачный; хрупок.

Образование, нахождение. Встречается в жильных гидротермальных месторождениях высокотемпературного происхождения совместно с арсенидами и сульфидами кобальта, железа и др.

Изменения. При выветривании переходит в эритрин и скородит.

Практическое значение. Как и много лет назад, глаукодот используется в производстве смальты – цветного непрозрачного стекла. При достаточных скоплениях – руда кобальта, серы, мышьяка.

Пираргирит [*греч.* *pyr* – огонь и *argiros* – серебро, что отражает цвет минерала и содержание в нем серебра] – минерал, сложный сульфид, сульфоантимонит серебра, группа прустита. Химическая формула Ag_2SbS_3 ; состав (в %): Ag – 59,4; Sb – 22,3; S – 18,2. Типичная примесь – As. Данный химический состав в природе диморфен, кроме пираргирита встречается в виде минерала пиростильпнит.



Пираргирит

Формы выделения. Кристаллы призматические, скаленоэдрические, толстотаблитчатые, ромбоэдрические; агрегаты плотные зернистые; дендриты; налеты; примазки; вкрапленные зерна.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 5,82 г/см³. Цвет – темно-красный или свинцово-серый до черного с красноватым отливом, в тонких сколах рубиново-красный; черта пурпурно-красная; блеск полуметаллический, алмазный; спайность средняя; излом раковистый, неровный, занозистый; минерал полупрозрачен, просвечивает; хрупок. Пираргирит легко плавится на огне; растворяется в азотной кислоте.

Образование, нахождение. Пираргирит образуется в низкотемпературных гидротермальных жилах. Встречается в свинцово-серебряных месторождениях и в ассоциации преимущественно с минералами, содержащими сурьму (тетрадимит и др.), а также с аканитом, пруститом. Встречен также среди продуктов окисления других сульфидов серебра и серебросодержащего галенита.

Практическое значение. Пираргирит – руда серебра, а также коллекционный камень. В последние годы коллекционные образцы пираргирита поступают из Перу, Чили и Мексики.

Прустит [назван по фамилии французского химика Ж.Л. Пруста (1754–1826)] – минерал, сложный сульфид, сульфоарсенид серебра. Химическая формула Ag_3AsS_3 . Состав (в %): Ag – 65,4; As – 15,2; S – 19,4. Примесь – Sb. Изоструктурен с пираргиритом.



Прустит

Формы выделения. Кристаллы призматические и скаленоэдрические. Прустит – образует плотные сливные массы. Сингония тригональная.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 5,5–5,6 г/см³. Цвет багряный, алый, темно-красный, красновато-серый, на свету темнеет; черта киноварно-красная; блеск алмазный; минерал просвечивает; спайность средняя; излом раковистый; хрупок. Под пальной трубкой легко плавится; растворяется в азотной кислоте.

Образование, нахождение. Происхождение гидротермальное. Распространен в гидротермальных жилах свинцово-цинково-серебряных руд. Встречается среди минералов, образовавшихся в последних стадиях гидротермальных процессов, иногда совместно с пираргиритом. В парагенезисе с пруститом и пираргиритом часто встречаются галенит, серебро самородное, а также различные по составу сульфоарсениды и сульфоантимониты свинца, серебра, меди. На территории России прустит

добывается в месторождениях Мангузейское (Восточная Якутия) и Дальнегорское (Приморье).

Изменения. В зоне окисления прустит, так же как и пираргирит, разлагается с образованием самородного серебра и арсентита.

Практическое значение. Прустит – один из самых распространенных минералов серебра, поэтому является рудой серебра.

Энаргит [*< греч. enargos – явный, очевидный*] – минерал, сложный сульфид. Химическая формула Cu_3AsS_4 . Состав (в %): Cu – 48,4; As – 19,0; S – 32,6.



Энаргит

Формы выделения. Кристаллы столбчатые, с вертикальной штриховкой по граням, реже таблитчатые; большей частью встречается в сплошных массах. Сингония ромбическая.

Свойства. Твердость 3,5; плотность 4,4–4,5 г/см³. Цвет серо-стальной, железо-черный; черта черная; блеск металлический; минерал непрозрачный; спайность совершенная. На огне плавится с образованием белого налета мышьяка. В кислотах растворяется.

Образование, нахождение, применение. Образование в основном эндогенное; встречается вместе с кварцем, пиритом и другими сульфидами меди в гидротермальных месторождениях, в хемогенно-осадочных образованиях, в зонах окисления ниже уровня грунтовых вод.

Практическое значение. При скоплениях в значительных количествах – руда меди.

1.2. ГАЛОГЕНИДЫ

1.2.1. Хлориды

Нашатырь [*< араб. «нушадир» – вдыхать, нюхать*] – минерал, галогенид, хлорид аммония. Химическая формула NH_4Cl . Состав (в %): NH_4 – 33,7; Cl – 66,3. Часто содержит значительное количество Fe, Br – до 0,12 %; следы Cu, Ag, Co, Ni, Zr, Mo, Ga, Cr, V, Ba. В виде изоморфной примеси может содержать KCl до 3,2 %.



Нашатырь

Формы выделения. Кристаллы трапецеэдрические, реже кубические и додекаэдрические, сингония кубическая; агрегаты скелетные, дендритовые; массы землистые, мучнистые, сталактитоподобные; корки.

Свойства. Твердость 1–2; плотность 1,53 г/см³. Цвет – бесцветный, белый, часто желтый, оранжевый до красного и бурого тона, иногда серый; черта белая; блеск стеклянный; спайность несовершенная; излом раковистый, оскольчатый; минерал прозрачный, пластичный (в порошок истирается с трудом, в кристаллических сростках – хрупкий).

Образование, нахождение. Образуется как продукт возгонки в кратерах вулканов; встречается в пустотах лавовых массивов, в фумарольных отложениях. В больших количествах встре-

чен в виде крупных скелетных кристаллов в порых, образовавшихся при подземных пожарах, сгорании угольных пластов.

Практическое значение. Применяется нашатырь (хлорид аммония) как азотное удобрение (до 25 % азота) для нейтральных и щелочных почв под культуры, слабо реагирующие на избыток хлора (сахарная свекла, рис, кукуруза). Применяется в производстве сухих гальванических элементов; при паянии и лужении; нашатырь может быть флюсом и очищать металл от жиров, окислов; в медицине – всем известный нашатырный спирт.

Хлораргирит [*chloros* – зеленый и *argiros* – серебро] – минерал, тип галогениды, класс хлориды, группа хлораргирита, химическая формула AgCl , хлорид серебра.



Хлораргирит

Формы выделения. Кристаллы кубические, кубооктаэдрические, октаэдрические; чаще скрытокристаллические роговые массы или корочки; сингония кубическая.

Свойства. Твердость 1,5–2,5; плотность 5,6 г/см³. Цвет – бесцветный, серый, желтый, зеленый, светло-зеленый, фиолетово-коричневый, черный; черта белая; блеск смоляной до алмазного; свежий хлораргирит прозрачен; спайность отсутствует; излом неровный, раковистый. Пластичен как воск, режется ножом;

в кислотах не растворяется, растворяется в растворе аммиака; под паяльной трубкой легко плавится, на угле с содой – королек серебра. Чувствителен к свету: меняет окрас от серого до фиолетового, даже черного и на свету становится непрозрачен.

Образование, нахождение, практическое значение. Хлораргирит входит в состав серебряных руд; встречается в приповерхностных горизонтах месторождений. Происхождение гипергенное. Руда серебра.

1.2.2. Йодиды

Майерсит [назван по фамилии английского минералога Генри Майерса (1848–1942)] (купройодаргирит) – йодид серебра и меди, группа хлораргирита; образует прерывистую серию твердых растворов с маршитом. Химическая формула $(\text{Ag,Cu})\text{I}$.



Майерсит

Выделения. Тонкие кристаллические корочки; сингония кубическая. Иногда множественные двойникования.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 5,64–5,67 г/см³. Цвет – канареечно-желтый; черта желтая; блеск алмазный; ми-

нерал прозрачен; спайность совершенная; излом раковистый, неровный.

Образование, нахождение. Майерсит – относительно редкий минерал; основное месторождение Брокен-Хилл в Австрии, где он был открыт в 1898 г. На территории России встречен в месторождении Рубцовское, Алтайский край. Встречается в зоне окисления серебряных и полиметаллических месторождений.

Маршит [назван по фамилии австралийского коллекционера Marsh, который впервые описал этот минерал] – минерал, йодид меди; химическая формула CuI ; образует прерывистый ряд твердых растворов с майерситом, изоструктурен с нантоцитом.



Маршит

Формы выделения. Кристаллы тетраэдрической, кубооктаэдрической, иногда округленной формы. Сингония кубическая.

Свойства. Твердость 2,5; плотность 5,6–5,7 г/см³. Цвет на свежих сколах бесцветный, переходящий в бледно-желтый, затем переходит в бледно-розовый до темного коричневатого-красного; черта желтовато-белая, желтая; блеск алмазный, смоляной; минерал прозрачный; спайность совершенная; излом раковистый. Дополнительно: на свету теряет прозрачность; растворяется в разбавленных кислотах и в аммиаке.

Образование, нахождение. Маршит – редкий минерал; основное месторождение, как и у майерсита, – Брокен-Хилл в Австралии, где он был открыт в 1892 г. Встречается в зоне окисления серебряных и полиметаллических месторождений.

1.3. Оксиды

1.3.1. Простые оксиды

Агат [*греч. Achates – название реки Ахатес на Сицилии (возможно современная Кариби или Дорилло), другое толкование – от греч. Agathos – добрый, хороший]* – минерал, кремнезем, скрытокристаллическая разновидность кварца; представляет собой агрегат халцедона со слоистой текстурой, полосчатой окраской. Состав – аморфный кремнезем со значительным количеством примесей.



Агат

Формы выделения. Скрытокристаллические массы.

Свойства. Твердость 6,5–7. Цвет очень разнообразен, обычно преобладает чередование серо-голубых и белых, молочно-белых слоев. С белыми слоями могут чередоваться слои жел-

того, бледного, красного, бурого, черного или другого цвета, в том числе с голубым отливом или голубые. Минерал непрозрачен или просвечивает в краях; прочный и вязкий; в кислотах, кроме плавиковой, устойчив. Разновидности: по текстуре: оникса-агат с чередованием белых и черных слоев; по цвету и структурно-текстурным признакам: глазковый агат, голубой (сапфириновый) агат, черный агат («магический агат»), агат моховой (дендритовый) с древовидными включениями, звездчатый агат, иризирующий агат и др.

Образование, нахождение. Происхождение агатов окончательно не выяснено. Агат совместно с халцедоном встречен в различных минеральных ассоциациях, связанных с их образованием на поздних этапах вулканических процессов. Основные промышленные месторождения на территории России связаны с вулканическими комплексами базальтов, реже андезитов. За рубежом известны агатопроявления в риолитовых покровах. В меньших количествах агаты встречены в низкотемпературных гидротермальных жилах и в ассоциациях минералов, возникающих в приповерхностных условиях (в корах выветривания, в осадочных породах). Все это говорит о разнообразии обстановок, в которых появляется агат. Зоны агатов могут иметь толщину до 1,5 км. В России в больших количествах агат известен на Урале (Каменск-Уральский, Магнитогорск); плато Ола в Магаданской области, на Чукотке, в Ненецком автономном округе (Тиманский кряж, Канинский кряж), в Московской области, в Крыму (Кара-Даг) и др.

Практическое значение. Агат – ценный поделочный и полудрагоценный (с красивым рисунком) камень, широко используется в ювелирном деле и как материал для художественной резьбы. Из агата, благодаря его прочности и вязкости в сочетании с высокой твердостью, изготавливают ступки и пестики для химических лабораторий, призмы для аналитических весов, камни для часов. Применяется в точном приборостроении.

Периклаз [*греч. periklaos – обламываю, название связано со спайностью*] – минерал, простой окисел магния, группа периклаза. Химическая формула MgO ; состав (в %) с типичными примесями Fe и Mn: MgO – до 100; FeO – до 9; MnO – до 19.



Периклаз

Формы выделения. Хорошо образованные кристаллы редки, имеют октаэдрический, реже кубический облик; сингония кубическая. Обычен в неправильных или округлых зернах.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,6 г/см³. Цвет бесцветный до серовато-белого, желтый, коричневатожелтый, зеленый или черный (окраска включениями); черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный; хрупок; спайность совершенная; излом раковистый. Под паяльной трубкой не плавится, при наличии примеси марганца темнеет; легко растворяется в кислотах.

Образование, нахождение. Периклаз образуется при высокотемпературном метаморфизме пород, бедных кремнеземом и глиноземом, при увеличении в породах концентрации этих окислов замещается бруситом и др. Особенно характерен для метаморфизованных доломитов и известковых пород, в которых ассоциирует с форстеритом, бруситом, магнезитом.

Изменения. При выветривании периклаз легко превращается в волокнистый или чешуйчатый брусит, гидромагнезит и серпентин, которые образуют псевдоморфозы по периклазу.

Практическое значение. Природный периклаз, как правило, не применяется. Искусственный периклаз, получаемый при обжиге магнезита и других магнезиальных пород и минералов, применяется в качестве тугоплавкого и огнеупорного материала (магнезитовые огнеупоры). В ювелирном деле используется синтетический аналог периклаза зеленого цвета под названием «лавернит», окрашенный примесью хрома для имитации шпинели.

Тридимит [*греч. tridymos – тройной, назван по форме кристаллов*] – редкий минерал класса окислов, кремнезем (SiO_2); полиморфен с коэситом, кристобалитом, кварцем, стишовитом (см. диаграмму состояния кремнезема [1]).



Тридимит

Формы выделения. Кристаллы таблитчатые и тонкопластинчатые, не более 1 мм, редко до 4 мм. Обычны двойники и тройники (см. название) сростания и прорастания; часто встречаются сростания по двум законам. В результате полисинтетического двойникования образуются веерообразные группы.

Свойства. Твердость 6,5–7; плотность 2,2–2,3 г/см³. Цвет белый, бесцветный, сероватый, желтоватый; черта отсутствует;

блеск стеклянный, перламутровый; минерал прозрачный, просвечивает; спайность несовершенная; излом раковистый; хрупок. Под паяльной трубкой не плавится; в кислотах растворяется, а также в горячем насыщенном растворе соды.

Образование. Тридимит образуется при высокой (900–1400 °С) температуре в магматических или метаморфических породах.

1.3.2. Сложные оксиды

Герцинит [назван по месту находки от латинского названия Богемского леса – *Silva Hercynia*] – минерал, сложный окисел, группа шпинели. Образует три изоморфных ряда: со шпинелью, ганитом и хромитом. Химическая формула FeAl_2O_4 . Состав (в %): FeO – 28,2; Al_2O_3 – 71,8.



Герцинит

Формы выделения. Кристаллы октаэдрического габитуса (облика), массивные тонкозернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 7,5–8; плотность 4–4,4 г/см³. Цвет темно-синезеленый, черный, коричневый; черта темно-серо-зеленая,

переходящая в темно-зеленую; блеск стеклянный, полуметаллический; минерал непрозрачный, просвечивает; спайность несовершенная (отсутствует); излом раковистый. Герцинит в кислотах почти не растворяется; под паяльной трубкой не плавится; в пламени становится коричнево-красным.

Образование, нахождение. Происхождение метаморфическое – встречается в высокометаморфизованных глинистых отложениях – и магматогенное – встречается в некоторых мафических и ультрамафических магматических породах, а также в россыпях. Герцинит ассоциирует с магнетитом, корундом, ильменитом, силлиманитом, андалузитом. На территории России герцинит встречен в месторождениях в Мурманской области (Ловозерский массив и Хибины), в Челябинской области (Потанины горы, Ильменские горы, Челябинский бурогольный бассейн и др.), в Красноярском крае (Хунгтукунский массив), в Кемеровской области (Горная Шория).

Эшинит [*греч.* eschine – стыд, название дано шведским химиком и минералогом, иностранным почетным членом Петербургской академии наук Йенсом Якобом Берцелиусом (1779–1848), когда при проведении химического анализа этого минерала не удалось определить содержащиеся в нем компоненты] – общее групповое название для ряда минералов, составляющих группу. По составу эшенины являются титанотанталониобатами редких земель и кальция, минералами подкласса сложных окислов, группы эшенина. Минеральные виды в группе эшинита выделяются по преобладающему элементу в первой и второй позициях.

Известны два вида с преобладанием в первой позиции Са и различным выполнением второй позиции:

- 1) виджецит $(Ca, TR)(Nb, Ta)_2O_6$;
- 2) ринерсонит $(Ca, TR)(Ta, Nb)_2O$, редкоземельным аналогом которого является танталэшинит – (Y).

В титанодоминантных видах по преобладающему редкоземельному элементу различают:

- эшинит – (Ce): $(Ce, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)_2(O, OH)_6$;

– эшинит – (Y): (Y, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)₂(O, OH)₆, ранее известный как «приорит»;

– эшинит – (Nd): (Nd, Ce, Ca)(Ti, Nb)₂(O, OH)₆.

Существуют два ниободоминантных редкоземельных вида:

1) ниобозэшинит – (Ce) – (Ce, Th, Ca, Fe)(Nb, Ti)₂(O, OH);

2) ниобозэшинит – (Nd), дискредитированный комиссией IMA.

В танталдоминантных видах различают:

– танталэшинит – (Ce);

– танталэшинит – (Y);

– танталэшиецит – (Nd).



Эшинит

Между перечисленными минеральными видами по большей части наблюдается совершенный изоморфизм. Общая для всей группы эшинитов химическая формула может выглядеть примерно так: (Ca, Fe, Th, Ce, Y, Nd)(Ti, Ta, Nb)₂(O, OH)₆. Кристаллическая структура эшинита ленточно-координационная субкаркасная. Кислородные октаэдры с титаном, танталом, ниобием связаны в вытянутые цепочки через общие вершины, пары таких цепочек связаны в ленты, в полостях которых располагаются катионы редкоземельных элементов.

Формы выделения. Кристаллы обычно несовершенные, достигают размеров 10–20 см и более, реже удлинённые зерна неправильной формы; кристаллы призматического облика несколько укорочены; кристаллы танталэшинита уплощены. Сингония кубическая.

Свойства. Твердость 5–6; плотность 4,9–5,3 г/см³, у танталэшинита более 5,8 г/см³. Цвет буровато-чёрный, темно-бурый до красновато-бурого; черта бурая, у танталэшинита бледно-желтая, коричневатая-желтая; блеск стеклянный, смоляной, полуметаллический; эшинит просвечивает по краям; спайность несовершенная; излом раковистый, неровный. Минерал почти всегда метамиктен, рентгеноаморфен, сильно радиоактивен; хрупок. Разлагается крепкой серной и плавиковой кислотами. Очень слабмагнитен.

Образование, нахождение. Минералы группы эшенита встречаются в пегматитах нефелиновых сиенитов в ассоциации с нефелином, полевыми шпатами, биотитом, мусковитом, магнетитом, цирконом и др., а также в карбонатитах и как акцессорный минерал в гранитах. Эшениты встречены на территории России в коях Ильменского заповедника, в Вишневых горах (Южный Урал), в Абчаде (Прибайкалье), Патомском нагорье (Иркутская область).

1.4. СИЛИКАТЫ

1.4.1. Островные силикаты

Гадолинит [назван по фамилии финского химика Юхана Гадолина (1760–1852), в честь которого назван и химический элемент гадолиний, выделивший «иттревую землю» – смесь оксидов редкоземельных элементов] (иттербит, цеолит чёрный) – минерал, островной силикат из группы датолита. В зависимости от преобладания церия или иттрия различают минеральные виды гадолинит – (Ce) и гадолинит – (Y); обобщенная

химическая формула $(\text{CeLaNdY})_2\text{FeBe}_2[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2$; содержание основных компонентов колеблется; теоретический состав (в %): BeO – 6,53; FeO – 18,77; $(\text{YNdLaCe})_2\text{O}_3$ – 58,99; SiO₂ – 15,71. Примеси: Th, реже U.



Гадолинит

Формы выделения. Кристаллы редки, они имеют призматический облик, могут достигать размеров до нескольких сантиметров, отдельные гиганты – массой до 80 кг. Сингония кристалла моноклинная. Обычно встречается в виде зернистых плотных масс, преимущественно в виде небольших бесформенных скоплений черного цвета (в измененных образцах до темно-зеленого).

Свойства. Твердость 6,5–7; плотность 4,0–4,7 г/см³. Цвет от черного до буро-черного, от зеленовато- до голубовато-черного, коричневый, зеленый; черта от бесцветной до серо-зеленой; блеск стеклянный, жирный, стекловидный; минерал просвечивающий до непрозрачного, иногда частично прозрачен; излом раковистый, занозистый. С присутствием тория или урана заметно радиоактивен, метамиктен. Гадолинит разлагается в соляной кислоте с образованием геля кремнезема. Под паяльной трубкой при нагревании вздувается.

Образование, нахождение. Гадолинит – характерный минерал измененных щелочных гранитоидов и связанных с ними постмагматических образований. Встречается в гранитных и сиенитовых пегматитах, в кристаллических сланцах, гранитах, черных песках. Месторождения гадолинита на территории России: гора Плоская (Кольский полуостров), Ильменские горы (Южный Урал), Аларегинский массив (Республика Тыва), Катугинское танталониобиевое месторождение (Читинская обл.).

Изменения. В большинстве месторождений выделения гадолинита покрыты коричневой коркой продуктов вторичных изменений.

Практическое значение. Добывается в промышленных масштабах как один из компонентов комплексных руд на уран, торий и редкоземельные элементы. Кристаллический гадолинит – ценный музейный и коллекционный камень (без примеси радиоактивных тория и урана).

Диоптаз [*греч. dia + optomai – насквозь вижу*] (медный изумруд, киргизит, аширит и другие синонимы) – минерал, кольцевой силикат, силикат меди. Химическая формула $Cu_6[Si_6O_{18}]6H_2O$. Состав (в %): CuO – 50,5; SiO₂ – 38,1; H₂O – 11,4. Минерал относительно редкий.



Диоптаз

Формы выделения. Кристаллы короткостолбчатые, от коротко- до длиннопризматических; друзы; шестовато-лучистые агрегаты; жеоды; корки; мелкозернистые плотные сливные массы. Сингония триклинная.

Свойства. Твердость 5; плотность 3,3–3,4 г/см³. Цвет от изумрудно-зеленого до темно-зеленого, синевато-зеленый; черта голубовато-зеленая, зеленая; блеск стеклянный; минерал прозрачен, полупрозрачен, просвечивает; спайность совершенная; излом раковистый, неровный, ступенчатый. Диоптаз разлагается в соляной и азотной кислотах с выпадением студенистого осадка кремнезема. Не плавится, с водой дает королек меди, в окислительном пламени чернеет. Диоптаз – очень хрупкий минерал.

Образование, нахождение. Диоптаз – типичный гипергенный минерал, встречается в кальцитовых жилах в зоне окисления медносульфидных месторождений. Кроме этого изредка встречается в россыпях. Сопутствующие минералы: лимонит, кальцит, кварц, малахит, азурит, хризоколла. Месторождения немногочисленны и в основном за рубежом (США, Чили, Казахстан, Заир, Намибия).

Применение. Диоптаз слишком редкий, чтобы быть рудой. Совершенная спайность и хрупкость затрудняют его ювелирную обработку. Используется в эксклюзивных ювелирных изделиях в виде вставок из необработанных кристаллов, кристаллических щеток. Очень ценен в живописи, особенно в иконописи, как минеральный пигмент. Умело извлеченные штуфы [*нем.* Stufe – кусок породы, руды, образец минерала, предназначенный для исследования или препарированный для коллекции] с кристаллами диоптаза эстетически очень привлекательны и высоко ценятся коллекционерами, поэтому ведется специальная его добыча, извлечение как коллекционного камня.

Лавсонит [назван по фамилии геолога Эндрю Лаусона (1861–1952)] – минерал, подкласс островные силикаты, отдел диортосиликаты, водный алюмосиликат кальция. Химическая формула $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$.



Лавсонит

Формы выделения. Кристаллы таблитчатого и призматического облика, иногда псевдопирамидальные; утолщенные изометрические зерна; волокнистые агрегаты. Сингония ромбическая. Характерны также двойниковые кристаллы простые и полисинтетические.

Свойства. Твердость 7,5; плотность 3,1 г/см³. Цвет бесцветный, белый, серовато-синий, бледно-синий, голубой; черта белая; блеск стеклянный, жирный; минерал прозрачен, полупрозрачен; спайность совершенная; излом неровный. В кислотах не растворяется. Под паяльной трубкой легко плавится в пузыристое стекло.

Образование, нахождение. Лавсонит образуется в условиях высокого давления и низкой температуры, наиболее характерной для зон субдукции. Лавсонит – характерный минерал высокобарических метаморфических пород (глаукофановых сланцев); в низкотемпературной ступени метаморфизма встречается в ассоциации с альбитом, пумпеллитом, хлоритом; продукт изменения плагиоклаза в габбро, распространен как акцессорный минерал в габбро-диабазе; типичный минерал голубых глаукофановых сланцев, в которых встречается совместно с глаукофаном, жадеитом, гранатом, эпидотом, титанитом; от-

мечен в некоторых гнейсах и известковых сланцах; известны локальные находки лавсонита в песчаниках и песках. На территории России есть месторождение на Кольском полуострове (Хибинский массив).

Ларнит [назван по месту находки – близ Ларна, Северная Ирландия] – минерал, островной силикат кальция. Химическая формула $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]$; высокотемпературный аналог кальциоливина; стабилен при 520–670 °С, метастабилен ниже 520 °С и может преобразоваться в кальциоливин. Типичные примеси: Al, Fe, Mg, Na, H₂O.



Ларнит

Формы выделения. Плохоразвитые несовершенные кристаллы призматического или таблитчатого облика (габитуса), сингония моноклинная; обычно образует сплошные тонкозернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,3 г/см³. Цвет серый; черта белая; блеск стеклянный, алмазный; минерал просвечивает; спайность средняя; излом неровный. Ларнит легко растворяется в кислотах.

Образование, нахождение. Ларнит образуется в процессе метаморфизма известняков. Встречается в контактово-метаморфизованных кремнисто-карбонатных породах на контакте с ба-

зальтами. На территории России месторождение ларнита известно в Челябинском угольном бассейне (г. Копейск).

Практическое применение. Искусственный аналог ларнита – важный компонент цементного клинкера.

Лейкофан [*греч.* leukos – белый и phanes – имеющий вид, явный, проявившийся] (лейкофанит) – минерал, островной силикат, близок группе мелилита; химическая формула $\text{NaCaBe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Типичные примеси: Al, Fe, Mg, K, H_2O .



Лейкофан

Формы выделения. Кристаллы таблитчатые, псевдотетрагональные, сингония ромбическая; агрегаты зернистые или радиально-лучистые, сферолитовые. Образует двойники прорастания и полисинтетические.

Свойства. Твердость 4; плотность 2,9–3,0 г/см³. Цвет бледно-желтый, зеленовато-белый, желтовато-зеленый; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный; спайность совершенная, средняя; излом неровный.

Образование, нахождение. Лейкофанит – минерал щелочных комплексов, характерный для пегматитов, метасоматитов, гидротермальных пород многих массивов и нередко образующий крупные скопления. На территории России встречен в пег-

матитах в зонах альбитизации на контакте щелочного массива с кварц-серицитовыми сланцами (Бурпала, Иркутская область), в пегматитах (массив Ловозерские тундры, Мурманская область).

Мелилит [*<греч. meli – мед и lit – камень*] – группа минералов, островных силикатов группы мелилита. В группу входят: окерманит, гидроксилгюгаит, алюмоокерманит, гардистонит, геленит, гюгаит, окаямалит. Это группа твердых растворов с несколькими крайними членами, основные из которых геленит ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$), окерманит ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$) и гардистонит ($\text{Ca}_2\text{ZnSi}_2\text{O}_7$). Обобщенная химическая формула $(\text{Ca Na})_2(\text{Mg A})[(\text{Si Al})_2\text{O}_7]$. Типичные примеси: Fe, Mn.



Мелилит

Формы выделения. Кристаллы пластинчатые или короткостолбчатые, сингония тетрагональная; иногда лучистые агрегаты; встречается также в виде отдельных зерен.

Свойства. Твердость 5–5,5; плотность 2,9–3,1 г/см³. Цвет белый, бледно-желтый, реже зеленовато-желтый, красновато-бурый, серый; черта белая, серая; блеск стеклянный до жирного; минерал прозрачный, водяно-прозрачный, просвечивает; спайность средняя; излом неровный. Под паяльной трубкой плавится

с трудом. В соляной кислоте растворяется с выделением геля кремнезема.

Образование, нахождение. Окерманит и геленит в природе часто встречаются в некоторых вулканических (ультраосновных щелочных) и контактово-метасоматических породах (скарновых известняках). Гардистонит обнаружен в измененных цинковых рудах. Природный мелилит встречается в виде выросших кристаллов на лавах итальянских вулканов; чаще – в виде составной части некоторых базальтов. Минералы группы мелилита встречаются во многих заводских шлаках. Шлаковый мелилит по своему химическому разнообразию превосходит природный аналог.

Мервинит [назван по фамилии американского минералога Е. Мервина (1878–1963)] – минерал, островной силикат кальция и магния. Химическая формула $\text{Ca}_3\text{Mg}[\text{SiO}_4]_3$. Типичные примеси: Al, Fe.



Мервинит

Формы выделения. Кристаллы редки, облик кристаллов таблитчатый, сингония моноклинная. Обычно мервинит находится в виде зернистых агрегатов, характерны агрегаты полисинтетически сдвойникованных зерен.

Свойства. Твердость 6; плотность 3,15 г/см³. Цвет белый, бесцветный, бледно-зеленый, светлый серовато-зеленый; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный;

спайность совершенная; излом занозистый, неровный; минерал хрупок. Под паяльной трубкой не плавится; легко растворяется в соляной кислоте.

Образование, нахождение. Мервинит – типичный минерал высокотемпературного метаморфизма, знаковый минерал санидинитовой (спурритмер винтовой) фации пироморфизма. Встречается в качестве породообразующего минерала известково-силикатных контактово-метасоматических пород; на контакте основных пород с известняками и по контакту метаморфических зон с мрамором в ассоциации с геленитом, сперритом (спурритом), монтичеллитом, санидином, ларнитом. Мервинит также частый компонент основных шлаков (мартеновских, доменных и плавильных печей). На территории России встречен в Озерском массиве (Иркутская область), месторождение Ногинский (Анакитский интрузив, Средняя Сибирь).

Монтичеллит [назван по фамилии итальянского минералога Теодоро Монтичелли (1759–1846)] – минерал, островной силикат, ортосиликат магния и кальция, группа оливина. Химическая формула $\text{CaMg}[\text{SiO}]_4$; Mg может замещаться Fe (до 17%), а Ca – Mn (до 3%); типичные примеси: Ti, Al, Mn, Fe, Zn, H_2O .



Монтичеллит

Формы выделения. Кристаллы короткопризматического до почти изометрического или столбчатого габитуса (облика); сингония ромбическая. Обычно представлен в виде зерен неправильной формы; образует зернистые массы.

Свойства. Твердость 5–6; плотность 3,2 г/см³. Цвет бесцветный, серый, желтовато-бурый, зеленовато-желтый, зеленоватый; черта белая; блеск стеклянный, смоляной; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом раковистый, неровный; минерал хрупок. Под паяльной трубкой не плавится; растворяется в соляной кислоте с образованием геля кремнезема.

Образование, нахождение. Монтичеллит – относительно малораспространенный минерал, но является пороодообразующим минералом в некоторых метаморфических породах. Встречен в измененных доломитах; на контакте габбро с известняками; изредка встречается в щелочных магматических породах; отмечен в составе перидотитов, альнеитов. Иногда встречается в метаморфизованных известняках на контакте с магматическими гипабиссальными породами типа лампрофиров, при этом окружает каемками кристаллы авгита и оливина. На территории России отмечены месторождения, проявления: Кондер, Хабаровский край; Удачная – Восточная трубка взрыва (диатрема), Якутия; Ковдорский массив, Кольский полуостров – в составе монтичеллит-мелилитовых метасоматитов и как акцессорный минерал – в турьяитах.

Муллит [назван по месту находки – остров Малл, Шотландия] – минерал, островной диортосиликат, группа силлиманита. Химическая формула непостоянного состава минерала от $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ до $2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$. Типичные примеси: Ti, Fe, Na, K.

Формы выделения. Кристаллы призматические до игольчатых, сингония ромбическая; радиально-лучистые, сноповидные агрегаты.

Свойства. Твердость 6–7; плотность 3,2–3,26 г/см³. Цвет бесцветный, белый, желтый, серый, розовый, фиолетовый, крас-

ный; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный; спайность средняя. Минерал тугоплавкий, температура плавления 1810–1830 °С. Муллит – самое высокотемпературное соединение глинозема с кремнеземом.



Муллит

Образование, нахождение. В природе муллит редок, встречается в зонах контактового метаморфизма (температурного метаморфизма). Встречается в ксенолитах, заключенных в лаве; установлен в оплавленных глинистых включениях в четвертичной лаве на острове Малл, Шотландия.

Практическое значение. Муллит – важный компонент технических продуктов (входит в состав фарфора, глиноземистого огнеупора – шамота и др.). Искусственно муллит образуется при нагревании до 1300–1550 °С силикатов глинозема: андалузита, силлиманита, кианита. Плавленный муллитовый огнеупор получают в электропечах из смеси боксита, глинозема, каолина и пр.

Пумпеллиит [назван по фамилии американского геолога Рафаэля Пумпелли (1837–1923)] – ряд родственных минералов, водных соросиликатов, гидроалюмосиликатов, рассматриваемых ранее как один минерал.



Пумпеллиит

В настоящее время пумпеллиит – название группы минералов, утвержденных как самостоятельные минеральные виды с общей химической формулой $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Al})(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Ti})_2(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_2[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$; в группу входят:

- пумпеллиит – (Mg);
- пумпеллиит – (Fe^{2+});
- пумпеллиит – (Fe^{3+});
- пумпеллиит – (Mn);
- пумпеллиит – (Al).

Минерал пумпеллиит – (Fe^{2+}) изоморфен с минералами пумпеллиит – (Mg) и джулголит – (Fe^{2+}) и образует с ними серии твердых растворов. Минералы пумпеллиит – (Fe^{2+}) и пумпеллиит – (Mg) имеют общую разновидность хлорастолит, представляющий собой твердый раствор с преобладанием магниевого компонента, обладающий эффектом переливчатости, встречен в виде звездчатых агрегатов зеленого цвета.

Формы выделения. Кристаллы тонкоигольчатые, призматические, таблитчатые, иногда очень мелкие листочки (лейсты), сингония моноклинная. Характерны агрегаты в виде пучков мелких игольчатых кристаллов, радиально-лучистые, радиально-волоконистые, пластинчатые агрегаты; сферолиты; скрыто-

и тонкокристаллические выделения. Для пумпеллиита – (Fe^{2+}) характерны звездчатые, сферолитовые, розетковидные агрегаты, составляющие прожилки. Для пумпеллиита – (Mg) обычны почковидные агрегаты, волокнистые массы.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,0–3,3 г/см³. Цвет серо-голубоватый, синевато-зеленый, оливково-зеленый, черно-зеленый, бурый и зеленовато-черный для железистого пумпеллиита, синий – для магнитоного; черта белая; блеск стеклянный, шелковистый; минерал просвечивает, полупрозрачный, непрозрачный; спайность средняя; излом неровный; хрупок.

Образование, нахождение. Пумпеллиит образуется в приповерхностных условиях в составе метаморфических пород, переходящих в глаукофановые сланцы. Встречается в породах низкой степени метаморфизма, в глаукофановых сланцах; в миндалинах базальтов, спилитов; в виде выполнения миндалин в диабазовых и базальтовых мандельштейнах (мелафирах и порфиритах); отмечен в некоторых скарнах. Пумпеллиит – (Fe^{2+}) образуется в контактовых зонах интрузивов магматических пород с вмещающими породами. Пумпеллиит – (Mg) формируется при воздействии процессов низкотемпературного метаморфизма на базальты или миндалекаменные диабазы; встречается в глаукофановых сланцах и в граувакках. На территории России месторождения пумпеллиита: Сибай (Урал), Медвежий Ручей (Красноярский край); пумпеллиит – (Mg) представлен в месторождении Сарановское (Пермский край).

Ранкинит [назван по фамилии американского физикохимика Г.А. Ранкина (1884–1963)] – минерал, островной силикат кальция; химическая формула $\text{Ca}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$; диморфен с килхоанитом.

Формы выделения. Округлые и ксеноморфные зерна; массивные агрегаты.

Свойства. Твердость 5,5; плотность 2,9–3,0 г/см³. Цвет белый, бесцветный; черта белая; блеск стеклянный; минерал полупрозрачен, прозрачен; спайность совершенная; излом неровный.

Нахождение. Встречается в известковых скарнах.

Силлиманит [назван по фамилии американского химика Б.Силлимана (1779–1864)] – минерал, островной силикат. Химическая формула $Al_2[SiO_4]O$ или $Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Состав (в %): Al_2O_3 – 63,1, SiO_2 – 36,9. Иногда в виде примеси бывает FeO – 2–3 %.



Силлиманит

Форма выделения. Образует кристаллы, сингония ромбическая. В россыпях силлиманит встречается в основном в виде обломков шестоватых и игольчатых кристаллов, угловатых зерен, реже в форме частиц агрегатного волокнистого строения (фибrolит); при длительном переносе и переотложении окатывается до округлых и удлинено-округлых зерен.

Свойства. Твердость 7; плотность 3,2–3,3 г/см³. Цвет голубоватый, коричнево-зеленый, бесцветный, серый, серо-зеленый; черта белая; блеск стеклянный, жирный, шелковистый; минерал прозрачный, полупрозрачный; спайность совершенная; излом неровный. Не плавится, в кислотах не растворяется.

Образование, нахождение. Распространен в районах развития кристаллических сланцев и гнейсов. В силу абразивной прочности и большой миграционной способности силлиманит накапливается в россыпях конечных водоемов совместно с ильменитом, цирконом, монацитом, дистеном и другими минерала-

ми комплексных титаноциркониевых россыпей. Содержание в комплексных россыпях силлиманита в сумме с дистеном может достигать 20 кг/т.

Практическое значение. Силлиманит применяется для изготовления высокоогнеупорных керамических изделий.

Спёррит [назван по фамилии американского геолога Э. Спурра (1870–1950), англ. название Spurrite] – минерал, островной ортосиликат кальция с дополнительными радикалами CO_3 (силикокарбонат). Химическая формула $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4]_2(\text{CO}_3)$. Диморфен с параспёрритом, знаковый минерал высокотемпературной санидинитовой (спуррит-мервинтовой) фации контактового метаморфизма.



Спёррит

Формы выделения. Кристаллы короткостолбчатые, сингония моноклинная; агрегаты чаще массивные; мелкозернистые сплошные массы; отдельные идиоморфные зерна; лучистые и радиально-лучистые агрегаты кристаллов, сферолиты; возможно полисинтетическое двойникование спёррита.

Свойства. Твердость 5; плотность $3,9 \text{ г/см}^3$. Цвет бесцветный, голубоватый, серовато-белый, сиренево-серый, желтый; черта белая; блеск стеклянный; спайность совершенная, несовершенная; излом неровный, занозистый; минерал прозрачный,

полупрозрачный, просвечивает. Под паяльной трубкой спёррит не плавится, становится белым, фарфоровидным; в соляной кислоте разлагается с выделением углекислого газа и геля кремнезема.

Образование, нахождение. Формируется спёррит преимущественно в процессе контактового метаморфизма в зонах вторжения мафических магм в карбонатные породы, встречается на контакте известняков с диоритами.

Уваровит [назван в честь министра просвещения (1833–1849) графа С.С. Уварова (1786–1855)] – минерал, островной силикат, группа гранатов. Химическая формула $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$; состав (в %): CaO – 33,63; SiO_2 – 36,0; Cr_2O_3 – 30,37; наибольшее содержание Cr_2O_3 – 37,54; Cr изоморфно замещается Fe^{3+} , Al; Ca – Fe^{2+} и Mg.



Уваровит

Формы выделения. Кристаллы таблитчатой формы редки; обычно образует мелкозернистые щетки и агрегаты с размером кристаллов 2–3 мм. Сингония кристаллов кубическая.

Свойства. Твердость 6,5–7,5; плотность 3,4–3,8 г/см³. Цвет изумрудно-зеленый, зеленый различных оттенков (зависит от присутствия железа и титана), темный изумрудно-зеленый (уваровиты с большим содержанием железа), ржаво-зеленый (уваровит с большим содержанием титана); черта белая; блеск стеклянный; минерал просвечивает; спайность весьма несовершенная;

излом раковистый, неровный. Под паяльной трубкой не плавится и не изменяется; в кислотах не растворяется, растворяется медленно в буре с образованием прозрачного зеленого стекла.

Образование, нахождение. Происхождение уваровитов пневматолитогидротермальное; образуются в серпентинитах, в метаморфических породах, богатых железом и марганцем, в метаморфизованных известняках, часто встречаются в хромитоносных ультраосновных породах. На территории России – месторождение Сарановское (Пермский край).

Практическое значение. Уваровит применяется в ювелирном деле – вставки в кольца, браслеты, кулоны, броши и др. Для коллекционеров представляет исключительный интерес ввиду изумительной красоты его образцов и относительной редкости.

Фаялит [назван в честь острова Фаял (Азорские острова)] – минерал островной силикат, отдел ортосиликаты, группа оливина; крайний член ряда форстерит $Mg_2[SiO_4]$ – фаялит $Fe_2[SiO_4]$ и ряда фаялит – тефроит $Mn_2[SiO_4]$. Примесь – Mn. Состав (в %): FeO – 76, SiO_2 – 24.

Формы выделения. Кристаллы редки, как правило, с хорошо выраженной бипирамидой. Агрегаты плотные; зернистые массы; зерна; отдельные кристаллы, сингония ромбическая.



Фаялит

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность 4,0–4,4 г/см³. Цвет коричневый, желтый, черный; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом раковистый, неровный. Под паяльной трубкой сплавляется в черное магнитное стекло; растворяется в соляной кислоте с образованием геля кремнезема.

Образование, нахождение. Фаялит, как и оливин, распространен среди кислых и щелочных магматических пород, часто встречается также в богатых железом метаморфических породах. Сопутствующие минералы – оливин и гортонолит (богатый железом оливин).

Практического значения не имеет. Несмотря на относительно высокую твердость, в качестве поделочного камня не используется.

Форстерит [назван по фамилии английского коллекционера Я. Форстера (1739–1806)] – распространенный минерал, ортосиликат, отдел ортосиликаты, группа оливина; крайний член ряда форстерит – фаялит. Химическая формула $Mg_2[SiO_4]$. Состав (в %): MgO – 57,1; SiO₂ – 42,9; примесь – Fe.

Формы выделения. Хорошо образованные кристаллы редки, они имеют короткостолбчатый облик с выраженной бипирамидой; сплошные зернистые агрегаты и вкрапленные зерна.



Форстерит

Свойства. Твердость 7; плотность 3,3–3,5 г/см³. Цвет бесцветный, белый, светло-серый, желтый, оливково-зеленый, зеленый; черта белая; блеск стеклянный; минерал полупрозрачный, прозрачный; спайность несовершенная; излом раковистый. Под паяльной трубкой не плавится; в соляной кислоте не растворяется. Прозрачная разновидность форстерита (как и оливина) – хризолит.

Форстерит – породообразующий минерал ультраосновных магматических пород. Реже образуется в процессе контактового метаморфизма. Встречается в метаморфизованных доломитах, магнезиальных скарнах, мраморах. Не может существовать совместно с кварцем, поскольку при их совместном нахождении происходит реакция с образованием энстатита. Ассоциирует с авгитом, плагиоклазом, флогопитом, магнетитом, хромитом, антигоритом, доломитом, диопсидом и др. Месторождения форстерита известны во многих странах; на территории России встречается в Иркутской, Челябинской областях и др.

Эвклаз [<греч. eu – хорошо и klasis – ломаю] – редкий, очень красивый минерал, островной силикат. Химическая формула $\text{AlBe}[\text{SiO}_4]$. Состав (в %): BeO – 17,28; Al_2O_3 – 35,18; SiO_2 – 41,34; H_2O – 6,20. Примеси: Ga, Ge, Mn, Cu, Cr, Pb, Sn, Zn, Y, Yb, V.



Эвклаз

Формы выделения. Кристаллы призматические, слегка удлиненные, таблитчатые, характерна вертикальная штриховка; радиально-лучистые агрегаты. Сингония кристаллов моноклинная.

Свойства. Твердость 7,5; плотность 3,0–3,1 г/см³. Цвет: чистый эвклаз был бы бесцветен; характерная для него окраска аквамариновая (морской волны) или голубовато-зеленая, а также белая, синяя, светло-зеленая, желтовато-зеленая, желтая, изумрудно-зеленая (зеленый цвет обусловлен примесью хрома, замещающего алюминий); черта белая (отсутствует); блеск стеклянный, жирный; минерал прозрачен, просвечивает; с включениями чешуек хлорита или мусковита становится мутным или полностью непрозрачным; спайность совершенная; излом раковистый; минерал очень хрупкий. В кислотах не растворяется; на огне с трудом сплавляется в белую эмаль.

Образование, нахождение. Эвклаз встречается в пегматитах и в россыпях. Самое известное месторождение в Бразилии, имеются также во многих других странах. На территории России эвклаз встречен в Якутии, на Урале.

Практическое значение. Красивые, хорошо сформированные кристаллы эвклаза являются украшением минералогических коллекций. Используется в ювелирных изделиях, хотя спайность и особенно хрупкость усложняют его обработку. Эвклаз занимает достойное место среди самых дорогих ювелирных камней. Академик А.Е. Ферсман очень высоко ценил эвклаз и ставил его в один ряд с изумрудом и алмазом.

1.4.2. Цепочечные силикаты

Авгит [*греч.* auge – блеск] – минерал, цепочечный силикат, семейство пироксенов, группа клинопироксенов. Химическая формула $(\text{CaNa})(\text{MgFe}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{AlLi})[(\text{SiAl})_2\text{O}_6]$. Состав (в %): CaO – 16–20; MgO – 11,5–17,5; FeO – 5–10; Al₂O₃ – 4; TiO₂ – 0,2–1,25; SiO₂ – 46–50,5.



Авгит

Формы выделения. Август образует сплошные зернистые плотные игольчатые агрегаты; уплощенные или короткостолбчатые кристаллы. Сингония моноклинная. Разновидность – титан-авгит.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,2–3,56 г/см³. Цвет черный с буроватым оттенком, зеленовато-черный, темно-зеленый; черта белая; блеск стеклянный; минерал просвечивает, непрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый; плеохроизм видимый. Август в кислотах, кроме плавиковой, не разлагается или разлагается незначительно; плавится в черное стекло.

Образование, нахождение. Образуется кристаллизацией из магматических расплавов; август – породообразующий минерал преимущественно основных и ультраосновных пород (андезиты, базальты, диабазы и др.).

Изменения. Под воздействием гидротермальных растворов переходит в роговую обманку (уралит); при выветривании – в свободные окислы кремнезема (опалы), гидроокислы железа, карбонаты, а также в глинистые галлуазитовые и нонtronитовые продукты.

Астрофиллит [*греч. astron – звезда, phylon – лист, назван по формам проявления*] – минерал, цепочечный силикат.

Химическая формула $(\text{KNa})_3(\text{FeMn})_7\text{Ti}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]_4$. Типичные примеси: Nb, Ta, Zr, Al, Mg, Ca.

Формы выделения. Кристаллы редки и несовершенны, для них характерен пластинчатый, сплюснутый или игольчатый облик (габитус). Распространен астрофиллит преимущественно в виде пластинчатых или эффектных радиально-лучистых звездчатых агрегатов, встречаются мелковолокнистые, спутанно-волокнистые, войлокоподобные агрегаты. Сингония кристаллов триклинная.



Астрофиллит

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 3,3–3,4 г/см³. Цвет бурый, бронзово-желтый, золотисто-желтый, коричневый, переходящий в красновато-коричневый; черта золотисто-буровато-желтая; блеск стеклянный, перламутровый, металловидный; минерал просвечивает, непрозрачный; спайность весьма совершенная; излом неровный, ступенчатый; плеохроизм сильный от лимонно-желтого до красно-оранжевого. Астрофиллит хрупок, под паяльной трубкой легко плавится в магнитный шарик, разлагается в серной и соляной кислотах.

Образование, нахождение. Происхождение магматическое; встречается в нефелиновых сиенитах и щелочных пегматитах. Ассоциации: эвдиалит, эгирин, циркон, титанит, микроклин, биотит, натролит, нефелин. Чаще всего встречается в горных породах

фойяитах. Месторождения относительно редки. Лучшие в мире образцы астрофиллита находят и добывают на Кольском полуострове в Хибинских горах, где они образуют красивые скопления в виде «дождиков», «солнц», «снопов», особенно эффектно такие золотистые выделения смотрятся на белоснежном альбите. На Кольском полуострове также встречается астрофиллит в кварце – уникальный коллекционный материал (кварц – кислый минерал, астрофиллит – щелочной, их совместное нахождение – нонсенс). На Кольском полуострове есть горная порода хибинит, состоящая из астрофиллита, эвдиалита, нефелина, микроклина и эгирина. Красиво смотрятся полированные поверхности этой замечательной горной породы, благодаря эффектному смолянному блеску слагающих его минералов. Встречен астрофиллит в Инаглинском массиве (Алдан, Якутия), в Бурпале (Северное Прибайкалье), а также в Средней Азии, Норвегии, Гренландии. Уникальный астрофиллит в кварце встречен на Мадагаскаре и в Пакистане, однако эти образцы существенно уступают российским. Талисманы из астрофиллита носят для поддержания настроения, бодрости духа и ясности разума; его связывают с оптимизмом и уверенностью в собственных силах, в себе.

Геденбергит. Кроме фото здесь приводятся дополнительные сведения к описанию минерала, изложенные в коллекции [1]. Состав (в %): CaO – 22,2; FeO – 29,4; SiO₂ – 48,4.



Геденбергит

Минерал хрупкий; под паяльной трубкой сплавляется в черное магнитное стекло; в кислотах разлагается с шумом.

Образование, нахождение. Встречается геденбергит главным образом в контактово-метаморфических породах и месторождениях магнетита, в железомagneзиальных и известковых скарнах (самый распространенный минерал скарновых месторождений Дальнегорска), в щелочных гранитах и в сиенитах.

Изменения. Под влиянием процессов выветривания может превратиться в кремнистые железные охры.

Гиперстен [англ. hipersthene < греч. – очень крепкий]*. В устаревших источниках гиперстен позиционировался как крайний член (а значит, и минеральный вид) изоморфного ряда энстатит – гиперстен, сегодня дискредитирован Международной минералогической ассоциацией как минеральный вид и рассматривается как промежуточный член ряда твердых растворов энстатит ($Mg_2Si_2O_6$) – ферросилит ($Fe_2^{2+}Si_2O_6$) с химической формулой $(MgFe)_2Si_2O_6$. Состав (в %): MgO – 20; FeO – 18,5; Fe_2O_3 – 1,5; CaO – 4,5; Al_2O_3 – 3,2; SiO_2 – 51,0. Большинство гиперстенов являются железистыми энстатитами.



Гиперстен

* Дополнение к описанию, изложенному в пособии [1].

Свойства. Под паяльной трубкой гиперстен плавится в зелено-черное магнитное стекло; в кислотах, кроме соляной, не разлагается, в соляной разлагается частично; в тонких пластинах обнаруживает сильный плеохроизм.

Образование, нахождение. Довольно крупные кристаллы встречаются в жилах магнетита. Большею частью гиперстен встречается в сплошных массах, зернистых агрегатах, вкраплениях. Редко встречается в кристаллических сланцах. На территории России встречен в Иркутской области в районе р. Слюдянка.

Изменения. Гиперстен трудно выветривается, чаще наблюдается переход в лимонит или в роговую обманку, что, вероятней всего, обусловлено динамометаморфическими процессами.

Практическое значение. Образцы кристаллического гиперстена с красивым металлическим отливом применяются для изготовления поделок.

Жадеит [*исп.* Piedro de jade – почечный поясничный камень]. Свое название жадеит получил «по наследству» от наименования нефрита. Минерал, цепочечный силикат натрия и алюминия, щелочной моноклинный пироксен. Химическая формула $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$; типичные примеси: Ti, Mn, Mg, Ca, K, H_2O .



Жадеит

Формы выделения. Плотные скрытокристаллические массы; игольчатые и спутанно-волокнистые агрегаты; редко – призматические кристаллы.

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность 3,25–3,35 г/см³. Цвет белый, зеленоватый, изумрудно-зеленый, желтый, коричнево-желтый, синева-зеленый, черный; черта белая; блеск стеклянный, матовый, жирный, тусклый; минерал полупрозрачен, просвечивает; спайность средняя; излом раковистый, занозистый. В кислотах растворяется после сплавления. Минерал очень вязкий, прочный.

Практическое значение, нахождение. В зависимости от степени прозрачности, интенсивности оттенка зеленой окраски жадеит при продаже на мировом рынке делится на три сорта:

- 1) империал – прозрачная, полупрозрачная, просвечивающая разновидность изумрудно-зеленого цвета с однородной окраской;
- 2) коммершал – разновидность, имеющая прожилки и пятна полупрозрачного изумрудно-зеленого цвета на непрозрачно-зеленом фоне;
- 3) утилити – ярко-зеленая непрозрачная разновидность.

Помимо этого различают разновидности жадеита (жада) в зависимости от места добычи или места сбыта, цветовых особенностей, которые имеют собственные имена, в том числе со словом «жад». Примеры: «империал-жад»; «жад-альбит» – порода, состоящая из жадеита и альбита, добываемая в Мьянме (бывшая Бирма); в Мьянме же добывается жад «юаньский» (назван по провинции Юань в Китае, где продается в больших количествах); «зимородский» – голубовато-зеленый; «магнетитовый» – непрозрачный жад черного цвета; «баный жадеит» – жадеит низкого качества, используемый в каменках (печах) бань и саун. Из всего разнообразия камней именно жадеит обладает наилучшими характеристиками для применения в каменках, он обладает высокой плотностью и теплоемкостью, выдерживает нагревание до 1000 °С, не растрескивается и не разрушается при перепадах температур. По вязкости и прочности жадеиты не уступают броневой сталью (иногда и превосходят). Поэтому блеклые непрозрачные разновидности находят широкое применение в оборонной промышленности.

Применяется жадеит и как облицовочный материал для бассейнов, ванн, колонн. Но все-таки более доходная область применения жадеита – ювелирное дело, изготовление красивейших декоративных предметов, культовых изделий. Наиболее ценным является сорт жадеита «империял», цены на который соизмеримы с ценами на изумруды, штучные вставки и изделия из этого сорта бывают дороже бриллиантов. И в наши дни полупрозрачный жадеит ценится намного выше таких самоцветов, как хризолит, хризопраз, опалы. Благодаря своим уникальным физическим свойствам жадеит стал одним из первых камней, используемых человечеством. Из него в доисторические времена делали каменные топоры, копья, ножи, скребки и т.п.

Образование, нахождение. Жадеит формируется в метаморфических горных породах под высоким давлением и относительно низкой температуре. Встречается в виде жилоподобных тел и линз в массивах серпентинитов и серпентинизированных гипербазитов; является пороодообразующим минералом глаукофановых сланцев. Образует линзы в гнейсах, ассоциирует с другими пироксенами – авгитом и диопсидом. Значительные месторождения в Мьянме, Китае, Мексике, США, Казахстане. В России известны два месторождения с неплохим качеством сырья: на Приполярном Урале и в Саянах.

Омфацит [*греч. omphacit – незрелый виноград, который он напоминает по цвету*] – минерал, цепочечный силикат, семейство пироксенов, группа клинопироксенов. Омфацит представляет собой твердый раствор, состоящий из авгитовой (25–75 %), жадеитовой (25–75 %), эгириновой (0–25 %) составляющих. Выделен в минеральный вид в 1988 г. Химическая формула $(Ca,Na)(Mg,Al)[Si_2O_6]$. Типичные примеси: Ti, Cr, Mn, K, H₂O.

Формы выделения. Редкие шестоватые кристаллы, сингония моноклинная; массивные или зернистые агрегаты; преимущественно встречается в виде ксеноморфных зерен.



Омфацит

Свойства. Твердость 5–6; плотность 3,3–3,4 г/см³. Цвет зеленый до темно-зеленого; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность средняя; излом раковистый. Под паяльной трубкой плавится с трудом; в кислотах не растворяется. Разновидности:

– хром-омфацит – хромосодержащая разновидность омфацита;

– омфацит-жад – темно-зеленая, зеленовато-черная, плотная разновидность мелкозернистой структуры;

– титанистый омфацит – титансодержащая разновидность.

Образование, нахождение. Омфацит – распространенный минерал, основной компонент эклогитов; встречается в кимберлитах, офиолитах, глаукофановых сланцах. Месторождения, проявления на территории России – Алданский щит (Якутия) и др.

Практическое значение. Красивые разновидности (например, омфацит-жад) используются в ювелирном деле.

Пектолит [<греч. *pektos* – упакованный плотно, компактный и *lithos* – камень] – минерал, цепочечный силикат, семейства пироксеноидов, группа волластонита. Химическая формула $\text{NaCa}_2[\text{Si}_3\text{O}_8](\text{OH})$; типичные примеси: K, Fe, Mg, Al, H₂O; образует изоморфный ряд с серандитом.

Формы выделения. Кристаллы игольчатые или таблитчатые, сингония триклинная; агрегаты радиально-волокнистые, столбчатые, шаровидные; обычны мелкозернистые массивные скопления.



Пектолит

Свойства. Твердость 4–5; плотность 2,8–2,9 г/см³. Цвет бесцветный, беловатый, сероватый, желтоватый; черта белая; блеск стеклянный, шелковистый; минерал прозрачный, полупрозрачный; спайность совершенная; излом неровный, ступенчатый, занозистый; хрупок. Пектолит разлагается в соляной кислоте с выделением хлопьевидного осадка кремнезема; под пальцевой трубкой легко сплавляется в белую эмаль, в закрытой трубке выделяет много воды.

Разновидности: ларимар – торговое название сливной разновидности синего пектолита; марганцевый пектолит (шизолит) – марганецсодержащая разновидность.

Образование, нахождение. Пектолит – первичный минерал в нефелиновых сиенитах; гидротермального происхождения встречается в полостях в базальтах и диабазах. Встречен также в метаморфических породах, обогащенных кальцием, в серпентинитах и перидотитах. Пектолит – характерный минерал измененных основных магматических пород, выполняет пустоты в шаровых лавах, присутствует в щелочных породах и их пегматитах, альпийских жилах, некоторых скарнах. На территории России встречен на Кольском полуострове в щелочных породах

Ловозерского, Хибинского массивов; на Полярном Урале встречен поделочный пектолит в Войкаро-Сыньском массиве в виде голубовато-зеленоватых прожилок; в Красноярском крае пектолит встречен в виде снежно-бело-розовых кристаллов и их агрегатов; в Восточной Сибири, в среднем течении р. Нижняя Тунгуска пектолит найден в пустотах шаровых лав, В. Саха (Якутия), на месторождении чароита «Сиреневый камень» в Мурунском щелочном массиве встречен лиловый калиевый пектолит-мизерит в сростании с агрегатами чароита. На Северной Камчатке, в Куюльском ультраосновном массиве поделочный пектолит представлен жилами белого цвета, иногда с фиолетовым или голубым оттенком.

Энстатит [*греч.* enstatos – сопротивляющийся, противостоящий, название связано с устойчивостью энстатита плавлению] – минерал, цепочечный силикат, семейство пироксенов. Химическая формула $Mg_2[Si_2O_6]$. Состав (в %): MgO – 30,0; FeO – 9,0; CaO – до 2,5; Fe_2O_3 – 0,5; Al_2O_3 – 2,6; SiO_2 – 54,5.



Энстатит

Формы выделения. Кристаллы большие, хорошо образованные, призматические, таблитчатые; неправильные, обычно плотные зерна; зернистые агрегаты. Сингония ромбическая.

Свойства. Твердость 5,5; плотность 3,1–3,2 г/см³. Цвет бесцветный, белый, зеленовато-серый, светло-зеленый, серый, коричнево-серый; черта серая; блеск стеклянный, минерал просвечивает, непрозрачный; спайность средняя; излом раковистый, неровный. Под паяльной трубкой плавится с трудом; в кислотах не растворяется.

Образование, нахождение, практическое значение. В природе энстатит весьма широко распространен. Энстатит – породообразующий минерал многих, богатых магнием, но бедных окисью кальция магматических пород, особенно плутонических (лерцолитов, гарцбургитов и др.). На территории России широко распространен на Урале, Северном Кавказе, в Закавказье, в Сибири и др.

1.4.3. Ленточные силикаты

Антофиллит [лат. anthophyllum – гвоздика, за характерный гвоздично-коричневый цвет] – минерал, силикат магния и железа подкласса ленточных силикатов, семейства амфиболов. Химическая формула $(\text{MgFe})_7(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$. Состав (в %): MgO – 31,0; FeO – 8,3; SiO₂ – 59,2; типичные примеси: Ti, Al, Mn, Ca, Na.



Антофиллит

Формы выделения. Антофиллит образует удлиненные до волокнистых кристаллы; встречается в виде длинных лучистых агрегатов. Сингония кристаллов ромбическая.

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность 2,9–3,4 г/см³. Цвет буровато- или желтовато-серый, буровато-зеленый; черта белая, бело-серая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом занозистый; минерал магнитен. В кислотах не растворяется; при нагревании до 400 °С переходит в моноклинную модификацию, при дальнейшем нагревании до 1000 °С переходит в энстатит. Алюминийсодержащая бледно-зеленовато-серо-коричневая разновидность антофиллита получила название «жедрит».

Антофиллит является продуктом метаморфического изменения богатых магнием магматических (ультрасосновных) пород и содержащих примеси доломитовых сланцев. Антофиллит довольно широко распространен (Сысертское месторождение антофиллита на Урале; в месторождениях доломитовых сланцев и др.). Антофиллит обладает достаточной твердостью и хорошей обрабатываемостью, чтобы из него изготавливать ювелирные изделия.

Арфведсонит [назван по фамилии шведского химика Ю.А. Арфведсона (1792–1841)] – минерал, подкласс ленточных силикатов, семейство амфиболов, группа щелочных амфиболов. Химическая формула $\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Fe}^{3+}(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$. Типичные примеси: Ti, Mn, Ca, Al, K, F.

Формы выделения. Кристаллы столбчатые, призматические, иногда таблитчатые. Образует удлиненные зерна (до 15–50 см); зернистые, лучистые, звездчатые агрегаты; игольчатые, волокнистые выделения (иногда микроволокнистые). Сингония моноклинная.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,3–3,5 г/см³. Цвет черный, иссиня-черный; черта голубовато-серая; блеск стеклянный; минерал непрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый, неровный, ступенчатый; плеохроизм сильный. Минерал хрупкий; в кислотах не разлагается.



Арфведсонит

Образование, нахождение. Арфведсонит – типичный темноцветный минерал щелочных пород агапитового типа. Встречается в фойяитах, микроклин-нефелиновых сиенитах и их пегматитах, в некоторых амфиболовых фонолитах, в роогобманковых луавритах и других щелочных породах. Ассоциации: альбит, нефелин, рибекит, содалит, эвдиалит, эгирин и др. На территории России встречен в Хибинском массиве (Кольский полуостров), Озерном массиве (Восточная Сибирь).

Практическое значение. Находит применение как наполнитель и как кислотостойкий материал в химической промышленности.

Глаукофан [*греч.* Glaukos – светло-зеленый, голубоватый, phanes – явный, проявившийся; иногда glaukos переводится с греческого как «небесно-голубой» или «темно-синий»] – минерал, ленточный силикат, щелочной амфибол. Химическая формула $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$. Состав (в %): Na_2O – 7; MgO – 13; Al_2O_3 – 12; SiO_2 – 57,7; H_2O – 2,3. Примеси: Ca, K, Mn, Cl, Fe.

Формы выделения. Кристаллы призматические; удлиненные зерна; столбчатые, лучистые, волокнистые, зернистые агрегаты.



Глаукофан

Свойства. Твердость 5,5–6,5; плотность 3,0–3,3 г/см³. Цвет темно-синий, голубовато-черный, серый, переходящий в лавандово-синий; черта от светло-серой до голубовато-серой; блеск стеклянный, перламутровый, шелковистый; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом неровный, занозистый. В кислотах не разлагается.

Образование, нахождение. Происхождение метаморфическое, образуется в глаукофановой стадии метаморфизма, встречается в породах, образовавшихся в зеленосланцевой и эклогитовой стадиях; является породообразующим минералом кристаллических сланцев (глаукофановых, слюдяных и др.); встречается в алевролитах, песчаниках. Ассоциации: актинолит, альбит, арагонит, куммингтонит, жадеит, кроссит, лавсонит, омфациит, пумпеллиит, хлорит, эпидот и др. На территории России – в Ловозерском массиве.

Жедрит (назван по месту находки – населенному пункту Жедре, Франция). Минерал, ленточный силикат, семейство амфиболов, разновидность распространенного минерала антофиллит. Химическая формула $Mg_2(Mg_3Al_2)[AlSi_3O_{11}]_2(OH)_2$. Примеси: Mn, Ca, Ti, Na, K.



Жедрит

Формы выделения. Сплошные или радиально-лучистые массы волокнистого строения; длинностолбчатые, игольчатые и шестоватые агрегаты. Сингония ромбическая.

Свойства. Твердость 5–6; плотность 3,15–3,55 г/см³. Цвет бледно-зеленовато-серый, переходящий в коричневый; черта белая; блеск стеклянный, шелковистый; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом неровный, ступенчатый; минерал хрупкий. Под паяльной трубкой плавится в тонких осколках; в кислотах не растворяется.

Образование, нахождение. Образуется в процессе регионального метаморфизма богатых магнием и алюминием пород. Ассоциации: андалузит, биотит, кварц, ставролит и др. На территории России встречен в Карелии.

Применение. Прозрачные красивые образцы могут применяться в ювелирном деле; поделочный камень.

Куммингтонит (назван по месту находки – Каммингтон, штат Массачусетс, США) – минерал, ленточный силикат, семейство амфиболов. Химическая формула $(\text{MgFe})_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Состав (в %): MgO – 0...25; FeO – 6...47; SiO₂ – 47...53; H₂O – 15...25; типичные примеси: Mn, Ca, Al, Ti, K, Na.



Куммингтонит

Формы выделения. Кристаллы призматические до игольчатых. Сингония моноклинная. Волокнистые или радиально-лучистые агрегаты; мелкозернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,1–3,6 г/см³. Цвет бесцветный, белый со слабым зеленоватым оттенком, серый, коричневый, темно-зеленый; черта серовато-белая; блеск стеклянный, шелковистый; минерал просвечивает; спайность совершенная; излом неровный, занозистый. В кислотах не разлагается.

Разновидности по составу и цвету:

- магнистый куммингтонит – содержание магния больше, чем железа;
- цинковистый куммингтонит – содержание окиси цинка до 10,5 %;
- киевит – бесцветная или бледно-зеленая разновидность куммингтонита.

Образование, распространение. Куммингтонит – обычный минерал амфиболитов, образованных в процессе регионального метаморфизма по основным магматическим породам. Встречается в метаморфических породах. Поздний минерал некоторых основных магматических пород. Волокнистые разновидности куммингтонита используются как асбест.

Паргасит (назван по месту находки – Паргас, Финляндия) – минерал, ленточный силикат, семейство амфиболов; от-

крыт в 1815 г., переопределен ММА в 2012 г. Химическая формула $\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$; типичные примеси: Ti, Cr, Mn, K, F, P, H_2O . По составу паргасит – высокоглиноземистая роговая обманка; магнезиальный член ряда паргасит – ферропаргасит.



Паргасит

Формы выделения. Кристаллы от короткопризматических до игольчатых, по одной грани – гладкие и блестящие, по другой – с грубой вертикальной штриховкой, сингония моноклинная; зернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5–6; плотность 3,1–3,2 г/см³. Цвет светло-зеленый, серо-зеленый, зеленовато-серый, реже темно-зеленый до зеленовато-черного или светло- до темно-коричневого, свинецсодержащий паргасит светлый, красновато-коричневый, хромсодержащий – ярко-зеленый, бывает окраска зеленовато-синяя; черта белая, бледно-серовато-зеленая, коричнево-зеленая; блеск стеклянный; минерал полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом неровный, ступенчатый; минерал хрупок. Под паяльной трубкой плавится в черное стекло; в кислотах не разлагается.

Образование, нахождение. Паргаситы (магнезиальные высокоглиноземистые роговые обманки) образуются при метаморфизме карбонатных и ультраосновных пород, особенно в разви-

вающихся по ним скарнах и метасоматитах, иногда в эклогитах. В мраморах, кальцифирах, скарнах паргасит ассоциирует с кальцитом, доломитом, форстеритом, диопсидом, флогопитом или биотитом, иногда с корундом, анортитом, рутилом, шпинелью, апатитом. В ультраосновных породах паргасит образуется в поздние стадии их формирования за счет оливина, пироксенов, шпинели. Основные месторождения паргасита известны в Австрии, Канаде, США, Швеции, Финляндии.

Тремолит (назван по долине Тремоль в Швейцарии) – порообразующий минерал скарнов, кристаллических сланцев и других метаморфических и метасоматических пород; водный ленточный силикат, семейство амфиболов. Химическая формула $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$. Состав (в %): CaO – 13,8; MgO – 24,6; SiO_2 – 58,8; H_2O – 2,8. Всегда содержит примесь железа, но не более 3 %.



Тремолит

Формы выделения. Кристаллы, удлиненные до игольчатых, и их агрегаты. Сингония моноклинная.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 2,9–3,3 г/см³. Цвет белый, жемчужно-серый; зеленоватый, кремовый; черта белая; блеск стеклянный, шелковистый, жирный; минерал просвечивает; спайность совершенная; излом занозистый. Минерал хрупкий, ломкий; плавится с трудом, образуя бесцветное стекло; в кислотах растворяется весьма слабо.

Разновидности:

– тремолит-асбест – тонкие, мягкие, длинные волокна;

– нефрит – плотный, скрытокристаллический тремолит, под микроскопом обнаруживает волокнистое строение (см. пособие [1]).

Образование, нахождение. Образуется, как правило, в результате метаморфизма на контакте магматических пород с известняками или доломитами и в кристаллических сланцах. Минералы-спутники: диопсид, шпинель, оливин, серпентин, апатит.

Изменения. По тремолиту могут развиваться тальк и серпентин. На территории России месторождения тремолита встречаются в Свердловской, Челябинской и Иркутской областях.

1.4.4. Листовые силикаты

Апофиллит [*греч.* apo – из, от, без + phyllon – лист, назван за способность минерала расщепляться на листочки] – минерал, листовый водный силикат. Химическая формула $(K,Na)Ca_4[Si_4O_{10}]_2(F,OH) \cdot 8H_2O$.



Апофиллит

В настоящее время термин «апофиллит» обозначен Международной минералогической ассоциацией как групповое название для трех минеральных видов:

1) апофиллит – (KF) (флуорапофиллит) $KCa_4Si_8O_{20}F \cdot 8H_2O$ – тетрагональный;

2) апофиллит – (KOH) (гидроксиапофиллит) $\text{KCa}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}$ (OH, F) · 8H₂O – тетрагональный;

3) апофиллит – (NaF) (натроапофиллит) $\text{NaCa}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}$ · 8H₂O – ромбический.

Формы выделения. Кристаллы бипирамидальные, таблитчатые, пинакоидальные, размерами до 10–15 см и более; встречается в виде слоистых агрегатов, реже чешуйчато-зернистые слоистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5; плотность 2,35 г/см³. Цвет бесцветный или белый, в некоторых случаях слегка окрашен в розовый, зеленый или желтый цвет; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; минерал прозрачный, просвечивает; совершенная спайность.

Образование, нахождение. Апофиллит – типичный позднегидротермальный минерал, встречается в тесной ассоциации с пектолитом, кальцитом, пренитом и другими минералами в полостях магматических пород; характерный минерал миндалинов и друз в базальтах; в полостях гранитов; в трещинах метаморфических пород; иногда – продукт изменения волластонита; в качестве позднего минерала встречается в пустотах боросиликатных скарнов; известен в некоторых рудных месторождениях.

Бовенит [назван по фамилии первооткрывателя этого минерала Джо Бовена в 1822 г.] (нефрит Бовена, боуэнит) – минерал, водный магнезиальный листовый силикат, полупрозрачная нефритоподобная разновидность серпентина бледно-зеленого цвета.

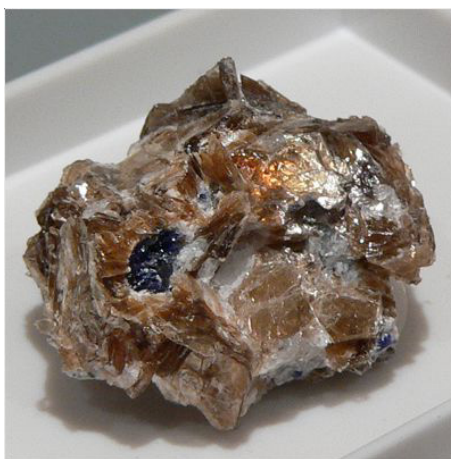
Бовенит – типичный минерал гидротермально измененных гипербазитов и контактово-измененных карбонатно-кальциевых пород. Встречается в породах в виде жил, пластообразных залежей и вкрапленников. По структуре (скрытокристаллические спутанно-волокнистые агрегаты) бовенит походит на нефрит, но отличается от него гораздо меньшей твердостью. Цвет варьирует от светло-желтого до темно-зеленого, серого и голубоватого. В последнее время бовенит становится все более популярным (прежде всего в Америке) как талисман и оберег от напастей

и болезней. На сегодня известны три крупных месторождения: два – в Америке, одно – в Италии. В России встречен в Барун-Хобинском месторождении в Бурятии.



Бовенит

Истонит [назван по месту находки – месторождение Истон, Пенсильвания, США] – минерал, листовый силикат, семейство слюд; дискредитирован в 1987 г., переопределен в 1998 г. Химическая формула $\text{KMg}_2\text{Al}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$.



Истонит

Формы выделения. Пластинки; листовые и чешуйчатые агрегаты. Сингония кристаллов моноклинная.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 2,7–3,2 г/см³. Цвет серый, беловато-серый; черта белая; блеск перламутровый, шелковистый; минерал прозрачный, полупрозрачный; спайность весьма совершенная; излом слюдоподобный.

Образование, нахождение. Происхождение истонита магматическое, пневмоталитовое, метаморфическое. Как породообразующий минерал входит в состав метаморфических пород.

Практическое значение. Применяется, как и другие слюды, в радио- и электротехнике, в измельченном виде – в промышленности строительных материалов и в производстве электроизоляционной бумаги.

Пеннин [назван по месту находки – Пеннинские Альпы] – разновидность клинохлора, ранее пеннин рассматривался как отдельный минеральный вид, но не был утвержден Международной минералогической ассоциацией и на сегодняшний день термин рекомендуется использовать для обозначения некоторых клинохлоров специфической псевдотригональной морфологии. Химическая формула $(\text{Mg,Fe})\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$; примеси: Cr, Ca.



Пеннин

Формы выделения. Кристаллы пластинчатые, таблитчатые, часто сдвойникованные; чешуйчатые агрегаты; друзы мелких кристаллов.

Свойства. Твердость 2–2,5; плотность 2,6–3,0 г/см³. Цвет луково-зеленый, бутылочно-зеленый, зеленовато-черный, иногда – розовый, фиолетовый; черта зеленовато-белая; блеск жирный, перламутровый, тусклый; минерал прозрачен, полупрозрачен; спайность совершенная; излом неровный; листочки минерала гибкие, но неэластичные. Под паяльной трубкой не плавится; в серной кислоте растворяется.

Сапонит [*< лат. sapo – мыло, так как мылкий на ощупь*] – глинистый минерал, слоистый силикат, группа смектита. Химическая формула $(Ca,Na)_{0,3}(Mg,Fe)_3[(Si,Al)_4O_{10}]_2 \cdot 4H_2O$; типичные примеси: Ti, Mn, K, P, Ni.



Сапонит

Формы выделения. Мельчайшие кристаллы: псевдогексагональные, таблитчатые, пластинчатые, волокнистые, чешуйчатые; агрегаты небольших округлых масс, агрегаты тонкозернистые, субпараллельные, плотные, скрытокристаллические. Сингония моноклинная.

Свойства. Твердость 1,5–2; плотность 2,3 г/см³. Цвет белый с желтоватым, коричневатым, зеленоватым оттенком, серый; черта белая; блеск матовый, жирный, тусклый; минерал просвечива-

ет, непрозрачный; спайность совершенная; излом неровный. Под паяльной трубкой чернеет; в сыром виде мягок.

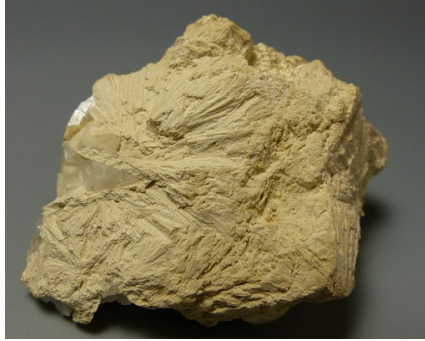
Образование, нахождение. Сапонит образуется в вулканических, метаморфических, осадочных породах. Может иметь гидротермальное и метасоматическое происхождение; встречается в жилах и порых в базальтах; в амфиболитах и серпентинитах; в почвах. Широко развит в экзогенных условиях – корах выветривания. Встречается на территории России: Алданский щит, Восточная Сибирь; Дальнегорск, Приморский край; Северный Кавказ, Чеченская Республика, Кабардино-Балкария; Урал; Архангельская и Мурманская области.

Практическое значение. Сапонит используется в сельском хозяйстве (комплексная минеральная подкормка для животных, птиц; при производстве кормов и мясокостной муки на основе сапонита, при консервации кормов в силосных ямах, как мелиорант комплексного действия, эффективный раскислитель почв); в медицине (из минералов группы смектита производят лекарства, работающие как адсорбент для выведения из организма шлаков, токсинов, тяжелых металлов, отравляющих продуктов).

Сепиолит [*греч. Serion – внутренний скелет каракатицы*] – глинистый минерал, водный алюмосиликат магния, группа палыгорскита, промежуточные виды между между ленточными и слоистыми силикатами. Химическая формула $Mg_4[Si_6O_{15}](OH)_2 \cdot 6H_2O$. Типичные примеси: Al, Ca, Fe, Ni.

Формы выделения. Желваки, комковатые выделения, плотные или пористые массы, состоящие из микроскопических игольчатых кристаллов, сингония ромбическая. Агрегаты слоистые, спутанно-волокнистые.

Свойства. Твердость 2–2,5; плотность 2,0 г/см³. Цвет белый, серовато-белый, желтый, бурый; черта белая; блеск матовый, шелковистый, тусклый; минерал просвечивает, непрозрачный; спайность средняя; излом неровный; хрупкий. Разлагается в соляной кислоте с образованием геля кремнезема; под паяльной трубкой плавится с трудом.



Сепиолит

Образование, нахождение. Минерал редкий. Может являться значительным компонентом «горной кожи» совместно с палыгорскитом.

Серицит – тонкозернистая, мелкочешуйчатая разновидность белых слюд – мусковита или реже парагонита, с пониженным содержанием K_2O . Минералом не является, но часто встречается в описаниях разных горных пород. Серицит связан непрерывным рядом твердых растворов с гидрослюдами или с фенгитами (серия между мусковитом и саладонитом). По составу, приближаясь к гидрослюдам, иллиту, содержит меньше калия (натрия), больше воды, кремнезема и окиси магния. Химическая формула $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$.



Серицит

Формы выделения. Обычно встречается в виде скрытокристаллических и тонкочешуйчатых бесцветных или бледно-зеленых масс с шелковистым блеском.

Свойства. Твердость 2,5; плотность 2,7–2,8 г/см³. Цвет белый, бледно-зеленый; черта белая; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает. Серицит под паяльной трубкой плавится с трудом, при прокаливании теряет воду. Расщепляется на тончайшие гибкие листочки. В кислотах не разлагается.

Образование, нахождение. Происхождение гидротермальное, связан со вторичными кварцитами и березитами, или метаморфическое – в серицитовых сланцах и филлитах. Как вторичный минерал широко распространен в гидротермально измененных магматических и метаморфических породах, в забандах (забанд – боковая поверхность, отделяющая жилу от вмещающих пород) рудных тел. Серицит – распространенный минерал. В России известен в Иркутской области, Саха (Якутия), Сахалинской, Калининградской области, Приморский, Хабаровский края, Тыва, Забайкалье, Амурская, Магаданская и Мурманская области, Восточные Саяны, Урал, Алтай, Коми, Карелия, Дагестан, Северная Осетия.

Практическое значение. Серицит – важный поисковый минерал, сопровождающий медное, золотое, полиметаллическое и другие оруднения.

Стильномелан [*<*греч. shtilpo – сияющий и melanos – черный] – редкий минерал, листовой силикат. Химическая формула $(K, Ca, Na)(Fe, Mg, Al)_8[(Si, Al)_{12}(O, OH)_{36}] \cdot nH_2O$, типичные примеси: Ti, Mg. Большие колебания Fe^{2+} и Fe^{3+} .

Формы выделения. Агрегаты крупнолистоватые и шестоватые; радиально-волокнистые и плотные массы; почки.

Свойства. Твердость 3–4; плотность 2,6–3,0 г/см³. Цвет зеленовато-черный, черный, красный, коричневым, темно-зеленый, золотисто-коричневый; черта серая; блеск стеклянный, перламутровый, полуметаллический; минерал полупрозрачный, непрозрачный; спайность весьма совершенная; излом слоистоподобный. Под паяльной трубкой легко плавится.



Стильпноmelан

Образование, нахождение. Встречается в метаморфических породах; в слабо метаморфизованных сланцах, железистых кварцитах. В гранитах, гнейсах часто замещает хлорит, биотит, амфиболиты. Разновидности: феррестильпноmelан, феррестильпноmelан, манганостильпноmelан, парасеттинесит.

Фенгит [*греч. pheggos – блеск, сияние*] – очень богатый кремнекислотой мусковит. В настоящее время дискредитирован Международной минералогической ассоциацией как самостоятельный минеральный вид, и термин «фенгит» предложен как общее название для слюд серии твердых растворов между мусковитом $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ и селадонитом $K(Mg,Fe^{2+},Al)[Si_4O_{10}](OH)_2$. Типичные примеси: Cr, Mn, Sc, Ti.



Фенгит (алургит)

Разновидности:

- марипозит – богатый хромом фенгит зеленой окраски;
- алургит – фенгит с примесью марганца.

Свойства, нахождение. Фенгит встречается практически во всех эклогит-глаукофановых комплексах мира и в соответствии со своей формулой имеет переменное содержание кремния. В фенгитах из ультравысокобарных комплексов содержание кремния выше, чем у фенгитов из пород менее глубинных комплексов. На этом основании ученые Массоне и Шрайер в 1987 г. установили пределы стабильности фенгита с кварцем (кремнеземом) в зависимости от температуры и давления, кроме этого предложено также содержание в фенгитах кремнезема использовать в качестве геобарометра для пород низкой степени метаморфизма (сланцев и других пород).

Хлорит [*греч. chloros – зеленый*] – минерал, листовый силикат, группа хлоритов. Хлориты – группа слюдopodobных породообразующих минералов, по составу являются водными алюмосиликатами Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Mn, Al, Bi, Cr в разных соотношениях; всего в группе около 30 минералов.



Хлорит

Хлориты кристаллизуются в моноклинной, тригональной, гексагональной сингонии, образует листовые крупно- до мелкочешуйчатых, скрытокристаллические агрегаты, зернистые массы. От-

личаются низкой твердостью (1,5–3,5) и плотностью (2,6–3,3 г/см³). По происхождению в основном гидротермальные и метаморфические. Широко распространены в природе. В изобилии находятся в метаморфических породах и кварцевых жилах. При выветривании переходят в каолинит и монтмориллонит. Термином «хлорит» геологи часто обозначают любой минерал из группы хлоритов. Он часто встречается не только в описаниях метаморфических и метасоматических пород, но и осадочных.

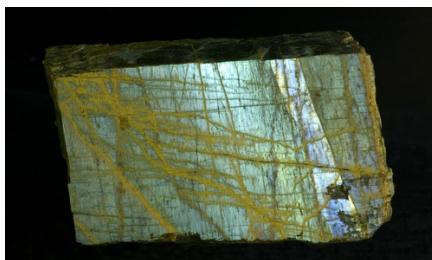
Формы выделения. Кристаллы призматические, таблитчатые; агрегаты листоватые, радиально-лучистые; зернистые, скрытокристаллические массы.

Свойства. Твердость 1,5–3,5; плотность 2,6–3,3 г/см³. Цвет белый, светло-желтый, зеленый; блеск стеклянный, перламутровый; спайность весьма совершенная; излом ступенчатый. Хорошо растворим в воде.

Месторождения на территории России встречены в Пермском крае, Свердловской области и др.

1.4.5. Каркасные силикаты

Анортоклаз [*греч.* an – нет, не, ortos – прямой, правильный, klastis – разлом, раскалывание, т.е. неправильно расщепленный] – минерал, каркасный силикат, щелочной полевой шпат, по составу (K,Na)[AlSi₃O₈] – промежуточный между альбитом Na[AlSi₃O₈] и калишпатом K[AlSi₃O₈] с преобладанием Na₂O над K₂O. Примеси: Fe, Ca.



Анортоклаз

Морфология. Кристаллическая структура, каркасная с бесконечным трехмерным каркасом $(\text{SiAl})\text{O}_4$. По триклинной сингонии сходен с микроклином, от которого отличается лишь оптическими характеристиками.

Свойства. Твердость 6; плотность 2,6 г/см³. Цвет белый, желто-бурый с синеватым оттенком; блеск стеклянный; спайность средняя; излом раковистый, неровный; прозрачный, полупрозрачный, просвечивает, непрозрачный; хрупок. При прокаливании анортотлаз легко переходит в моноклинную модификацию, после охлаждения вновь становится триклинным. Встречается в богатых натрием вулканических породах.

Анортит [*греч.* anorthos – не прямой, косою; название отражает триклинную сингонию минерала] – порообразующий минерал, плагиоклаз, семейство полевых шпатов. Химическая формула $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Содержание компонентов (в %): CaO – 20,1; Al_2O_3 – 36,7; SiO_2 – 43,2. Типичные примеси: Ti, Fe, K, Na. Полиморфен: данный химический состав кроме анортита встречается в минералах святославит и дмиштейнбергит. Изоморфен: замыкает непрерывный изоморфный ряд твердых растворов альбит – анортит. Как и все плагиоклазы, анортит кристаллизуется в триклинной сингонии. По современной классификации (действующей номенклатуре Международной минералогической ассоциации) процентную долю анортита в ряду твердого раствора альбит – анортит называют «номер плагиоклаза»: анортит может называться Pl_{90-100} ; альбит – Pl_{0-10} ; олигоклаз – Pl_{10-30} и т.д.

Формы выделения. Анортит часто образует мелкие кристаллы с множеством граней, реже – плотные, сплошные зернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 6–6; плотность 2,74–2,76 г/см³. Цвет бесцветный, белый, серый, красный, розовый; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, просвечивает, мутный, непрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый, неровный, ступенчатый; минерал хрупкий, иризирующий.



Анортит

Образование, нахождение. Происхождение анортита главным образом магматическое. Анортит – характерный минерал основных магматических пород; является породообразующим минералом базальтов, габбро, норитов, анортозитов; встречается также в метаморфических породах гранулитовой фации, в метаморфизированных карбонатных породах, в амфиболитах. В России встречен в Карелии и на Урале.

Адуляр [назван по горному массиву Адула в швейцарских Альпах] – минерал, каркасный силикат, прозрачная низкотемпературная разность калиевого полевого шпата (калишпата). По химическому составу $K[AlSi_3O_8]$ может быть любым калишпатом: санидином (высокотемпературный), ортоклазом или микроклином (низкотемпературный), но чаще все-таки называется разностью ортоклаза. Примеси: Na, Ca, Ba. Опалесцирующий адуляр – лунный камень. Эффект, характерный для лунного камня, в русской литературе называется «опалесценция», а в западной литературе – «адуляресценция». В адуляре присутствуют микровключения альбита (кальциево-натриевого полевого шпата), которые находятся в упорядоченном виде и в большом количестве. При отражении лучей света от поверхностных слоев альбита, называемых пертитами, создается необычное «лунное» серебристое сияние с переливами, в лучших образцах адуляра

такое сияние-свечение отливает голубым светом. Опалесценция (опал+есценция – суффикс, означающий слабое действие) – физическое явление рассеяния света мутной средой, обусловленное оптической неоднородностью среды.



Адуляр

Формы выделения. Кристаллы, имеющие частично псевдоромбоэдрический облик.

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность 2,6 г/см³. Цвет бесцветный, белый, желтоватый; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный, полупрозрачный, иризирующий; иногда обладает эффектом «кошачьего глаза». Разновидность – лунный камень, иризирующий в голубовато-белых тонах адуляра.

Образование, нахождение. Образование адуляра магматическое. Встречается обычно в жилах альпийского типа в ассоциации с горным хрусталем, хлоритом, титанитом, рутилом, ильменитом, гематитом. Применение такое же, как и у других калиевых полевых шпатов. Прозрачный адуляр – поделочный камень.

Гаюин [назван по фамилии французского кристаллографа и минералога Рене Гаюи (1743–1822), автора одного из основных законов кристаллографии – закона Гаюи – эмпирического закона огранения кристаллов]. Минерал, каркасный силикат натрия и кальция, семейство фельдшпатоидов, группа содалита;

имеет место ограниченная изоморфная смесимость с нозеаном, с кристаллами которого абсолютно схожи кристаллы гаюина. Химическая формула $(\text{Na}, \text{Ca})_{4-8}(\text{Al}_6\text{S}_6\text{O}_{24}[\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl}]_2)$. Примерный состав (в %): Na_2O – 15; CaO – 10; Al_2O_3 – 28; SiO_2 – 33; SO_4 – 12; K_2O – 2; H_2O – 1,0.



Гаюин

Формы выделения. Кристаллы редки, их габитус – ромбо-додекаэдры и октаэдры, сингония кубическая; округлые зерна; зернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 2,4–2,5 г/см³. Цвет ярко-синий до зеленовато-синего, белый или различные оттенки серого, желтого, коричневого, зеленого, красного; черта бледно-синяя, зеленовато-желтая, реже красноватая или желтоватая; блеск стеклянный, жирный, перламутровый; минерал прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность средняя, ясная; излом раковистый, неровный. Гаюин – хрупкий минерал; на огне плавится с растрескиванием и образованием зеленовато-синего стекла.

Образование, нахождение. Происхождение гаюина контактово-метасоматическое. Встречается в магматических породах фонолитах, тефритах, нефелиновых сиенитах и других породах, недонасыщенных кремнеземом. Зарубежные месторож-

дения известны в горах Албани (Италия), широко представлен в лаве Везувия, в трахибазальтах в Германии. На территории России гаюин встречен в лазуриновом Мало-Быстринском месторождении (Ю. Прибайкалье); в зонах замещения пегматита в контакте с доломитами.

Практическое значение. Наиболее качественные кристаллы гаюина используются в ювелирном деле, красивые гаюины интенсивностью окраски соперничают с сапфирами. Ювелирный гаюин очень редок и дорог.

Гиалофан [*греч.* *hyalos* – стекло, *phaneros* – явный (из-за прозрачности кристаллов)] – минерал, каркасный алюмосиликат, калиево-бариевый полевой шпат, чаще называемый алюмосиликатом калия, в котором калий может замещаться барием. Химическая формула $(K,Ba)[Al(Si,Al)Si_2O_8]$. Или представляется как минеральный вид в изоморфной серии ортоклаз $(K[AlSi_3O_8])$ – цельзиан $(Ba[Al_2Si_2O_8])$. Примеси: Na_2O , CaO .



Гиалофан

Формы выделения. Таблитчатые кристаллы кубической сингонии; встречается в пустотах в виде друз или в виде прожилков.

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность $2,8 \text{ г/см}^3$ и более в зависимости от количества бария, плотность которого $3,78 \text{ г/см}^3$. Цвет гиалофана бесцветный, белый, серый с голубоватым, желтоватым или зеленоватым оттенком; черта белая; блеск стеклянный;

минерал водяно-прозрачный, просвечивает, полупрозрачный; спайность несовершенная; излом раковистый. В кислотах не растворяется; под паяльной трубкой плавится с большим трудом.

Образование, нахождение. При небольших количествах бария встречается в магматических породах. Гиалофаны, богатые барием, наблюдаются в контактово-метасоматических месторождениях. На территории России встречены в районе р. Слюдянка (Иркутская область), где ассоциирует с диопсидом, скаполитом, кальцитом. Гиалофан может образовываться также непосредственно метасоматическим путем по розовому ортоклазу.

Кальсилит [назван по составу: K, Al, Si] – минерал каркасный алюмосиликат калия. Химическая формула $K[AlSiO_4]$, типичные примеси: Fe, Mg, Ca, Na. Полиморфен с мегакальсилитом. Образует изоморфный ряд с нефелином.



Кальсилит

Формы выделения. Зернистые массивные агрегаты; вкрапленники. Сингония гексагональная.

Свойства. Твердость 6; плотность $2,6 \text{ г/см}^3$. Цвет бесцветный, белый, серый; черта белая; блеск стеклянный, жирный; минерал прозрачный, полупрозрачный; спайности нет (отсутствует); излом раковистый.

Образование, нахождение. Кальсилит – породообразующий минерал, присутствует в глубинных магматических щелоч-

ных породах вместо лейцита, обычно в виде скрытокристаллических сростаний с калишпатом санидином, которые образуют и полные псевдоморфозы по лейциту. Входит в состав сынныритов; ассоциации: лейцит, мелилит, нефелин.

Практическое значение. Лейцитовые породы и сынныриты – потенциальное сырье для производства алюминия, поташа (карбоната калия), калийных удобрений и высококачественной керамики.

Лейцит [*греч.* leukos – белый, светлый, kitos – зерно] – минерал, каркасный алюмосиликат калия. Химическая формула $K[AlSi_2O_6]$. Состав (в %): K_2O – 21,5; Al_2O_3 – 23,5; SiO_2 – 55. Типичные примеси: Ti, Fe, Mg, Ca, Ba, Na, Rb, Cs, H_2O . Породообразующий минерал щелочных вулканических и субвулканических, гипабиссальных пород. Обладает диморфизмом: до $620\text{ }^{\circ}C$ – тетрагональная модификация; выше $620\text{ }^{\circ}C$ – устойчиво кубическая.



Лейцит

Формы выделения. Кристаллы идиоморфные, псевдокубические с округлыми гранями (лейкоцитойды), иногда для кристаллов лейцита характерна штриховка двойникования, сингония тетрагональная и кубическая; обособленные зерна; зернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5,5; плотность 2,4–2,5 г/см³. Цвет бесцветный, белый, желтоватый, серый; черта белая; блеск стеклянный; минерал прозрачный; спайность несовершенная; излом раковистый; минерал хрупок. Лейцит растворяется в соляной кислоте с образованием осадка кремнезема.

Образование, нахождение. Происхождение магматическое. Лейцит – типичный высокотемпературный минерал, образуется только в вулканических и субвулканических породах, богатых калием, при застывании бедных кремнеземом (основных) лав, потому никогда не встречается в парагенезисе с кварцем. На территории России месторождения лейцита встречены в Восточной Сибири.

Изменения. Лейцит легко переходит в псевдолейцит, представленный прорастаниями кальсилита и калишпата. Известны псевдоморфозы по лейциту серицита и ортоклаза, иногда замещается пиритом.

Практическое значение. Лейцит применяется в производстве калийных удобрений. Высоко ценится коллекционерами за зернистость, за красивую форму зерен его называют белым гранатом. Иногда используется в стоматологии.

Стильбит [греч. stilbos – сияющий, сверкающий, блестящий] – серия минералов, группа цеолитов, объединяющая два минеральных вида: стильбит – Са и стильбит – Na, различающихся по составу внекаркасных катионов. В отчете подкомитета ММА по цеолитам (1997 г.) были дискредитированы минералы этой группы числом вместе с синонимами более 20. Химическая формула $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] \cdot n \text{H}_2\text{O}$.

Формы выделения. Кристаллы призматические, сингония моноклинная; агрегаты сноповидные.

Свойства. Твердость 3,5–4; плотность 2,1–2,2 г/см³. Цвет белый, бесцветный, желтоватый, красноватый, серый, розовый, светло-коричневый, оранжевый; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; спайность совершенная.



Стильбит

Образование, нахождение. Происхождение минералов стильбит гидротермальное; ассоциации: кальцит, кварц, халцедон и др. Минералы стильбит распространенные. На территории России встречаются: Эвенкийский автономный округ; Свердловская область, Таймыр, Краснодарский край, Республика Саха (Якутия).

Практическое значение. Как и другие цеолиты, стильбиты используются в промышленности в качестве адсорбентов, ионообменников, молекулярных сит для очистки вод, сиропов, поглощения примесей и т.п.

1.5. ФОСФАТЫ, СУЛЬФАТЫ, КАРБОНАТЫ, БОРАТЫ

Вивианит [назван по фамилии английского политика и минералога Д.Г. Вивиана (1785–1855), открывшего этот минерал] (синяя земля, железная болотная руда, синяя охра) – минерал, водный фосфат железа, класс «Фосфаты, арсенаты, ванадаты», группа вивианита.

В неизменном состоянии прозрачный, бесцветный. На воздухе вивианит приобретает окраску от серо-синего до черно-синего оттенка. Встречается как продукт выветривания в гидротермальных и пегматитовых месторождениях. В значительных количествах образуется в восстановительных условиях лимони-

товой зоны осадочных сидеритовых месторождений и в торфяниках; порошковатые скопления вивианита обычны в низких торфяных болотах. На территории России встречен в торфяниках Подмосковья, на Керченском и Таманском полуостровах. Сопутствующие минералы: лимонит, пирит, пирротин, сантакларит, маричит, лудламит, метавивианит, эосфорит. В остальном вивианит достаточно информативно описан в главе 4 пособия [1].



Вивианит

Анкерит [назван по фамилии австрийского минералога М. Анкера (1771–1843)] – минерал, сложный карбонат, группа доломита. Химическая формула $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})[\text{CO}_3]_2$, железистый член изоморфного ряда доломит – анкерит и ряда анкерит – кутногорит. Состав (в %): CaO – 27,1; FeO – 23,5; CO₂ – 42,5; MgO – 6,94; постоянная примесь – MnO, другие типичные примеси: Ce, La, TR.

Формы выделения. Кристаллы ромбоэдрические, чечевидные с искривленными гранями; агрегаты сплошные, зернистые,

плотные; прожилки; кристаллические корки на стенках трещин. Сингония тригональная.

Свойства. Твердость 3,5–4; плотность 2,9–3,1 г/см³. Цвет серый, белый, желтоватый, бурый, коричневый, розовый, голубовато-серый; черта белая, светло-серая; блеск стеклянный, перламутровый; минерал просвечивает, прозрачный, полупрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый, ступенчатый.



Анкерит

Образование, нахождение. Анкерит – типичный минерал карбонатов и низкотемпературных свинцово-цинковых пород, минерал гидротермальных сульфидных месторождений и гидротермально измененных магнезиально-железистых пород. Известен в хрусталеносных жилах и как продукт метасоматоза в карбонатных осадочных породах. Ассоциации: доломит, барит, кварц, сидерит, флюорит и др. На территории России встречен на Урале (Челябинская область), Алтае, в Мурманской области (Ковдор).

Изменения. При окислении становится бурым (результат окисления железа) и растрескивается.

Практическое значение. Применяется как строительный и огнеупорный материал, сырье для получения углекислоты и производства стекла.

Витерит [назван по фамилии английского химика и геолога У. Витеринга, открывшего в нем барий] – минерал, класс «Карбонаты», группа аргонита. Химическая формула BaCO_3 . Состав (в %): $\text{BaO} - 77,7$; $\text{CO}_2 - 22,3$. Изоморфен с арагонитом.



Витерит

Формы выделения. Кристаллы редки, почти всегда сдвойникованы, имеют гексагональный бипирамидальный облик; сплошные плотные массы; шаровидные, почковидные волокнистые агрегаты. Сингония ромбическая.

Свойства. Твердость 3–3,5; плотность 4,2–4,3 г/см³. Цвет бесцветный, белый, серый, желтоватый; черта белая; блеск стеклянный, на изломе жирный; минерал прозрачен, полупрозрачен, просвечивает; спайность совершенная, средняя; излом неровный. Витерит хрупок, флюоресцирует в ультрафиолетовой лампе белоголубым цветом. Под паяльной трубкой легко плавится в прозрачное стекло, после охлаждения становится эмалевидным. Растворяется с шипением в разбавленных кислотах. Ядовит!

Образование, нахождение. Происхождение гидротермальное, встречается в жилах совместно с баритом, образуется также в экзогенных условиях как вторичный минерал по бариту. Образуется из горячих глубинных вод и залегает в небольших

низкотемпературных гидротермальных жилах. На территории России встречен в небольших количествах на Алтае.

Применение. Руды бария и его соли (в том числе витерит) применяют в изготовлении специальных стекол, для получения сульфата бария – белой акварельной краски; в производстве оптического стекла, эмалей, глазури и керамических изделий; в качестве материала катодов в электровакуумных устройствах; как крысиный яд.

Родохрозит [*греч.* rhodon – роза, chroma – цвет] – сравнительно распространенный минерал, класс «Карбонаты». Химическая формула $MnCO_3$; состав сильно варьирует, потому что существуют изоморфные ряды: родохрозит – кальцит $CaCO_3$ и родохрозит – сидерит $FeCO_3$. В родохрозите часть Mn обычно изоморфно замещена Fe, Mg, Ca. Обычны также изоморфные примеси Co, Zn. Железосодержащие разновидности: понит и феррородохрозит; типичные примеси: Fe, Mg, Ca, Co, Zn, Cd.



Родохрозит

Формы выделений. Кристаллы мелкие, толстотаблитчатые, призматические, ромбоэдрические, скаленоэдрические; главным

образом шаровидные и почковидные агрегаты, друзы; зернистые и сплошные массы; корки.

Свойства. Твердость 3,5–4,5; плотность 3,7 г/см³. Цвет розовый, розово-красный, малиновый, желто-серый, серый, белый, зелено-серый, у измененных разностей коричневым до черно-коричневого, бесцветный до бледно-розового; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; минерал прозрачен, полупрозрачен; спайность совершенная; излом раковистый, неровный, ступенчатый; родохрозит хрупок. На огне не плавится, начинает разрушаться при 300 °С, в горячей соляной кислоте растворяется с бурным вскипанием.

Образование, нахождение. Происхождение родохозита гидротермальное. Встречается в средне- и низкотемпературных гидротермальных жилах, в месторождениях свинца, цинка, серебра, меди в парагенезисе с сидеритом, флюоритом, гетитом, кварцем, баритом, кальцитом, лимонитом, марказитом, опалом; в зонах гипергенеза в корах выветривания марганцевых и железомарганцевых месторождений. В осадочных месторождениях родохрозит может находиться в значительных количествах. Иногда устанавливается в современных глубоководных осадках.

Изменения. На земной поверхности родохрозит неустойчив и быстро переходит в манганит и пиролюзит. Известны псевдоморфозы по родохрозиту кварца. Сам родохрозит иногда образует псевдоморфозы по кальциту. На территории России известны месторождения в Западном Забайкалье, в осадочных железных рудах Керченского месторождения – в небольших количествах, но в виде эффектных псевдоморфоз по раковинам ископаемых моллюсков.

Практическое значение. Родохрозит – прекрасный поделочный камень, очень удобен в обработке. Из него изготавливают бусы, подвески, кольца, серьги, броши и другие аксессуары. При обработке родохозита можно добиться самых разных цветовых эффектов. В крупных скоплениях – руда марганца.

Улексит [назван по фамилии немецкого химика Г. Улекса (1811–1883)] (телевизионный камень) – редкий минерал, класс «Бораты», водный борат натрия и кальция. Химическая формула $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.



Улексит

Формы выделения. Тонкие волоконца, слагающие сплошные агрегаты; плотные волокнистые массы. Сингония триклинная.

Свойства. Твердость 2; плотность 1,9–2,0 г/см³. Цвет белый; черта белая; блеск шелковистый; минерал просвечивает, непрозрачный; спайность совершенная; излом занозистый. Благодаря волокнистому строению в улексите проявляется эффект «кошачьего глаза». Кусок минерала, отполированный с двух сторон поперек волокон, обладает свойствами световода передавать изображение с одной полированной стороны на другую, за это улексит называют «телевизионный камень». Минерал очень чувствителен к нагреванию; хрупкий и непрочный.

Образование, нахождение. Встречается как гипергенный минерал в отложениях озер – продукт замещения в глинистых гипсоносных породах соляных куполов в сухом и жарком климате. Основные месторождения улексита в Южной Америке, в пустынях США. Есть месторождения улексита и в России (Урал). Совсем недавно улекситы обнаружены в Кунгурской

ледяной пещере – местности и климате, совсем нехарактерном для происхождения минерала.

Практическое значение. При достаточных скоплениях – руда бора. Из чистых белых камней с эффектом «кошачьего глаза» изготавливают красивые кабошоны и другие ювелирные изделия. Природному улекситу приписываются свойства магического камня, талисмана, оберега. Значительно большее применение находит синтетический улексит, технология изготовления которого создана во второй половине XX века. Синтетический камень повторяет структуру природного улексита. Такой искусственный материал применяется в стекловолоконной оптике, с ним делают ювелирные изделия, украшения. Искусственный улексит химически чистый и бесцветный и в процессе кристаллизации камня может быть окрашен примесями в любой цвет.

2. РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ

При изучении горных пород, которые по сути представляют собой природные агрегаты минералов, можно встретить не только названия конкретных минералов, но и часто употребляемый термин «рудные минералы». Термин применяется геологами при определении (описании) вещественного состава пород, наряду с перечислением породообразующих (главных, второстепенных, аксессуарных) минералов добавляются «рудные минералы», к сожалению, часто без названий конкретных минералов.

Руда – природное минеральное образование, содержащее какой-либо металл или несколько металлов в концентрациях, при которых экономически целесообразно их извлечение. Иногда этот термин применяется к неметаллическим полезным ископаемым.

Руда – древнерусское название крови; руды металлов, извлекаемые из недр земли, наши предки считали ее кровью.

Полезные ископаемые – минеральные образования земной коры, химический состав и физические свойства которых позволяют эффективно использовать их в сфере материального производства. Они делятся на твердые (руды, неметаллические полезные ископаемые, угли), жидкие (нефть, минеральные воды, пресные воды родников, ключей, артезианских бассейнов и др.), газообразные (природные горючие и инертные газы).

Неметаллические (нерудные) полезные ископаемые – горные породы, минералы, применяемые как строительные материалы, огнеупоры, абразивы, химическое сырье, технические, драгоценные, поделочные камни и т.п.

2.1. РУДЫ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ (ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА, ТИТАНА, ХРОМА, ВАНАДИЯ)

Здесь требуется некоторое пояснение, чтобы не было никаких сомнений в справедливости отнесения перечисленных металлов к черным. Для химика у этих металлов есть цвет:

- стально-серый – ванадий;
- серебристо-белый – железо, марганец, титан;
- голубовато-серебристый – хром.

Не будем забывать, что химик определяет цвет вещества, в том числе металла, в чистом виде, без примесей, окислов или других соединений. В природе чистые вещества сравнительно большая редкость, а соединения металлов, или металлы с примесями, совсем других цветов, чем металлы в чистом виде. В природе они встречаются в виде рудных минералов. Например, минералы серебристо-белого железа: железо самородное – минерал от серого до черного; сидерит – буровато-желтый, буровато-серый, черный; магнетит – железо-черный. Аналогичная ситуация с рудными минералами других металлов, отнесенных нами к черным. Для металлурга черные металлы – железо и его сплавы (чугун, ферросплавы и др.), а цветные металлы – названия всех металлов и их сплавов, кроме железа и его сплавов. Но данное пособие для строителей – о природных естественных веществах.

Руды ванадия. Главные минералы: ванадинит, деклаузит, купродеклаузит, карнотит; ванадийсодержащие минералы: пухерит, фольбортит, тюямунит. Месторождения магматические, контактово-метасоматические, гидротермальные. Содержание в руде V_2O_5 от 0,1–1,0 до 29 %; примеси Fe, Ti, U, Pb, Zn, Cu, Mo, Al, P.

Ванадий [назван по имени древнескандинавской богини красоты Вана] – серый твердый металл, плотность $6,11 \text{ г/см}^3$; $t_{\text{пл}} = 1920 \text{ }^\circ\text{C}$; устойчив к действию воды и многих кислот.

Легирующий компонент конструкционных сталей и сплавов, применяемых в авиационной и космической технике, мор-

ском судостроении; компонент сверхпроводящих сплавов. Ванадий придает стали прочность, легкость, устойчивость к воздействию высоких температур, гибкость, хорошее сопротивление удару и истиранию.

Расплавленная сталь поглощает много газов, прежде всего кислорода и азота. Когда металл остывает, газы остаются в слитках в виде пузырьков, что ухудшает качество стали. Ванадий, введенный в сталь, активно реагирует с кислородом и азотом. Продукты реакции всплывают на поверхность металла жидким шлаком, который удаляется в процессе плавки, сталь без пузырьков значительно прочнее. Оставшийся ванадий взаимодействует с растворенным в стали углеродом, образуя твердые и жаростойкие соединения – карбиды ванадия, которые препятствуют образованию крупных кристаллов – сталь получается мелкозернистой, прочной, твердой и ковкой, с высокой ударной вязкостью, с большой усталостной прочностью, устойчивостью к истиранию.

Соединения ванадия используются в текстильной, лакокрасочной, стекольной промышленности. Важным промышленным источником ванадия являются железные руды.

Ванадинит [назван по ванадию в химическом составе] (ванадиевая охра, свинцовый ванадиевый шпат) – минерал, ванадат свинца класса «Фосфаты, арсенаты, ванадаты». Химическая формула $Pb_5(VO_4)_3Cl$. Состав (в %): V_2O_5 – 17...19; PbO – 75...79; As_2O_5 – 3...13; CaO – 3,5; Cl – 2,4...2,6.

Формы выделений. Агрегаты кристаллов боченкообразных, коротко- и длиннопризматических, иногда полых; сферолитовые, почковидные скопления и землистые массы.

Свойства. Цвет оранжево-красный, рубиново-красный, коричнево-красный, коричнево-желтый, желтый, бледно-желтый; черта белая, переходящая в бледно-желтую; блеск смоляной, алмазный; прозрачный, полупрозрачный, непрозрачный; спайности нет; излом раковистый, неровный. Твердость 2,5–3; плотность 6,88 г/см³. Минерал хрупок. Ванадинит легко рас-

творяется в азотной кислоте, образуя желтый раствор; в соляной кислоте растворяется с образованием зеленого раствора и осадка хлористого свинца.



Ванадинит

Образование, распространение, применение. Встречается в зоне окисления свинцово-цинковых месторождений. Редок. В России встречен на Среднем Урале в зоне окисления Березовского золоторудного месторождения. При значительных скоплениях – руда ванадия.

Пухерит [назван по месту находки – рудник Пухер, Германия] – минерал, простой ванадат висмута класса «Фосфаты, арсенаты, ванадаты». Химическая формула BiVO_4 .

Формы выделений. Кристаллы таблитчатые, игольчатые, обычно изометрично-таблитчатые, часто с искривленными гранями, характерна штриховка параллельно ребрам; агрегаты массивные, охристые; тонкие корочки; присыпки и пленки мелких кристаллов; отдельные кристаллы на стенах пустот и трещин.

Свойства. Цвет красновато-коричневый, темный, зеленовато-коричневый, оранжевый, желтовато-коричневый; черта желтая. Твердость 4; плотность $6,25 \text{ г/см}^3$. Блеск стеклянный, алмазный;

прозрачный, полупрозрачный, непрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый. Минерал хрупок. Пухерит растворим в соляной кислоте с выделением хлора и окрашиванием раствора в темно-красный цвет, при разбавлении становится зеленым.



Пухерит

Образование, распространение, применение. Пухерит – типичный вторичный минерал, образуется в зоне окисления гидротермальных сульфидных месторождений как продукт изменения других минералов висмута; или в зональных гранитных пегматитах. Минерал редкий.

Деклаузит [назван в честь французского минералога Альфреда де Клауазье (1817–1797)] – минерал, ванадат свинца и цинка класса «Фосфаты, арсенаты, ванадаты». Химическая формула $Pb(Zn,Cu)(OHVO_4)$. Состав (в %): PbO – 56,48; ZnO – 16,6; V_2O_5 – 22,74; H_2O – 2,74; примеси: Cu , Fe .

Формы выделений. Часто зональные пирамидальные кристаллы; гроздьевые радиально-лучистые агрегаты.

Свойства. Твердость 3–3,5; плотность 6,2 г/см³. Цвет красно-оранжевый, красновато-коричневый, переходящий в черно-коричневый, черный; черта оранжевая, переходящая в коричневатую-красную; блеск жирный, алмазный; прозрачен, полупрозрачен,

просвечивает; спайности нет; излом раковистый, неровный. Минерал хрупок.

Образование, распространение, применение. Образуется как вторичный минерал в зонах окисления некоторых свинцово-цинковых сульфидных руд; реже встречается в месторождениях ванадиевых руд. Встречается во многих странах. Руда ванадия.



Деклаузит

Карнотит [назван в честь французского горного инженера и химика М.А. Карно (1839–1920)] – минерал, уранил-ванадат калия из семейства урановых слюдок класса «Фосфаты, арсенаты, ванадаты». Химическая формула $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$.



Карнотит

Формы выделения. Кристаллы мелкие, уплотненные, обычно плохо образованные; изредка мелкие сферолиты; чаще землистые и порошковатые массы; иногда налеты, корочки, примазки.

Свойства. Твердость 2–2,5; плотность 4,7 г/см³. Цвет ярко-желтый, лимонно-желтый, зеленовато-желтый; черта желтая; блеск стеклянный, матовый, восковой, шелковистый, смоляной, тусклый, землистый; полупрозрачен, просвечивает; спайность весьма совершенная; излом неровный слюдоподобный. В кислотах легко растворяется. Карнотит сильно радиоактивен.

Образование, распространение, применение. Образуется в зонах выветривания осадочных пород, главным образом песчаников; как продукт окисления первичных минералов урана и ванадия. Встречен во многих местах земного шара. Используется карнотит как важная руда урана и ванадия.

Тюямунит [назван по месту находки – горный перевал Тюя-Муюн (киргиз. Верблюжий горб)] – минерал, сложный ванадат класса «Фосфаты, арсенаты, ванадаты». Химическая формула $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.



Тюямунит

Формы выделений. Кристаллы – чешуйчатые и уплощенные пластинки; агрегаты массивные, плотные, радиально-лучистые, порошковатые.

Свойства. Твердость 2; плотность 3,41–3,67 г/см³. Цвет желтый; черта желтая; блеск алмазный, перламутровый, восковой; просвечивает; спайность совершенная. Паяльной трубкой легко плавится в темный расплав; в кислотах легко растворяется. Тюямунит радиоактивен.

Образование, распространение. Образуется тюямунит аналогично карнотиту, но встречается значительно реже; в достаточных скоплениях может использоваться как руда урана и ванадия.

Железные руды. Главные минералы: магнетит, гематит, маршит, гетит, сидерит, шамозит, лимонит, тюрингит. Содержание железа в рудах 16–72 %. Различают богатые (более 50 % железа), рядовые (50–25 %) и бедные (менее 25 %) железные руды. Месторождения магматические, скарновые, гидротермальные, осадочные, коры выветривания, метаморфогенные. Железоблестящий серебристо-белый металл; плотность 7,87 г/см³; $t_{пл} = 1539$ °С. До 769 °С ферромагнитно. На воздухе окисляется, покрывается рыхлой ржавчиной, объем (толщина) которой в 3–6 раз превышает объем исходного продукта. По распространенности химических элементов в природе железо находится на 4-м месте; образует около 300 минералов. На долю сплавов железа с углеродом и другими элементами приходится около 95 % всей металлической продукции (чугун, сталь, ферросплавы, ферметы). В чистом виде железо не используется (в быту железом часто называют стальные или чугунные изделия). Железо в качестве микроэлемента необходимо для жизнедеятельности животных организмов; входит в состав гемоглобина, принимает участие в процессах кроветворения, обмена кислорода, в иммунологических и окислительно-восстановительных реакциях.

Из рудных минералов железа в главе 4 пособия [1] достаточно информативно описаны все главные минералы руд железа: магнетит, гематит, гетит, маршит, сидерит, шамозит, лимонит и тюрингит.

Марганцевые руды. Главные минералы: пиролюзит (63,2 % марганца), псиломелан (45–60 %), манганит (62,5 %), вернадит (44–52 %), браунит (69,5 %), гаусманит (72 %), родохрозит (47,8 %), олигонит (23–32 %), родонит (32–41 %). Месторождения осадочные, реже метаморфогенные, коры выветривания. Огромные запасы марганца в виде железомарганцевых конкреций находятся на дне океанов.

Марганец – серебристо-белый металл; плотность $7,44 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 1244 \text{ }^\circ\text{C}$. Марганец в виде сплавов с железом (ферромарганец) и кремнием (силикомарганец) идет на производство рельсовой и конструкционной стали; марганцем легируют сплавы на основе алюминия, магния, меди. Применение марганца в качестве легирующей добавки заметно повышает прочность стали без существенного снижения ее пластичности.

Из рудных минералов марганца в главе 4 учебного пособия [1] описаны: пиролюзит, псиломелан, манганит, родонит. Здесь опишем: вернадит, браунит, гаусманит, родохрозит.

Вернадит [назван в честь русского, советского минералога, геохимика, философа В.И. Вернадского (1863–1945)] – минерал, гидроксид железа, марганца, класс «Оксиды и гидроксиды». Химическая формула $(\text{Mn}^{4+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ca}, \text{Na})(\text{O}, \text{OH})_2 n \text{H}_2\text{O}$.



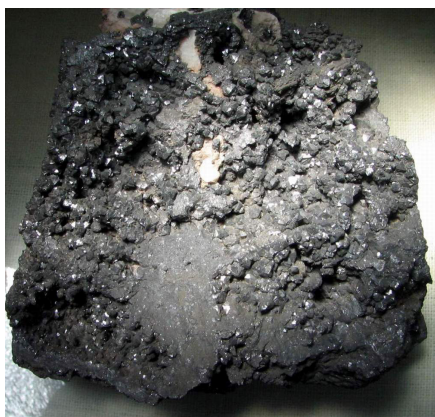
Вернадит

Формы выделения. Пленки, корочки, порошковатые охристые массы темно-бурого или темно-коричневого цвета.

Свойства. Твердость 2; плотность 3,0 г/см³; цвет черный; черта шоколадно-коричневая, черная; блеск смоляной, тусклый; непрозрачный; спайность отсутствует.

Образование, распространение. Первоначально вернадит встречен в трещинах окисленной бустамит-родонитовой породы среди метаморфизированных осадочных марганцевых руд Кусимовского месторождения (Башкирия, Южный Урал) в ассоциации с другими рудными минералами Mn и Fe: браунитом, гематитом, псиломеланом, пиролюзитом, пьедонтитом, родонитом и др. Позднее встречен в Ловозерском массиве (Кольский полуостров) в зонах нескольких пегматитовых тел, где выполняет полости среди натролита, образуя мелкие скопления и псевдоморфозы по шизолиту. Руда марганца.

Браунит [назван в честь К. Брауна (1790–1872)] – минерал, силикат марганца класса «Оксиды и гидроксиды». Химическая формула $3(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3\text{MnSiO}_3$. Состав (в %): (MnO + MnO₂) – до 100; SiO₂ – до 8; Fe₂O₃ – до 10. Типичные примеси: Ca, B, Ba, Ti, Al, Mg.



Браунит

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность 4,72–4,83 г/см³. Цвет черный, железо-черный, буровато-черный; черта черная с буроватым оттенком; блеск металлический, полуметаллический; непрозрачен; спайность средняя; излом раковистый, неровный. Браунит с трудом растворяется в HCl; в NO₃ разлагается на MnO и MnO₂ (в осадке).

Формы выделения. Кристаллы псевдооктаэдрического габитуса; плотные зернистые массы.

Образование, распространение. Происхождение: контактово-метасоматическое (марганцовистые скарны); гидротермальное; может образовываться при региональном метаморфизме осадочных руд марганца. В поверхностных условиях неустойчив, переходит в пиролюзит. На территории России браунит встречен в Якутии (Томморский массив), в Хабаровском крае (хребет Малый Хинган), в Башкирии (Южно-Фазулинское), в Челябинской области (Ильменские горы). Важная руда марганца.

Гаусманит [назван по фамилии немецкого минералога Ф.Л. Гаусмана (1782–1859)] – минерал, оксид марганца класса «Оксиды и гидроксиды». Химическая формула $Mn^{2+}Mn^3_2O_4$. Состав (в %): MnO – 62; MnO₂ – 38; Mn – 72.



Гаусманит

Формы выделения. Кристаллы встречаются лишь в пустотах, габитус октаэдрический и дипирамидальный; зернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 5,5; плотность 4,83–4,85 г/см³. Цвет железо-черный с бурым оттенком, коричнево-черный; черта красновато-коричневая; блеск матовый, полуметаллический, алмазный; просвечивает, непрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый, неровный; хрупок; в соляной кислоте растворяется с выделением хлора.

Образование, распространение, применение. В значительных массах гаусманит вместе с браунитом, магнетитом и другими оксидами Mn и Fe распространен в метаморфизированных осадочных месторождениях марганца. В условиях слабого регионального метаморфизма гаусманит образуется в процессе дегидратации гидроксидов марганца, а также в процессе восстановления пиролюзита и браунита; встречены псевдоморфозы гаусманита по брауниту. В марганцевых месторождениях гаусманит как один из главных рудообразующих минералов встречен в составе руд Сапальского гидротермального месторождения (Нижний Тагил, Средний Урал); отмечен гаусманит и в месторождении Питкяранта (Приладожье). Гаусманит – важная руда марганца.

Титановые руды. Главные минералы: ильменит (содержание TiO₂ 42–45 %), рутил (до 95 %), анатаз, брукит, лопарит, лейкоксен. Месторождения магматические, россыпные, коры выветривания.

Титан – серебристо-белый металл; относительно легкий тугоплавкий, прочный, пластичный; плотность 4,51 г/см³, $t_{пл} = 1668$ °C. Химически очень стоек (благодаря образованию защитной пленки из оксида титана, TiO₂). По распространенности в земной коре титан на 9-м месте среди химических элементов. Титан и его сплавы – важнейшие конструкционные материалы в авиа-, ракето- и кораблестроении; применяется титан также в химической промышленности (реакторы, трубопроводы, насосы). Титан применяется и как легирующая добавка в конструкционные

стали. Все главные и титансодержащие минералы: ильменит, рутил, анатаз, лопарит, лейкоксен, титанит (сфен) достаточно информативно описаны в главе 4 пособия [1].

Хромовые руды. Главные промышленные минералы – хромшпинели и хромиты. Различают сплошные и вкрапленные хромовые руды. Содержание Cr_2O_3 в рудах 10–62 %.

Хром [греч. *chroma* – цвет, краска (яркая окраска соединений хрома)] – голубовато-серебристый, твердый металл; плотность $7,19 \text{ г/см}^3$; $t_{\text{пл}} = 1890 \text{ }^\circ\text{C}$. На воздухе не окисляется. Хром – обязательный компонент специальных сталей (коррозионно-стойких, нержавеющей, кислотоупорных, жаростойких) и большого числа других сплавов (нихромы, хромали, стеллит). Применяется для покрытия поверхности других металлов (хромирование) с целью защиты от коррозии. Соединения хрома применяют в качестве красителей (минеральные пигменты), окислителей, дубителей.

Хромом называется также мягкая тонкая кожа, выдубленная хромовыми солями. Главные промышленные минералы хромовых руд – хромиты (магнхромит, хромпикотит, алюмохромит) и хромшпинелиды описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» пособия [1].

2.2. Руды ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ (АЛЮМИНИЯ, БЕРИЛЛИЯ, МАГНИЯ)

Алюминиевые руды – горные породы, сырье для получения алюминия, в основном бокситы; к алюминиевым рудам относятся также нефелиновые сиениты, нефелин-апатитовые породы, алуниты, каолины.

Бокситы (фр. *Beauxite* – по названию местности Бо (Beaux) на юге Франции) – алюминиевые руды (горные породы), состоящие в основном из гидроксидов глинозема (Al_2O_3) и железа. Главные минералы – гиббсит, бемит, диаспор. Содержание Al_2O_3 –

28–80 %, вредная примесь – SiO_2 . Плотность 1,8–3,1 г/см³. Основная руда для получения алюминия; используется также для производства красок, абразивов, огнеупоров.

Алюминий (лат. alumen (aluminis) – квасцы) – серебристо-белый металл, легкий (плотность 2,7 г/см³), пластичный, ковкий, коррозионно-стойкий (на воздухе покрывается защитной оксидной пленкой), с высокой электропроводностью, $t_{\text{пл}} = 660$ °С. По распространенности в природе занимает 4-е место среди химических элементов и 1-е – среди металлов, составляет 8,8 % массы земной коры. Применяется алюминий в авиации («крылатый металл»), строительстве (конструкционный материал, преимущественно в виде сплавов с другими металлами), электротехнике (провода, кабели и др.), пищевой промышленности (фольга), металлургии (легирующие добавки), алюминотермии и др.

Получают алюминий электролизом глинозема в расплаве криолита (Na_3AlF_6) при 950 °С. О главных минералов для получения алюминия: диаспор, бемит, гиббсит, нефелин, алунит см. в главе 4 «Минеральная коллекция» пособия [1].

Бериллиевые руды. Главные минералы: берилл, хризоберилл, фенакит, берtrandит, гельвин, гентгельвин. Месторождения постмагматические. Содержание BeO в рудах от 0,05 до 0,7 %.

Бериллий [назван по минералу берилл, основному в составе] – светло-серый металл, легкий и твердый, плотность 1,82 г/см³; $t_{\text{пл}} = 1287$ °С.

Бериллий и его сплавы применяют в электротехнике; самолето- и ракетостроении; для бериллизации (защиты поверхности жаропрочных сплавов бериллием от окисления при температуре до 1100 °С); в ядерных реакторах замедлитель и отражатель нейтронов; источник нейтронов в смеси с Ra, Po, Ac. Оксид бериллия BeO ($t_{\text{пл}} = 2578$ °С) – огнеупорный и химически стойкий материал для специальной керамики. Соединения бериллия ядовиты.

Минералы берилл, хризоберилл, фенакит рассмотрены в главе 4 «Минеральная коллекция» пособия [1].

Берtrandит [по имени французского минералога Е. Бертранда] – минерал, островной силикат бериллия, класс «Силикаты». Химическая формула $\text{Be}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2$. Состав (в %): BeO – 42,02; SiO_2 – 59,42; H_2O – 7,56; примеси: Ge, Hf.



Берtrandит

Формы выделения. Кристаллы размером 3–6 мм, тонкопластинчатые, таблитчатые, реже призматические и псевдокубические; зернистые агрегаты; характерны сростки.

Свойства. Твердость 6–7; плотность 2,6 г/см³. Цвет бесцветный, белый, розоватый, светло-желтоватый, светло-бурый; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; спайность совершенная, средняя; прозрачный; трещины – причина иризации кристаллов бертрандита. Растворяется практически во многих кислотах; в концентрированной щелочи $\text{Na}(\text{OH})_2$ полностью разлагается.

Образование, распространение. В Ловозерском массиве (Кольский полуостров) встречены разновидности: гельберtrandит и сфероберtrandит. Гельберtrandит, обнаруженный в пегматите, образует стекловидные прозрачные бледно-фиолетовые обособления до 5 мм. Сфероберtrandит образует бесцветные и желтые сферолиты до 2 мм и их гирлянды до 1 см в полостях друз эпидидимита, в том числе в псевдоморфозах по чкаловиту.

Гельвин – минерал, каркасный силикат. Химическая формула $(\text{BeSiO}_4)_3\text{Mn}_4\text{S}$.



Гельвин

Форма выделения. Кристаллы, зернистые массы.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 3,2–3,5 г/см³. Цвет желтый, серовато-желтый, серый, желтовато-зеленый, коричневый; черта желтая; просвечивает.

Распространение, применение. Встречен в сиенитах, агапаитовых сиенитах, гранитах; в гранитных пегматитах, а также в грейзенах, скарнах, метасоматитах. Руда бериллия.

Гентгельвин – минерал, каркасный силикат. Химическая формула $(\text{BeSiO}_4)_3\text{Zn}_4\text{S}$.

Форма выделения – зональные кристаллы (до 6, иногда до 13 зон) тетраэдрального габитуса.

Свойства. Твердость 6; плотность 3,4–3,6 г/см³. Цвет голубовато-зеленый, изумрудно-зеленый, бесцветный, светло-зеленый, желтый, розоватый, красный, реже коричневый, бежевый, иногда сиреневый; черта серая; блеск стеклянный; прозрачен, просвечивает по краям; излом раковистый, неровный; минерал хрупок. При больших скоплениях – руда бериллия.



Гентгельвин

Магниевые руды. Главные минералы (содержание магния в %): брусит (41,7), магнезит (28,8), доломит (18,2), кизерит (17,6), бишофит (12), лангбейнит (11,7), эпсомит (9,9), каинит (9,8), карналлит (8,7). Месторождения приурочены к соленосным и карбонатным отложениям; велика роль морской воды и морских рассолов как источников магния (содержание магния в морской воде 0,13 %).

Магний – серебристо-белый металл, очень легкий (плотность $1,74 \text{ г/см}^3$) и прочный; $t_{\text{пл}} = 650 \text{ }^\circ\text{C}$. На воздухе покрывается защитной оксидной пленкой; подожженная тонкая стружка или порошок магния горят ярким белым пламенем. По распространенности в земной коре занимает 8-е место среди химических элементов. Магний используется в производстве легких сплавов, для раскисления и обессеривания некоторых металлов, для восстановления гафния, титана, урана и других металлов из соединений (металлотермия); как компонент осветительных и зажигательных составов для снарядов и ракет. Окись магния MgO (жженная магнезия), $t_{\text{пл}} = 2825 \text{ }^\circ\text{C}$, получаемая путем обжига магнезита и доломита, применяется для производства огнеупоров, магнезиальных цементов; очистки нефтепродуктов; как наполнитель при производстве резины; в медицине.

Минералы магнезит, доломит, карналлит описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» пособия [1].

Брусит [назван по фамилии американского минералога А. Бруса (1777–1817)]. Минерал, гидроксид магния класса «Оксиды и гидроксиды». Химическая формула $Mg(OH)_2$. Состав (в %): MgO – 69; H₂O – 31.



Брусит

Разновидности:

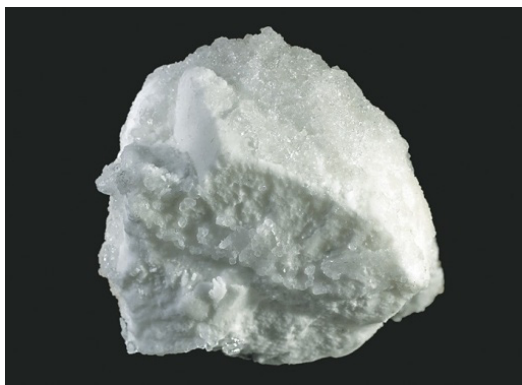
- ферробрусит – железистая разновидность;
- манганбрусит – марганцовистая разновидность;
- немалит – волокнистая разновидность брусита.

Формы выделения. Кристаллы таблитчатые, толстотаблитчатые и их сростки; главными простыми формами являются пинакоид и призма, реже – волокнистые параллельно-шестоватые агрегаты (немалит).

Свойства. Твердость 2,5; плотность 2,4 г/см³. Цвет белый, светло-зеленый, серый или голубой; черта белая; блеск стеклянный, восковой, перламутровый, шелковистый; прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность весьма совершенная; излом занозистый, волокнистый, слюдоподобный. Брусит растворяется в кислотах.

Образование, распространение, применение. Как вторичный минерал по магнезиальным силикатам образуется в щелочной среде за счет горячих и холодных вод; продукт изменения периклаза в зоне контактового метаморфизма известняков. На территории России брусит встречается в Еврейской автономной области (Кульдурское месторождение), известен на Урале, Кавказе, в Сибири в серпентинизированных массивах. Немалит встречается в Баженовском асбестовом месторождении (Свердловская область). Значительные скопления – руда магнезия; сырье для химической, металлургической, стекольной промышленности; 69 % добываемого во всем мире брусита идет на производство магнезии (огнеупорное сырье); для очистки газов от хлора, для сорбционной очистки воды.

Кизерит [назван в честь немецкого ученого Д.Г. Кизера (1770–1820)] – минерал класса «Сульфаты». Химическая формула $MgSO_4 \cdot H_2O$. Состав (в %): MgO – 29; AO_3 – 58; H_2O – 13.



Кизерит

Формы выделения. Хорошо образованные кристаллы редки; обычные плотные зернистые массы.

Свойства. Твердость 3,5; плотность 2,6 г/см³. Цвет бесцветный, белый, мутно-белый с желтым оттенком; черта белая;

блеск стеклянный; прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; минерал хрупок.

Образование, распространение, применение. Происхождение осадочное. Из сложных концентрированных, богатых магнием сульфатных рассолов кизерит кристаллизуется при температуре 18–20 °С в числе последних минералов; иногда образуется при дегидратации эпсомита. Применяется для приготовления горькой соли (эпсомита); в химической, бумажной, текстильной промышленности, а также в медицине. Руда магния.

Эпсомит (горькая соль) – минерал класса «Сульфаты». Химическая формула $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Состав (в %): MgO – 16,3; SO_3 – 25,5; H_2O – 51,2; примеси: Ni, Mn, Fe, Zn.



Эпсомит

Формы выделения. Выцветы, корочки, налеты, натечные образования (сосульки), зернистые, волокнистые, землистые массы; иногда кристаллы.

Свойства. Твердость 2–2,5; плотность 1,7 г/см³. Цвет бесцветный, белый, розоватый; черта белая; блеск стеклянный; прозрачный; хрупкий.

Образование, распространение, применение. Происхождение осадочное, продукт выветривания. Самое знаменитое месторождение эпсомита – озеро Эльтон в Волгоградской области. Применяется в медицине (бальнеология). Руда магния.

Бишофит [назван в честь немецкого геолога К.Г. Бишофа (1792–1870)] – минерал, шестиводный хлорид магния, класс «Галогениды». Химическая формула $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. Иногда содержит примесь Вг до 1 %.



Бишофит

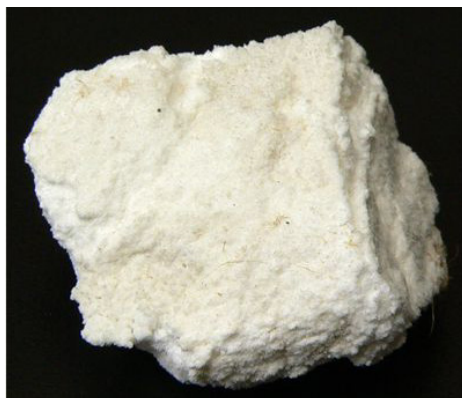
Формы выделений. Кристаллы редки; обычно образует зернистые, листоватые, волокнистые агрегаты.

Свойства. Твердость 1–2; плотность 1,59–1,60 г/см³. Цвет: бесцветный, белый; черта белая; блеск стеклянный, тусклый; прозрачный, полупрозрачный; спайность отсутствует; излом раковистый, неровный. Бишофит легко плавится под паяльной трубкой; легко растворяется в воде и спирте.

Образование, распространение, применение. Происхождение преимущественно осадочное (хемогенное), бишофит – конечный продукт галогенеза, возникающий на заключительной стадии формирования соляных отложений сульфатного типа, богатых магнием. Бишофит – характерный второстепенный минерал соляных залежей. Встречен также в вулканических возгонах Везувия. Известен среди продуктов кристаллизации рапы современных континентальных соленых озер (Сакское в Крыму, Эльтон в Волгоградской области). Наиболее крупные промышленные скопления бишофита сформированы при кристаллизации в испаряющихся морских

солеродных водоемах. Образуется также и как вторичный минерал по карналлиту в некоторых месторождениях калийных солей (Озинки в Саратовской области и др.). Наиболее крупные месторождения бишофита многометровой мощности и широкого площадного распространения есть близ города Волгограда. Бишофит – ценное и дешевое сырье для получения магнезия и его соединений, производства магнезиального цемента; используется также для пропитки древесины с целью придания ей прочности.

Лангбейнит [назван по фамилии немецкого химика А. Лангбейна] – минерал, сульфат магнезия и калия класса «Сульфаты». Химическая формула $K_2Mg_2(SO_4)_3$. Состав (в %): K_2O – 22,2; MgO – 19...20; SO_3 – 43...58; часто с включениями галита, ангидрита.



Лангбейнит

Формы выделения. Массивные и почковидные агрегаты; желваки, вкрапленники, рассеянные зерна.

Свойства. Твердость 4–4,5; плотность 2,83 г/см³. Цвет бесцветный, иногда желтоватый, розоватый, красноватый, фиолетовый, зеленоватый, серый; черта белая; блеск стеклянный; прозрачный; спайности нет; излом раковистый; пьезо-

электрик. В воде растворяется очень медленно; при слабом нагревании белеет. Встречается в соляных сульфатных месторождениях.

Каинит [*греч. kainos – новый, недавний, аллюзия (намек) на вторичность происхождения*] – минерал, сложный сульфат магния и калия. Химическая формула $KMg(SO_4)Cl_3H_2O$. Состав (в %): К – 14...18; MgO – 15...17; Cl – 14...19; SO_3 – 28...34; H_2O – 18...21.



Каинит

Формы выделения. Кристаллы призматические или таблитчатые, сингония моноклинная; плотные землистые массы.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 2,15 г/см³. Цвет бесцветный, зеленый, серый, серо-зеленый, красный, фиолетовый, голубой, синий; черта белая; блеск стеклянный; прозрачный, полупрозрачный; спайность совершенная; излом ровный; минерал хрупок. Не гигроскопичен; легко растворяется в воде; при нагревании плавится; не летучий; на вкус горько-соленый (в отличие от карналлита).

Образование, распространение, применение. Образуется в соленосных толщах при усыхании морских лагун и замкнутых континентальных соленых озер, богатых растворимыми сульфа-

тами; часто – продукт изменения карналлита. Особенно широко распространен в соляных месторождениях пермского периода. Применяется как сырье для производства калийных удобрений и калийных солей.

2.3. РУДЫ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ (МЕДИ, СВИНЦА, ЦИНКА, НИКЕЛЯ)

Перечисленные цветные металлы объединяет общая связь с глубинными базальтовыми магмами и преимущественно сульфидная форма их минеральных соединений.

Медные руды. Промышленные минералы: медь самородная, борнит, халькопирит, халькозин, ковеллин, блеклые руды, куприт, брошантит, малахит, халькантит. Основные типы промышленных руд: прожилково-вкрапленные (0,3–2 % Cu), медистые песчаники и сланцы (1–6 % Cu).

Медь – металл красного (в изломе розового) цвета, ковкий и мягкий; хороший проводник тепла и электричества (уступает только серебру); плотность 8,92 г/см³; $t_{пл} = 1083,4$ °С. Химически малоактивен, в атмосфере, содержащей CO₂ и пары H₂O, покрывается зеленоватой пленкой (патины) основного карбоната (ядовита). Основное применение – производство проводов, теплообменников, трубопроводов; более 30 % меди идет на сплавы. Почти все рудные минералы меди (медь самородная, ковеллин, халькопирит, халькозин, борнит, куприт, малахит, азурит, блеклые руды, пирит) описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1]. В данном разделе опишем халькантит, брошантит.

Халькантит – минерал, водный сульфат меди. Химическая формула CuSO₄·5H₂O.

Форма выделения: кристаллы призматические, толстотаблитчатые.



Халькантит

Свойства. Твердость 2,2; плотность 2,1–2,3 г/см³. Цвет синий, голубой; черта синяя; блеск стеклянный; прозрачный; излом раковистый; спайность совершенная. При нагревании теряет воду, затем SO₃, но не плавится. Возможная руда меди.

Брошантит [назван по имени французского минералога и геолога Андре Брошанта (1772–1840)] – минерал, сульфат меди. Химическая формула Cu(SO₄)(OH)₆. Состав (в %): CuO – 69...71; SO₃ – 17...18; H₂O – 11...14.



Брошантит

Формы выделений: мелкие кристаллы; рыхлые, игольчатые, радиально-лучистые, параллельно-волокнистые и зернистые агрегаты; корочки, налеты.

Свойства. Твердость 3,5–4; плотность 4,0 г/см³. Цвет зеленый, зелено-черный, изумрудно-светло-зеленый; черта бледно-зеленая; блеск стеклянный, перламутровый; прозрачный, полупрозрачный, просвечивает; спайность совершенная; излом раковистый; минерал хрупок. В кислотах растворяется; под пальцевой трубкой плавится.

Образование, распространение, применение. Образуется в близповерхностных зонах окисления медно-сульфидных месторождений. На территории России встречен на Среднем Урале (Гумешевский рудник); в Приморье (Дальнегорское месторождение, участок «Крутой»); на Алтае (Змеиногорский рудник). Руда меди.

Никелевые руды. Главные минералы: пирротин, пентландит, миллерит, халькантит, кубанит (сульфидные медно-никелевые руды с промышленным содержанием никеля 0,2–4,5 %), никелин, хлоантит, нонтронит, керолит, асболан, гарниерит, непуит (силикатные никелевые руды с промышленным содержанием никеля от 0,75 до 4 % и более).

Никель [*< нем. Nickel – имя злого духа, якобы мешавшего горнякам добывать медь*]. Серебристо-белый металл, плотность 8,93 г/см³, $t_{пл} = 1455$ °C; ферромагнитен, очень стоек к действию атмосферы, воды. Применение: 80 % никеля идет на никелевые сплавы (в том числе легирующая добавка), для производства аккумуляторов, химической аппаратуры; для антикоррозионных покрытий других металлов (никелирование); как катализатор многих химических процессов. Рудные минералы никеля пирротин, пентландит, миллерит, никелин описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Кубанит (назван по месту первой находки на о. Куба) – минерал, сульфид железа и меди класса «Сульфиды, арсениды»; второстепенный (рудный) минерал медно-никелевых руд.



Кубанит

На территории нашей страны известен в норильских медно-никелевых сульфидных залежах; в скарнах Северного Приладожья и др. Практического значения не имеет.

Хлоантит – минерал, арсенид никеля и кобальта класса «Сульфиды и арсениды». Химическая формула $(\text{NiCo})\text{As}_2$. Разновидность – читамит (до 5 % Fe и до 5 % S).



Хлоантит

Формы выделений. Кристаллы кубические, часто искривленные, растрескавшиеся; сплошные зернистые массы.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 6,4–6,8 г/см³. Цвет оловянно-белый; черта серо-черная; электропроводен, магнитен; при нагревании сплавляется в магнитный шарик; растворяется в азотной кислоте.

Происхождение гидротермальное. Руда никеля.

Нонтронит [назван по месту первой находки – близ г. Нонтрон, Франция] – глинистый минерал, слоистый силикат группа монтмориллонита. Химическая формула $\text{Na}_{0,3}\text{Fe}_2((\text{SiAl})_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2n\text{H}_2\text{O}$. Состав (в %): Al_2O_3 – до 14; Mg – до 8; CaO – до 2; в небольших количествах K_2O ; Na_2O ; NiO; Cr_2O_3 . Нонтронит образует изоморфный ряд с бейделлитом.



Нонтронит

Формы выделений. Плотные массы; рыхлые землистые агрегаты.

Свойства. Твердость 1–2; плотность 2,3 г/см³. Цвет зеленый, оливково-зеленый, желто-зеленый, желтый, оранжевый, коричневый; черта белая; блеск восковой, смоляной, тусклый; просвечивает; спайность совершенная; излом шероховатый; минерал рыхлый, землистый. Под паяльной трубкой не плавится; в соляной кислоте трудно разлагается с образованием геля кремнезема.

Образование, распространение, применение. Нонтронит – типичный гипергенный минерал, образуется при выветривании богатых железом пород, преимущественно магматических. Ус-танавливается в более низких горизонтах коры выветривания. Широко распространен в древних корах выветривания, например, серпентинистых массивах Халиловского (Южный Урал) района. Практическое значение имеют нонтронитовые массы, обогащенные никелем, встречающиеся в корах выветривания дунитов и серпентинитов. Во многих месторождениях никелево-силикатных руд они имеют главное значение как рудообразующие минералы наряду с гидросиликатами магния и никеля, такими как непуит.

Непуит (назван по месту первой находки – месторождение Нэпуи, Новая Каледония) – минерал, листовой силикат группы каолинита – серпентина. Образует изоморфный ряд с лизардитом. Разновидность – ревдинскит.



Непуит

Формы выделения. Микроскопические таблички; скрытокристаллические землистые или колломорфные агрегаты, мелкочешуйчатые плотные агрегаты; тонкие корочки и прожилки.

Свойства. Твердость 2–2,5; плотность 3,18 г/см³. Цвет бледно-зеленый до голубовато-зеленого с желтоватым оттенком; черта зеленовато-белая; блеск стеклянный, восковой, перламутровый; просвечивает; спайность совершенная; излом неровный. Под паяльной трубкой не плавится или плавится с трудом. В горячей соляной кислоте разлагается с выделением геля кремнезема.

Образование, распространение, применение. Образуется при выветривании ультраосновных горных пород. Входит в состав промышленных силикатных никелевых руд.

Керолит – никельсодержащая разновидность талька; как минерал дискредитирован в 1979 г.



Керолит

Форма выделения. Скрытокристаллические массы, слоистые агрегаты.

Свойства. Твердость 2–2,5; плотность 2,3–2,4 г/см³. Цвет белый, желтый, голубой; черта белая; блеск стеклянный, жирный; прозрачный, просвечивает; спайности нет; излом неровный. Под паяльной трубкой не плавится. Легко растворяется в соляной кислоте с образованием геля кремнезема.

Асболан (от греч. asbolanos – сажа) – минерал группы псиломелана, класс «Оксиды и гидроксиды», собирательное название землистых, порошковатых, сажистых агрегатов окиси марганца (MnO₂), с переменным содержанием примесей Co, Ni, K, Ba, Fe, Zn, Cu, Pl, W, Li. Асболан – разновидность вада с содержанием CaO до 17 % наряду с Ni и Co.



Асболан

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 3,15–3,29 г/см³. Цвет коричнево-серый с голубоватым оттенком; черта черная, бурая; блеск матовый; минерал непрозрачный; спайности нет.

Образование, применение. Происхождение гипергенное. Руда марганца и никеля.

Гарниерит [назван по имени француза Ж. Гарнье (1839–1904), обнаружившего гарниерит в Новой Каледонии]. Термин для обозначения зеленых никелевых руд – смесей, состоящих из водных силикатов никеля и магния. Минералом не является (ранее считался минералом, разновидностью серпентина с химической формулой $(\text{Ni Mg})_6(\text{S}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$). Химический состав (в %): NiO – 30...38; SiO₂ – 44,1; H₂O – 12,9...17. Фактически никелевый серпентин.



Гарниерит

Формы выделения. Микроволокнистые, микролистоватые колломорфные конкреции; натечные агрегаты; скорлуповатые корки; прожилки; плотные или пористые землистые массы.

Свойства. Твердость 2,5–3,5; плотность 2,2–2,7 г/см³. Цвет зеленый с оттенками (изумрудно-, яблочно-, сине-); черта светло-зеленая; блеск матовый, жирный, тусклый; непрозрачный; излом раковистый.

Образование, распространение. Образуется в результате латеритного выветривания ультраосновных пород. Встречается обычно в коре выветривания серпентинитов, реже в карстовых впадинах известняков. Уфалейское месторождение на Среднем Урале – среди глиноподобных образований концентрируется в карстовых воронках известняков в соседстве с серпентинитовым массивом. Руда никеля.

Свинцовые руды. Главные минералы: галенит, церуссит, англезит; составная часть полиметаллических руд, реже образуют самостоятельные залежи.

Свинец – синеваато-серый металл, тяжелый, мягкий, ковкий; плотность 11,34 г/см³; $t_{пл} = 327,4$ °С. На воздухе покрывается оксидной пленкой, стойкой к химическим воздействиям. Применяется: для изготовления аккумуляторов (примерно 30 % выплавленного свинца); защиты от гамма-излучения (стенки из свинцовых кирпичей); оболочек электрических кабелей; компонент типографских и антифрикционных сплавов; полупроводниковых материалов.

Особое внимание заслуживают соединения свинца:

– свинца азид $Pb(N_3)_2$; красные кристаллы; взрывается при ударе или нагревании более 250 °С; иницирующее для капсул детонаторов;

– свинца карбонат $PbCO_3$; бесцветные кристаллы, нерастворимы в воде. В природе минерал церуссит. Входит в состав свинцовых белил, ядовит;

– свинца сульфат $PbSO_4$; бесцветные кристаллы. В природе минерал англезит; компонент красок; свинца сульфид;

– свинца сульфид PbS ; черно-серые кристаллы. В природе минерал галенит. Полупроводник, применяется для фоторезисторов;

– свинца хромат $PbCrO_4$, желтые кристаллы, в воде нерастворимы. В природе минерал крокоит. Пигмент красок («желтый крон»);

– свинца оксиды: PbO , PbO_2 , Pb_3O_4 ; в воде нерастворимы. PbO образует два минерала: глет (красный) и массикот (желтый), применяются в производстве стекол и глазурей;

– свинца оксид Pb_3O_4 , свинцовый сурик (красный) – компонент защитных красок покрытия судов ниже ватерлинии;

– свинца оксид PbO_2 (черно-коричневый) применяется в свинцовых аккумуляторах и как окислитель.

Главные минералы свинцовых руд галенит и церуссит, а также крокоит описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Англезит [назван по месту первой находки на острове Англси в Ирландском море] – минерал, сульфат свинца из группы барита класса «Сульфаты». Химическая формула $Pb(SO_4)$. Состав (в %): $PbO - 73,6$ ($P - 68,3$); $SO_3 - 26,4$; типичные примеси: Ва, Си.



Англезит

Формы выделений. Таблитчатые, многогранные кристаллы; плотные зернистые, землистые агрегаты; кристаллические корочки; налеты.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 6,37–6,39 г/см³. Цвет бесцветный, серый, желтый, зеленый, синие оттенки; черта бесцветная; блеск стеклянный, смоляной, алмазный; прозрачный, полупрозрачный, непрозрачный; спайность совершенная, средняя; излом раковистый. Легко плавится, над огнем растрескивается. При нагревании растворяется в серной кислоте.

Образование, распространение, применение. Образуется в приповерхностных условиях при окислении сернистых соединений свинца в полиметаллических и свинцовых месторождениях; в основном происхождение англезита гипергенное, гидротермальное. Руда свинца.

Глет (lutarium) – минерал, простой оксид свинца, PbO.



Глет

Формы выделений. Таблитчатые и чешуйчатые агрегаты; образует каемки на выделениях массивкота.

Свойства. Твердость 2; плотность 9,14 г/см³. Цвет красный, желтовато-красный; черта красная; блеск матовый, жирный, тусклый; прозрачен; спайность средняя; излом неровный; минерал хрупок. Растворим в соляной и азотной кислотах, в серной кислоте растворяется с образованием сернокислого свинца (PbSO₄).

Глет – относительно редкий вторичный минерал. Образуется в зоне окисления некоторых свинцовых и серебро-

свинцовых месторождений. Применяется в производстве стекол и глазурей.

Массикот [*< франц. massicot – оксид свинца*] – минерал, оксид свинца PbO, диморфен с глетом.



Массикот

Формы выделения. Агрегаты чешуйчатые, землистые или плотные скрытокристаллические.

Свойства. Твердость 2; плотность 9,56 г/см³. Цвет от серого до аурипигментно-желтого, иногда с красноватым оттенком; черта светло-желтая; блеск матовый, жирный, тусклый; прозрачен, полупрозрачен; спайность совершенная; минерал гибок, но не упруг. Растворяется в кислотах.

Образование, применение. Встречается в зоне окисления месторождений свинца. Применяется в производстве стекол и глазурей.

Цинковые руды. Главные минералы: сфалерит, смитсонит, каламин, цинкит, вюртцит. Цинковые руды – составная часть полиметаллических руд и медно-колчедановых руд, реже образуют самостоятельные залежи.

Цинк – серебристо-белый металл; плотность 7,13 г/см³, $t_{\text{пл}} = 419,5$ °С. На воздухе покрывается защитной пленкой оксида

ZnO. Применяется в щелочных аккумуляторах; для антикоррозионной защиты металлов (цинкование); легирующая добавка, получение сплавов (например, латуни).

Соединения цинка:

- оксид цинка ZnO , в природе минерал цинкит;
- сульфат цинка $ZnSO_4$, растворяется в воде, кристаллизуется из цинкового купороса $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, применяется в производстве вискозы, глазурей, для антисептирования древесины;
- сульфид цинка, в природе минералы сфалерит и вюртцит;
- хлорид цинка $ZnCl_2$ – бесцветные кристаллы; очень гигроскопичен, растворяется в воде; применяется для пропитки древесины (шпал); при травлении и пайке металлов; в химическом синтезе. Из минералов цинковых руд сфалерит и каламин (гемиморфит) описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Смитсонит – минерал класса карбонатов. Химическая формула $ZnCO_3$. Состав (в %): ZnO – 64,8 (Zn – 52); CO_2 – 35,2; примеси: Cu , Fe , Co , Cd , Mn , Mg .



Смитсонит

Формы выделения. Редко мелкие кристаллы; агрегаты плотные, зернистые, лучистые, пористые; натечные формы – «сосульки»; корочки.

Свойства. Твердость 4,5–5; плотность 4,3–4,5 г/см³. Цвет белый с зеленоватым или буроватым оттенком, серый; черта

белая; блеск стеклянный, перламутровый; просвечивает, непрозрачный; излом раковистый, неровный; минерал хрупок. На огне не плавится, растрескивается. Растворяется в соляной кислоте.

Образование, применение. Образование гипергенное. Встречается в зоне окисления сульфидных месторождений. Руда цинка.

Цинкит – минерал, оксид цинка ZnO .



Цинкит

Форма выделения – зернистые и листоватые агрегаты.

Свойства. Твердость 4–5; плотность $5,7 \text{ г/см}^3$. Цвет темно-красный, реже оранжево-желтый. Происхождение контактово-метасоматическое. Редок.

Вюртцит – минерал, сульфид цинка ZnS , полиморфная модификация сфалерита; примеси: Fe, Cd.



Вюртцит

Встречается в виде радиально-лучистых агрегатов, коллоидных выделений. Твердость 3,5–5,0; плотность 4,0 г/см³. Происхождение гидротермальное. Руда цинка, кадмия.

Полиметаллические руды – комплексные руды, в которых главными ценными компонентами являются свинец и цинк, попутными – медь, золото, серебро, кадмий, галлий, иногда висмут, олово, индий. Главные минералы: галенит, сфалерит, часто пирит, халькопирит. Содержание основных ценных компонентов в руде от нескольких до 10 % и более. Месторождения гидротермальные.

Сульфидные руды – минеральные образования, состоящие из сернистых (сульфидов или колчеданов), а также селенистых, теллуристых, мышьяковистых и сурьмянистых соединений металлов. Месторождения главным образом гидротермальные. Основные руды Ni, Co, Cu, Zn, Pb, Mo, Bi, Sb, Hg. Содержание металлов в рудах от десятых долей до первых десятков процентов.

2.4. РУДЫ МАЛЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

В эту группу входят металлы, используемые в современном производстве в сравнительно небольших количествах (их насчитывается более 50). В современной промышленности применение некоторых из них увеличивается: термин «редкие металлы» по отношению к ним становится условным. К редким металлам относятся:

- литий, рубидий, цезий, франций;
- бериллий, радий;
- галлий, индий, таллий, скандий, иттрий, лантан, актиний, лантаноиды, актиноиды;
- титан, цирконий, гафний;
- ванадий, ниобий, тантал;
- молибден, вольфрам, полоний;
- технеций, рений.

На долю редких металлов в земной коре приходится 0,53 % по массе, из которых 0,41 % приходится на уже описанный нами титан.

В этом разделе опишем руды:

– малых металлов: олова, ртути, кобальта, висмута;

– редких металлов: лития, ниобия, молибдена, вольфрама, тантала.

Оловянные руды. Главные минералы – касситерит и станнин. Коренные месторождения сформировались в породах алюмосиликатного состава и представлены касситерит-кварцевыми и касситерит-сульфидными рудами, промышленное содержание олова в которых 0,1–0,3 %. Важное значение имеют россыпи, в которых среднее содержание олова 0,3–0,5 кг/м³.

Олово – серебристо-белый металл, мягкий, пластичный; полиморфен: (a-Sn) – плотность 5,28 г/см³ и (b-Sn) – плотность 7,23 г/см³; $t_{пл} = 231,9$ °С. На воздухе тускнеет, покрываясь пленкой оксида, стойкой к химическим реагентам. Олово – компонент многих сплавов: подшипниковых – баббит, типографских – гарт; применяется в качестве покрытия других металлов (лужение), жесть, покрытая оловом с обеих сторон (белая жесть) идет на изготовление консервных банок; на это уходит 90 %. Единственный минерал для получения олова – касситерит и оловосодержащий минерал станнин (вредная примесь в оловянных рудах) описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Кобальтовые руды. Главные минералы: кобальтин, линнеит, скуттерудит, шмальтин, хлоантит, эритрин. Типы кобальтовых руд: мышьяковые, сернистые, окисленные. Имеются промышленные концентрации кобальта в месторождениях Ni, Cu, Fe. Содержание кобальта в рудах от сотых долей до 4 %.

Кобальт [$<$ нем. Kobold – домовый, гном] – серебристо-белый металл с красноватым оттенком. Твердость 5–6; плотность 8,0 г/см³; $t_{пл} = 1494$ °С; ферромагнитен до 1121 °С. На воздухе химически стоек. Минералы редки, добывается из руд никеля. До 80–90 % кобальта используется для получения ко-

бальтовых сплавов (магнитных, жаростойких, сверхтвердых, коррозионно-стойких и др.). Радиоактивный изотоп Co^{60} используется как источник гамма-излучения в медицине и технике. Кобальт входит в состав витамина B_{12} и важен для жизни животных и растений; соединения кобальта (например, сульфат кобальта) являются микроудобрениями.

Хлоантит описан в подразд. 2.3 (п. «Никелевые руды»); кобальтсодержащий минерал эритрин – в главе 4 «Минеральная коллекция» пособия [1].

Кобальтин (кобальтовый блеск) – минерал, сульфоарсенид кобальта класса «Сульфиды». Химическая формула: CoAsS , примеси: Ni, Fe (до 10 %).



Кобальтин

Формы выделения. Кристаллы; чаще кобальтин встречается в виде зернистых агрегатов, сплошных масс.

Свойства. Твердость 5,5; плотность 6,1–6,3 г/см³. Цвет оловянно-серый с красноватым оттенком, серый, серовато-черный; черта черная; блеск металлический; минерал непрозрачный хрупкий; спайность совершенная; излом неровный.

Образование, распространение, применение. Кобальтин – типичный минерал гидротермальных процессов; встречается

в контактово-метасоматических и жильных месторождениях. На территории нашей страны наиболее крупные месторождения кобальтина находятся на Кавказе, Урале и в Красноярском крае (Норильск). Кобальтин – основная руда кобальта. Кроме применения кобальта, описанного выше, отметим также, что некоторые соединения кобальта являются стойкими зелеными и синими красками, применяемыми для окрашивания керамических и стеклянных изделий.

Скуттерудит – минерал, персульфид, $(\text{Co}, \text{Ni}) \text{As}_3$, группа скуттерудита, в которую входят также шмальтин и хлоантит.



Скуттерудит

Формы выделения. Кристаллы кубические, октаэдрические, кубооктаэдрические; плотные, грубозернистые массы.

Свойства. Твердость 6; плотность $6,8 \text{ г/см}^3$. Цвет оловянно-белый, часто с красноватой побежалостью; черта черная; блеск металлический; непрозрачный; спайность ясная; излом раковистый. При нагревании сплавляется в магнитный комок с сильным запахом чеснока. Растворяется в азотной кислоте.

Образование, распространение. Скуттерудит – минерал гидротермальных процессов, встречается в контактово-метасоматических месторождениях. Совместно с другими кобальтсодержащими минералами – руда кобальта.

Шмальтин (смальтин) – минерал, персульфид, группа скуттерудита, $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe}) \text{As}_3$.



Шмальтин

Форма выделения – землистые массы.

Свойства. Твердость 5,5–6; плотность 6,8 г/см³. Цвет от оловянно-белого до стально-черного; черта серовато-черная; блеск металлический; непрозрачный; спайность совершенная; излом раковистый; хрупкий. Возможная руда кобальта, никеля.

Линнеит [назван в честь шведского ботаника Карла Линнея (1707–1778)] – минерал, сульфид кобальта, группа линнеита. Химическая формула $(\text{Co}^{2+}, \text{Ni})\text{Co}_2^{3+}\text{S}_4$; примеси Cu, Fe, Se.



Линнеит

Формы выделений. Кристаллы октаэдрические; агрегаты массивные, зернистые.

Свойства. Твердость 4,5–5,5, плотность 4,8 г/см³. Цвет белый, светло-серый с фиолетовым отливом; черта серо-черная; блеск металлический; непрозрачен; спайность несовершенная.

Образование, распространение, применение. Встречается в гидротермальных жилах с другими сульфидами кобальта и никеля в кобальтовых и свинцово-цинковых месторождениях, а также в контактово-метасоматических месторождениях. Руда кобальта.

Висмутовые руды. Главные минералы: висмут самородный, висмутин, тетрадимит, козалит, бисмит, бисмутит. Месторождения гидротермальные и др.

Висмут – серебристо-белый металл, хрупкий, легкоплавкий плотность 9,8 г/см³; $t_{пл} = 271,4$ °С. На воздухе устойчив. Минералы висмута добывают попутно с добычей свинцовых и медных. Висмут – компонент легкоплавких сплавов, присадка к легкообрабатываемым автоматным сталям и другим сплавам, к алюминию. Расплав висмута – теплоноситель в ядерных реакторах. Соединения висмута – пигменты; флюсы в производстве керамики, стекла; вяжущие и антисептики в медицине.

Минералы висмут самородный и висмутин описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Тетрадимит – минерал сульфотеллурид висмута, подкласс «Сульфосоли», класс «Сульфиды». Химическая формула Bi_2Te_2S .

Формы выделения. Кристаллы пластинчатые, листоватые; агрегаты зернистые, чешуйчатые.

Свойства. Твердость 1,5–2; плотность 7,2–7,3 г/см³. Цвет стально-серый; черта светло-серая; блеск металлический; непрозрачный; спайность весьма совершенная; излом ровный. Под паяльной трубкой легко плавится и улетучивается. Легко растворяется в азотной кислоте с выделением серы; в концентрированной серной кислоте окрашивается в характерный малиновый цвет.



Тетрадимит

Образуется при эндогенных процессах; концентрируется в основном в гидротермальных месторождениях совместно с другими сульфидами и сульфосолями. Руда висмута.

Козалит [назван по месту находки – рудник Козала, Мексика] – минерал, сульфовисмутит свинца, класс «Сульфиды». Химическая формула $Pb_2Bi_2S_5$. Состав (в %): Pb – 41,75; Bi – 42,1; S – 16,15; примеси: Cu, Fe.

Формы выделения. Кристаллы призматические, удлиненные до игольчатых; спутанно-волокнистые агрегаты; плотные массы.



Козалит

Свойства. Твердость 2,5; плотность 6,76 г/см³. Цвет: свинцово-серый до стально-серого; черта черная; блеск металлический; непрозрачный; спайность средняя; излом неровный, занозистый; хрупок; слегка режется ножом. Растворяется в азотной кислоте, медленно разлагается в соляной; вскипает в царской водке.

Образование, распространение, применение. Козалит встречается в разнообразных гидротермальных месторождениях с сульфидами и сульфосолями свинца и висмута, с самородным висмутом. Игольчатые кристаллы в кварце встречены в ряде месторождений горного хрусталя на Приполярном Урале. Руда висмута, коллекционный камень.

Бисмит [назван по содержанию висмута в составе] – минерал, оксид висмута, класс «Оксиды». Химическая формула Bi_2O_3 .



Бисмит

Формы выделения. Землистые массы и массивные зернистые агрегаты.

Свойства. Твердость 4,5; плотность 8,6–9,2 г/см³. Цвет зеленовато-желтый, соломенно-желтый, серовато-зеленый, серовато-белый; черта серовато-желтая, светло-желтая; блеск мутный; просвечивает, непрозрачен; спайности нет; излом раковистый; минерал рыхлый. Бисмит легко разлагается в азотной кислоте.

Образование, распространение. Бисмит – вторичный минерал, встречается в виде налетов и псевдоморфоз по висмуту. Руда висмута.

Бисмутит [назван по висмуту в составе] – минерал, оксикарбонат висмута, класс «Карбонаты». Химическая формула $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$.



Бисмутит

Формы выделений. Землистые массы, тонковолокнистые и тонкочешуйчатые корочки, радиально-волокнистые и сферические агрегаты.

Свойства. Твердость 2,5–3,5; плотность 6,7–7,4 г/см³. Цвет зеленый, коричневый, зеленоватый, зелено-серый, серый, черный; черта серая; блеск стеклянный, матовый, перламутровый, тусклый; прозрачный полупрозрачный; спайность средняя. Растворим в кислотах.

Образование, распространение, применение. Бисмутит встречается как вторичный минерал в зонах окисления месторождений, содержащих висмут, в гидротермальных жилах и в пегматитах, где образуется окислением самородного висмута и висмутита при действии карбонатных растворов. Руда висмута.

Ртутные руды. Главный минерал – киноварь. Месторождения низкотемпературные гидротермальные. Содержание в рудах ртути до 10 %. (Подробно о киновари см. в главе 4 «Минеральная коллекция» [1]).

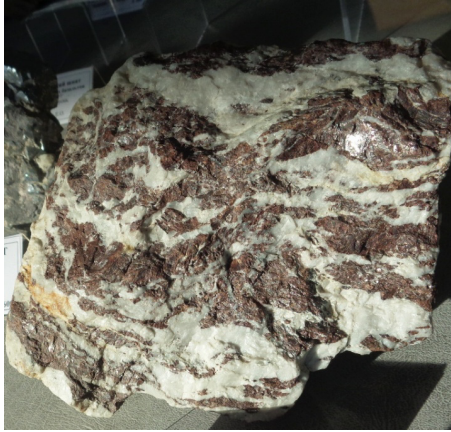
Ртуть – серебристый жидкий металл (латинское название ртути Hydrargyrum можно перевести как «жидкое серебро»). Плотность $13,5 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 38,86 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}} = 356,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Ртуть химически стойка; легко растворяет многие металлы, образуя амальгамы. Эта особенность ртути используется при добыче золота и серебра. В военном деле широко используется ртуть для изготовления взрывателей; велика потребность в ртути в термоядерной технике, химической промышленности (производство хлора и едкого натра), в медицине и сельском хозяйстве. Сплавы ртути, многие ее соединения и сама ртуть ядовиты. Признана во многих странах экологически опасным элементом. Применение и производство ртути в последние годы значительно сокращается.

Вольфрамовые руды. Главные минералы: вольфрамит, шеелит, гюбнерит. Минимальное содержание WO_3 в руде 0,4–0,5 %; примеси: Sn, Mo, Be, Au, Cu, Rb, Zn.

Вольфрам [<нем. Wolf Rahm – волчья пена] – светло-серый металл, самый тугоплавкий из металлов. Плотность $19,3 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 3380 \text{ }^\circ\text{C}$. На воздухе при обычной температуре устойчив. Применяется как легирующий компонент в производстве жаропрочных, сверхтвердых сталей (инструментальных, быстрорежущих и т.п.), сплавов (победит, стеллит и др.). Чистый вольфрам используется в электротехнике (нити ламп накаливания) и радиоэлектронике. О минералах вольфрамит и шеелит см. в главе 4 «Минеральная коллекция» [1]. Гюбнерит – разновидность вольфрамита.

Гюбнерит [назван по фамилии немецкого минералога А. Гюбнера] – минерал класса «Вольфраматъ». Химическая формула $\text{Mn}(\text{WO}_4)$, образует ряд твердых растворов с вольфрамитом ($\text{MnFe}(\text{WO}_4)$) и ферберитом $\text{Fe}(\text{WO}_4)$.

Формы выделения. Кристаллы толстотаблитчатые, короткопризматические, уплощенные; сплошные крупнозернистые массы.



Гюбнерит

Свойства. Твердость 4–4,5; плотность 7,1–7,2 г/см³. Цвет желто-коричневый, красновато-коричневый, черно-коричневый, черный, редко красный; черта с переходами: зеленовато-серая, желтая, красновато-коричневая; блеск металлический, смоляной, полуметаллический, алмазный; спайность совершенная; излом неровный, ступенчатый; хрупкий. При длительном кипячении разлагается в серную кислоту; плавится с трудом.

Образование, распространение, применение. Гюбнерит формируется в результате пегматитового процесса минералообразования в редкометалльных гранитных пегматитах; при пневматоолито-гидротермальных процессах – в грейзенах; при высокотемпературном гидротермальном – в кварцевых жилах; редко – в скарнах. Накапливается в россыпях вблизи коренных источников. В поверхностных условиях гюбнерит относительно устойчив, но с течением времени замещается гидроксидами: желтыми – вольфрама, бурыми – железа и черными – марганца. Руда вольфрама.

Литиевые руды. Главные минералы: сподумен, петалит, лепидолит, амблигонит, циннвальдит. Встречаются в гранитных пегматитах и в грейзенах. Содержание Li₂O в рудах 0,2–1,2 %.

Литий [*< греч. lithos – камень; открыт в минерале петалите*] – щелочной металл серебристо-белого цвета, самый легкий из всех металлов. Плотность $0,53 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 180,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Химически очень активен, на воздухе окисляется; реагирует с азотом, образуя нитрид лития Li_3N . Изотоп ${}^6\text{Li}$ – единственный промышленный источник для производства трития.

Литий используется для раскисления, легирования и модифицирования сплавов, как теплоноситель в ядерных реакторах, компонент сплавов на основе Mg и Al. Анод в химических источниках тока. Некоторые соединения лития входят в состав пластичных смазок, специальных стекол, керамики; используется в медицине. (Минералы сподумен и лепидолит – см. гл. 4 «Минеральная коллекция» [1]). Опишем минералы петалит, амблигонит, циннвальдит.

Петалит [*< греч. Petalon – лист, из-за листовидной совершенной спайности*] – минерал, алюмосиликат лития слоистой структуры, класс «Силикаты». Химическая формула $\text{LiAl}(\text{Si}_4\text{O}_{10})$; типичные примеси: Na, Fe, Mg, Ca, K, H_2O .



Петалит

Формы выделения. Кристаллы от призматических до игольчатых; спутанно-волокнистые и листоватые агрегаты; плотные зернистые массы.

Свойства. Твердость 5–6; плотность 2,4 г/см³. Цвет бесцветный, белый, серый, красноватый; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; прозрачный, полупрозрачный; спайность совершенная; излом неровный. Из кислот поддается действию только плавиковой кислоты. Известен петалит с оптическим эффектом «кошачьего глаза», иногда образует прозрачные бесцветные кристаллы ювелирного качества.

Образование, распространение, применение. Петалит – типичный минерал редкометалльных гранитных пегматитов. При низкотемпературном гидротермальном изменении по петалиту развиваются цеолиты, в коре выветривания – смектиты. Петалит – руда лития, ценное сырье для высокоогнеупорной керамики; прозрачные кристаллы могут подвергаться ювелирной обработке (огранке) и являются ценным коллекционным камнем.

Амблигонит [от греч. Amblis – тупой, gonia – угол] – минерал класса «Фосфаты». Химическая формула $\text{LiAl}(\text{PO}_4)(\text{F},\text{OH})$. Состав (в %): Li_2O – 8...10; Al_2O_3 – 31...34; P_2O_5 – 43...48; F – 0,5...5,5; H_2O – 4...6; примеси: Na, V.



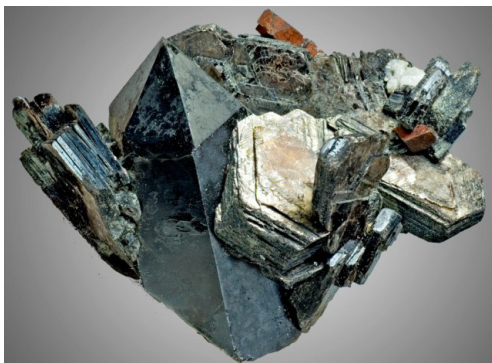
Амблигонит

Формы выделения. Толстотаблитчатые кристаллы; крупнокристаллические агрегаты; сплошные массы.

Свойства. Твердость 5,5–6,5; плотность 3–3,1 г/см³. Цвет белый, бесцветный, светлоокрашенный; черта белая; блеск стеклянный, жирный, перламутровый; прозрачный, просвечивает; спайность весьма совершенная; излом раковистый, неровный; хрупок. В кислотах трудно растворим. Под паяльной трубкой легко плавится со вспучиванием, при остывании превращается в непрозрачный белый шарик.

Распространение, применение. Амблигонит распространен в пегматитовых жилах, альбитизированных гранитах. Руда лития.

Циннвальдит – минерал группы слюд, класса силикаты. Химическая формула $K(LiFe^{2+}Al)(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$; примеси: Rb, Fe^{3+} ; состав (в %): K_2O – 9,5...13; Li_2O – 1...5; FeO – 6...12,5; Fe_2O_3 – 1...5; F – 1,5...8; H_2O – 0,5...1,5.



Циннвальдит

Формы выделения. Тонко- и груболистоватые агрегаты; пластинчатые кристаллы и др.

Свойства. Твердость 2–3; плотность 2,9–3,2 г/см³. Цвет часто светлый, серебристо-серый, сиреневый, светло-бурый; реже черный, темно-зеленый; черта белая; блеск перламутровый; прозрачный, непрозрачный; спайность весьма совершен-

ная; минерал эластичен. Под паяльной трубкой легко сплавляется в темное слабомагнитное стекло. В кислотах разлагается.

Образование, применение. Происхождение метасоматическое. Циннвальдит – руда лития, иногда рубидия.

Молибденовые руды. Главные минералы – молибденит и повеллит. Оба описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1]. Месторождения скарновые, грейзеновые, гидротермальные. Содержание молибдена в рудах 0,06–1,0 %.

Молибден [*< греч. Molibdos – свинец; по сходству минералов молибдена и свинца*] – светло-серый металл. Плотность 10,2 г/см³; $t_{пл} = 2620$ °С. Химически стоек; на воздухе окисляется при более 400 °С. Свыше 75 % молибдена применяется для легирования сталей, используемых в авиа- и автомобилестроении; при изготовлении лопастей турбин, жаропрочных деталей реактивных двигателей; для кислотоупорных аппаратов химической промышленности. Молибден – важный материал электротехнической промышленности (нити ламп накаливания, электроды для электровакуумных приборов). Оксиды MoO₂ и MoO₃ – катализаторы нефтехимических и других процессов; сульфид молибдена MoS₂ служит твердой смазкой трущихся частей механизмов; минеральные вещества молибдат аммония и молибдат аммония-натрия – один из видов микроудобрений, содержащий молибден в доступной для растений форме.

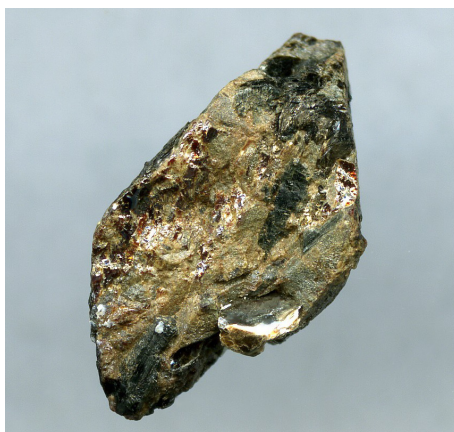
Ниобиевые руды. Главные минералы: колумбит, пирохлор, лопарит, фергусонит, эвксенит. Минимальное содержание Mo₂O₃ в коренных месторождениях 0,15–0,2 %; в россыпях 0,1–0,15 кг/м³.

Ниобий [назван по имени Ниобы, дочери мифологического Тантала из-за сходства ниобия и тантала] – светло-серый тугоплавкий металл. Плотность 8,57 г/см³; $t_{пл} = 2477$ °С. Химически очень стоек, компонент химстойких и жаропрочных сталей, из которых изготавливают детали ракет, реактивных двигателей, химическую и нефтеперегонную аппаратуру. Ниобием и его сплавами покрывают тепловыделяющие элементы ядерных ре-

акторов. Соединения ниобия Nb_3Sn (станнид) и Nb_3Ge (германид) и сплавы ниобия с Ti, Zr, Sn используют в электронике для изготовления сверхпроводящих соленоидов.

Минералы колумбит, пирохлор, лопарит рассмотрены в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Фергусонит – минерал группы танталониобатов подкласса сложных оксидов. Химическая формула $(TR)(NiTa)O_4$; примеси: U, Th и др. Из редкоземельных металлов (TR) чаще остальных входит иттрий (Y), его содержание обычно колеблется в пределах 63–75 % от общей суммы TR; ниобий замещается Ta, Ti; иттрий замещается одним или несколькими редкоземельными элементами, чаще всего иттербий (Yb), в меньшей степени Dy, Gd, Er, Nd, Ce, Sm.



Фергусонит

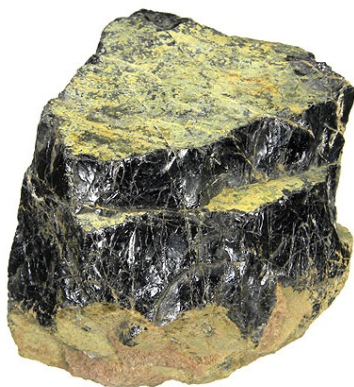
Формы выделений. Зернистые агрегаты, отдельные зерна и кристаллы.

Свойства. Твердость 5–7; плотность 4,2–6,0 г/см³. Цвет черный, буроватый, буро-серый, зеленовато-бурый (зависит от степени изменения минерала); черта бурая, зеленовато-бурая; блеск стеклянный, матовый, алмазный, смоляной; излом рако-

вистый, неровный; спайность средняя, несовершенная; минерал хрупок; радиоактивный.

Встречается в грейзенах, пегматитах; известен в Якутии, на Урале. Руда редкоземельных металлов, ниобия и тантала.

Эксенит – минерал группы танталониобатов, подкласс сложных оксидов. Химическая формула: $(TR)(NbTiTa)_2(OOH)_6$. Редкоземельный металл, чаще иттрий, замещаемый элементами как в фергусоните. Содержание Ti составляет 42–66 % от суммы Nb + Ti + Ta.



Эксенит

Формы выделения. Кристаллы несовершенные, сплошные массы, землистые агрегаты, часты сростки кристаллов.

Свойства. Твердость 5,5–6,5; плотность 4,5–6 г/см³. Цвет черный, буровато-черный, бархатисто-черный, зеленовато-черный; черта бурая, желтовато- или серовато-бурая; блеск стеклянный, смоляной; просвечивает; спайность несовершенная; излом раковистый; минерал хрупкий; метамиктен. При нагревании растрескивается и, как все метамиктные минералы, светится. Не плавится. Встречается в пегматитах, грейзенах. Руда редкоземельных металлов, ниобия и тантала.

Танталовые руды. Главные минералы: танталит, колумбит-танталит, манганотанталит, воджинит, иксиолит, микролит. Встречаются в редкометалльных пегматитах, танталоносных гранитах, карбонатах, россыпных месторождениях. Среднее содержание Ta_2O_5 в рудах 0,012–0,03 %.

Тантал [назван по имени героя древнегреческой мифологии Тантала] – светло-серый с синеватым отливом металл, тяжелый и тугоплавкий. Плотность $16,6 \text{ г/см}^3$; $t_{\text{пл}} = 3014 \text{ }^\circ\text{C}$. Химически стоек. В природе встречается совместно с ниобием (Nb). Используется в металлургии (компонент коррозионно-стойких, жаропрочных и твердых сплавов), в ядерной энергетике, химическом машиностроении, электронике, медицине (скрепление тканей), ювелирном деле, вместо платины.

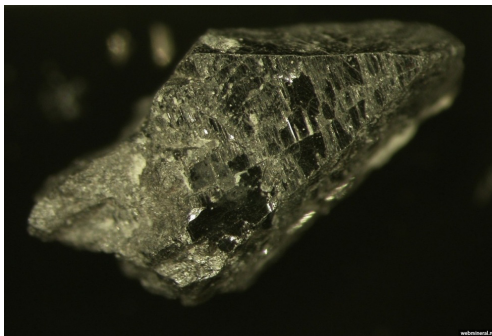
Минералы танталит, воджинит, микролит достаточно подробно описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Манганотанталит – минерал, танталит с преобладанием в составе марганца над железом.



Манганотанталит

Иксиолит – минерал, сложный оксид группы тантало-ниобатов. Химическая формула $(TaNbSnFeMn)_4O_8$. Содержание в составе $(Ta_2O_6 + Nb_2O_5)$ около 72 %, с преобладанием Ta_2O_6 , характерно высокое содержание олова (Sn).



Иксиолит

Свойства. Твердость 6–6,5; плотность 7–7,2 г/см³. Цвет: черно-серый, стально-серый; черта коричневая; блеск полуметаллический, смоляной; непрозрачный; спайности нет; излом раковистый, неровный; минерал хрупкий. Руда тантала.

Урановые руды. Главные минералы: уранинит (урановая смолка и урановая чернь) – минерал класса оксидов и урановые слюдки – группа минералов подкласса ванадатов (класс «Фосфаты, арсенаты, ванадаты»). Содержание урана в рудах от 0,1 до 1 % и выше. Рудные минералы уранинит и урановые слюдки см. в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Из редких металлов могут представлять интерес цезий и цирконий, не имеющие собственных руд, но имеющие минералы, содержащие соответственно цезий и цирконий.

Цезий [*лат. Caesius – голубой*] – серебристо-белый щелочной металл; легкоплавкий, мягкий как воск; плотность 1,9 г/см³; $t_{пл} = 28,4$ °С. На воздухе окисляется, с водой реагирует со взрывом. Применяется при изготовлении фотокатодов; как вещество, поглощающее газы (кроме инертных), связывая их за счет хемосорбции; пары цезия – рабочее тело в магнетогидродинамических генераторах, газовых лазерах. Основной минерал цезия – поллуцит, каркасный силикат семейства фельдшпатоидов, описан в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Цирконий – серебристо-белый металл, твердый и тугоплавкий; твердость 7,5; плотность $6,5 \text{ г/см}^3$; $t_{\text{пл}} = 1855 \text{ }^\circ\text{C}$. Химически очень стоек, на воздухе покрывается защитной оксидной пленкой ZrO_2 . Сплавы на основе циркония – конструкционные стали и материалы для ядерной энергетики. Цирконий входит в состав сплавов для изготовления химаппаратуры, хирургических инструментов и пр. Некоторые сплавы циркония – сверхпроводники. Сверхтугоплавкие соединения ($t_{\text{пл}} = 3800 \text{ }^\circ\text{C}$): карбид, борид и нитрид циркония – компоненты для важных жаростойких материалов. Основные минералы для получения циркония циркон и бадделейт описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

2.5. Руды БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

К благородным металлам относятся золото, серебро, платина и металлы платиновой группы (платиноиды) – палладий, родий, осмий, рутений, иридий.

Золотые руды. Содержат золото, главным образом, в самородном виде. Выделяют золотосульфидно-кварцевые золотосодержащие руды (содержание золота 10–1000 г/т); существенно сульфидные (1–2 г/т), из которых золото извлекается попутно с другими металлами; в россыпных месторождениях (от $0,01 \text{ г/м}^3$ до 1 кг/м^3); особый тип месторождений – метаморфизированные россыпи. Кроме золота самородного, рудными являются минералы калаверит, электрум.

Золото – металл желтого цвета, тяжелый, ковкий, химически инертный даже при нагревании, $t_{\text{пл}} = 1064,6 \text{ }^\circ\text{C}$; плотность $19,32 \text{ г/см}^3$. Применяется обычно в сплавах с другими металлами; при сохранении основных свойств золота сплавы обладают большей твердостью и прочностью и позволяют экономить золото.

Из сплава золота с платиной делают химстойкую аппаратуру, из сплавов с серебром и платиной – электронные контакты

для приборов ответственного назначения. Золото и его сплавы используют для золочения (защита, польза и красота одновременно), для изготовления ювелирных изделий, зубных протезов. Содержание золота в ювелирных изделиях, монетах, медалях выражают пробой (число частей золота или другого благородного металла в 1000 частях, по массе, сплава; чистый металл – проба 1000). Для ювелирных изделий из золота приняты пробы 375, 500, 583, 750, 958. Кроме того, золото – основной валютный металл в золотом запасе (Государственный фонд золота в слитках и монетах, используемый как резерв при международных расчетах и как средство обеспечения устойчивости валюты) и в золотовалютных резервах (принадлежащее государству золото в слитках, монетах и иностранная валюта).

Золото самородное – минерал, природный твердый раствор серебра (до 43 %) в золоте; примеси: железо, медь и др.



Золото

Металл ярко-желтый, с примесями – бледно-желтый, красно-желтый, зеленоватый. Образует зерна, чешуйки, сплошные массы и др. Твердость 2–3; плотность 15,6–19,2 г/см³; цвет черты блестяще-желтый; блеск металлический; спайности нет; излом занозистый, неровный; металл ковкий. Встречается в коренных месторождениях и в россыпях.

Электрум – минерал, разновидность золота самородного, описан в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Калаверит – минерал, теллурид золота, класс сульфиды. Химическая формула: AuTe_2 .



Калаверит

Формы выделения. Мелкие кристаллы, зернистые агрегаты, единичные мелкие зерна.

Свойства. Твердость 2,5–3; плотность 9,1–9,4 г/см³. Цвет латунно-желтый до серебристо-белого; черта зеленовато-серая, желтовато-серая; блеск металлический; непрозрачный; спайность отсутствует; излом раковистый, неровный. Растворяется в серной кислоте, разлагается в азотной кислоте с образованием ржавого осадка.

Образуется в низко- и среднетемпературных гидротермальных золоторудных месторождениях. Минерал редкий. Как второстепенный минерал калаверит входит в состав золотых руд.

Серебряные руды. Главные минералы: аргентит, пираргирит, хлораргирит, прустит, серебро самородное, серебряносодержащий минерал галенит. Минимальное содержание серебра в руде 60–200 г/т. Из серебряных руд извлекают около 20 % серебра, остальные 80 % извлекают попутно из комплексных руд.

Серебро – металл белого цвета, ковкий, пластичный; плотность $10,5 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 961,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Серебро имеет наивысшую среди металлов электропроводность, теплопроводность, отражательную способность. Химически малоактивен, в присутствии сероводорода чернеет. Основные потребители серебра: кинофотопромышленность, электротехническая и электронная промышленность, производство ювелирных изделий; серебро обладает бактерицидными свойствами: ионы серебра стерилизуют воду.

Минералы руд серебра: серебро самородное, аргентит, прустит, пираргирит, хлораргирит (кераргирит), галенит с достаточной информативностью описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Платиновые руды – минеральные образования, содержащие платиновые металлы (рутений, родий, палладий, иридий, осмий и платина) – серебристо-белые металлы с разными оттенками; благодаря высокой химической стойкости, тугоплавкости и красивому виду они вместе с серебром и золотом называются благородными металлами; для них характерно самородное состояние в земной коре в промышленных концентрациях. Главные минералы: платина самородная, ферроплатина, поликсен, платинистый иридий, невянскит, сысерскит. Коренные месторождения, преимущественно магматического происхождения, содержат от $0,1 \text{ г/т}$ до $3\text{--}5 \text{ кг/т}$; россыпи – от десятков до сотен г/м^3 . Все минералы платиновых руд (кроме поликсена) описаны в главе 4 «Минеральная коллекция» [1].

Поликсен [*греч. Polis – много, многочисленный, xenos – чужой, аллюзия (намек) на многочисленность примесей*] – минерал, разновидность самородной платины с примесями, в том числе железа (10–50 %), меди (до 14 %), палладия (до 7 %), никеля (до 6 %) и др. Химическая формула: $(\text{Pt}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Pd}, \text{Ni}, \text{Rh})$.

Формы выделения: кристаллы, агрегаты, листочки, зерна, комкоподобные самородки.



Поликсен

Свойства. Твердость 4–4,5; плотность 14,2–17,6 г/см³. Цвет серебряно-белый до стально-черного; черта белая, черная. Непрозрачный, ковкий.

Встречается в платиновых и золотоплатиновых месторождениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неволин А.П. Инженерная геология. Минералы и горные породы (термины и определения). Минералы. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 236 с.
2. Годовиков А.А., Ненашева С.Н. Структурно-химическая систематика минералов. – М., 2007. – 296 с.
3. Семенов Е.Н. Систематика минералов. – Л., 1991. – 399 с.
4. Белов Н.В. Очерки по структурной кристаллографии и федоровским группам симметрии. – М., 1986. – 278 с.
5. Сустанов С.Г. Классификация минеральных вадов и их формулы: метод. указания. – Екатеринбург, 2003. – 203 с.
6. Булах А.Г. Общая минералогия: учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 304 с.
7. Бетехтин А.Г. Курс минералогии / под науч. ред. Б.И. Пирогова, Б.Б. Шкурского. – М., 2008. – 297 с.
8. Минералогическая энциклопедия: пер. с англ. / под ред. К. Фрея. – Л.: Недра, 1985. – 512 с.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

<p>А Авгит, п. 1.4.1* Агат, п. 1.2.2 Адуляр, п. 1.4.5 Амблигонит, п. 2.4 Англезит, п. 2.3 Анкерит, п. 1.5 Анортит, п. 1.4.5 Анортоклаз, п. 1.4.4 Антофиллит, п. 1.4.2 Апофиллит, п. 1.4.3 Арфведсонит, п. 1.4.3 Асболоан, п. 2.3 Астрофиллит, п. 1.4.2</p>	<p>Б Бертрандит, п. 2.2 Бисмит, п. 2.4 Бисмутит, п. 2.4 Бишофит, п. 2.2 Бовенит, п. 1.4.4 Браунит, п. 2.1 Брошантит, п. 2.3 Брусит, п. 2.2 Бурнотит, п. 1.1.1</p>	<p>В Валлеириит, п. 1.1.2 Ванадинит, п. 2.1 Вернадит, п. 2.1 Вивианит, п. 1.4.5. Витерит, п. 1.5 Вюртцит, п. 2.3</p>	<p>Г Гадолинит, п. 1.3.2 Гарниерит, п. 2.3 Гаусманит, п. 2.1 Гаюин, п. 1.4.5 Геденбергит, п. 1.4.2 Гельвин, п. 2.2 Гентгельвин, п. 2.2 Герцинит, п. 1.3.1 Гиалофан, п. 1.4.5 Гиперстен, п. 1.4.2 Глаукоdot, п. 1.1.2 Глаукофан, п. 1.4.3 Глет, п. 2.3 Гюбнерит, п. 2.4</p>
<p>Д Деклазит, п. 2.1 Диоптаз, п. 1.4.1</p>	<p>Ж Жадеит, п. 1.4.2 Жедрит, п. 1.4.3</p>	<p>З Золото, п. 2.4</p>	<p>И Иксиолит, п. 2.4 Истонит, п. 1.4.4</p>
<p>К Каинит, п. 2.2 Калаверит, п. 2.5 Кальсилит, п. 1.4.5 Карнотит, п. 2.1 Керолит, п. 2.3 Кизерит, п. 2.2 Кобальтин, п. 2.4 Козалит, п. 2.4 Кубанит, п. 2.3 Куммингтонит, п. 1.4.3</p>	<p>Л Лавсонит, п. 1.4.1 Лангбейнит, п. 2.2 Ларнит, п. 1.4.1 Лейкофан, п. 1.4.1 Лейцит, п. 1.4.5 Линнеит, п. 2.4</p>	<p>М Майерсит, п. 1.2.1 Маршит, п. 1.2.2 Массикот, п. 2.3 Мелилит, п. 1.4.1 Мервинит, п. 1.4.1 Миллерит, п. 1.1.1 Монтчеллит, п. 1.4.1 Муллит, п. 1.4.1</p>	<p>Н Нашатырь, п. 1.2 Непуит, п. 2.3 Нонтронит, п. 2.3</p>
<p>О Омфациит, п. 1.4.2</p>	<p>П Паргасит, п. 1.4.3 Пектолит, п. 1.4.2 Пеннин, п. 1.4.4 Периклаз, п. 1.3.1 Петалит, п. 2.4 Пираргирит, п. 1.1.2 Поликсен, п. 2.5 Пумпелиит, п. 1.4.1 Пухерит, п. 2.1</p>	<p>Р Ранкинит, п. 1.4.1 Родохрозит, п. 1.5</p>	<p>С Сапонит, п. 1.4.4 Сепиолит, п. 1.4.4 Серицит, п. 1.4.4 Силлиманит, п. 1.4.1 Скуттерудит, п. 2.4 Смитсонит, п. 2.3 Спёррит, п. 1.4.1 Стильбит, п. 1.4.5 Стильпноделан, п. 1.4.4</p>

Т Тетрадимит, п. 2.4 Тремолит, п. 1.4.3 Тридимит, п. 1.3.1 Тюямунит, п. 2.1	У Уваровит, п. 1.4.1 Улексит, п. 1.5	Х Халькантит, п. 2.2 Хлоантит, п. 2.3 Хлораргирит, п. 1.2.1 Хлорит, п. 1.4.4	Ц Цинкит, п. 2.3 Циннвальдит, п. 2.4
Ш Шмальтин, п. 2.4	Э Эвклаз, п. 1.4.1 Эвксенит, п. 2.4 Электрум, п. 2.5 Энаргит, п. 1.1.2 Энстатит, п. 1.4.2 Эпсомит, п. 2.2 Эшинит, п. 1.3.2		

*п. – подраздел.

Учебное издание

Неволин Анатолий Павлович,
Сычкина Елена Николаевна

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ.
РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ
(ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ)**

Учебное пособие

Редактор и корректор *Н.В. Бабинова*

Подписано в печать 20.03.2019. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 9,75. Тираж 20 экз. Заказ № 35/2019.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.