

ГЛАВНЫЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ.

Отдел геотермальной и рудной Служб Кингстон Моррис Лимитед.
Седьмая редакция.

СОДЕРЖАНИЕ

1.0 Введение

2.0 Общие сведения

- 2.1. Листовые силикаты
- 2.2. Цеолиты
- 2.3. Силикатные соединения
- 2.4. Фельдшпатоиды
- 2.5. Группа эпидота и пумпеллита (похожая структура)
- 2.6. Другие силикаты
- 2.7. Карбонаты
- 2.8. Сульфаты фосфаты, галиты, арсенаты
- 2.9. Окислы и гидроокислы
- 2.10. Сульфиды, антимониды, арсениды, теллуриды, самородные элементы, сульфосоли.
- 2.11. Комплексы непрозрачных минералов

3.0 Предпочтительная аббревиатура для гидротермальных минералов

- 3.1. Перечисленные в алфавитном порядке (по аббревиатуре)
- 3.2. Перечисленные в алфавитном порядке (минералы)

4.0 Используемая литература

- 4.1. Специальная литература
- 4.2. Общая литература, используемая в этой компиляции

5.0 Графические обобщения интервалов температур

6.0 Индекс минералов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1: Словарь специальных терминов и определений.

1.0. ВВЕДЕНИЕ.

Основным объектом этой компиляции гидротермальной минералогии – снабдить работников геотермальной (эпитептермальной промышленности) удобным обобщением значений диагностируемых гидротермальных минералов в единицах температуры и химических составов гидротерм палеогидротермальных систем, из которых они были образованы. Эти параметры были получены из публикаций данных, изученных на современных (активных) и ископаемых гидротермальных систем, из неопубликованных материалов компании Кингстон Моррис Лимитед и из теоретических термодинамических исследований взаимоотношений стабильности минералов. Температурные данные на современных гидротермальных системах были получены, как путём прямых измерений, так и при исследовании флюидных включений, а температуры образования минералов в ископаемых гидротермальных системах были получены, главным образом, при изучении флюидных включений. Следовательно, надежность температурных измерений различная. Вместо того, чтобы дать единственный интервал температур, который включал бы данные по нескольким источникам, предлагаются наиболее вероятные значения.

Имелось несколько причин, по которым различные температурные интервалы стабильности минералов приводятся разными авторами и их имеет смысл рассмотреть:

- теоретические термодинамические исследования ограничены точностью термодинамических данных для рассматриваемых минералов, которые часто плохо известны и ограничены из-за отсутствия необходимого количества химических параметров. Так, например, должна ли насыщенность кремнеземом и/или алюминием допускаться в гидротермах в каждом конкретном случае? Какой полиморфизм кремнезёма контролирует его растворимость? Таким образом, в то время как они могут быть очень полезными для определения общих трендов, они могут чрезвычайно ошибочными в абсолютных значениях, когда применяются в какой-нибудь реальной ситуации!
- Температуры, измеренные в скважинах современных гидротермальных систем являются одними из самых непосредственных индикаторов температур стабильности минералов, но эти данные должны изучаться с большой тщательностью. Бурение геотермальных скважин приводит к сильному нарушению температурного режима гидротермальной системы. Если скважина вскрыла несколько проницаемых зон, то это может привести к перетокам гидротерм по скважине, температуры которых отличаются на несколько десятков градусов от температуры окружающих пород. Эти

измеренные температуры часто нельзя сравнивать с температурами образования гидротермальных минералов в геотермальных скважинах. Таким образом, в этой работе в некоторых случаях приводятся температуры, при которых разные минералы встречаются в определённых гидротермальных системах, но они могут быть неточными.

- Вмещающие породы и химический состав гидротерм могут влиять на стабильность вторичных минералов в температурном интервале. Поле стабильности температур каолинита расширяется при понижении рН. В то время как сидерит стабилен при высоких температурах и встречается в ассоциации с высокотемпературными комплексами минералов в метаморфических жилах. В эпитеермальных месторождениях он наиболее обычен в более холодных зонах, так как образуется из охлажденных, вторичных гидротерм. Таким образом, предполагается, что температурные интервалы применимы к обычным вулканическим породам и гидротермам, с обычным химическим составом, но не к необычным случаям. Значительные различия температур характерны для иных геологических условий.
- Минералы могут находиться в метастабильной форме вне температурных границ. Обычно это применимо для ретроградных температур (иначе мы никогда не смогли бы наблюдать высокотемпературные минералы при условиях окружающих температур), но их трудно оценить, чтобы использовать также для ретроградной ситуации. Кинетика некоторых минералогических превращений медлительна, даже с точки зрения геологического времени. Таким образом, низкотемпературные фазы могут существовать при повышенных температурах, особенно там, где породы имеют низкую проницаемость для гидротерм. Наоборот, там где были очень высокие скорости реакций (наиболее заметные в поверхностных аргиллитовых минеральных комплексах или там где происходило очень быстрое отложение кремнезёма) минеральные комплексы образовывались в результате малых изменений энтропии (правило ступени Освальда), а не в результате равновесных условий.
- Получение температур путём определения температур гомогенизации флюидных включений требует допущения с коррекцией давления. Точность температур, следовательно, будет зависеть от степени удовлетворительного допущения. Кроме того, температуры получаются для ограниченного количества минералов, в частности, для кварца и температуры образования ассоциированных минералов принимаются в качестве эквивалентных значений температур образования кварца, который не всегда при этом встречается в этих пробах. Необходимо отметить, что данные были получены для современных гидротермальных систем и их ископаемых аналогов (месторождения эпитеермальные и порфитового типа). Непосредственное применение этих данных к другим типам гидротермальных рудных месторождений, в особенности к месторождениям вулканогенных массивных сульфидов (ВМС) и типу долины Миссисипи (МТДМ), не всегда возможно.

Раздел 2.0 представляет собой обобщение данных по диагностике минералов соответствующей группы минералов в детальном виде: (i) химическая формула; (ii) тип месторождения; (iii) физико-химические условия; (iv) предполагаемые интервалы температур образования; (v) комплексы вторичных минералов; (vi) связь с рудными месторождениями; (vii) типичные ассоциации минералов; и (viii) физические свойства и отличительные особенности. Наиболее распространенные обозначения (аббревиатуры) для каждого минерала даны в разделе 3.0. Номера в скобках – литературные источники в разделе 4.0. В разделе 5.0 приводятся графики обобщающие наиболее вероятные интервалы стабильности температур для наиболее значительных минералов. В разделе 6.0 даны индексы, в Приложении – словарь специальных терминов.

2.0. ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МИНЕРАЛОВ.

| № пп | Формула минерала | Форма месторождения (и другие отличия от первичных) | Физико-химические условия образования | Предполагаемые интервалы температур образования минералов |
|---|---|--|---|--|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Филосиликаты (листовые силикаты) | | | | |
| 1 | Аллофан (Alp) $Al_2SiO_5 \cdot nH_2O$ (группа каолиновых глин) | Замещение и заполнение жил. Встречается в виде корочек, напоминающих гиалит (бесцветная разновидность обычного опала, иногда прозрачная, как стекло) | Выветривание и супергенное происхождение. Сильное выщелачивание | Очень низкая температура |
| 2 | Галлуазит (Hal) $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8 \cdot 4H_2O$ (гр. каолина) | Замещает компоненты первичных пород, обычно плагиоклаз. Заполняет поры | Обычно в результате выветривания (в особенности энделлит), но также при низкотемпературных изменениях плагиоклаза и других алюмосиликатов | < 120°C (2), < 80°C (3,27); < 70°C энделлит = гидратированный; < 70°C (мета) галлуазит (1). |
| 3 | Каолинит (Ka) $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ (гр. каолина) | Изменение компонентов первичных пород, обычно по полевым шпатам. Также заполняет жилы и крупные поры | Низкое отношение катион/рН наиболее обычно в кислых гидротермах, в зависимости от ассоциации, но также может образоваться из слабо минерализованных низкотемпературных гидротерм. Может быть супергенный или образован при выветривании. Обычный минерал в низкотемпературных гидротермах с низким рН. Встречается в месторождениях осадочных глин, образованных в результате выщелачивания органическими кислотами флюидами. | < 220°C (1), но зависит от рН; < 140°C (2); < 200°C Черро Прието (10), Лос Азуффрес (57), Филиппины (48), Япония (7); < 160°C (15) Черро Прието (7, 14); < 60°C Новая Зеландия (7); 50-130°C (8); 0-265°C (4); < 180°C (27). |
| 4 | Диксит (Dic) $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ (гр. каолина) | Изменение компонентов первичных пород, обычно по полевым шпатам. Также заполняет жилы и крупные поры | Обычно кислые среды, зависящие от ассоциации. Никогда не бывает супергенного или осадочного происхождения | 200-250°C (1); < 260°C (2); 140-150°C Новая Зеландия (7); 150-250°C Япония (7); 180-190°C (15); 110-270°C Филиппины (27); 120-260°C Филиппины (48). |
| 5 | Смектит (Sm) $(1/2Ca,Na)_{0.66}(Al,Mg,Fe)_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ | Изменение компонентов пород (обычно по плагиоклазу, в жилах и пустотах. Обычно замещает мафические (темные) минералы во время вторичных изменений базальтов и андезитобазальтов. Замещает стекловатые фракции туфов, особенно в морских условиях (гальмиролиз). Обычный продукт выветривания. Встречается в геотермальных скважинах (37) | Образуется из нейтральных хлоридных гидротерм, при вторичных процессах или при выветривании. Отношение Na:K:Ca в смектите зависит от состава первичной породы и гидротерм. Гидротермальный смектит обычно кальциевый. Смектит, образовавшийся в морских условиях может быть натриевым. Буровые глины (бентониты) – натриевые. Предшествует другим минералам группы каолина. | < 150°C – редко 200°C (2); < 180°C (1) Филиппины (37); < 150°C Черро Прието (10,15), Йеллоусоун (26), Фиджи (31); < 100°C Солтон Си (7); < 160°C Черро Прието (7,14); < 100°C Новая Зеландия (8); 20-140°C (4); 50-150°C (17); < 170°C Филиппины (48); < 140°C редко 220°C (27); < 130°C Кюсю, Япония (45); < 180°C, редко до 210°C – Лос Азуффрес (57); < 200°C Исландия (58) |

| Комплексы гидротермальный изменений | Рудные месторождения, связанные с этим минералов | Типичные когенетические минералы | Физические и оптические свойства и диагностические особенности (Данные рентгеновских анализов в Å), |
|---|--|--|---|
| 5 | 6 | 7 | 8 |
| Филосиликаы (листовые силикаты) | | | |
| - | Встречаются в угольных меторождениях | Предшествуют другим минералам группы глин | <i>Макроскопия:</i> массивный или порошок. Тв. 2-3. Блеск восковой или смолистый. Полупрозрачный. Цвет черный бесцветный, разный. <i>Рентген:</i> аморфный, 11.0, 3.3, 2.2 Å [8/0,27.0,41.0] <i>Микроскопия:</i> физически напоминает опал (Ri – 1.48) |
| Аргиллиты | Типичные месторождения каолина | Q, Op, Cris, K | <i>Макроскопия:</i> цилиндры, плотные до мучнистой массы. Твердость 2-2.5. Полупрозрачный. Цвет белый, бесцветный, разнополосный. Блеск перламутровый до матового. Черта землистая. <i>Рентген:</i> 9.8 – 10.0 Å [9.0 – 8.8]. Энделлит 7.5 – 7.2 [11.8-12.3]. Металлаузит плюс другие, особенно 4.4 Å [20.2]. Разрушается при нагревании. Пики обычно широкие. Пик при 4.4 Å часто больше, чем пик при 7.5 Å не похож на колинит. <i>Микроскопия:</i> Напоминает другие глинистые минералы, опал, но рельеф высокий (Ri-1.55). |
| Аргиллиты (ранняя аргиллизация) | Поздняя стадия наложения или супергенный минерал многих гидротермальных рудных месторождений. Может быть гипогенных в месторождениях хай-сульфидейшн | Q, может быть Op, Alu, Py – в кислых, Sm – в нейтральных термах. Иногда карбонаты, особенно Ank, Sid | <i>Макроскопия:</i> Тонкие гексагональные пластинки или чешуйки, продолговатые пластинки. Массивный, плотный, рассыпчатый, лучистый. Твердость 2 – 2.5. Полупрозрачный, бесцветный белый, различно окрашенный (желтый, коричневый, красный или голубой). Блеск перламутровый. Черта матовоземлистая. <i>Рентген:</i> 7.1 Å [12.5]- исчезает при нагревании до 550°C. Пик при 7.1 Å больше, чем пик при 4.4 Å [20/2]. Отличается от хлорита отсутствием пика 14.1 Å [6.3]. Также отличается от хлорита и др. глинистых минералов при анализе с нагревом. <i>Микроскопия:</i> Напоминает другие глины, цеолит, опал. Низкое двулучепреломление (первые порядок серого), + рельеф волокон в шлифах. Каолинит имеет меньший угол погасания, чем дикиит. |
| Аргиллиты (ранняя аргиллизация) | Месторождения хай-сульфидейшн, менее обычен в позднюю стадию месторождений другого типа. | Q, Ka, иногда Alu, сульфиды в рудных месторождениях, редко карбонаты | <i>Макроскопия:</i> Тонкие, таблитчатые, мельчайшие псевдогексагональные кристаллы. Обычно массивный. Может быть волокнистый или плотный. Твердость 2-2.5. Полупрозрачный, бесцветный, белый или полосчатый. Блеск восковой. <i>Рентген:</i> Похож на каолинит, но отличается пиком вблизи 2.5 Å [35.9]. Ka имеет наибольший пик в этом интервале при 2.49 Å [36/0] и пик при 2.526 Å [35.5]. Dic имеет наибольший пик при 2.509 Å [35.8] и нет пика при 2.526 Å [35.5]. Dic отличается от хлорита и других глинистых минералов при нагревании. Более кристаллический, чем Ka. <i>Микроскопия:</i> Похож на другие глинистые минералы. |
| Аргиллиты | Самая малоглубинная часть эпитермальных месторождений лоу-сульфидейшн | Q, Py, Cc, цеолиты, Op. | <i>Макроскопия:</i> Тонкозернистые агрегаты, может быть червеобразным, пластинчатый или сферолитовый. Твердость 1-2. Обычно матовобелый до серого, иногда желтый или зеленый. Может быть окрашен в темнофиолетовый-голубой другими минералами. <i>Рентген:</i> > 13.0 Å [6.8] (обычно 14-15 Å [6.3-5.9]) расширяется до гликоля ~ 17 Å [5.2] и второстепенные пики появляются при 8.5 Å [10.4] и 5.6 Å [15.8] разрушаются при 10 Å [8.8] при нагревании. <i>Микроскопия:</i> Мелкие почти четкие волокна с низким рельефом. Двулучепреломляются, но не всегда. Похож на I-Sm. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|--|---|--|
| 6 | Иллит-сметтит (I-Sm) хаотично переслоенные иллит и сметтит в разном соотношении | Изменение компонентов первичных пород (обычно по пагиоклаам), также в полостях и жилах. I-Sm также обычно замещает Fe-Mg минералы при вторичных изменениях базальтов и андезитобазальтов | Почти нейтральные вплоть до кислых | 150-230°C; > 11Å = 150-190°C, < 11Å = 190-230°C (4); < 230°C Черро Прието(10); 100-210°C Солтон Си (7); < 160°C Черро Прието (7); < 210°C Новая Зеландия (8); 130-230°C (1); 140-230°C (2); 60-160°C Черро Прието (14); 80-210°C (15); 140-220°C, редко 100-200°C (27); 10% Sm@ 190°C, 5% @210°C на Солтон Си (32); 150-225°C Мигер Ск, Канада (38); < 220°C (41). |
| 7 | Иллит (I) $K_{1-1.5}Al_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4$ | Изменение компонентов первичных пород (обычно лагиоклазов). Встречается в полостях и жилах. Более обилен в проницаемых зонах | Почти нейтральные → слабо кислые гидротермы | 230-300°C (2); > 230°C (1,4); > 220°C Новая Зеландия (7); >210°C(7), > 275°C при отсутствии слоев Sm(32) – оба из Солтон Си; 140-310°C (10) Черро Прието, детрит Мексико; 240-300°C (17); > 200°C, редко 130°C (27): Филиппины; 220-310°C (48), Филиппины; 100→>°C Лос Азуфрес: сомнительное определение, < 150°(38): вероятно ошибка |
| 8 | Серицит (Ser) $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$ | Изменения компонентов первичных пород (Обычно по плагиоклазу) Встречается в полостях и жилах | Как для иллита | > 270°C (1), но там где иллит замещает первичные слюды он может проявиться в виде хорошо оформленных кристаллов в низко температурных условиях. |
| 9 | Фуксит (Fu) Отличается от мусковита содержанием Cr_2O_3 до 4.8%. Также известен как марипозит | Изменение компонентов первичных пород (обычно по плагиоклазу), также в полостях и жилах. Обычен в некоторых ультрамафитах. | Как для серицита | Похожи на серицит(?) |
| 10 | Роскоелит (Ros) Ванадий содержащий мусковит $K(V,Al,Mg)_3(AlSi_3)_{10}(OH)_2$ | Изменение компонентов первичных пород(обычно по плагиоклазу). Встречается в полостях и жилах. | Как для серицита | Аналогичны для серицита (2) |
| 11 | Хлорит-Сметтит (Chl-Sm) Хаотично перемешан | Замещение основной массы и реже Fe-Mg минералов и плагиоклазов | Нейтральный pH. Обилен в местах слабой циркуляции гидротерм и в пористых обломочных породах | < 230°C –обычно < 200°(2); 200-230°C Исландия (7,58); <140°C (15); < 270°Филиппины (27); |
| 12 | Корренсит (Cor) Хаотично перемешанные 1:1 Chl-Sm или Chl-Vm | Замещение основной массы и реже Fe-Mg минералов и плагиоклазов | Нейтральный pH, Выветривание (48)? | 175-255°C (1); 190-210°C Филиппины (27). |
| 13 | Ректорит (Rect) Хаотично перемешанная диоктаэдральная слюда - Sm | Замещение основной массы, Fe-Mg минералов и плагиоклазов | В непроницаемых зонах (27) | > 220°C Филиппины (27) |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------|--|---|--|
| Аргиллиты | В мало глубинных эпитеермальных месторождениях золота и в позднюю стадию наложения на месторождения порфириового типа. В некоторых мезотермальных месторождениях | Q,Py,Cc,Chal, цеолиты | <i>Макроскопия:</i> физические свойства такие же как у иллита <i>Рентген:</i> 10.3Å –12.5Å [8.6-7.1]; разрушается ~ 10 Å [8.8] при нагревании. Расположение пика изменяется в пропорции I и Sm и, следовательно, также в зависимости от температуры. См (40) для корреляции между температурой и составом. Выражение кристалличности I-Sm в виде количественного отношения или «кристалличности иллита» основано на форме базового пространства пика (индекс Кублера). <i>Микроскопия:</i> Напоминает Sm, I, Tlc. |
| Филлиты | Эпитеермальные и порфириовые месторождения (а также многи другие типы гидротермальных рудных месторождений) | Обычно с Q, Ad, Py, Cc, но отсутствует в кислых ассоциациях | <i>Макроскопия:</i> Массивный очень тонкозернистый. Обычно белого до палевого цветов. Тв. 1-2. Спайность совершенная. Иногда встречается в виде гексагональных микрочешуй. Часто смешан с другими глинистыми минералами, промежуточными между смектитом и серицитом. <i>Рентген:</i> 9.8 – 10.3 Å[9.0-8.6], 5.00-4.98Å[17.7-17.8]. Разрушается в интрвале 8.8Å и 10.4Å на гликоль, в зависимости от соотношения иллита и смектита. Может проявляться кристалличность в виде индекса Кублера. Слабое двулучепреломление волокон. <i>Микроскопия:</i> Напоминает Tlc,Pyр. Тонкозернистые бесцветные кристаллы с умеренным двулучепреломлением. |
| Филлиты | Встречаются в широком интервале температур гидротермальных рудных месторождений | Act, Ep, Bt, Ad, Ga | <i>Макроскопия:</i> Физические свойства как у иллита. <i>Рентген:</i> Как у иллита, но очень редкие базальные пики. Обычно раскристаллизован, сильно двулучепреломляющие чешуйки. Номенклатура не постоянная. Некоторые американцы включают все «гидрослюды» в серицит, даже I-Sm. |
| Филлиты(?) | Мезотермальные месторождения и VMS | Q,Cc,Tlc,Py | <i>Макроскопия:</i> Диагностируется в образце по зеленому цвету <i>Рентген:</i> см. серицит. Оптически похож на серицит, иногда слабо плеохроирует. Образует хорошие кристаллы, сильное двулучепреломление чешуй.R.I. возрастает с повышением содержаний Sr. |
| Филлиты(?) | Связан с эпитеермальными месторождениями, где присутствуют шононитовые лавы | Q,Cc,Tlc,Py | <i>Макроскопия:</i> Коричневый до зеленоватого. Тв. 2-5. Мельчайшие чешуйки. <i>Рентген:</i> 10.0, 4.54, 3.35Å [8.8,19.5,26.6] <i>Микроскопия:</i> Оптически похож на серицит. |
| Аргиллит | | Cc,Ab,Q,Dol | <i>Макроскопия:</i> Массивные, сферические или гроздьевидные агрегаты, листовые. Тв. 2-3. <i>Рентген:</i> 34 - 14.7 Å [2.6 – 6/0]. Базальный пик не сдвинут к гликолию. <i>Микроскопия:</i> похож на Chl – может быть большее двулучепреломление. |
| Аргиллит | | Cc, Ab,Q,Dol | <i>Макроскопия:</i> Физические свойства такие как у хлорита <i>Рентген:</i> похож на хлорит, но пик 29.0 – 28 Å и слабое отличие в относительной высоте пиков. |
| Аргиллит | | Q,Ad,Py | <i>Макроскопия:</i> По физическим свойствам похож на пирофиллит <i>Рентген:</i> 25.5, 12.5, 3.13Å [3.5, 7.1, 28.5]. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|---|--|---|
| 14 | Хлорит (Chl) $(MgAlFe)_{12}(SiAl)_8O_{20}(OH)_{16}$ | Встречается в виде замещений по плагиоклазу, Fe-Mg минералов и минералов основной массы. Также заполняет жилы и полости. Встречается в виде ретроградного изменения биотита или актинолита. Хлорит может образовывать разные смешанослинные минералы со смектитом | Нейтральный pH. Состав зависит от температуры (54,56). Если богатый Mg, то может свидетельствовать о притоке «холодных» гидротерм (48). Обычные оптические методы по определению состава иногда дают неожиданные результаты. Необходимо изучение на микрозонде | Окружающие температуры – 300°C+(2); 150-325°C – Черро Прието (10); > 230°C Исландия(7); >145°C Черро Прието (7); ~ 70 - 300°C Новая Зеландия (8); > 100°C (4); > 145°C Черро Прието (14); > 80°C (15) Филиппины(27); < 350°C Солтон Си (10); > 200°C Кюсю, Япония(45); > 125°C Сулавеси (53); > 120°C до > 340°C Филиппины (48); Редко < 240°C Исландия (57). |
| 15 | Биотит (Bt) $K_2(MgFe)_{6-4}(FeTiAl)_{0-2}Si_{6-5}Al_{2-3}O_{20}(OH,F)_4$ | Встречается в виде замещений плагиоклаза, Fe-Mg минералов, основной массы и в жилах. Также около даек, как результат гидротермальных и метаморфических процессов | Субнейтральный pH до кислых, с умеренными и высокими содержаниями калия. В порфириновых условиях образуется в кислых гидротермах, но поскольку гидротермы сильно минерализованы, то отношение aK+/ aH+ такое же, как для слабо минерализованных и менее кислых гидротерм | > 300°C(5,17); > 315°C Черро Прието (10); > 260°C (1); > 320°C (4); > 280°C Филиппины (48); > 240-250°C дайка?(27); > 325°C Солтон Си (32); > 260°C Филиппины (71); >500-600°C в порфириновых средах (72). |
| 16 | Флогопит (Phg) $KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$ | Встречается в виде минерала замещения и в жилах | В основном встречается в известняках, мраморах и ультраосновных породах. Скарны, образованные из доломитов, в частности, на эндоконтактах | >500-600°в порфириновых условиях (72). |
| 17 | Пирофиллит (Pyp) $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4$ | Замещает компоненты первичных пород, в жилах, т.е. его местонахождение аналогично иллиту. При гидротермальных изменениях полевых шпатов сопровождается кварцем. | Высокотемпературные кислые термы с pH < 4, в зависимости от ассоциированных комплексов сульфатных и окисных минералов (2). pH < 4 (4). | >260°C с Dsp и Dic/Ka, но реже без них (2,83); >260°C, если насыщены WRtQ; < 260°C, если не насыщены WRtQ(41); 240-320°C (1), > 265°C(4); Может также сосуществовать с опалом (т.е. < 120°C на Филиппинах (22), на острове Ванкувер (24) и сольфатары Кайпохан (1); 210-280°C Филиппины (27); 200-280°C, мнее, если высокие содержания кремнезёма I+Pyp= 220-280°C(48); > 220°C Филиппины (59); > 280°C Филиппины (72). |
| 18 | Тальк (Tlc) $Mg_6Si_8O_{20}(OH)_4$ | Изменения компонентов первичных пород, особенно мафических. Обычно замещает оливин во время вторичных изменений базальтов. Может встречаться в жилах. Также в измененных ультрамафитах и ретроградных скарнах. | Нейтральный pH, высокое содержание Cl, Mg(2). Мафические исходные породы. Может указывать на приток холодных вод (48). Гидротермальные изменения ультраосновных пород или ассоциируются с термальным метаморфизмом окремненных доломитов. | > 300°C (2,4) Исландия (11) в гидротермальных структурах, но может встречаться в низко температурных вторично измененных породах. 125-180°C (15); > 115°C также возможны реликты, но может образоваться при выветривании на Филиппинах (27); > 325°C Солтон Си (32). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--|--|--|
| Пропилиты | Встречается в широком интервале гидротермальных рудных месторождений. В эпитермальных и порфириновых месторождениях он обычно указывает на отсутствие интенсивного метаморфизма, поэтому расположен в удаленных (не высокотемпературных) зонах | Встречается в большинстве комплексов гидротермальных минералов за исключением тех, которые определяют сильно кислые условия (т.н. Alu,Dsp,Pyр) | <i>Макроскопия:</i> Группа минералов со слоистой структурой. Часто встречается в грубо кристаллических блоках совершенной спайностью, с не эластичным базальным расслоением. Широко развит в виде тонко зернистых чечучатых или массивных агрегатов. Тв. 2-3. От светлых до темно-зеленых, белый, полосчатый. Обычно имеет жирный блеск. <i>Рентген:</i> 7.1Å [12.5](отсутствует 4.3Å[20.7] и 2.3Å[6.3]) <i>Микроскопия:</i> Светло- и темно-зеленый, часто плеохроирует. Обычно сильное двулучепреломление (голубое). Напоминает Chl-Sm или другие листовые минералы, если тонко зернистый. |
| Калиевые | Встречается в месторождениях порфирирового типа | Act,Mt,Ga. Петроградный процесс → с Chl,Tt,Cc,I, Rt,FeO.(связан с And и Crd в низкотемпературных роговиках) | <i>Макроскопия:</i> Полупрозрачный до непрозрачного, черный, коричневый, красно-бурый или зеленый. Гексагональные пластины. Совершенная спайность. Твердость 2.5-3.0. Блеск стеклянный, часто перламутровый. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> Похож на иллит/смектит. 10.1, 3.37Å [8.7,26.4]. <i>Микроскопия:</i> Обычно слабо плеохроирует в коричневых чешуях в гексагональном разрезе. Пятнистое прямо погасание. Гидротермальные биотиты обычно тонко зернистые или более светлые, чем первичные (магматические) биотиты. |
| Скарны | Скарновые месторождения | Mt | <i>Макроскопия:</i> Тонкие пластины, эластичные и гибкие. Призматические кристаллы. Твердость 2-2.5. <i>Микроскопия:</i> Светлее и менее плеохроирует, чем биотит (обычно желтовато-коричневые до коричнево-красного). 2V меньше, чем у мусковита. |
| Ранняя аргиллизация. Происхождение Рур, как супергенного минерала предполагается, но необходима строгая диагностика | Встречается в некоторых месторождениях хай-сульфидейшн | Обычно Q, Dsp, Dic, Alu, без Ka (27) | <i>Макроскопия:</i> Субгедральные таблитчатые кристаллы, вытянутые, но часто деформированные или разрушенные. Радиальные пластинки или волокна, а также зернистые вплоть до плотных. Совершенная спайность с волокнистыми пластинами. Тв. 1-2. Прозрачный до полупрозрачного, белый или светло-серый, желтоватый, слабо окрашен. Перламутровый блеск. <i>Рентген:</i> 3.08, 9.21, 4.58Å[29.0, 9.6, 19.4]. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный, 3-4 порядка цветов интерференции, двусный (-). Почти не отличается от тальк/иллита, но имеет больший оптический угол. Каолинит имеет более низкое двулучепреломление.. Отличить от талька можно химическим опытом на Al – глубокий голубой цвет, возникающий при нагревании образца после увлажнения раствором кобальта. |
| Скарн | | Act, DoI, в низкотемпературных фациях Ttm и Chl превращаются в тальк в результате CO ₂ -метасоматоза при низких температурах тальк нестабилен и может замещаться магнезитом | <i>Макроскопия:</i> Обычно массивный. Тонкозернистый, листоватый или волокнистый. Кристаллы – тонкие пластинчатые. Мягкий. Тв. 1. Светло-зеленый → темно-зеленый, серый. Совершенная спайность. <i>Рентген:</i> моноклинный: 9.35, 1ю35, 4.59Å[9.5, 69.6, 19.3]; триклинный: 9.34, 4.56, 3.12Å [9.5, 19.5, 28.6] <i>Микроскопия:</i> Бесцветный и обычно похож в шлифах на иллит, но может темнее окрашен или слабо плеохроирует. Двусный (-). Верхняя треть порядка интерференционного цвета (базальный разрез ниже 1-го порядка). Может отличаться от состава вмещающих пород. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|-------------------------------|---|--------------------------------------|
| 19 | Парагонит (Par) Na ₂ Al ₆ Si ₆ O ₂₀ (OH) ₄ | Изменение первичных минералов | Наиболее обычно при низкотемпературном метаморфизме | > 260°C(4); < ~ 250°C Филиппины (27) |

| | | | | |
|----|--|---|--|---|
| | | | – в сланцах и филлитах, кварцевые жилы и тонкозернистые осадки. Также голубые сланцы (высокое давление, низкие температуры) | |
| 20 | Вермикулит (Vm) (Mg,Ca) _{0.7} (MgFeAl) ₆ (AlSi) ₈ O ₂₀ (OH) ₄ 8H ₂ O | Изменение компонентов первичных пород, особенно Fe-Mg минералов и основной массы. Пробки гидротермальных скважин (37) | Нейтральные гидротермы, также при выветривании (27). Может свидетельствовать о притоке холодной воды (48). Также контакт между кислыми интрузиями и базит/гипербазитовыми породами, с Chl,Ap,Spt,Cnd или тальком | < 270°C (27), включая выветривание; 325-350°C (10) – ошибочно идентифицировано?; 60-70°C (15); > 325°C, как смешанослойный с Vt на Солтон Си (32); < 200°C (37), но не более высокотемпературный, если после Chl. |
| 21 | Лепидолит (Lep) K ₂ (Li,Al) ₅₋₆ Si ₆₋₇ Al ₂₋₁ O ₂₀ (OH,F) ₄ | Замещение и в жилах | Более обычен в пегматитах, чем в гидротермальных средах | 130-140°C Йеллоустоун (7) |
| 22 | Хризотил (Cry) Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ | Замещение, особенно оливина, и в жилах | В ультрамафитах | Высокие температуры <570°C. Возможно более 300°C |
| 23 | Антигорит (Ant) Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ | Обычно, как продукт гидротации ультрамафитов или при ретроградном изменении магнезиальных скарнов | Широко распространен, часто смешан с хризотилом, изменение ультраосновных пород | < 570°C |
| 24 | Скаполит (Scp) (Na,Ca,K) ₄ Al ₃ (Al,Si) ₃ Si ₆ O ₂₄ (Cl,F,OH,CO ₃ ,SO ₄) | В породах регионального метаморфизма, зоны контактов | | Высокие температуры, 320-400°C плато Никель (82) |
| 25 | Кордиерит (Crd) (Mg,Fe ³⁺) ₂ Al ₄ Si ₅ O ₁₈ | В регионально метаморфизованных породах, в зонах контактов и в роговиках | | Высокие температуры |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------|-----------------------------------|--|--|
| | | | <i>Макроскопия:</i> Массивный, тонкие ешуйки. Бесцветный до светло-желтого с перламутровым блеском. <i>Рентген:</i> 9.70, 2.522, 3.203Å [9.1,35.6,27.9] <i>Микроскопия:</i> бесцветные чешуйки, которые напоминают I и Mus. Двулучепреломляет. |
| | | Chl,Sm | <i>Макроскопия:</i> Мельчайшие частицы, также большие кристаллические пластинки, когда он является продуктом изменения биотита. Бесцветный, желтый, зеленый или коричневый. Тв. 1.5. Совершенная спайность. <i>Рентген:</i> 14.5 –14.2Å [6.1-6.2], 7.14, 4.60Å[12.4, 19.3]. <i>Микроскопия:</i> Коричневый в шлифах. Разности, содержащие Ni- зеленые. Цвета интерференции максимальные выше второго порядка. Двусный (-). Обычно субгидральный. Напоминает Chl или Sm, если очень тонкозернистый. |
| | | Другие литиевые минералы и минералы типичные для грейзенов | <i>Макроскопия:</i> Толстые массы со спайностью, таблитчатые кристаллы. Тв. 2.5-3.0. Обычно различные оттенки розового цвета. <i>Рентген:</i> ~ 10Å[8.8], обычно 9.93Å. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный, низкое двулучепреломление. Похож на серицит. Богат литием. |
| | | Ant,Tlc,Mt | <i>Макроскопия:</i> Массивный, тонкий, волокнистый, мягкий. Тв. 2.5. Хлопья. Полупрозрачный. Обычно белый, серый. <i>Рентген:</i> 7.36, 3.66, 2,456Å [12.0,24.4,36.6]. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный, слабо плеохроирует. Низкое двулучепреломление. |
| Скарны | Скарновые месторождения | | <i>Макроскопия:</i> Массивный, тонкозернистый или плотный. Мягкий, Тв. 2.5-3.5. Зеленоватый. Полупрозрачный. Восковой блеск. Белая черта. <i>Рентген:</i> 7.33-7.10, 3.53—3.65, 2.50-2.52Å [12.1-12.5, 25.2-24.4, 35.9-35.6]. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный до светло-зеленого, слабо плеохроирует. Низкое двулучепреломление. |
| | Скарновые месторождения | Ga,Cpx | <i>Макроскопия:</i> Массивный, зернистый, пирамидальные кристаллы. Тв. 5.5-6.0. Бесцветный, беловатый. <i>Рентген:</i> 3.44 -7, 3.81, 3.08Å[25.67 – 25.89, 23.34, 28.98-29.47]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, первый порядок серого до третьего порядка голубого. |
| | Некоторые скарновые месторождения | Q,And, силлиманит, шпинель, Vt | <i>Макроскопия:</i> Призматический, массивный. Глубоватый или коричневый. Блеск стеклянный. Тв. 7-7.5. <i>Рентген:</i> 3.13, 8.54, 8.45Å [28.5, 10.3, 10.5] <i>Микроскопия:</i> бесцветный, сдвоенные пластины, низкое двулучепреломление, низкий рельеф. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|----------------|--|---|---|
| | Цеолиты | Многие цеолиты образуются как вторичное амигдалоидное замещение в базальтах | Цеолиты обычно указывают на низкое | |

| | | | | |
|----------|---|--|---|--|
| | | | содержание CO₂, нейтральный pH (41) | |
| 1 | Гейландит (Heu) (CaNa) ₂ Al ₂ Si ₇ O ₁₈ 6H ₂ O | Замещение и жилы. Также в низкотемпературных метаморфических породах и при девитрификации стекол | Нейтральный pH | < 150°C (2); < 100°C Япония (7); < 200°C (5); ~40-140°C (4); 70-130°C (17); < 120°C Никарагуа (49); обычно < 100°C Исландия (58). |
| 2 | Стилбит (Stil) (CaNa ₂ K ₂)Al ₂ Si ₇ O ₁₈ ·7H ₂ O | В основном встречается в амигдалоидах. Гидротермальный минерал в жилах и замещениях. Низкотемпературный метаморфизм | Нейтральный pH | < 150°C (2); 100-200°C Исландия (7); 90-115°C Исландия (11); 64-73°C Источники Монтана (9); обычно < 100°C Исландия (58). |
| 3 | Тоберморт (Tob) Ca ₅ Si ₆ O ₁₇ ·5H ₂ O | Заполняет полости | | 55-150°C Исландия (23) |
| 4 | Ферриерит (Fer) (NaK) ₄ Mg ₂ Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂ (OH) ₂ ·18H ₂ O | Заполняет поры | | Низкие температуры (1). |
| 5 | Вайраakit (Wai) CaAl ₂ Si ₄ O ₁₂ ·2H ₂ O, т.е. кальциевый аналог анальцима | Встречается в полостях, порах и жилах. Замещает плагиоклаз и основную массу, но редко Fe-Mg минералы. Встречается редко в наростах на скважинах (48) | Относительно низкое содержание CO ₂ . Проницаемые зоны (27,48). Может свидетельствовать о кипении. Нейтральный pH. | > 200°C(1); 200-250°C, редко 300°C (2); 200-250°C Вайракей, Новая Зеландия (16); 232-276°C Бродландс, Новая Зеландия (8); 142-250°C – Вайракей, Новая Зеландия (8); 222-260°C – Таухара, Новая Зеландия (8); 140-215°C – Новая Зеландия (7); > 240°C – Черро Прието (7); 100-200°C – Япония (7); 200-~300°C(5); 200-325°C – Черро Прието (10); > 210°C – Исландия (11); 180-320°C (4) – Исландия (58); > 240°C – Черро Прието (14); 200-310°C; обычно > 250°C (17); 200-280°C; редко до 125°C (24); < 275°C – Вайотопу, Новая Зеландия (42); >210°C – Нгатамарики, Новая Зеландия (35); 220-310°C – Филиппины (48); >215-220°C – Никарагуа (49); 150-280°C – Лос Азуфрес (57); 160-280°C – Каверау (67). |
| 6 | Мезолит (Mes) Na ₂ Ca ₂ (Al ₂ Si ₅ O ₁₀) ₃ ·8H ₂ O | Замещение и в жилах | | Обычно < 100°C – Исландия (58); 80-90°C – Исландия (7); 60-95°C – Йеллоустоун (11). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|--|--------------------------------------|--|
| | | | Большинство цеолитов, за исключением вайраакита, трудно диагностировать оптически. Требуется использование рентгена |
| | | Другие цеолиты. Chal | <i>Макроскопия:</i> Субпараллельные агрегаты и трапециевидные кристаллы. Также массивный. Тв. 3.5-4.0. Прозрачный до полупрозрачного. Белый, бесцветный, серый, розовый, желтый. Блеск стеклянный. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 3.917, 2.959, 8.85Å [22.7, 30.2, 10.0]. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный. Таблитчатый до почти изометричного. Низкий R.I., низкое двулучепреломление (первый порядок белого-максимальная окраска интерференции) Двухосный (+). |
| | Может указывать на «сопутствующие» зоны кипения в эпитептермальных месторождениях, там где жилы (75) | Q, Sm. Другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> сноповидные, игловидные агрегаты. Полупрозрачный. Тв. 3.5 – 4.0. Белый, серый, желтовато-коричневый. Блеск стеклянный. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 9.04, 4.07, 3.04Å [9.8, 21.8, 29.4]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Максимум первый порядок цветов интерференции. R.I. < Q, но двулучепреломление может быть больше, чем у кварца. Двойники. |
| | | | <i>Макроскопия:</i> массивный, волокнистый. Тв. 2.5. Белый. Полупрозрачный. <i>Рентген:</i> 11.3, 2.83, 5.55Å [7.8, 31.6, 16.0]. <i>Микроскопия:</i> R.I. > Q, но двулучепреломление < Q. |
| | | I-Sm, Chal, другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> тонкие таблитчатые кристаллы. Лучистые группы. Тв. 3 – 3.5. <i>Рентген:</i> 3.537, 3.781, 9.51Å [25.2, 23.5, 9.3]. <i>Микроскопия:</i> R.I. < Q |
| | | Q, Cc, Ep, Ab, Ad, I, Pre (16) | <i>Макроскопия:</i> субгидральные кристаллы, имеющие грани аналогичные октаэдрам. Тв. 5.5 – 6.0. Бесцветный до белого. Блеск стеклянный до матового. <i>Рентген:</i> 3.41, 5.57, 2.90Å [26.1, 15.9, 30.8]. <i>Макроскопия:</i> бесцветный. Низкое двулучепреломление (первый порядок серого интерференционного цвета), обычно по двум направлениям «решеток» двойниковых полос. Может проявляться в виде кубиков или игл. Похож на кварц, но R.I. < Q. внешне может быть похож на микроклин, хотя отличается своими ассоциациями с другими минералами. |
| | | Q, Sm, другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> кристаллы игловидные или волокнистые. Тв. 5. Белый, бесцветный. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 2.86, 5.79, 4.35Å [31.3, 15.3, 20.4]. <i>Микроскопия:</i> игловидные кристаллы. Почти изотропные, R.I. < Q. |
| 0 | | | |
| 7 | Сколецит (Sc) CaAl ₂ Si ₃ O ₁₀ ·3H ₂ O | Замещение и жилы. Низкотемпературный | Нейтральный pH 80-90° - Исландия (7); 60-95°C – Йеллоустоун (11); Обычно < 100°C – Исландия (58). |

| | | | | |
|----|---|--|---|---|
| | | метаморфичей минерал | | |
| 8 | Клиноптилолит (Cpt) (Na ₂ K ₂ Ca,Mg)Al ₂ Si ₉₋₁₀ O ₂₂₋₂₄ · 6-7H ₂ O | Замещение, жилы, также в девитрифицированном стекле. Также низкотемпературный метаморфический минерал (рассеянный в некоторых сланцах). Встречается в зонах высокой проницаемости | Нейтральный pH | <150°C – Новая Зеландия (7); <69°C – Исландия (11); 70-170°C Йеллоустоун (26) |
| 9 | Ломонит (Lau) CaAl ₂ Si ₄ O ₁₂ · 4H ₂ O | Полости и трещины, в плагиоклазах и жилах (16). Также в низкотемпературных метаморфических породах. | Низкая проницаемость (27), если нейтральный pH. | < 220°C(1); 140-220°C – Вайракей, Новая Зеландия(16); 150-250°C – редко (2); 100-200°C – Япония (7); > 120°C – Исландия(7); < 200°C –(5); 110-230°C – Йеллоустоун (11); 130-200°C (4); 195-220°C –(9); 140-200°C –(17); 120-200°C –(18); 140-280°C –Филиппины(27); < 220°C (42) Вайотапу; 120-220°C –Филиппины (48); 120-130°C –Никарагуа (49); > 140°C – Лос Азуфрес (57). Замещает другие цеолиты от 100°C в Исландии (58). |
| 10 | Птилолит-морденит (Ptil-Mord) (CaNa ₂ K ₂)(Al ₂ Si ₁₀)O ₂₄ · 7H ₂ O | В порах полостях, часто с кварцем, но обычно ине является минералом замещения(16). Иногда имеет псевдоморфозы в кварцевых жилах. Встречается в зонах высокой проницаемости с клиноптилолитом | Окремненные вмещающие породы (7). Нейтральный pH. | < 150°C; 60-170°C – Охааки, Новая Зеландия (8); 60-160°C –Вайракей, Новая Зеландия(8); ~ 50°C (7) – Новая Зеландия; ~60-170°C+ Йеллоустоун (12); 30-80°C –(11); < 90°C –(4); 70-170°C Йеллоустоун (26); < 120°C – Никарагуа (49); < 140°C –Лос Азуфрес (57); обычно < 100°C –Исландия (58). |
| 11 | Ерионит (Er) (Na ₂ K ₂ CaMg) ₄ Al ₉ Si ₂₇ O ₇₂ · 27H ₂ O | Замещение и жилы | Нейтральный pH | < 110°C –Йеллоустоун (7); 43°C –Йеллоустоун (12); ~ 80°C –Йеллоустоун (26). |
| 12 | Шабазит (Chab) CaAl ₂ Si ₄ O ₁₂ · 6H ₂ O | Обычно заполняет пустоты в изверженных породах. Также в трещинах в сланцах и известняках. | Низкокремнистые протолиты | <80°C –Исландия (7); 25-75°C –Исландия (11); < 68-92°C – Исландия (23); Обычно < 100°C – Исландия(58). |
| 13 | Томсонит (Thom) NaCa ₂ [(AlSi) ₅ O ₁₀] ₂ · 6H ₂ O | Амигдалоиды в базальтах, а также в сланцах | Низкокремнистые протолиты | Низкие температуры (1). Обычно < 100°C – Исландия (58). |

| 5 | 6 | 7 | 8 | |
|----|--|-------------------------------|--|---|
| | | Q,Sm другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> волокнистый, лучистый. Бесцветный. Белый. Тв. 5. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 6.64, 4.44, 2.89Å [13.3, 20.0, 30.9]. <i>Микроскопия:</i> призмы, R.I. двулучепреломление меньше, чем у кварца | |
| | Обычный в слоистых промышленных месторождениях цеолитов в Новой Зеландии | Q,Sm, другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> мельчайшие игольчатые и пластинчатые ристаллы. Бесцветный, белый. Тв. 3.5 – 4.0. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 8.92, 2.974, 3.897Å [9.9, 30.0, 22.8]. <i>Микроскопия:</i> Низкие R.I. и двулучепреломление. | |
| | <u>Может свидетельствовать о наличии «сопутствующих» зон кипения в эпитермальных месторождениях, так где есть жилы(75)</u> | Wai,Ab,Sm | <i>Макроскопия:</i> Обычно кристаллы удлиненные, квадратные призмы. Также волокнистые, столбчатые, лучистые массы. Тв. 3 – 4. Белый, серый, коричневый, желтоватый. Прозрачный до полупрозрачного. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 9.49, 4.156, 6.86Å [9.3, 21.4, 12.9]. <i>Макроскопия:</i> бесцветный. Обычно продолговатые призматические кристаллы со спайностью по 3-м направлениям. Максимум первый и второй порядок интерференционных цветов. Двулучепреломление выше, чем у филлипсита. Может напоминать Q, но R.I. < Q. Характерное изменение в леонгардит. | |
| | Может указывать на наличие зон кипения в эпитермальных месторождениях, где есть жилы (75) | Q,Sm, другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> мельчайшие, игольчатые, вертикально бороздчатые призматические кристаллы. Бесцветный, белый. Светло-зеленый. Тв. 4 – 5. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 9.10, 4.00, 3.48Å [9.7, 22.2, 25.6]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный до светло-зеленого. Мельчайшие игольчатые кристаллы. Низкие R.I. и двулучепреломление. | |
| | | Q, Sm, Op, другие цеолиты. | <i>Макроскопия:</i> мельчайшие призматические, лучистые кристаллы. Белый. Твердость неизвестна. <i>Рентген:</i> гексагональные призматические кристаллы. Низкие R.I. и двулучепреломление. | |
| | | С другими цеолитами, Cc,Q. | <i>Макроскопия:</i> кристаллы обычно ромбогедральные. Тв. 4 –5. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 2.93, 4.32, 9.35Å [30.5, 20.5, 9.5]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Кубические, изометричные кристаллы. R.I. и двулучепреломление < Q(первый порядок серого до белого интерференционного окрашивания). | |
| | | Другие цеолиты, Sm | <i>Макроскопия:</i> лучистые агрегаты. Игольчатые и листовидные. <i>Рентген:</i> 2.86, 2.95, 2.68, 4.64Å [31.3, 30.3, 33.4, 19.1]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Двуосный (+), R.I.<Q, но двулучепреломление >Q. | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14 | Филлипсит (Phil) (K ₂ Na ₂ Ca)Al ₂ Si ₄ O ₁₂ | Изолированные кристаллы или в | | <u>Низкие температуры</u> (1), 55-150°C – Исландия (23); < 50°C (61). |

| | | | | |
|----|--|---|--|--|
| | 4.5H ₂ O | друзах, также в сфалеритах | | |
| 15 | Ксонотлит (Xon) Ca ₃ Si ₃ O ₈ (OH) ₂ | Прожилки в серпентинитах или в зонах контактов | | ~ 147°C – Исландия (23). |
| 16 | Анальцит (Anl) NaAlSi ₃ O ₅ ·H ₂ O (также известен как анальцим) | В качестве гидротермального минерала в пузырьках. | | 130 - 140°C Йеллоустоун (7); 55-150°C Исландия (23); 80-160° - Йеллоустоун (26). |
| 17 | Натролит (Nat) Na ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₀ ·2H ₂ O | Встречается, в основном, в полостях. Изменение по плагиоклазу | | Низкие температуры(1). |
| 18 | Югаваралит (Yu) CaAl ₂ Si ₅ O ₁₄ ·4H ₂ O | Сетки прожилков, жилы и в виде кристаллов в полостях | В полостях андезитового туфа в горячих источниках, Югавара, Япония | Низкие температуры (1). Катаяма, Япония (7). |
| 19 | Эпистилбит (Epi) CaAl ₂ Si ₆ O ₁₆ ·5H ₂ O | Вторичный, пегматиты, может быть гидротермальным (1) | | Низкие температуры (1); < 100°C – Исландия (58). |
| 20 | Эдингтонит (Ed) BaAl ₂ Si ₃ O ₁₀ ·4H ₂ O | Вторичный в основных породах. Может быть гидротермальным (1) | | Низкие температуры (1) |
| 21 | Трускоттит (Tru) (CaMn) ₂ Si ₄ O ₉ (OH) ₂ | В жилах и пустотах | | <200°C – Исландия (58) |
| 22 | Инзит (In) Ca ₂ Mn ₇ Si ₁₀ O ₂₈ (OH) ₂ ·5H ₂ O | В жилах и в виде мелко кристаллических агрегатов | | |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|--|---|
| | | | <i>Макроскопия:</i> бесцветный, белый. Прозрачный. Блеск стеклянный. Тв. 4 -4.5. <i>Рентген:</i> 7.15, 3.19, 4.12Å [12.3, 28.0, 21.5]. <i>Микроскопия:</i> R.I. и двулучепреломление < Q. |
| | | | <i>Макроскопия:</i> игольчатые кристаллы. Тв. 6. Обычно массивный. Блеск матовый. <i>Рентген:</i> 3.08, 3.24, 2.82Å [29.0, 27.5, 31.7]. <i>Микроскопия:</i> R.I. > Q, двулучепреломление = Q. |
| | | Pre и цеолиты | <i>Макроскопия:</i> трапезоидальный или кубический. Также лучистый, массивный. Тв. 5 –5.5. <i>Рентген:</i> 3.43, 5.61, 2.925Å [26.0, 15.8, 30.5]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Может быть изотропным, хотя двулучепреломление анальцита может показывать двойниковые полосы. |
| | Найден в асбестовой шахте (Квебек, Канада) | Cs и другие цеолиты | <i>Макроскопия:</i> тонкие кристаллы вплоть до игольчатых. Обычны волокна. Тв. 5. <i>Рентген:</i> 6.53 – 6.49, 5.9, 2.85Å [13.55,-13.64, 15.0, 31.4]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, R.I. < Q, но двулучепреломление >Q. Length low(?) |
| | | Lau | <i>Макроскопия:</i> плоские кристаллы, хрупкий. Тв. 4.5. Бесцветный, белый. <i>Рентген:</i> 3.056, 5.82, 4.68Å [29.2, 15.2, 19.0]. <i>Микроскопия:</i> R.I. и двулучепреломление <Q. Обычно иризирует (появляется радужная окраска внутри или на поверхности минерала). |
| | | | <i>Макроскопия:</i> двойникование, призматические кристаллы, лучистые. Тв. 4. Светло-розовый, бесцветный. <i>Рентген:</i> 3.45, 8.89, 3.21Å [25.8, 10.0, 27.8]. <i>Микроскопия:</i> R.I. < Q, двулучепреломление > Q. |
| | Встречается в эпитеермальных золотых месторождениях (1) | Другие цеолиты, Var | <i>Макроскопия:</i> мельчайшие пирамидальные кристаллы. Цвет белый, серый. Тв. 4. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 3.58, 2.749, 4.80Å [24.9, 32.6, 18.5]. <i>Микроскопия:</i> R.I. =Q, двулучепреломление >Q. |
| | Высокотемпературные эпитеермальные золотые месторождения. Зоны кипения сопутствующие эпитеермальным месторождениям (75) | Ad | <i>Макроскопия:</i> массивные, сферические агргаты. Цвет белый. Блеск перламутровый на плоскостях спайности. <i>Рентген:</i> 19.0, 9.48, 3.14Å [4.7, 9.3, 28.4]. <i>Микроскопия:</i> перламутровый белый блеск на плоскостях. В шлифах – низкий рельеф и двулучепреломление. |
| | Эпитеермальные золотые месторождения. Указывает на зоны кипения в эпитеермальних месторождениях | Встречается в прожилках, как в ассоциации с Rhs и бементитом | <i>Макроскопия:</i> единичные, лучистые кристаллы. Тв. 5.5. Темно-розовый → коричневый. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 9.16, 2.92, 2.84Å [9.75, 30.0, 30.9]. <i>Микроскопия:</i> розовые лучистые агрегаты и четко оформленные кристаллы. |

| | | | | |
|---|-------------------------------|---|--|---|
| | | первичных минералов. | охлаждение, кипение, (41) | 140-200° С Каверая, Н.З. (67) |
| 5 | Кварц (Q) SiO ₂ | Повсюду; замещает почти все; так же встречается в жилах, полостях и в виде друз. Первичный кварц очень устойчив к изменениям. Наиболее важным минералом | Кислые и нейтральные рН условия, высокое содержание Si(2). Наиболее обилен в проницаемых зонах при t 100С(8) | От температуры окружающей среды до очень высоких температур (2) 150-330° С (10) Большой частью >100° С Черро-Присто (8) <300° С, если давление низкое и отлагается из низкотемпературных гидротерм (41) >180°С Филиппины (48) |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------|---------------|--|---|
| Ранние аргиллиты, аргиллиты. | | Ка, сульфаты и другие отложения. Опал перекристаллизуется в очень тонкозернистый ангдральный кварц | <i>Макроскопия:</i> Массивный, плотный, пористый. Микросталлические агрегаты кристобалит. Обычно гроздевидный, почковидный. Бесцветный, белый разнообразный. Хрупкий раковистый излом. Прозрачный→непрозрачный. Тв. 5.5 – 6.5.Стекланный, перламутровый, восковый блеск. Белая черта. Может флюорисцировать в ультрафиолетовом свете. Иризирует, когда влажный (появляется радужная окраска внутри или на поверхности минерала). <i>Рентген:</i> аморфный или слабо раскристаллизованный кристобалит (С) и/или тридимит (Т). <i>Микроскопия:</i> Низкий R.I., но высокий рельеф, изотропный. Может быть окрашен или имеет псевдоморфные текстуры, иногда замещает измененные породы. См. (36) для диагностики разновидностей. Напоминает некоторые цеолиты. |
| | | Перекристаллизация α – кристобалита (27) Встречается с санидином, кварцем, файялитом, Q.Cris, Aug, Hb. | <i>Макроскопия:</i> Мельчайшие плоские кристаллы. Твердый, хрупкий, от бесцветного до белого. Тв. 7, прозрачный. Стекланный блеск. <i>Рентген:</i> α:4.30,4.09,3.80Å [20.7;21.7;33.4] β –4.12,4.37,3.86Å [21.5,20.3,23.0] <i>Микроскопия:</i> Бесцветный напоминает кристобалит. |
| Ранние аргиллиты , аргиллиты | | Встречается обычно с Q, Alu, S. Перекристаллизуется в кварц. | <i>Макроскопия:</i> Тонкие, зернистые октаэдрические кристаллы. Также твердые массивные. Сферолитовые, корковые и гроздевидные агрегаты. Белый до молочно-белого, зеленоватый. Тв. 6.5. Полупрозрачный до не прозрачного. <i>Рентген:</i> α : 4.05, 2.485, 2.841Å [21.9,36.1, 31.5]; β – 4.15, 2.53 Å [21.4,35.5] Пики могут быть широкими. <i>Микроскопия:</i> Образует бесцветные псевдогексагональные агрегаты, некоторые с искривленными изломами. R.I. и двупреломление <Q. Одноосный (-) или изометричный. |
| | Малоглубинные | Перекристаллизуется в | <i>Макроскопия:</i> Микроскопические волокна.Гроздевидные |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | эпитермальные золотые месторождения | кварц, но структура может быть сохранена. Q,Ka.Sm.I-Sm.Py. | агрегаты.белый. зеленоватый. Восковый блеск. Агат -полосчато окрашенный. <i>Рентген:</i> как для кварца. <i>Микроскопия:</i> от бесцветного до светло-коричневого. Обычно коломогфно-лучистый. Различные структуры. Часто флюорисцирует различными оттенками зеленого. |
| | Эпитермальные золотые месторождения. Штокверки в месторождениях порфирового типа. | Фактически со всеми. Агрегаты обычно связаны с золотом. Часто псевдоморфен по С, который также связан и с золотом. Есть псевдоморфозы по Ваг. Перекристаллизация из Chal диагностируется по остаткам волокнистой текстуры. | <i>Макроскопия:</i> Твердые, гексогональные кристаллы. Обычно белый до серого. Массивный, зернистый до криптокристаллического. Раковистый излом. Обычно бесцветный, но есть разности. Тв. 7. Белая черта. Стекланный блеск, иногда жирный или восковый. <i>Рентген:</i> 3.343, 4.26, 1.817Å [26.7, 20.9, 50.2]. <i>Микроскопия:</i> Напоминает полевые шпаты и цеолиты, но если другие свойства не очевидны, то может отличаться отсутствием спайности и изменений (хотя может иметь много включений). Тонкие хвосты включений, характерны для высокотемпературных жил («безрудный кварц»). Волнистое погасание или полоски Бема свидетельствуют о деформации |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|---|--|--|--|
| Полевые шпаты | | | | |
| 1 | Альбит (Ab) NaAlSi ₃ O ₈ | Обычен в измененных плагиоклазах, но не применяется в этом случае диагностическим признакам температура. Редко в жилах или замещает основную массу и Fe-Mg минералы. Альбит встречается на контактах метаморфических жил и очень редко в гидротермальных жилах. (48) | Высокий Na/H нейтральные Cl гидротермы (2). Обычно связан с зонами низкой проницаемости а по этому редок в жилах. | Обычно >200° C(1) Обычно 230-280° C, но редко 120° C в Бродланде, Н.З. (8) 230-250° C Вайракей, Н.З. (9) 150-250° C Япония (7) обычно > 230 °C (7) <280° C (2) > 170 ° C(4) > 100° C (15) > 50° C Филиппины (27) >180 Вайотапу, Н.З. где Ab/Or зависит от температуры (42) Может опускаться до 220 ° C, обычно > 300°С Исландия (58) Большей частью > 150° C Каверау, Н.З. (67) >280° C Филиппины (71) |
| 2 | Гналофан (Нул) (K,Na) (Al,Si) ₂ Si ₂ O ₈ | Замещение и жилы. Проницаемые зоны. (48) | Нейтральный pH. | 180-310° C Филиппины (48) |
| 3 | Адуляр (Ad) (K, Na)AlSi ₃ O ₈ | Обычен в измененных плагиоклазах, также в основной массе и в жилах (он является обычным полевым шпатом в гидротермальных жилах), особенно в зонах кипения. (41) Важный индикатор | Высокое содержание K, Si, почти нейтральный pH до щелочного. Связан с хорошо проницаемыми зонами, иногда в жилах. Обычно образуется на малых глубинах. | >180 ° C (2) 150-330° (10) > 230 (9), Вайракей, Н.З. (16) > 230 Япония (7) > 150 - но не сосуществует с Sm (1); обычно >220° C, но редко 75°С в Бродландс НЗ (8);>150°С (4);>90°С (15); 150-290°С Филиппины (27); |

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
| | | минерализации. | | >180°C –Вайтапу, НЗ, где Ab/Or зависит от температуры (42); >180-300°C Филиппины(48); >250°C Лос Азуфрес (57); >150°C Каверау, НЗ (67); >325° С Филиппины (71) |
| 4 | Ортоклаз (Or) KAlSi ₃ O ₈ | Изменение плагиоклаза, частично интрузий. Также в жилах. | Около нейтральные, иногда кислые обычно высокоминерализованные гидротермы | >367° С Филиппины (71) Более высокотемпературный, чем Ad |
| 5 | Плагиоклаз (Plag) NaAlSi ₃ O ₈ – CaAl ₂ Si ₂ O ₈ | | Почти нейтральный pH | >334° С Филиппины (71) |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------|--|---|---|
| Пропилиты | | Ad, Cc, Chl | <i>Макроскопия:</i> обычно массивный, полосчатый или зернистый. Обычно кристаллы пластинчатые. Тв. 6-6.5. Белый до бесцветного, иногда голубоватый, серый. Прозрачный до полупрозрачного. Белая черта. <i>Рентген:</i> 3.19, 3.78, 6.4 Å [28.0, 24.5, 13.8] <i>Микроскопия:</i> Бесцветный. Серовато-белый первый порядок интерференционной окраски. Альбитовое двойникование хорошо диагностируется. Двуосный (+). Состав может определяться оптическим методом или рентгеном: но отмечается, что разнообразие составов следствие зональности –обычное явление. |
| | Марганцевое м-е (Касо, префектура Точиги, Япония) | | <i>Макроскопия:</i> призматические кристаллы, также массивные. Тв. 6-6.5. Бесцветный, белый. <i>Рентген:</i> 3.24, 3.31, 3.00 Å [27.5, 26.9, 29.8] <i>Микроскопия:</i> Пока на Ad, но имеет несколько повышенный R.I., двупреломление и 2V. |
| | Встречается в некоторых эпитеpmильных золотых месторождениях, особенно там, где минерализация связана с кипением первичных гидротерм | Q, I, Cc, Py, Ah, редко Pyp, Dsp. В отсутствие Act, Vt. | <i>Макроскопия:</i> Обычно короткие, необразные призматические кристаллы. Умеренно твердые. Тв. 6-6.5. Бесцветный, белый. Серый, редко розоватый, желтый или зеленый. Жильный адуляр часто микроскопического размера, но может быть и крупнее. <i>Рентген:</i> очень похож на ортоклаз, но имеет незначительные отличия. 3.23, 3.78, 3.33 Å [27.6, 23.5, 26.8] <i>Микроскопия:</i> Бесцветные, ромбовидные кристаллы, можно спутать с кварцем. Адуляр имеет слегка пониженный рельеф и двупреломление по сравнению с кварцем. Двуосный (-) и может иметь различное двойникование. |
| Калиевые изменения | Встречаются в мес-ях порфирового типа, а не Ad | Vt, Mt. | <i>Макроскопия:</i> Кристаллы обычно короткие, пнеобразные, призматические. Обычно бесцветный, белый или розовый. Тв. 6-6.5 <i>Рентген:</i> 3.18, 4.02, 3.80 Å [28.1, 22.1, 23.4] <i>Микроскопически:</i> обычно более грубозернистый, чем адуляр, отсутствует секторное двойникование. |
| | | | <i>Макроскопия:</i> Изометричный до продолговатого. Бесцветный, белый. Тв. 6-6.5. <i>Рентген:</i> 4.03, 3.17-3.21, 2.92-2.95 Å [22.1, 28.1, 27.8. 30.6-30.3] <i>Микроскопия:</i> Бесцветный, низкое двупреломление. Полосчатое двупреломление, зональный. Состав может определяться оптически. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|--|--|
| Группа эпидота и пумпеллита (аналогичная структура) | | | | |
| 1 | Клиноцоизит (Clz), Цоизит (Zoi) Ca ₂ Al ₃ SiO ₁₂ OH | Пожоже на эпидот. Но более обычен на контактах или в региональных метомарфитах, скарнах | Нейтральный pH, значительные соединения Са. | >240°C Филиппины (48); >273°C Филиппины (71); >267°C Филиппины (71); |
| 2 | Тавмавит (Taw) Ca ₂ (Cr,Fe,Al) ₂ Si ₃ O ₁₂ (OH) | Наблюдается в некоторых высоко-Т жилах. Более обычен на контактах метаморфитов. | | Высокие температуры(1) > 234°C Филиппины (71) |
| 3 | Алланит (All) (Ca,REE) ₂ FeAl ₂ Si ₃ O ₁₂ (OH) | Наблюдается в некоторых высоко-Т жилах. Более обычен на контактах метаморфитов. | | Высокие температуры(1) > 287°C Филиппины (7) |
| 4 | Эпидот (Ep) Ca ₂ FeAl ₂ Si ₃ O ₁₂ (OH) | Встречается при замещении плагиоклаза, Fe, Mg минералов, кальцита, ангидрита, редко магнетита и титанита. Встречается в основной массе, а также в жилах и породах. Ретроградит до лейкоксена, хлорита, кальцита. Индикаты нижних горизонтов (верхний температурный предел) эпитеермальные зоны. | Нейтральный pH, Cl – умеренных до высоких содержаний. Низкое \ умеренное содержание CO ₂ , высокое содержание Si, умеренное fO ₂ (2) | >240°C При замещениях, >270°C в жилах (1) 200-300°C в иде коричневых зерен (2) 230-250°C – в основной массе (2); ~260°C при замещении Plag, Fe, Mg мин-в (2); 260-280°C в жилах, породах (2); >235°C Вайракей, НЗ (16) >260°C Бродлайде, НЗ (8) >250°C Таухара, НЗ (8) и Исландия (11) 120-130+°C Исландия (8); >290°C Солтан Си (13); >255°C (7), Черро Присто (14) >260°C Исландия (7) >240°C (4); 230-325°C + (5) 230-350°C + Черро Присто (10) 200°C до > 340°C: некоторые подтипы (48) >140°C Филиппины (22); >220°C; редко до 100°C, Филиппины (27); >250°C Нгатамарики, НЗ (35), (17); >190°C но в основном >255°C Сульфур Спрингс (34); Вплоть до 200°C, но обычно >260°C Исландия (58); >170°C обычно >210°C Лос Азуффрес (57); >250°C Кавероу, НЗ (67) >250°C Филиппины (71) |
| 5 | Пумпеллит (Pump) Ca ₂ (MgFe)(AlFe) ₃ Si ₆ O ₂ (OH) ₃ 2H ₂ O | Встречается при замещении плагиоклаза, Fe, Mg минералов и основной массы, также в жилах. Свидетельствует о плохой проницаемости (48). Обычный метаморфический минерал. | Особенно вмещающих средах. Обычен в спилитах | ~ 270°C + (27) ~ 200°C Эль Татио (27) ~200-310°C Филиппины (48) |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|-----------------|-----------------|--|
| Рентгеноскопический метод не очень чувствителен к минералам группы эпидота | | | |
| Пропилиты | | Ep, Tt, Chl, Cc | <i>Макроскопия:</i> Призматические или ребристые кристаллы или массивные, зернисты. Тв. 6.5. Бесцветный, светло-зеленый/ желтый. <i>Ренген:</i> Clz: 2.89, 2.79; 2.59 Å[30.9, 32.1, 34.6]; Zoi: 2.69, 2.87, 4.03 Å[33.3, 31.2, 22.1] <i>Микроскопия:</i> Бесцветный. Может напоминать Ep, но двупреломление Clz ниже, а Zoi часто имеет анамальную голубую / желтую окраску. Zoi имеет прямое погасание, в то время как Clz имеет после погасание. |
| | | Vt, Q, Ap | <i>Макроскопия:</i> Физические свойства сходны с эпидотом. <i>Микроскопия:</i> Плоские кристаллы имеют высокий рельеф и плеохроируют в коричневом цвете. Может напоминать роговую обманку. |
| Пропилиты | | | <i>Макроскопия:</i> Черный до коричневого. Тв. 5.5. Таблитчатый, игольчатый. Смольстый блеск. <i>Ренген:</i> Метамист: 2.96, 3.50 Å[30.2, 25.4]. Без метамист (не радиотивный): 2.91, 2.92Å [30.7, 30.6]. <i>Микроскопия:</i> Темнокоричневый, плеохроирует. Простое двойникование. Часто содержит радиотивные элементы (метамиктовые). |
| Пропилиты, | Эпидот обычно в | Chl, I, Q, Cc, | <i>Макроскопия:</i> Призматические, короткие или длинные кристаллы. Также толстые |

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>может быть также частью минералов калиевых минералов</p> | <p>метаморфических породах и скарнах. Это может быть периферия высоко-Т окраин эпитептермальных месторождений связанных с порфирами.</p> | <p>Ah, Ad Не должен встречаться сZoi или Clg, но иногда бывает. Могут встречаться Ep-Chl-Q комплекс в мало проницаемых породах (пропилитах), Cl-Q в жилах (филлиты), но могут указывать на усиленный метаморфизм (пониженный рН в окружающих породах. Ep может встречаться с Qt в породах с калиевыми минералами.</p> | <p>пластинки или игольчатый. Обычно массивный. Также волокнистый. Обычно желтовато-зеленый до коричневатого-зеленого, редко бесцветный. Прозрачный до непрозрачного. Тв. 6-7. Стекланный → перламутровый, смолистый блеск. Черта бесцветная или сероватая. <i>Рентген:</i> 2.90, 2.68, 269 Å [30.8, 33.4., 33.3]. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный до светложелтого, кристаллы с высоким рельефом, плеохроирует. Цве может быть распределен не равномерно. Верхний первый порядок до середины второго порядка цвета интерференции, хотя двупреломление показывает различные пятнистые эффекты. Может также напоминать оливин, но их ассоциации с минералами различаются. Цоизит образует призматические, умеренно твердые, зеленовато-серые до белых коисталлы, которые ркбристые и имеют прямое погасание. Клиноцоизит имеет более низкое двупреломление, чем эпидот. Морфология может быть использована в качестве геотермометра (68).</p> |
| | <p>Chl, Ep, Wai, Ab, Pre.</p> | | <p><i>Макроскопия:</i> волокнистые, плоские кристаллы. Умеренно твердые. Зеленый, голубовато-зеленый. Тв. 6. Полупрозрачный. <i>Рентген:</i> 2.90, 3.79, 2.74 Å [30.8, 23.4, 32.7]. <i>Микроскопия:</i> Бесцветный Темнозеленый. Может напоминать Chl, если тонкозернистый, но более плеохроирует. Высокое двупреломление. Двусный (+), редко (-).</p> |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------------|---|---|---|--|
| <p>Д Р У Г И Е СИЛИКАТЫ</p> | | | | |
| 1 | <p>Пренит (Pre) $Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2$</p> | <p>Замещает плагиоклаз, Fe-Mg минералы, основную массу, в жилах</p> | <p>В основном в базитовых вулканитах, карбонатных осадках (5). Низкая проницаемость (27, 48). А также встречается в региональных и контактовых метаморфмтах</p> | <p>~ 210- 300°C (1); > 200°C – Варакей, Новая Зеландия (16); > 250°C – Исландия, Лос Азуфрес (7, 57); 250-350°C; в основном > 300°C (5); 290-330°C – Черро Прието (10); > 215°C – Исландия (11); > 260°C – Филиппины (27); 240-310°C – Филиппины (48); > 220°C – Нгатамарики, Новая Зеландия (35); 250-300°C⁺ - каверау, Новая Зеландия (67).</p> |
| 2 | <p>Амфибол (Amph) Актинолит-тремолит (Act-Trm) $Ca_2(MgFe)_3Si_8O_{22}(OH,F)_2$ Гедрит (Ged) Алюминивый</p> | <p>Замещение компонентов первичных пород(особенно Fe-Mg минералов). В жилах и порах. Гидротермальные или контактовые метаморфиты. Может быть вторичным. Гедрит</p> | <p>Нейтральный рН, умеренное до высокого содержание Cl гидротермах. Обычен в непроницаемых породах</p> | <p>> 300°C (1); > 280°C (7) – Филиппины (48), Исландия (2, 58); > 250-300°C; обычно более 300°C (5); > 300°C (4,17); > 250°C; редко 120°C – Филиппины (27); > 340°C – Солтон Си (32); 220-250°C – гедрит в Лос Азуфрес (57).</p> |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | антофиллит (Anth) (MgFeAl) ₇ (SiAl) ₈ O ₂₂ (OH) ₂ | обычно метаморфический | | |
| 3 | Пектолит (Pect) NaCa ₂ Si ₃ O ₈ (OH) | В полостях | | > 130-140°C – Йеллоустоун (7); > 287°C – Филиппины (71); > 353°C – Филиппины (71). |
| 4 | Волластонит (Wo) CaSiO ₃ | Жилы, скарны. Но чаще является метаморфическим минералом | Высокое содержание Ca | > 300°C – Исландия (11, 58); 200-340°C – Исландия (5); ~ 300°C – Филиппины (27); > 340°C – Филиппины (71). |
| 5 | Рейерит (Rey) | Жилы и поры: вторичный и гидротермальный | | < 200°C – Исландия (58). |
| 6 | Гиролит (Gyr) Ca ₂ Si ₃ O ₇ (OH) ₂ H ₂ O | Жилы и поры | Высокое содержание Ca | < 200°C – Исландия (58). |
| 7 | Гранат (Ga) Ca ₃ Al ₂ Si ₃ -n O ₁₂ - _{4n} (OH) обычно андрадит или гроссуляр в гидротермальных условиях | Замещает компоненты вторичных пород и кальцит, ангидрит, эпидот. В жилах. Замещает биотит? (32) Обычен в метаморфитах и скарнах. | Нейтральный pH умеренно или высокохлоридные гидротермы с умеренным или низким содержанием CO ₂ | > 280°C – Исландия (11); >~ 290°C (1, 17); > 270°C (4) – гидрогранат, ~ 215°C – Таухара, Новая Зеландия (28); > 260°C, редко 180°C – Филиппины (27); > 273°C – Филиппины (71); > 300°C – Филиппины (27), Гавайи (5); > 360°C – Солтон Си (андрадит) (32). |
| 8 | Клинопироксен (Cpx)/ Диопсид-авгит (Diop-Aug) Ca(MgFe)Si ₂ O ₆ | Замещает плагиоклаз, Fe-Mg минералы, редко в жилах, скарнах (вероятно представлен геденбергитом в скарнах). Наиболее вероятно первичный | | > 300°C(5) – Лардерелло (11). 250-260°C – Лос Азуфрес (57); > 353°C – Филиппины (71). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|--|--|--|
| ДРУГИЕ СИЛИКАТЫ | | | |
| пропилиты | | Chl, Ah, Ep, Wai, Act, Pump | <i>Макроскопия:</i> обычно плотные зернистые массы или гроздьевидные формы со столбчатой, радиальной структурой. Цвет т светло-зеленого до темно-зеленого, желтый, серый или бесцветный. Тв. 6 – 6.5. Прозрачный до полупрозрачного. Блеск перламутровый. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 3.08, 2.55, 3.48Å [29.0, 35/2, 25.6]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный/слабо окрашен. Рельеф высокий. Сильное двулучепреломление (низкое до повышенного второго порядка интерференционная окраска). Могут быть радиальные агрегаты. Напоминает иллит, если тонко зернистый. Иногда показывает характерное «bow-tie» двойникование. |
| Высоко температурные пропилиты. Смешанные калиево-пропилитовые изменения | Встречается в минерализации порфиривого типа | Bt, Mt, Ep, Tlc, Cord, переходы в Chl, Lx/Tt | <i>Макроскопия:</i> Кристаллы амфибола – это хорошо сформированные трапедциоды. Бесцветный, темно-зеленый до черного. Хрупкий. Тв. 5 – 5.5. Прозрачный до полупрозрачного. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 8.5, 3.1Å [10.4, 28.8], главные пики. <i>Микроскопия:</i> плеохроизм от бесцветного до темно-зеленого. Кристаллы обычно в виде иголок, но могут быть волокнистыми, когда они имеют «дымчатый» облик. Могут напоминать турмалин, но обычно меньше плеохроируют. |
| | | цеолиты | <i>Макроскопия:</i> иглоподобные кристаллы. Тв. 4.5 – 5.0. Бесцветный, белый. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 2.921, 3.10, 3.90Å [30.6, 28.8, 22.8]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Похож на волластонит, но более высокое двулучепреломление. |
| скарны | | Mt, Bt, Act, Ah, Cc | <i>Макроскопия:</i> массивный, зернистый. Массивный, волокнистый, легко раскалывается. Цвет белый до сероватого, бесцветный. Тв. 4.5 – 5. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 2.97, 3.83, 3.52Å [30.1, 23.2, 25.3]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный до мутного. Напоминает амфиболы, но спайность другая. Верхний первый порядок интерференционного окрашивания. Иногда флюорисцирует в ультрафиолетовом свете. |
| | | Chl | <i>Макроскопия:</i> массивные, слюдяные, сферические агрегаты. Тв. 3 – 4. <i>Рентген:</i> 3.17, 2.855, 2.659Å [28.1, 21.3, 33.7] <i>Микроскопия:</i> белый, уменьшенный R.I., низкое двулучепреломление. |
| | | App | <i>Макроскопия:</i> массивная, полосчатая, радиальная агрегаты. <i>Рентген:</i> 22.3, 3.12, 11.0Å [4.0, 28.6, 8.0]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Низкие R.I. и двулучепреломление |
| Высоко температурные пропилиты, скарны | Скарны | Ah, Ep, Cc, Wai, Q, Bt, Act | <i>Макроскопия:</i> плотные, додекаэдрические или трапедциодные кристаллы. Также массивные, плотные агрегаты. Цвет красный, коричневый, коричнево-черный. Тв. 7. Блеск стеклянный. Черта белая. <i>Рентген:</i> разный, в зависимости от состава. <i>Микроскопия:</i> высокий рельеф, изотропные кристаллы. Кальциевые разности могут быть анизотропными. Часто сильно зональный. Может напоминать шпинель. |
| Скарны | | Ga, Wo, Ep, Cc, Q, Py, Mt. | <i>Макроскопия:</i> прочные, призматические кристаллы. Массивный. Цвет коричневый, зеленоватый. Тв. 5.5 – 6. Блеск стеклянный. Черта серо-зеленая. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <i>Рентген:</i> разные в зависимости от состава. Diop: 2.99, 2.52, 2.89Å [29.9, 35.6, 30.9]. <i>Микроскопия:</i> высокие рельеф и двулучепреломление. Две спайности под прямыми углами. |
|--|--|--|--|

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|--|--|---|
| 9 | Эгирип (Aeg) NaFeSi ₂ O ₆ клинопироксен | Встречается в виде замещений первичных минералов | В метасоматически измененных вмещающих породах, а также в ассоциации с карбонатами и щелочными интрузиями. Встречается как аутигенный минерал в Грин Риве ФМ | <u>Обычно высоко температурный (1)</u> > 130-160°C (7), Йеллоустоун: но, по-видимому, ошибочные данные. 300-400°C для фентов (сложен щелочным полевым шпатом с эгирином). |
| 10 | Родонит (Rd) MnSiO ₃ (пироксен) | Встречается в жильной брекчии, но редко гидротермальный | | > 260°C, ? Мексико (46); > 290°C (52). |
| 11 | Цеофиллит (Zpy) Ca ₄ (Si ₃ O ₇)(OH) ₄ F ₂ | Вторичный или гидротермальный (?). | В базальтах | < 200°C – Исландия (58). |
| 12 | Турмалин (Tour) Na(MgFeMnLiAl) ₃ Al ₆ Si ₆ B ₃ O ₂₇ (OH,F) ₄ | В основной массе и жилах, особенно в грейзенах и пегматитах | Обычно низкий pH в зависимости от ассоциации. Указывает на присутствие в гидротермах В и F, возможно магматического или реликтового происхождения. | <u>Обычны высокие температуры (1)</u> ; >~250°C (27); > 370°C – Лардерелло, хотя дравит (богатый Mg минерал из гр. турмалина) может быть > 250°C (51); 200-290°C – Филиппины (48); > 220°C – Филиппины (71). |
| 13 | Топаз (Tz) Al ₂ SiO ₄ (F ₂ OH) ₂ | Наиболее обычен в грейзенах. Замещение и в жилах. | Si-F- богатые гидротермы, могут быть магматическими и/или кислыми | > 280° Филиппины (48); ~ 270-300°C – Филиппины (27); > 300°C – Филиппины (71). |
| 14 | Датолит (Dat) CaBSiO ₄ (OH) | Жилы. Замещение поздних стадий данбурита в скарнах | Бор содержащие гидротермы. Могут быть магматическими. | ~ 250°C – Лардерелло (20); 200-350°C – Лардерелло (51). |
| 15 | Титанит (Tt) CaTiSiO ₅ , также известен как Сфен | Обычно в основной массе и в измененных Fe-Mg минералах. Менее обычен в жилах. | Может указывать на низкую проницаемость, если он встречается вместе с эпидотом. | > 100°C; обычно > 200°C (27); 180-350°C ⁺ - Черро Прието (10); > 130°C(15); > 200°C – Филиппины (48); >~150°C (5) – Черро прието; > 200°C – титанит; > 150°C – анатаз, но обычно > 200°C – Лос Азуфрес (57), может быть неправильно?; > 200°C- Филиппины (71). |
| 16 | Зунит (Zn) Al ₃ Si ₅ O ₂₀ (OH,F) ₁₈ Cl | Замещение (особенно полевых шпатов) и в жилах | Кислые гидротермы | 240-280°C – Филиппины (48); > 250°C – Филиппины (71). |
| 17 | Аксинит (Ax) Ca ₂ (Fe,Mn)Al ₂ (BO ₃)(Si ₄ O ₁₂)(OH) | Редко гидротермальный, чаще в грейзенах. Редко встречается в скарнах, но более обычен в роговиках, окружающих скарны или в полости эндоскарнов | Бор содержащие гидротермы. Возможно магматические | 220-300°C – Мексика (47); 410-490°C – Канада (84). |
| 18 | Думортиерит (Du) Al ₈ BSi ₃ O ₁₉ (OH) | Минерал замещения. Редко в пегматитах. | Низкие pH бороносные гидротермы. Возможно магматические | ~ 250°C – Филиппины (72). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--|------------------------------------|---|
| | | Q, Sm, Anl (?), Ab, натриевый Amph | <i>Макроскопия:</i> призматические кристаллы. Цвет темно-зеленый. Блеск стеклянный. Черта желтовато-серая. <i>Рентген:</i> 2.90, 6.37, 4.42Å [30.8, 13.9, 20.1]. <i>Микроскопия:</i> плеохроизм бесцветный-зеленый. Высокий рельеф. Высокое двулучепреломление. Две спайности под прямым углом. |
| | Mn содержащие рудные тела, а также возможно в Au месторождениях. | Chl, Ad, Cc, сульфиды | <i>Макроскопия:</i> массивный, колется. Тв. 5.5 – 6.5. Цвет розовый. <i>Рентген:</i> 2.772, 2.980, 2, 924Å [32.3, 30.0, 30.6]. <i>Микроскопия:</i> плеохроизм бесцветный-зеленый. Высокий рельеф. Высокое двулучепреломление. Розовый с черными пятнами. |
| | | App, цеолиты | <i>Макроскопия:</i> плоские кристаллы с непрозрачными концами. Цвет белый. Тв. 3. <i>Рентген:</i> 12.0, 3.03, 6.09Å [7.4, 29.5, 14.5]. <i>Микроскопия:</i> умеренный рельеф. Низкое двулучепреломление. |
| | Грейзены | Vt, Act, Mt, Ep, Q. | <i>Макроскопия:</i> короткие и длинные призматические кристаллы. Продолговатые, а также игольчатые. Тв. 7. Цвет черный, коричневый, зеленоватый, розовый. Полупрозрачный до непрозрачного. Черта бесцветная. <i>Микроскопия:</i> сильно плеохроизирующие от зеленого до коричневого цветов кристаллы. Самое сильное поглощение перпендикулярно к нижнему поляризатору микроскопа. Обычно псевдотреугольный X-секциях. Часто зональный. |

| | | | |
|---------------------|---|-----------------------|--|
| | Высокотемпературные кварцевые жилы | Q, Ser | <i>Микроскопия:</i> пнеобазные призматические кристаллы. Бесцветный или разнообразно окрашенный. Прозрачный до полупрозрачного. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> разный в зависимости от состава. 2.937, 3.195, 3.693Å [30.5, 27.9, 24.1]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Высокий рельеф, слабо двулучепреломление. Очень похож на кварц, но больший R.I. |
| Скарны | | Tour, Dan. | <i>Макроскопия:</i> короткие призматические кристаллы. Тв. 5 – 5.5. <i>Рентген:</i> 3.114, 2.855, 2.189Å [28.7, 31.3, 41.2]. <i>Микроскопия:</i> Может напоминать пренит и оливин. Умеренный рельеф. |
| | | Mt, Ep | <i>Макроскопия:</i> твердый. Клиновидные кристаллы, когда первичный. Ангдральные гидротермальные кристаллы. Цвет коричневый, черный, разнообразно окрашенный. Тв. 5 – 5.5. Черта белая. <i>Рентген:</i> 3.233, 2.989, 2.595Å [27.6, 29.9, 34.6]. <i>Микроскопия:</i> очень высокий рельеф. Обычны мелкие коричневые кристаллы. Может теряться среди лейкоксена. Похож на Rt. Двулучепреломление высокое, и обычно неясное. |
| Ранняя аргиллизация | Рассеянный в измененных порфирах. Хай-сульфидейшн | Pyp, Dsp. | <i>Макроскопия:</i> мельчайшие эвгдральные кристаллы. Тв. 7. Цвет бесцветный, сероватый. <i>Рентген:</i> 8.07, 4.21, 2.68Å [11.0, 21.1, 33.4]. <i>Микроскопия:</i> изотропный. R.I.- умеренный. |
| | | Cc, Q, Pre, Zoi, Act. | <i>Макроскопия:</i> обычно таблитчатый, клиновидный, пластинчатый. Тв. 6.5 – 7.0. Цвет фиолетово-коричневый. Черта бесцветная. Напоминает аметист. <i>Рентген:</i> 2.81, 3.16, 3.46Å [31.8, 28.2, 25.7]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный до лавандового. Слабый плеохроизм. Рельеф умеренный. Первый порядок желтого/серого до оранжевого цветов интерференционного окрашивания. |
| Ранняя аргиллизация | | Dic, Dsp. | <i>Макроскопия:</i> Цвет голубой, розовый, коричневый. Массивный. Столбчатый или волокнистый. Тв. 8.5. <i>Рентген:</i> 2.549, 5.89, 5.09Å [35.2, 15.0, 17.4]. <i>Микроскопия:</i> различные фиолетовые оттенки и плеохроизм. Середина первого до второго порядка интерференционных цветов. Двусный (-). Вытянутые кристаллы. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|--|-----------------------------------|--|
| 19 | Данбурит (Dan) CaB ₂ (SiO ₄) ₂ | В скарнах. Позднее граната, раньше эпидота | Индикатор бороносных гидротерм. | |
| 20 | Илваит (Ilv) CaFe ₃ Si ₂ O ₈ (OH) | В основном метасоматический минерал | | > 350°C – Филиппины (72). |
| 21 | Андалузит (And) Al ₂ SiO ₅ | Редко гидротермальный (замещается Pyp): чаще метаморфический. В жилах и как минерал замещения. | Глиноземистые породы, т.е. сланцы | 240-320°C – Филиппины (48). Обычно блее высокотемпературный. > 325°C – Филиппины (71); > 320°C (83). |
| 22 | Апофиллит (App) | В гидротермальных жилах и полостях; также в скарнах | | > 150°C (1). |
| 23 | Везувинит (Ves) Ca ₁₀ (MgFe) ₂ Al ₄ Si ₉ O ₃₄ (OH) ₄ (Идокраз) | Как минерал замещения и жильный минерал в скарнах | | Высокие температуры (1). |
| 24 | Хризокolla (Crys) Cu ₂ H ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ | Супергенный | Окисление, вероятно низкий pH | Низкие температуры (1). |
| 25 | Гемиморфит (Hem) Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ H ₂ O | Супергенный. As-веерообразные агрегаты | Окисление, вероятно низкий pH | Низкие температуры (1). |
| 26 | Диоптаз (Dpt) CuSiO ₂ (OH) ₂ | супергенный | Окисление, вероятно низкий pH | Низкие температуры (1) |
| 27 | Мервинит (Mer) Ca ₃ MgSi ₂ O ₈ | Магнезиальные скарны, зоны контактов | | > 340°C – Филиппины (71). |
| 28 | Хондродит (Chn) Mg ₅ Si ₂ O ₈ (F,OH) ₂ | Магнезиальные скарны | | > 340°C – Филиппины (71). |
| 29 | Монтчеллит (Mon) MgCaSiO ₄ | Магнезиальные скарны | | >340°C – Филиппины (71). |
| 30 | Форстерит (Fo) Mg ₂ SiO ₄ (гр. оливина) | Магнезиальные скарны, а также первичный минерал в мафических породах | | > 360°C Филиппины (71). |
| 31 | Клинотонит (Cln) Ca(Mg,Al) ₃ (Al ₃ Si) ₁₀ (OH) ₂ | (гидратные), скарны | | Высокие температуры (72). |
| 32 | Ставролит (Stav) Fe ₂ Al ₉ Si ₄ O ₂₂ (OH) ₂ | Контактные метаморфиты | | > 400°C – Филиппины (71). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | 6 | 7 | 7 |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---------------------|--|--------------------------------------|--|
| скарны | Скарновые месторождения | Dat | <i>Макроскопия:</i> призматический, бесцветный до окрашенного. Похож на топаз. <i>Рентген:</i> 3.564, 2.654, 2.961Å [25.0, 33.8, 30.2] <i>Микроскопия:</i> бесцветный, низкое двулучепреломление, умеренный рельеф, может напоминать Ksp. |
| | Железо, цинк медные месторождения | | <i>Макроскопия:</i> кристаллы алмазной формы. Черный. Тв. 5-6. <i>Рентген:</i> 2.709, 2.839, 7.28Å [33.1, 31.5, 12.1]. |
| Ранняя аргиллизация | | Силлиманит, кианит, Cnd, Crd | <i>Макроскопия:</i> призматические кристаллы, а также массивный. Тв. 6.5 – 7.0. Беловато-коричневый. Черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 5.54, 4.53, 2.77Å [16.0, 19.6, 32.3]. <i>Микроскопия:</i> плеохроирует, иногда бесцветный. Умеренный-высокий рельеф. Двусный (-). |
| скарны | Низкотемпературные сульфидные рудные месторождения | Cc, Pre, Dat, Pect, Py, Cpy, цеолиты | <i>Макроскопия:</i> псевдокубический. Тв. 4.5 – 5.0. Бесцветный, серый. <i>Рентген:</i> 3.943, 2.976, 1.578Å [22.5, 30.0, 58.5]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, одноосный (+), аномальные цвета интерференции. |
| скарны | | Ga, Ep, Wo, Cc | <i>Макроскопия:</i> короткие, призматические кристаллы. Разнообразно окрашенный. Черта белая. <i>Рентген:</i> 2.752, 2.593, 1.621Å [32.5, 34.6, 56.8]. <i>Микроскопия:</i> похож на апатит, но рельеф выше. Может иметь аномальные (коричневый, голубой) цвета интерференции. |
| | Полиметаллические месторождения | Mal, Az | <i>Макроскопия:</i> Игольчатые, радиальные агрегаты. Мгкий. Оттенки голубовато-зеленого цвета. <i>Рентген:</i> обычно аморфный; 1.494, 2.92Å [62.1, 30.6]. <i>Микроскопия:</i> умеренный рельеф, высокое двулучепреломление. |
| | Полиметаллические месторождения | | <i>Макроскопия:</i> тонкие таблитчатые кристаллы. Белый. Бесцветный. Тв. 4. <i>Рентген:</i> 3.104, 6.60, 3.288Å [28.8, 13.4, 27.1]. |
| | Полиметаллические месторождения | | <i>Макроскопия:</i> цвет яркий зеленый. Хрупкие кристаллы. Тв. 5. черта зеленовато-голубая. <i>Рентген:</i> 2.60, 7.28, 2.12Å [34.5, 12.1, 42.7]. <i>Микроскопия:</i> умеренный до высокого рельеф. Очень высокое двулучепреломление. Одноосный. |
| скарны | Скарновые месторождения (обычно в известняковых карьерах). | Спуррит, геленит, ларнит, монтчеллит | <i>Макроскопия:</i> бесцветный до светло-зеленого. Тв. 6. <i>Рентген:</i> 2.672, 2.749, 2.213Å [33.6, 32.5, 40.8]. <i>Микроскопия:</i> округлые, бугорчатые зерна с полисинтетическим двойникованием. Высокий R.I. |
| скарны | Скарновые месторождения | | <i>Макроскопия:</i> габитус изменяется. Тв. 6.5. цвет желтый, коричневый. Блеск стеклянный. Прозрачный. <i>Рентген:</i> 2.9726 2.252, 1.737Å [39.7, 40.0, 51.7]. <i>Микроскопия:</i> желтовато-коричневый, пластинчатое двойникование. |
| скарны | Скарновые месторождения | | <i>Макроскопия:</i> бесцветный, серый, зеленый. Тв. 5.5. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 2.666, 3.637, 2.586Å [33.6, 24.5, 34.7]. <i>Микроскопия:</i> умеренный рельеф, низкое – умеренное двулучепреломление, орторомбический. |
| скарны | Скарновые месторождения | | <i>Макроскопия:</i> массивный, зернистый. Цвет зеленый, лимонно-желтый. Тв. 7. Прозрачный. Быстро изменяется в глину. <i>Рентген:</i> 2.458, 3.883, 2.512Å [36.5, 22.9, 35.7]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный до светло-оливково-зеленого. Высокий рельеф. Умеренное двулучепреломление. Двусный. Вкрапленники округлые или корродированные. |
| скарны | Скарновые месторождения | | <i>Макроскопия:</i> псевдогексагональные, листовые кристаллы. Бесцветный, красноватый. Тв. 3.5. <i>Рентген:</i> 9.68, 2.56, 3.21, 2.11Å [9.13, 35.05, 27.08, 42.9]. <i>Микроскопия:</i> таблитчатый, слабо окрашенный. |
| | | | <i>Макроскопия:</i> призматические кристаллы. Тв. 7 – 7.5. Цвет темный, коричнево-красный. <i>Рентген:</i> 3.012, 2.693, 2.372Å [29.6, 33.3, 37.9]. <i>Микроскопия:</i> цвет бесцветный до темно-коричневого. Плеохроирует. Может встречаться с двойниковыми крестами. Двусный (+). |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--|---|--|--|
| КА БОНАТЫ | | | | |
| 1 | Кальцит (Cc) CaCO ₃ | Замещает плагиоклаз, минералы, основную массу, актинолит, вторичный биотит, ангидрит. В жилах и пустотах. Наросты в скважине (37) | Fe-Mg Высокое содержание CO ₂ , нейтральный pH → слабо кислые. Пластинчатые кристаллы диагностируют зону кипения при t= 160°C. в проницаемых зонах Cc имеет ретроградную растворимость | Окружающая среда - 300°C (1); Окружающая среда - 350°C (10); > 60°C (15); > окружающие условия. Филиппины (27). |
| 2 | Арагонит (Ara) CaCO ₃ | Жилы, наросты на трубопроводах с высокими расходами (37, 48). Также в органогенных известняках. | Большие скорости потока, хорошо проницаемые зоны (27). Mg- термы. Зоны | Низкие температуры (1); < 50°C (61). |

| | | | | |
|----|---|---|---|--|
| | | | окисления. | |
| 3 | Доломит (Dol) $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ | Изменение плагиоклазов, Fe-Mg минералов и основной массы. В жилах и порых. Может замещать кальцит. В жильных гидротермальных месторождениях. | Нейтральный pH (2), Mg-метеорные гидротермы (27, 48). Свидетельствуют о плохой проницаемости, если устойчив к высоким температурам. | Обычно < 200°C; редко > 250°C (2). < 210°C – Черро Прието (7); < 200°C – Черро Прието (10); < 180°C – Филиппины (4, 48); < 160-180°C (18); 60-160°C, 280°C в известняках (27); < 120-170°C – Лос Азуфрес (57). |
| 4 | Анкерит (Ank) $\text{Ca}(\text{FeMgMn})(\text{CO}_3)_2$ | Изменение по плагиоклазу, Fe-Mg минералам и основной массе. В жилах и порых | Нейтральный pH → слабо кислые условия. Могут быть окислительные условия. Обычен для последней стадии наложения. Приток метеорных вод (48,50). | > 120°C – Солтон Си, США (7); < 170°C (1): может быть выше; ~140°C – Филиппины (27); 350°C – Бралорн, Канада (70). |
| 5 | Сидерит (Sid) FeCO_3 | Изменения по плагиоклазу, Fe-Mg минералам и основной массе. Жилы и поры. Последняя стадия наложения. В региональных метаморфических жилах, редко в отложениях скважин (48). | Нейтральный pH → слабо кислые, могут быть условия окисления. Обычно в позднюю стадию наложения. Обычно анкерит и сидерит связаны с притоком низкотемпературных вторичных гидротерм. | < 170°C (1) – гидротермальный, но может быть выше; 37-130°C – Бродландс, Новая Зеландия (8); < 135°C – Солтон Си (13); ~ 400°C – Олимпик Дам (63); до 375°C (66). |
| 6 | Тешемахерит (Tsch) NH_4HCO_3 | Встречается в отложениях скважин и осадках. | Требует высокого содержания газов. | < 60°C – Филиппины (27); во вмещающих породах Бродландс в Новой Зеландии (27). |
| 7 | Кутнахорит (Kut) $(\text{CaMnMgFe})\text{CO}_3$ | Изменения по плагиоклазу, Fe-Mg минералам и основной массе. В жилах и порых. | Нейтральный pH → слабо кислые. Обычен в последней стадии наложения. | Вероятно похож на Dol, Sid; но может быть температура выше. |
| 8 | Родохрозит (Rch) MnCO_3 | Изменения по плагиоклазу, Fe-Mg минералам и основной массе. В жилах и порых. Обычно в поздней стадии наложения. Редко в отложениях горячих источников из хлоридных нейтральных гидротерм (48) | Нейтральный pH, слабо кислые среды. Приток метеорных вод (50). Прогрессивная растворимость (85). | Вероятно похож на Dol, Sid, но может быть выше. |
| 9 | Малахит (Mal) $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ | В инкрустациях и в полостях трещин. | В условиях окисления. pH обычно малый. | Низкие температуры (1). |
| 10 | Азурит (Az) $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ | В инкрустациях и в полостях трещин. | В условиях окисления. Обычно pH низкий. | Низкие температуры (1). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|--|
| КАРБОНАТЫ | | | |
| Аргиллиты, пропилиты, скарны мезотермальные ловия | Возможно в поздние стадии эпитеермальных Au месторождений. Зоны наложения и кипения. Эмпирическая корреляция с Au в эпитеермальных месторождениях | Все за исключением Au, Dic, Dsp, Pур. Изменяется в Ep, Act, Ah и замещается Q в эпитеермальных жилах. | <i>Макроскопия:</i> габитус различных. Белые или бесцветные ромбические кристаллы. Тв. 3. прозрачный до полупрозрачного. Блеск перламутровый, стеклянный. Черта светло-серая. <i>Рентген:</i> 3.035, 2.29Å [29.4, 39.4], Mg-Сс: 2.95-2.99Å [30.3 –29.9]. <i>Микроскопия:</i> напоминает другие карбонаты, но менее |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | | | окрашен и редко ромбовидный. Высокое двулучепреломление. Часто флюорисцирует и фосфоресцирует в ультрафиолетовых лучах. В некоторых случаях необходим рентген. |
| | | Cc | <i>Макроскопия:</i> игольчатые, шестигранные, долоитообразные кристаллы. Разнообразная окраска. Блеск стеклянный. Тв. 3.5. <i>Рентген:</i> 3.396, 1.977, 3.273Å [26.2, 45.9, 27.2]. <i>Микроскопия:</i> похож на Cc. Обычны ромбы. Фосфоресцирует зеленоватым цветом. |
| Пропилиты, аргиллиты, мезотермальные условия. | | Cc, Q, Sm, Hm, Ah. Жильный минерал в гидротермальных рудных жилах. | <i>Макроскопия:</i> ромбоэдральные с кривыми гранями кристаллы. Массивный, редко волокнистый. Тв. 3.5 – 4.0. Бесцветный, белый, зеленоватый. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 2.883, 1.785, 2.19Å [31.0, 51.2, 41.2]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный до мутновато-серого. Цвета интерференции белый высокого порядка, зерна мерцают при повороте столика. Одноосный (-). Высокий рельеф. Более эвгедральный, чем Cc, что затрудняет их различение. |
| Пропилиты, аргиллиты, мезотермальный | Поздняя стадия эпитеpmальных процессов, особенно там где гидротермы смешанные. | Другие карбонаты, особенно Sid, Dol. | <i>Макроскопия:</i> мелкие, простые ромбоэдры, массивные до землистых агрегаты. Цвет белый, серый, коричневый. Тв. 3.5 – 4. Блеск стеклянный. <i>Рентген:</i> 2.899, 2.199, 1.812Å [30.8, 41.1, 50.4]. <i>Микроскопия:</i> в виде напыления. Похож на Sid, но обычно светлее. |
| Пропилиты, аргиллиты, мезотермальный | Поздняя стадия эпитеpmальных условий, особенно там где гидротермы смешиваются | FeO, другие карбонаты, особенно Ank | <i>Макроскопия:</i> ромбоэдры, а также таблички, призмы. Обычно массивные агрегаты. Тв. 3.5 – 4.5. Цвет желтый, зеленоватый, коричневый. Полупрозрачный. Блеск стеклянный. Черта белая. <i>Рентген:</i> 2.79, 1.734, 3.59Å [32.1, 52.8, 24.8]. <i>Микроскопия:</i> пылевидный, светло-коричневый до желтоватого. Высокий рельеф и двулучепреломление. Одноосный (-). Легко изменяется. |
| | Месторождение Гуано | | <i>Макроскопия:</i> массивный, бесцветный, желтоватый. Очень мягкий. Тв. 1.5. <i>Рентген:</i> 3.00, 5.34, 3.62Å [29.8, 16.6, 24.6]. R.I. < Q. |
| Пропилиты, аргиллиты, мезотермальные условия | Встречается в золотых эпитеpmальных месторождениях с полиметаллами | Обычно с Au. | <i>Макроскопия:</i> ангедральные массы и коллоиды. Тв. 3.5 – 4.0. Белесый, розовый. <i>Рентген:</i> 2.94, 1.814, 1.837Å [30.4, 50.3, 49.6, двойной пик]. <i>Микроскопия:</i> Напоминает Cc. |
| Пропилиты, аргиллиты, мезотермальный | Встречается в Au эпитеpmальных месторождениях с полиметаллами. Также высокотемпературный контактово-метасоматических месторождениях. | Обычно с Au. Жильный минерал в гидротермальных рудных жилах. | <i>Макроскопия:</i> ромбовидные кристаллы. Массивные или плотные агрегаты. Концентрические раковистые трещины. Цвет светло-розовый до красного, коричневый. Блеск стеклянный до перламутрового. Прозрачный до полупрозрачного. <i>Рентген:</i> 2.84, 3.66, 1.763Å [31.5, 24.3, 51.9]. <i>Микроскопия:</i> напоминает Ank. Бесцветный. Очень высокое двулучепреломление. Одноосный. |
| Супергенный. | Cu- порфиры | Az, Crys. | <i>Макроскопия:</i> массивный, гроздьевидный или сосцевидный. Цвет зеленый. Тв. 3.5 – 4.0. растворяется в разбавленной кислоте. <i>Рентген:</i> 2.857, 3.693, 5.055Å [31.3, 24.1, 17.6]. |
| Супергенный | Cu- порфиры | Mal, Crys. | <i>Макроскопия:</i> габитус разный. Таблитчатые и призматические кристаллы. Цвет лазурно-голубой. Тв. 3.5 – 4.0. Черта голубая. Растворяется в разбавленных кислотах. <i>Рентген:</i> 3.516, 2.224, 5.15Å [25.3, 40.6, 17.2]. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|--|---|
| СУЛЬФАТЫ, ФОСФАТЫ, ГАЛИДЫ, АРСЕНАТЫ. | | | | |
| 1 | Барит (Bar) BaSO ₄ | Обычно в жилах. Может быть в Карлинских | Относительно высокая fO ₂ , нейтральный pH (27) и кислые гидротермы. Обичен в зонах | 210-250°C – Филиппины (27); 50-270°C ⁺ Каверау, Новая Зеландия (67); Вероятно интервал температур более широкий. Может |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | месторождениях. Может замещать полевые шпаты. Может псевдоморфно замещаться кварцем. | смешения гидротерм. | ассоциироваться как с высоко, так и с низкотемпературными минеральными комплексами. |
| 2 | Ярозит (Jar) $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ | «железные шляпы», жилы. Встречается в виде корочек или оболочек мельчайших кристаллов. | Обычно супергенный (см. Alu). Может образоваться в результате кислотных изменений Ру или других сульфидов. | Низкие температуры (1) < 50°C, даже при поверхностных температурах (27); От окружающей температуры до 100°C – Филиппины (48). |
| 3 | Натро-ярозит (Na-Jar) $NaFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ | «Железные шляпы», жилы. Встречается в виде корочек и оболочек. | Обычно супергенный (см. Alu) | Температуры ниже, чем у ярозита. |
| 4 | Аммоний-ярозит (A-jar) $NH_4Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$ | Отложения горячих источников (редко) (48) | Кислые условия. | Температуры ниже, чем у ярозита. |
| 5 | Алуноген (Alg) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ | Супергенный, кислый отложения горячих источников и фумарол. | Кислые условия. | Низкие температуры (1). |
| 6 | Алунит (Alu) $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ | Замещает плагиоклаз и основную массу. Жилы и поры в виде друз или агрегатов. Кислые горячие источники. Супергенный. | <u>Очень кислые среды: pH<3, высокое содержание SO₂ (2).</u> Обычен в подводных системах, хай-сульфидейшн и зонах смешения. Может быть супергенным или гипогенным. Температуры и изотопия диагностирует химический состав гидротерм (65). | <220°C – Филиппины (27); обычно 120°C; редко 250°C (2); от окружающей температуры (поверхностной) до 250°C ⁺ (4); > 230°C – Япония (7), < 190°C (15); <100°C – Вайракей, Новая Зеландия (16); < 280°C – Филиппины (27); > 50°C Каверау, Новая Зеландия (67); > 200°C – Филиппины (71); до 400°C (изотопное определение)(65). |
| 7 | Натроалунит (Na-Alu) $NaAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ | Замещает плагиоклаз и основную массу. Заполняет жилы и поры. | Сильно кислые условия. | > 75°C – Филиппины (27). От окружающих температур до 100°C – Филиппины (48, 60); Ниже, чем у алунита. |
| 8 | Ангидрит (An) $CaSO_4$ | Замещает компоненты первичных пород. В жилах и порах. Наросты на скважинах (37). Гидротермальные жильные месторождения. | pH~ 5 – 6 (2). Нейтральные pH и кислые зоны (27). Обилен в зонах высокой проницаемости, особенно там, где нейтральные и кислые гидротермы смешиваются. Может указывать на кипение. Может образовываться непосредственно из магматического SO ₂ . | 160-300°C [±] (1). > 180°C – Филиппины (2, 48); > 150°C (4); > 80°C(15); > 175°C (18); > 100°C – Филиппины (22); 24-150°C ⁺ - Исландия (23); 110-300°C (27); по флюидным включениям до 405°C; 170-270°C – Лос Азуфрес (57); 50-230°C – Каверау, Новая Зеландия (67); > 200°C – Филиппины (71). |
| 9 | Брошанит (Bro) $Cu_4SO_4(OH)_6$ | Пылевидные корочки; во вторичной фазе зоны окисления. Су-месторождения. | Супергенный и из окислительных гидротерм. | |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---|--|--|
| СУЛЬФАТЫ, ФОСФАТЫ, ГАЛИДЫ, АРСЕНИДЫ | | | |
| Ранние аргиллиты, филлиты | Встречается в лоу-сульфидейшн эпitherмальных золотых месторождениях с Ag и в хай-сульфидейшн эпitherмальных месторождениях, VMS и месторождениях типа Карлин. | Q, сульфиды. Иногда отмечается эмпирическая корреляция с Au. Редко может замещать кварц. | <i>Макроскопия:</i> массивный, кристаллический, полосчатый до волнистого. Цвет бесцветный, белый, серый до голубовато-зеленого. Плотный, но мягкий. Тв. 3 – 3.5. Блеск стеклянный до перламутрового. Почти полупрозрачный. <i>Рентген:</i> 3.442, 3.101, 2.120Å [25.9, 28.8, 42.6]. <i>Микроскопия:</i> высокий рельеф, низкое двулучепреломление (но> Q), таблитчатые кристаллы, хорошая спайность. |
| Супергенный. Вероятно очень низкотемпературный гипогенный. | Встречается во многих типах гидротермальных месторождений. Образуется в окисленных экранах Су-порфиновых месторождений. Ред, шт. Аризона (80) | Na-Jar, Q, Ka или NaI. Образуется при взаимодействии K-силкатов с кислыми гидротермами, образованными при разложении Ру. | <i>Макроскопия:</i> мелкозернистый, таблитчатый минерал, редко кристаллический. Светло-желтый до коричневого. Мягкий. Тв. 2.5 – 3.0. Черта желтая. <i>Рентген:</i> 3.08, 3.11, 5.10, 2.29Å [29.0, 28.7, 17.4, 39.3]. <i>Микроскопия:</i> напоминает эпидот, если хорошо раскристаллизован, но находится в другой ассоциации минералов. |
| супергенный | Встречается в широком интервале гидротермальных месторождений. | Jar, Q, Ka или NaI. | <i>Макроскопия:</i> физические свойства напоминают Jar. Мельчайшие кристаллы. Цвет охристо-желтый, коричневый. Тв. 3. <i>Рентген:</i> 5.06, 3.06, 3.12Å [17.5, 29.2, 28.6]. |
| | Месторождения ртути | Op | <i>Макроскопия:</i> уплощенные желваки. Светло-желтый, матовый. Блеск восковой. <i>Рентген:</i> 3.10, 5.10Å [28.8, 17.4]. |
| | | Op, другие сульфаты, самородная сера | <i>Макроскопия:</i> разноцветные налеты. Тв. 1.5 – 2.0. Бесцветный. Прозрачный. Блеск стеклянный. Растворим. <i>Рентген:</i> 4.48, 13.34, 4.39Å [19.8, 6.6, 20.2]. |

| | | | |
|--|---|--|--|
| Ранние аргиллиты, супергенный | Хай-сульфидейшн эпитеpмальные Аи/полиметаллические месторождения. | Hal, Ka, Q, Py, Op, Cris, Pyp, Dsp, S, ноздреватый Q, Zn. Alu с PO ₄ типично для хай-сульфидейшн (65). En-Luz, Cov, Td-Tenn, Cpy (65). Net I. | <i>Макроскопия:</i> обычно массивные, землистые или волокнистые агрегаты. Мягкий. Тв. 3.5 – 4.0. Белый, часто бесцветный ромбоэдральный минерал. Блеск стеклянный. Черта белая. <i>Рентген:</i> 2.99, 2.89, 2.293, 4.98Å [29.9, 30.9, 39.3, 17.8]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, ангедральный до эвгедрального, ромбогедральные с алмазоподобной формой или почти квадратные секущие разрезы. Призматические или таблитчатые. Умеренное двулучепреломление (обычно желтый первого порядка, но до голубого цвета второго порядка). Прямое погасание. Одноосный (-). Имеет более высокое двулучепреломление, чем у скапита. |
| Ранние аргиллиты | Хай-сульфидейшн | Q, Ka или Hal, Op, Cris. | <i>Макроскопия и микроскопия:</i> Похож на алунит. <i>Рентген:</i> 2.96, 4.90, 2.97Å [30.2, 18.1, 30.1]. |
| Калиевые, филлитовые, аргиллитовые и пропилитовые изменения. | Cu- порфиры, VMS | Q, I, Ad, Py. Изменяется до Гур, даже в керне скважины. Замещается Сс, Ер, Act. | <i>Макроскопия:</i> массивные изометричные кристаллы, зернистый. Редко волокна. Бесцветный. Белый, срый, глубоватый, розовый, коричневый. Мягкий. Тв. 3.5. Прозрачный до полупрозрачного. Блеск стеклянный до перламутрового. Черта белая до серовато-белой. <i>Рентген:</i> 3.49, 2.849, 2.328Å [25.5, 31.4, 38.7]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, но может быть слегка окрашенным. Рельеф низкий до умеренного, прямоугольные кристаллы с двумя перпендикулярными спайностями. Высокое двулучепреломление (до зеленого – третьего порядка). «Мерцает» при вращении, но меньше чем Сс. Двухосный (+). Рельеф более высокий и обычно двулучепреломление более высокое, чем у гипса. |
| Супергенный. | Cu-порфиры | Q, другие сульфиды меди. | <i>Макроскопия:</i> прочные призматические кристаллы. Тв. 3.5 – 4.0. Черта светло-зеленая. <i>Рентген:</i> 6.417, 2.521, 3.90, 2.678Å [13.8, 35.6, 22.8, 33.6]. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|--|
| 10 | Гипс (Gyp) CaSO ₄ ·2H ₂ O | Замещает компоненты первичных пород. В порых и жилах. Часто образуется из ангидрита. | Высокое содержание сульфатов: может быть кислая или окисляющая среды. | < 120°C; эмпирический максимум 150 - 175°C – Филиппины (22); < 70°C (2); < 80°C (4); < 170°C (1); < 95°C – Исландия (23); ~ 64°C – горячие источники Монтаны (9); 20-110°C – Филиппины (27). |
| 11 | Целестит (Cel) SrSO ₄ | Замещение или в жилах. Редко гидротермальный. | Кислая среда (48). | Обычно средние до низких температуры (1). |
| 12 | Пикерингит (Pic) MgAl ₂ (SO ₄) ₄ ·22H ₂ O | Отложения кислых горячих источников и фумарол (48). | <u>Кислые окислительные среды.</u> Выветривание Рур-содержащих пород | Низкие температуры (1). |
| 13 | Кизерит (Kic) MgSO ₄ ·H ₂ O | Отложение кислых горячих источников и фумарол (48). | Кислые, окислительные гидротермы | Низкие температуры (1). |
| 14 | Галотрихит (Htc) FeAl ₂ (SO ₄) ₂ ·22H ₂ O | Отложения кислых горячих источников и фумарол (48) | Кислые, окислительные среды. Выветривание Рур-содержащих и глиноземистых пород | Низкие температуры (1). |
| 15 | Копианит (Cop) (Fe, Mg)Fe ₄ (SO ₄) ₆ (OH) ₆ ·20H ₂ O | Отложения горячих источников и фумарол (48). Также виде корочек. | Кислые среды. Окисление пирита и других сульфидов. | Низкие температуры (1). |
| 16 | Тенардит (Thn) Na ₂ SO ₄ | Отложения нейтральных Cl-SO ₄ горячих источников, фумарол (48). | Нейтральный pH. | Низкие температуры (1). |
| 17 | Антлерит (Antl) Cu ₂ SO ₄ (OH) ₄ | Встречается в виде поперечно волокнистых жил. Оболочки. | Вторичный минерал в зонах окисления Cu-месторождений. | Низкие температуры (1). |
| 18 | Тамаругит (Tam) NaAl(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O | Отложения кислых горячих источников и фумарол (48). | Кислые, окисляющие термы. | Низкие температуры (1). |
| 19 | Вудхаузит (Woo) CaAl ₃ PO ₄ SO ₄ (OH) ₆ | Встречается в жилах с Q. Замещает апатит. | кислые | Широкий интервал температур (86). |
| 20 | Флюорит (Fl) CaF ₂ | Жилы и замещение. Зоны кислотных изменений магматических минералов (Филиппины, 48). Скарны. | Может указывать на присутствие магматических летучих. В ассоциированных рассолах, а также обычен в грейзенах. | > 160°C – Йеллоустоун (12); 110 - 200°C (по флюидным включениям) США (29); > 250°C – Сульфур Спрингс, США (42); 119 - 684°C (по флюидным включениям) Мексика (87). |
| 21 | Галит (Ht) NaCl | Кислые или нейтральные pH, высокое содержание Cl. Обычен только в аридном климате, вследствие высокой | Высокоминерализованные гидротермы. Супергенные в аридном климате. Нейтральные хлоридные горячие источники. | Низкие температуры (1). |

| | | | | |
|----|------------------------|--|---|-------------------------|
| | | растворимости. Частый дочерний минерал во флюидных включениях. | | |
| 22 | Сильвинит (Syl) KCl | Отложения горячих источников, флюидные включения, фумаролы. | Обычно нейтральный pH. Должна быть высокая минерализация. | Низкие температуры (1). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---|---|---|
| Супергенный, другие, где замещается ангидрит | Супергенные изменения сульфидных месторождений | Q, Sm, Py, Ah. | <i>Макроскопия:</i> игольчатый, полосчатый, кристаллы алмазной формы. Бесцветный и прозрачный или слабо окрашенный. Мягкий. Тв. 2. стеклянный блеск. Черта белая. <i>Рентген:</i> 7.56, 3.059, 4.27Å [11.7, 29.2, 20.8]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Низкое двулучепреломление, меньше чем у Q. Игольчатый до волокнистого. Обычны двойники. Двуосный (+). Возможно флюоресцирует и фосфоресцирует зеленовато-белым светом под ультрафиолетом. |
| | | Другие сульфиды | <i>Макроскопия:</i> физические свойства напоминают барит. Удлиненные кристаллы. Тв. 3.5. бесцветный. Стеклянный блеск. <i>Рентген:</i> 2.972, 3.295, 2.731Å [30.0, 27.1, 32.8]. |
| | Пиритовые рудные месторождения, угольные жилы. | Op, другие сульфаты. | <i>Макроскопия:</i> игольчатый, волокнистый. Тв. 1.5. Бесцветный. Стеклянный блеск. Хорошо растворяется. <i>Рентген:</i> 4.82, 3.51, 4.32Å [18.4, 25.4, 20.5]. |
| | | Op, другие сульфаты. | <i>Макроскопия:</i> массивный, зернистый. Тв. 3.5. Бесцветный. Блеск стеклянный. Хорошо растворяется <i>Рентген:</i> 3.409, 4.84, 3.331Å [26.1, 18.3, 26.8]. |
| Супергенный. | Пиритовые рудные месторождения и угольные жилы. | Op, другие сульфаты. | <i>Макроскопия:</i> игольчатый, волокнистый. Тв. 1.5. Прозрачный. Белый, зеленый, бесцветный. Блеск стеклянный. Хорошо растворяется. <i>Рентген:</i> 4.77, 3.48, 4.29Å [18.6, 25.6, 20.7]. |
| Супергенный. | | Op, другие сульфаты, включая мелантерит | <i>Макроскопия:</i> рыхлые наросты, часто зернистые. Желтоватый, оранжевый или зеленый. Тв. 2.5 – 3.0. Прозрачный. Перламутровый блеск. <i>Рентген:</i> 10.5, 3.436 3.06Å [8.4, 26.0, 29.2]. |
| | | Op, другие сульфаты, карбонаты. | <i>Макроскопия:</i> таблитчатые, дипирамидальные кристаллы. Тв. 2.5 – 3.0. Прозрачный. Серватый, бесцветный. Хорошо растворяется. <i>Рентген:</i> 2.783, 4.66, 3.178Å [32.2, 19.0, 28.1]. |
| Супергенный. | Полиметаллические месторождения, особенно, Cu-рудные. | | <i>Макроскопия:</i> волокнистый, игольчатый. Тв. 3.5. Яркий изумрудно-зеленый цвет в образцах. Стеклянный блеск. Зеленая черта. <i>Рентген:</i> 4.86, 2.566, 3.60Å [18.3, 35/0, 24.7]. |
| | | Op, другие сульфаты. | <i>Макроскопия:</i> тонкозернистый, волокнистый. Тв. 3. Прозрачный. Бесцветный в образце. Хорошо растворяется. <i>Рентген:</i> 4.223, 4.207, 3.647Å [21.0, 21.2, 24.4]. |
| Ранние аргиллиты, в основном, гипергенный, не может быть супергенный | В золотых месторождения хай-сульфидеишн | Alu, Q, Pyp, Dsp, And | <i>Макроскопия:</i> псевдокубические кристаллы. Тв. 4.5. цвет белый до розового. <i>Рентген:</i> 2.94, 1.89, 2.19Å [30.4, 48.1, 41.2]. <i>Микроскопия:</i> похож на апатит. |
| | Встречается в некоторых Те-богатых эпitherмальных Au месторождениях. Также MVT слоистых месторождениях морского происхождения и в скарнах | Q, сульфиды | <i>Макроскопия:</i> кубический, призматический, таблитчатый, массивный, плотный до зернистого. Тв. 5. Цвет бесцветный, белый, окрашен. Прозрачный до непрозрачного. Черта белая. <i>Рентген:</i> 1.931, 3.153, 1.647Å [47.1, 28.3, 55.8]. <i>Микроскопия:</i> обычно бесцветный, но может быть слабо окрашен с плеохроическим ореолом. Отрицательный рельеф. Частицы спайности треугольные по форме. Изотропный. Флюоресцирует, фосфоресцирует или термолюсцирует |
| | | | <i>Макроскопия:</i> массивный, плотный до зернистого. Кубический. Бесцветный, белый, окрашенный. Тв. 2. прозрачный до полупрозрачного. Хорошо растворим. Солёный на вкус. <i>Рентген:</i> 2.82, 1.994Å [31.7, 45.5]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, но может быть слабо окрашенным. Кубическая спайность, изотропный, низкий рельеф. Иногда флюоресцирует в оранжевом, красноватом или зеленоватом цветах. |
| | | Ht, другие осадки. | <i>Макроскопия:</i> кубический, массивный, плотный. Бесцветный. Очень хорошо растворяется. Тв. 2. Прозрачный. <i>Рентген:</i> 3.15, 2.22 1.82Å [28.3, 40.6, 50.1]. <i>Микроскопия:</i> бесцветный. Похож на галит. Отрицательный рельеф. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------------------|-----------------------|---------|-------------------------|
| 23 | Мелантерит (Mel) | Часто после марказита | Кислые, | Низкие температуры (1). |

| | | | | |
|----|--|---|---|--|
| | FeSO ₄ 7H ₂ O | | окислительные условия. Продукт выветривания Рур, Маг медь содержащих пиритовых руд | |
| 24 | Кераргирит (Cer) AgCl(+Br,I) | Жилы, супергенные цементы в аридном климате | Очевидно супергенный (1), особенно в аридном климате | Низкие температуры (1). |
| 25 | Апатит (Ap) Ca(PO ₄) ₃ (OH,F,Cl) | Обычно в измененном плагиоклазе, но в большинстве первичной. В высокотемпературных жилах (1), редко в виде замещения. Также в скарнах. Часто в ассоциации с гранатом. | Нейтральный pH или кислый. Растворяется в сильной кислоте. | 180-270°C (42) – Вайотапу, Новая Зеландия; 150-240°C – замещение (27); > 300°- жилы (1); 100 - 220°C – Филиппины (48); 170-210°C – Каверау, Новая Зеландия (67); > 200°C – Филиппины (71). |
| 26 | Лазулит (Lz) Mg ₃ Al ₆ (PO ₄) ₆ (OH) ₆ | | Кислая среда | ~ 250°C – Филиппины (27); > 325°C (71). |
| 27 | Скородит (Sco) FeAsO ₄ 2H ₂ O | Обычно вытянутые пустоты, поры. Встречается в сланцах, в зонах контакта | Обычно супергенный. Может быть низкотемпературным, гидротермальным? Требует высоких содержаний As | Низкие температуры. |
| 28 | Вивианит (Viv) Fe ₃ (PO ₄) ₂ 2H ₂ O | Замещение. Встречается в некоторых рудных месторождениях | Продукты изменений. Первичных фосфатных минералов | Низкие температуры (7). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------|---------------------------------|---|--|
| супергенный | | Op, другие сульфаты | <i>Макроскопия:</i> изометричные, короткие, кубические кристаллы, волокна. Мягкий. Тв. 2. Зеленый, голубой до бледного вобрзце. Желтый в обнажении. Стекланный блеск. Полупрозрачный. Растворимый. <i>Рентген:</i> 4.90, 3.78, 3.23Å [18.1, 23.5, 27.6]. |
| супергенный | Зона окисления Ag месторождений | Другие галиды Ag: существуют полные серии твердых растворов | <i>Макроскопия:</i> кубический, массивный, редко волокнистый. Серый. Тв. 2.5. прозрачный до полупрозрачного. Смолистый блеск. <i>Рентген:</i> 2.774, 1.962, 3.20Å [32.3, 46.3, 27.9]. может быть аморфным. <i>Микроскопия:</i> светло-зеленый, серый. |
| | | Большинство первичных минералов изверженных пород. Обычно в виде включений. С кварцем, когда вторичный. | <i>Макроскопия:</i> призматические кристаллы, также массивный, плотный. Тв. 5. бесцветный, белый, окрашенный. Прозрачный до непрозрачного. Стекланный блеск. Черта белая. <i>Рентген:</i> зависит от состава. <i>Микроскопия:</i> бесцветный, но мжет быть слабо окрашенный. Мелкие гексагональные или таблитчатые кристллы. Высокий рельеф. Двухлучепреломление <Q (серовато-белый, первый орядок интерференционной окраски, хотя базальные разрезы темны). Одноосный(-). Может напоминать топаз. |
| Ранние аргиллиты | Хай-сульфидейшн. | Q,I. | <i>Макроскопия:</i> пирамидальный или массивный. Тв. 6. Бесцветный. Жирный блеск. <i>Рентген:</i> 3.072, 3.136, 6.15Å [29.1, 28.5, 14.4]. <i>Микроскопия:</i> плеохроирует от бесцветного до голубого. Высокое двухлучепреломление, которое увеличивается с увеличением соединений Fe. Хорошая спайность. Двусосный (-). Высокий рельеф. Отличается от думортиерита пониженными индексами и высоким двухлучепреломлением. Кроме того, думортиерит имеет параллельное погасание. |
| супергенный | Широкий интервал месторождений | Q, другие супергенные минералы | <i>Макроскопия:</i> массы пирамидальных, таблитчатых кристаллов тв. 3.5 – 4.0. Серовато-зеленый, голубой. Стекланный блеск. <i>Рентген:</i> 4.50, 5.65, 3.20Å [19.7, 15.7, 27.9]. <i>Микроскопия:</i> колломорфный, высокие рельеф и двухлучепреломление. Прямое погасание. |
| | | Часто ассоциируется с органикой в глинах. | <i>Макроскопия:</i> округлые, призматические, радиальные кристаллы. Бесцветный, когда свежий. Темный с оттенками зеленого или голубого, даже темный на свету. Тв. 1.5 – 2.0. черта бесцветная. <i>Рентген:</i> 6.80, 2.71Å [13/0, 33.1]. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|

| | | | |
|------------------|--|-------------|---|
| | | | <i>Рентген:</i> слабый рентгеновский пик, с радиацией Cu, которая возможно является причиной интерференции <i>Микроскопия:</i> Оранжево окрашивает другие минералы. Конкретные минералы бывает трудно диагностируются. Lm – двупреломление меньше, чем у Goe |
| | | Pu, Hm | <i>Макроскопия:</i> таблитчатый, ангедральный. Коричневатый. Прозрачный до непрозрачного. <i>Микроскопия:</i> мелкие коричневые, непрозрачные кристаллы с высоким рельефом. Аморфные химические разновидности с рентгеновскими характеристиками похожими на рутил. <i>Минераграфия:</i> белый до серого |
| | | Pu, Lx, Hm, | <i>Макроскопия:</i> призматические, вытянутые кристаллы, хотя габитус изменяется обычно от длинных игл или гексагональных призм и могут быть соединены с Q. Умеренно твердый. Тв. 6. Красновато-коричневые кристаллы. Черта коричневая. <i>Рентген:</i> 3,245, 1,687, 2,489Å [27,5, 54,4, 36,1] <i>Микроскопия:</i> красновато-коричневый, янтарный или желто-коричневый, слабо плеохроирует. Высокое двупреломление, хотя цвета интерференции маскируются. Одноосный (+), параллельное пагасание |
| | | FeO | <i>Макроскопия:</i> призматические, удлиненные кристаллы. Тв. 4. Непрозрачный. Серый до черного с коричневой чертой. <i>Рентген:</i> 3,40, 2,64, 2,28Å [26,2, 34,0, 39,5] |
| Ранние аргиллиты | | Андалузит | <i>Макроскопия:</i> пирамидальные кристаллы. Разнообразные габитус и цвет (голубой = сапфир, красный = рубин). Тв. 9. Высокий рельеф, низкое двупреломление. <i>Рентген:</i> 2,085, 2,552, 1,601Å [45,4, 35,2, 57,6] <i>Микроскопия:</i> обычно бесцветный. Зональный с гематитовыми или рутиловыми включениями. Обломки могут плеохроировать. Низкое двупреломление (несколько выше, чем у кварца). Высокий рельеф. Одноосный (-). |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|--|---|
| Сульфиды, антимониды, арсениды, теллуриды, самородные элементы, сульфосоли | | | | |
| 1 | Пирит (Py) FeS ₂ | Замещение Fe-Mg минералов, основной массы и плагиоклазов. В жилах. Может быть первичным в массивных сульфидах | Широкий диапазон; как кислые так и нейтральные pH условия (27) Кубический = нейтральный pH. Пиритогедральный = кислые условия (4, 43) | Температуры окружающей среды до максимальных (2). <240°C там, где он является псевдоморфозой по по марказиту (73); |
| 2 | Пирротин (Pyrr) Fe ₇ S ₈ – FeS | Замещение и в жилах | Непроницаемые зоны, на Филиппинах (48). Бродланс и Нгавие НЗ (8, 81). Филиппины в прониц-мых и непрониц-мых зонах (27) или только в проницаемых зонах (43). Кислый и нейтральный pH, высокая доля пара (27). Нет в высоко-минерализованных гидротермах в Исландии (58) | < 250°C - моноклинный; > 250°C – гексагональный (1, 21); > 180°C (6); > 150°C Бродланс, НЗ (8); 25-300 включения в пирите; > 280°C отдельные кристаллы (27); 75-254°C моноклинный (27) |
| 3 | Марказит (Mar) FeS ₂ (разновидность пирита) | Замещение и в жилах, может замещать Py и Pyrr. Отложения горячих источников, особ. в кислых; и фумаролах | Кислые и нейтральные pH (27). Часто на малой глубине (1)). Может быть супергенным. pH<5 (64). | < 240°C (73); < 160°C (1), Солтон Си (21); < 200°C Филиппины (27, 48), также в НЗ и Исландии |
| 4 | Арсено-пирит (AsPy) FeAsS | Замещение и жилы. Отложения на скважинах (37) | | В широких пределах (27) |
| 5 | Лоеллингит (Loe) FeAs ₂ | Замещение, жилы. | | В широких пределах (27) |
| 6 | Сфалерит (Spl) ZnS (± вюрцит) | Замещение и в жилах. Включения в Spr. Наросты на скважинах (37, 48) | Почти нейтральный pH (27) | Широкие пределы Широкие пределы с Spr включениями (1), по предварительным данным > 300. >~220°C Филиппины (72); > 280°C Филиппины (48) 100-280 Каверу, НЗ (67) |
| 7 | Халько-пирит (Cpy) CuFeS ₂ | Замещение и в жилах. Включения в Spl. Наросты на скважинах (37) | Кислые и нейтральные pH (27). | Широкие пределы (1) > 150°C включения в пирите (72); > 230°C отдельные кристаллы; > 280°C наиболее часто (27); > 300°C, если с включениями Spl (4); > 220°C Филиппины (48) 230°C Каверу, НЗ (67); > 260°C Филиппины (71) |

| | | | | |
|----------|----------------------------|---|--|---|
| 8 | Галенит (Gn) PbS | Замещение и в жилах. Наросты в скважинах (37) | Почти нейтральные pH, проницаемые зоны (27) | Широкий пределы (1) > ~200°C Филиппины (27); > 280°C Филиппины (48); 220-280°C Каверая, НЗ (67); |
|----------|----------------------------|---|--|---|

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---|--------------------------------------|---|
| Повсеместная | Повсюду | Фактически все | <i>Макроскопия:</i> обычнокубический, латунно-желтый. Тв. 6-6,5. Параллельные ребра. Непрозрачный с иризационной побежалостью (радужная окраска внутри или на поверхности минерала). Блеск металлический. <i>Рентген:</i> 1,633, 2,709, 2,423Å [56,3, 33,1, 37,1] <i>Минераграфия:</i> светло-латунные или зеленовато-желтые кубики или пиритогедроиды. Твердый, отражает свет. Изотропный |
| | | С Ру и полиметаллическими сульфидами | <i>Макроскопия:</i> оплоские – таблитчатые – бипирамидальные кристаллы. Массивный, зернистый. Тв. 3,5-4,5. Бронзово-желтый до красновато-коричневого. Непрозрачный. Металлический блеск. Черта от зеленоватой до черной. <i>Рентген:</i> 2,057, 2,966, 2,635Å [44,0, 30,1, 34,0](моноклинный тип). <i>Минераграфия:</i> поверхность с ямками, магнитный. Розовато-коричневый. Анизотропный |
| | Встречается с малоглубинным эпитегрмальным золотом | Pу, Pугг | <i>Макроскопия:</i> Обычно массивный, зернистый. Тв. 6-6,5. Светлолатунножелтый до оловяннобелого. Непрозрачный. Металлический блеск. <i>Рентген:</i> 2,71, 1,76, 3,44Å [33,1, 52,0, 25,9] <i>Минераграфия:</i> светлее чем пирит, анизотропный. Может быть в виде розеток или агрегатов |
| | Мезотермальное золото, может быть эпитегрмальным | | <i>Макроскопия:</i> массивный, плотный. Тв. 5,5-6,0. Белый, стальносерый. Черта черная. <i>Рентген:</i> 2,677, 2,662, 2,418Å [33,5, 33,7, 37,2]. <i>Минераграфия:</i> сметаннобелый, анизотропный с голубым – зеленым – коричневым |
| | | Aspy. Сс. | <i>Макроскопия:</i> призматический, массивный. Тв. 5-5,5. Белый, стальносерый. Черта серая. <i>Рентген:</i> 2,61, 2,33, 1,638 Å [34,4, 38,6, 56,2] <i>Минераграфия:</i> белый, двуотражает, сильно анизотропен, особенно в голубом. Может иметь двойники |
| | Высокоминерализованные эпитегрмальные золотые и полиметаллические месторождения, включая VMS, MVT и поздние стадии порфириров | Pу, Сру, Gn | <i>Макроскопия:</i> тетраэдрические кристаллы. Также массивный, зернистый, гроздьевидный Тв. 3,5-4,0. Окрашен. Черта светлорозовая. <i>Рентген:</i> 3,123, 1,912, 1,633Å [28,6, 47,6, 56,3] <i>Минераграфия:</i> серый, сильное внутреннее отражение. Более темный цвет свидетельствует о повышенном содержании Fe. Напоминает Mt |
| Сру может встречаться в калиевых агрегатах в ассоциации с Or-Chl (| Встречается в Си-порфирировых, также в эпитегрмальных и мезотермальных жилах, в VMS. | Pу, Gn, Spl | <i>Макроскопия:</i> сфероидальные кристаллы или массивный, плотный, гроздьевидный. Латунно-желтый. Побежалость иризационная. Тв. 3,5-4,0. Непрозрачный. Блеск металлический. Черта зеленовато-черная. <i>Рентген:</i> 3,03, 1,854, 1,591Å [29,5, 49,1, 58,0] <i>Минераграфия:</i> желтый, обычно развит в порах. Мягкий. Анизотропный |
| | Высокоминерализованные эпитегрмальные жильные золотые и полиметаллические месторождения, включая VMS, MVT и поздние стадии порфириров | Pу, Spl, Сру | <i>Макроскопия:</i> кубический, также таблитчатый, обычно массивный. Тв. 2,5. Серый. Непрозрачный. Блеск металлический. Черта серая. <i>Рентген:</i> 2,969, 3,429, 2,099Å [30,1, 26,0, 43,1] <i>Минераграфия:</i> светлосерый, изотропный, мягкий. Кубический с различными треугольными выем |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|----------------------|---------------------|----------|---|
| 9 | Кубанит (Cub) | В основном в жилах. | | < 200°C – орторомбический; > 200°C – кубический |

| | | | | |
|----|--|---|--|---|
| | CuFe_2S_3 | | | (1). |
| 10 | «Исс» серия твердых растворов талнахит ($\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$) хейкокит ($\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$) моойхокит ($\text{Cu}_9\text{Fe}_9\text{S}_{16}$) | Сростки с Сру | | Отношение крайних членов «исс» зависит от температуры (43). |
| 11 | Борнит (Bor) Cu_5FeS_4 | Замещение и в жилах. | Почти нейтральные pH. | $> 180^\circ\text{C}$ – Филиппины (27), выше, чем у Сру. |
| 12 | Халькозин (Chc) $\text{Cu}_2\text{S} - \text{Cu}_9\text{S}_5$ | В основном в жилах | Обычно кислая, но может быть окисляющая среды. Может быть супергенный. | Низкая температура (1). |
| 13 | Ковеллин (Cov) CuS | Большинство в жилах. Может быть в массивных сульфидах. В основном супергенный. | Обычно кислые условия pH, но может быть в условиях окисления. | $160-240^\circ\text{C}$ Филиппины (48). |
| 14 | Энарцит (En) Cu_3AsS_4 | В основном в жилах. Может быть в массивных сульфидах. | Кислые среды. Возможны нейтральные pH (27). Условия окисления. | $> 275^\circ\text{C}$ (31) (вероятно ошибка). |
| 15 | Лузонит (Luz) Cu_3AsS_4 – диморфизм энарцита | В основном в жилах. Может быть в массивных сульфидах. | Кислые среды. Возможны также нейтральные pH. Условия окисления. | $< 320^\circ\text{C}$ (31). |
| 16 | Фаматинит (Fam) Cu_3SbS_4 – твердый раствор с лузонитом. | В основном в жилах. Может быть в массивных сульфидах. | Кислые условия. Также возможны нейтральные pH. Окисляющие среды. | Похож на лузонит. |
| 17 | Стибнит (Stb) Sb_2S_3 | В жилах и замещение. В метаморфических жилах, а также в гидротермальных жилах. | | Низкие температуры (1) (но могут быть повышенными). |
| 18 | Тетраэдрит (Td) $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ | В основном в жилах. Также в отложениях скважин (37, 48) | Кислые среды (37). | Широкий интервал температур. |
| 19 | Теннантит (Tenn) $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ («блеклые руды») | Низко- и высокотемпературные рудные жилы. Также встречаются на контактах метасоматических месторождений | | |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------------|---|---|--|
| | | Сру, Ругг, Ру, Мт, Spl. | <i>Макроскопия:</i> массивный, таблитчатый. Цвет бронзовый до латунно-желтого. Тв. 3.4. Непрозрачный. Блеск металлический. <i>Рентген:</i> 3.22, 1.867, 1.750Å [27.7, 48.8, 52.3]. <i>Микрография:</i> кремово-желтый, коричневый, анизотропный. |
| | | Сру, Cub. | <i>Макроскопия:</i> массивный. Латунно-желтый. Непрозрачный. Блеск металлический. <i>Рентген:</i> Tln 3.04, 1.879, 1.598Å [29.4, 48.5, 57.7] Нау 3.07, 1.88, 1.89Å [29.0, 48.4, 48.0] Моо 3.07, 1.89, 1.60Å [29.0, 48.0, 57.6] <i>Минераграфия:</i> похож на Сру. |
| калевые | Cu – порфиновые месторождения | Ру, Ругг, Сру, Spl, Chc. | <i>Макроскопия:</i> массивный. Кристаллы редки. Непрозрачный. Блеск металлический. <i>Рентген:</i> 1.937, 3.18, 2.74Å [46.9, 28.1, 32.7]. <i>Минераграфия:</i> розовый до оранжево-коричневого, голубовато-тусклый. |
| Супергенный, а также хай-сульфидейшн | <u>Там где гипогенный, то хай сульфидейшн</u> | Сру, Mal, Az, Co, Ру. Комплексы хай сульфидейшн | <i>Макроскопия:</i> обычно массивный. Псевдогексагональный. Тв. 2.5 – 3.0. темно-серый. <i>Рентген:</i> 1.870, 1.969, 2.40 Å [48.7, 46.1, 37.5]. <i>Минераграфия:</i> голубовато-серо-белый, слабо анизотропный. |
| Супергенный. Хай сульфидейшн. | <u>Там где гипогенный- хай сульфидейшн</u> | Сру, Ру, Chc, Bor и комплексы хай сульфидейшн. | <i>Макроскопия:</i> таблитчатый. Гексагональные пластины. Часто массивный. Цвет индиго-голубой. Тв. 1.5 – 2.0. Непрозрачный. Блеск полуметаллический. <i>Рентген:</i> 2.813, 1.896, 3.048Å [31.8, 48.0, 29.3]. <i>Минераграфия:</i> голубовато-фиолетовый. Сильное двулучепреломление с оранжево-коричневой окраской.. мягкий. |
| Ранние аргиллиты | Cu- Au-хай сульфидейшн. | Q, Alu, Bar, Luz и комплексы хай сульфидейшн. | <i>Макроскопия:</i> массивный, призматический. Темносерый. Тв. 3.0. непрозрачный. Черта серая. <i>Рентген:</i> 3.22, 1.859, 2.87Å [27.7, 49.0, 31.2]. <i>Минераграфия:</i> серовато-коричнево-розовый. Сильно анизотропный. Нет двойников. |
| Ранние аргиллиты. | Cu – Au – хай сульфидейшн. | Q, Alu, Bar, En и комплексы хай-сульфидейшн. | <i>Макроскопия:</i> тонкозернистый, массивный. Блеск матовый, металлический. Тв. 3.5. черта черная. <i>Рентген:</i> 3.046, 1.855, 1.592Å [29.3, 49.1, 57.9]. <i>Минераграфия:</i> розово-оранжевый. Плеохроирует, двойнируется. Анизотропный. |
| Ранняя аргиллизация. | Cu-Au- хай сульфидейшн. | Q, Alu, Bar, En. | <i>Макроскопия:</i> тонкозернистый, массивный. Блеск матовый, металлический. Тв. 3.5. черта черная. <i>Рентген:</i> 3.08, 1.89, 1.61Å [29.0, 48.2, 57.2]. |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | | | <i>Минераграфия:</i> похож на лунзонит, кроме того, что имеет более пурпурный оттенок. |
| | Встречается в малоглубинной эпитеpмальной минерализации | Q, Chal, Sb, другие сульфиды. | <i>Макроскопия:</i> призматический. Тонкие, полосчатые кристаллы. Тв. 2. свинцово-серый (иридоцирует). Непрозрачный. Серая черта. <i>Рентген:</i> 2.764, 3.053, 3.556Å [32.4, 29.3, 25.0]. <i>Минераграфия:</i> обычно призматический. Часто двойникован. Серо-белый. Анизотропный. Рыхлый. |
| Может находиться в периферической части ранних аргиллитов. | Может находиться на периферии месторождений хай-сульфидейшн. | Q, Bar, Fl, теллуриды, другие сульфиды и карбонаты. | <i>Макроскопия:</i> тетраэдральные кристаллы. Серый до черного. Тв. 3 – 4.5. <i>Рентген:</i> 3.00, 1.831, 1.563Å [29.8, 49.8, 59.1]. <i>Минераграфия:</i> зеленовато-коричневый. |
| Может находиться на периферии ранней аргиллизации. | Может находиться на периферии хай сульфидейшн. | Сульфиды, карбонаты, Bar, Fl, Q. | <i>Макроскопия:</i> массивный. Тетраэдральные кристаллы. Серый цвет до черного. Тв. 3 – 4.5. черта коричневая. <i>Рентген:</i> 2.94, 1.801, 1.535Å [30.4, 50.7, 60.3]. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|--|---|---|
| 20 | Молибденит (Mo) MoS ₂ | Обычно связан с порфирами. Также в контактово-метасоматических месторождениях. | | > 270°C, обычно > 300°C Бака (62). |
| 21 | Голдфелдит (Gf) Cu ₃ (Tl, Sb, As)S ₄ – группа тетраэдрита. | В жилах и в виде корочек. | | > 180°C (3). |
| 22 | Теллуриды (общий) (многочисленны) | Обычно в жилах поздних стадий. Никогда после Au (55) | Приток магматических флюидов (55)? Связаны с калиевым магматизмом. | <u>Обычно < 350°C, чаще < 250°C (55).</u> |
| 23 | Теллур (Tl) Te | Массивный, столбчатый. Жилы поздней стадии. | Может быть приток магматических летучих. (?) | Умеренные-низкие температуры (55). |
| 24 | Киноварь (Cinn) HgS | В основном в жилах. Может быть в отложениях гейзеритов или в замещениях. | <u>Hg – металл, который переносится паровой фазой при эпитеpмальных температурах.</u> | Низкие температуры (1). |
| 25 | Сера (S) S | Отложения горячих источников (кислых) и фумарол. | Кислые и/или окислительные среды(1). | > 122.8°C –сферолиты (расплав?) < 112.8°C- кристаллы (27). |
| 26 | Медь (Cu) Cu | Редко в гидротермальных средах. Может быть супергенной. | Низкие содержания серы, окислительные условия. Профили выветривания. | |
| 27 | Сурьма (Sb) Sb | В основном в жилах. | | Низкие температуры (1). |
| 28 | Золото (Au) Au | Жилы, включения в других минералах, особенно в сульфидах. Субмикроскопический. Рассеянное и аллювиальные включения. Также нарощенные (аккреционные) самородки. | В широких пределах. | Широкие пределы, в зависимости от температуры окружающей среды (1). |
| 29 | Серебро (Ag) Ag | Гипергенное или супергенное | Зоны окисления рудных месторождений. | Широкие интервалы температур в зависимости от среды (1). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------------|--|---|---|
| Обычно калиевые | Мо-порфиры | Сульфиды Cu, Ad, Vt. | <i>Макроскопия:</i> листовый, радиальный. Свинцово-серый. Непрозрачный. Тв. 1 – 1.5. Блеск металлический. Черта зеленая. <i>Рентген:</i> 6.09 – 6.15Å [14.5 – 14.4], 2.71-2.77Å [33.1-32.3], 1.581 – 1.830Å [58.4 – 49.8]. <i>Минераграфия:</i> чрезвычайно анизотропный. Мягкий. |
| | | Другие теллуриды. Маг. | <i>Макроскопия:</i> массивный. Тв. 3. Цвет свинцово-серый. |
| | Эпитеpмальные золотые и скарновые месторождения, если Bi-теллуриды | Te, сульфиды, некоторые теллуриды взаимно исключаются | <i>Макроскопия:</i> игольчатый, ребристый. Тв.2. Разные габитус и окраска. |
| | Au и Ag-содержащие теллуриды. | Калиевые магмы. Au, Gn. | <i>Макроскопия:</i> призматические кристаллы. Белый. Непрозрачный. Тв. 2.5. блеск металлический. Черта серая. <i>Рентген:</i> 3.230, 2.351, 2.228Å [27.6, 38.4, 40.5]. <i>Минераграфия:</i> серебристо-серый. Сильная анизотропия. Мягкий. |
| Аргиллиты, возможно ранние аргиллиты. | Главная Hg руда, а также с эпитеpмальными рудными | Q, Op, Sb и As минералы. | <i>Макроскопия:</i> массивный, мелкозернистый. Срый, коричнево-красный. Блеск субметаллический. Тв. 2 – 2.5. черта красноватая <i>Рентген:</i> 3.35, 2.863, 1.980Å [26.6, 31.2, 45.8]. <i>Минераграфия:</i> красный. Обычно в виде концентрических корочек. |

| | | | |
|-----------------------------|---|---|---|
| | месторождениями | | |
| Аргиллиты, ранние аргиллиты | Эпитермальная рудная минерализация, включая хай-сульфидейшн | | <i>Макроскопия:</i> таблитчатый, массивный. Тв. 2. обычно желтый. Черта белая. <i>Рентген:</i> α (орторомбический): 3.85, 3.21, 3.44Å [23.1, 27.8, 25.9]; β (моноклинный): 3.29, 6.65, 3.74Å [27.1, 13.3, 23.8]. <i>Микроскопия:</i> высокое двулучепреломление в шлифах. |
| супергенный | Разные месторождения | | <i>Макроскопия:</i> удлинённые разрушенные. Светло-розовый. Побежалость. Тв. 3. Непрозрачный. <i>Рентген:</i> 2.088, 1.808, 1.278Å [43.3, 50.5, 74.2]. |
| | | Stb, Q. | <i>Макроскопия:</i> массивный, полосчатый. Оловянно-белый. непрозрачный. тв. 3-3.5. Блеск металлический. Черта серая. <i>Рентген:</i> 3.109, 2.248, 1.368Å [28.7, 40.1, 68.6]. <i>Минераграфия:</i> кремово-белый. Анизотропный. Высокое отражение. |
| Широкий интервал | Эпитермальные, порфировые, VMS, метаморфические и скарны. | Q, Py, Aspy, Gn, Hm, FeO, Rhc, Kut, аметист пластинчатый, Cc, Ag, El, теллуриды | <i>Макроскопия:</i> обломочный, нитевидный, а также массивные зерна. Золотисто-желтый. Изменяется в зависимости от примесей. Тв. 2.5 – 3.0. Непрозрачный. Блеск металлический. Черта золотисто-желтая. <i>Рентген:</i> 2.355, 2.039, 1.230Å [38.2, 44.4, 77.6]. <i>Минераграфия:</i> желтый. Высокое отражение. Очень мягкий. |
| | | | <i>Макроскопия:</i> кристаллы. Массивный. Серебристый. Серая побежалость. <i>Рентген:</i> 2.359, 2.044, 1.231Å [38.2, 44.3, 77.6]. <i>Минераграфия:</i> кремово-белый. Высокое отражение. |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|--|--|---|
| 30 | Электрум (El) Au-Ag (изменяется) | | | Широкий интервал температур в зависимости от окружающих условий (1,9,74). Au/Ag – зависит возможно от температуры |
| 31 | Аргентит-акантит (Arg-Aca) AgS -диаморфизм | жилы | Эпитермальные месторождения лоу-сульфидейшн | Аргентит переходит в акантит при T < 177°C. |
| 32 | Полибазит-пирсент (Pob-Pea) (Ag,Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁ – Ag ₁₆ As ₂ S ₁₁ | жилы | Эпитермальные месторождения лоу-сульфидейшн | Низкие температуры |
| 33 | Миаргирит (Mia) AgSbS ₂ «красная серебрянная руда» | жилы | Эпитермальные месторождения лоу-сульфидейшн | Низкие температуры (74). |
| 34 | Науманит (Nau) Ag ₂ Se –бета диаморфизм «красная серебрянная руда» | жилы | Эпитермальные месторождения лоу-сульфидейшн. | Низкие температуры (74), кубический > 133°C. |
| 35 | Проистит-пираргирит (Pru-Pyg) Ag ₃ AsS ₃ – Ag ₃ SbS ₃ “красная серебрянная руда» | жилы | Эпитермальные месторождения лоу-сульфидейшн. | Низкие температуры. При < 192°C переходит в ксантоконит (88). |
| 36 | Ксантоконит (Xa) Ag ₃ As ₃ Диаморфит проистита | жилы | | Низкие температуры. При > 192°C переходит в проистит (88). |
| 37 | Дискраизнит (Dys) Ag ₃ Sb | жилы | | Температуры низкие до умеренных. |
| 38 | Реальгар AsS | Низкотемпературные жилы. Горячие источники | | < 307° C (mpt). < 200°C, потому что растворимость слишком высокая (88). |
| 39 | Аурипигмент As | Низкотемпературные жилы. Горячие источники | | < 312 (mpt). < 200°C, потому что растворимость слишком высокая (88). |

| 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|--|---|
| | Эпитермальные, порфировые, VMS, метаморфические | | <i>Макроскопия:</i> физические свойства аналогичны золоту. <i>Минераграфия:</i> светло-желтый, высокое отражение. |
| | Эпитермальные Au-Ag | Электрум, полибазит, самородная сера, Gn. | <i>Макроскопия:</i> кубический. Тв. 2- 2.5. Массивный. Ветвистый. Свинцово-серый. Непрозрачный. Блеск металлический. <i>Рентген:</i> Arg: 3.17, 2.24, 1.819Å [28.2, 40.3, 50.1]; Aca: 2.606, 2.440, 2.383Å [34.4, 36.8, 37.7]. <i>Минераграфия:</i> очень мягкий и легко подвергаются коррозии. Серебристо-серый. Псевдоморфозы по аргентиту оставляют полосчатые двойники. |
| | Эпитермальные Au-Ag | Электрум, акантит, самородное Ag, Gn, другие минералы Au и Pb. | <i>Макроскопия:</i> таблитчатый, тонкий, а также массивный цвет железисто-черный. Тв. 2-3. почти непрозрачный. Блеск металлический. Черта черная. <i>Рентген:</i> Rov: 3.00, 3.19, 2.88, 2.69-2.64Å [29.7, 28.0, 31.0, 33.3-34.0]. последний пик отсутствует из серии пренит. Pea: 3.00, 2.84, 3.11Å [29.7, 31.5, 28.7]. <i>Минераграфия:</i> мягкий. Серовато-серебристо-зеленый. Отчетливое двулучепреломление. |
| | Эпитермальные месторождения Ag-Au | Электрум, акантит, науманит. | <i>Макроскопия:</i> таблитчатый, толстый, также массивный. Стально-серый цвет. Тв. 2.5. черта красная. <i>Рентген:</i> 2.89, 3.45, 2.75Å [30.9, 25.8, 32.6]. |

| | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| | | | <i>Минераграфия:</i> сильное отражение. Анизотропия. Глубокое красное внутреннее отражение. |
| Эпитермальные Ag-Au месторождения. | Электрум, акантит, миаргирит. | | <i>Макроскопия:</i> кубы, а также массивный. Железисто-черный цвет. Тв. 2.5. Непрозрачный. Блеск металлический. <i>Рентген:</i> 2.66, 2.56, 2.23Å [33.7, 35.1, 40.5]. <i>Минераграфия:</i> мягкий. Отражает. Анизотропный с глубоким красным внутренним отражением. |
| Эпитермальные Ag-Au месторождения. | Серебро, галенит, кальцит, кварц. | | <i>Макроскопия:</i> призматический. Обычно массивный. Алый до ярко красного (киноварного) цвета. Тв. 2-2.5. Блеск полуметаллический. Черта красная. <i>Рентген:</i> Pго: 2.74, 2.48, 3.27Å [32.7, 36.2, 27.3]. Pуг: 2.779, 2.566, 3.22Å [32.2, 35.0, 27.7]. <i>Минераграфия:</i> мягкий. Голубовато-серый (проустит более голубой и темный, чем пираргирит), сдвойникован с образованием интенсивных красных внутренних отражений. |
| Эпитермальные Ag-Au месторождения | Красное серебро и другие минералы Ag. | | <i>Макроскопия:</i> таблитчатый, массивный, редкие пирамидальные кристаллы. Тв. 2-3. желтовато-оранжевый. <i>Рентген:</i> 3.00, 2.82, 3.14Å [29.4, 31.7, 28.4]. <i>Минераграфия:</i> мягкий. Двойники. С оранжевым внутренним отражением. |
| Ag месторождения. | Кальцит и сульфиды. | | <i>Макроскопия:</i> пирамидальный, массивный. Непрозрачный. Тв. 3.5-4.0. <i>Рентген:</i> 2.29, 2.42, 1.37Å [39.3, 37.2, 68.5]. <i>Минераграфия:</i> серебристо-белый, но тускнеет до желтого. Анизотропный. |
| | Orp, Stb, Cinn. | | <i>Макроскопия:</i> массивный до призматических кристаллов. Темно-красный до оранжевого. Тв. 1.5 – 2.0. Смолистый блеск. <i>Рентген:</i> 5.4, 3.19, 2.94Å [16.4, 28.0, 30.4]. |
| | Rlg, Stb, Cinn. | | <i>Макроскопия:</i> зернистые порошковые агрегаты до призматических кристаллов. Желто-оранжевый. Тв. 1.5 – 2.0. Смолистый блеск. <i>Рентген:</i> 4.82, 2.70, 4.00 Å [18.4, 33.1, 22.2]. |

Комплексы непрозрачных минералов.

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Cpy + Pyrr | < 350°C (1) < 330°C (20) |
| Cub + Py | > 320°C (1) |
| Cub + Py + Cpy | > 300°C (21) |
| Py + Chc | > 100°C (27) |
| Aspy + Cpy | < 400°C (88) |

Примечание: Низкотемпературные фазы могут быть устойчивыми в высокотемпературных зонах с низкой проницаемостью. Высокотемпературные фазы могут оставаться стабильными во время низкотемпературных гидротермальных изменений.

3.0. ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ АБРЕВЕАТУРЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МИНЕРАЛОВ.

| | | | | | |
|-------|------------------------------|--------|------------------------------|-------|-----------------------------|
| A-jar | Аммоний-ярозит | Chal | Халцедон | FeO | Окисел железа |
| Ab | Альбит | Chc | Халькозин | Fer | Ферриерит |
| Aca | Акантит | Chl | Хлорит | Fl | Флюорит |
| Act | Актинолит | Chl-Sm | Смешанослойный хлорит-сметит | Fl-ap | Флюороапатит |
| Ad | Адуляр | Chn | Хондрит | Fo | Форстерит |
| Aeg | Эгирин | Cinn | Циннабарит | Fu | Фуцит |
| Ag | Серебро | Clch | Клинохлорит | Ga | Гранат |
| Ah | Ангидрит | Cln | Клинтонит | Ged | Гедрит |
| Alg | Алуноген | Clz | Клиноцоизит | Gf | Голдфиледит |
| All | Алланит | Cnd | Корунд | Gn | Галенит |
| Alp | Аллофан | Col | Коллофан | Goe | Гётит |
| Alu | Алунит | Cop | Копиапит | Gy | Гипс |
| Amph | Неидентифицированный амфибол | Cor | Корренсит | Gyr | Гуролит |
| And | Андалузит | Cov | Ковеллин | Hal | Галлуазит |
| Ank | Анкерит | Cpt | Клиноптилолит | Hay | Хайкоцит |
| Anl | Акальцит | Cpx | клинопироксен | Hb | Роговая обманка |
| Ant | Антигорит | Cpy | Халькопирит | Hem | Гемиморфит |
| Anth | Антофиллит | Crd | Кордиерит | Heu | Гейландит |
| Antl | Антлерит | Cris | Кристобалит | Hm | Гематит |
| Ap | Апатит | Cry | Хризолит | Ht | Галит |
| App | Апофиллит | Crys | Хризоколла | Htc | Галотрихит |
| Aga | Арагонит | Cu | Медь | Hyl | Гиалофан |
| Arg | Аргентит | Cub | Кубанит | I | Иллит |
| Aspy | Арсенопирит | Dan | Данбурит | I-Sm | Смешанослойный иллит-сметит |
| Au | Золото | Dat | Датолит | Ilv | Илваит |
| Aug | Авгит | Dic | Диккит | In | Инезит |
| Ax | Аксинит | Dig | Дигенит | | |
| Az | Азурит | | | | |

| | | | | | |
|------|-------------------------------|------|-------------|-----|-----------------------|
| Bar | Барит | Diop | Диопсид | J | Ярозит |
| Bor | Борнит | Dol | Доломит | Ka | Каолинит |
| Bro | Брошантит | Dpt | Диоптаз | Kie | Кизерит |
| Bt | Биотит | Dsp | Диаспор | Ksp | Калиевый полевой шпат |
| | | Du | Думортиерит | Kut | Кутнахорит |
| | | Dys | Дискразит | | |
| Carb | Неидентифицированный карбонат | Ed | Едингтонит | Lan | Ломонтит |
| Cc | Кальцит | El | Электрум | Lep | Лепидолит |
| Cel | Целестин | En | Энарцит | Lm | Лимонит |
| Cer | Кераргирит | Ep | Эпидот | Loe | Лоеддштгит |
| Chab | шабазит | Epis | Эпистилбит | Luz | Лузонит |
| | | Er | Эрионит | Lx | Лейкоксен |
| | | | | Lz | Лазулит |
| | | Fam | Фаматинит | | |

| | | | | | |
|--------|-----------------------------------|------|-------------|-----|-----------------------------|
| Mag | Магnezит | Q | Квац | Viv | Вивианит |
| Mal | Малахит | | | Vm | Вермикулит |
| Mang | Манганит | Rd | Родонит | | |
| Mar | Марказит | Rect | Ректорит | Wai | Вайрацит |
| Mel | Мелантерит | Rey | Рейерит | Wo | Волластонит |
| Mer | Мервинит | Rhc | Родохрозит | Woo | Вудхаузит |
| Mes | Мезолит | Rlg | Реальгар | | |
| Mg-Cc | Магнезиальный кальцит | Ros | Роскоелит | Xa | Ксантоконит |
| Mia | Миаргирит | Rt | Рутил | Xop | Ксонотлит |
| Moly | Молибденит | | | | |
| Mon | Монтичеллит | S | Сера | Yu | Югаваралит |
| Moo | Моохоекит | Sb | Сурьма | | |
| Mord | Морденит | Scl | Сколесцит | | |
| Mt | Магнетит | Sco | Скородит | Zeo | Неидентифицированный цеолит |
| Mus | Мусковит | Sep | Скаполит | Zoi | Цоизит |
| | | Ser | Серицит | Zpy | Цеофиллитциркон |
| Na-Alu | Натро-алунит | Sid | Сидерит | Zr | зуниит |
| Na-Jar | Натроярозит | Sill | Силлиманит | Zu | |
| Nat | Натролит | Sm | Смектит | | |
| Nau | Науманнит | Smi | Смитсонит | | |
| | | Spl | Сфалерит | | |
| Op | Опал | Spt | Серпентинит | | |
| Opq | Неидентифицированный непрозрачный | Stau | Ставролит | | |
| Orx | Ортопироксен | Stb | Стивнит | | |
| Or | Ортоклаз | Stil | Стилбит | | |
| Org | Органический материал | Syl | Сильвинит | | |
| Orp | Аурипигмент | Tam | Тамаругит | | |
| | | Taw | Тавмавит | | |
| Par | Парагонит | Td | Тетрагедрит | | |
| Pea | Пиерцит | Te | Теллур | | |
| Pect | Пектолит | Tenn | Теннантит | | |
| Phg | Флогопит | Thn | Тенардит | | |
| Phil | Филлипсит | Thom | Томсонит | | |
| Pic | Пикерингит | Tlc | Тальк | | |
| Plag | Плагиоклаз | Tln | Талнахит | | |
| Pob | Полибазит | Tob | Тоберморит | | |
| Pre | Пренит | Tour | Турмалин | | |
| Pru | Проистит | Trd | Тридимит | | |
| Ps | Псиломелан | Trm | Тремолит | | |
| Ptil | Птилолит | Tru | Трускоттит | | |
| Pump | Пумпеллит | Tsch | Тешемахерит | | |
| Py | Пирит | Tt | Титанит | | |
| Pyg | Пираргирит | Tz | Топаз | | |
| Pyp | Пирофиллит | | | | |
| Pyrl | Пиролозит | Ves | Везувианит | | |
| Pyrr | Пирротин | | | | |

4.0 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 KRTA Ltd. unpublished data.
- 2 KRTA Ltd. unpublished data.
- 3 KRTA Ltd. unpublished data.
- 4 KRTA Ltd. unpublished data.
- 5 Bird, D.K. et al. 1984: Calc-silicate mineralisation in active geothermal systems. *Economic Geology* 79: 671-695.
- 6 Browne, P.R.L. 1970: Hydrothermal alteration as an aid in investigating geothermal fields. *Geotherm. Special Issue 2*: 564-570.
- 7 Browne, P.R.L. 1978: Hydrothermal alteration in active geothermal fields. *Annual Review of Earth and Planetary Science* 6: 229-250.
- 8 Browne, P.R.L.; Ellis, A.J. 1970: The Ohaaki - Broadlands hydrothermal area, New Zealand: Mineralogy and associated geochemistry. *American Journal of Science* 269: 97-131.
- 9 Coombs, D.S. et al.: The zeolite facies with comments on hydrothermal synthesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 17: 53-107.
- 10 Elders, W.A. et al. 1981: Distribution of hydrothermal mineral zones in the Cerro Prieto geothermal field of Baja California, Mexico. *Geothermics* 10: 245-253.
- 11 Unpublished data from Iceland geothermal wells.
- 12 Keith, T.E.C.; Muffler, L.J.P. 1978: Minerals produced during cooling and hydrothermal alteration of ash flow tuff from Yellowstone drillhole Y-5. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 3: 373-402.
- 13 Muffler, L.J.P.; White, D.E. 1969: Active metamorphism of Upper Cenozoic sediments in the Salton Sea geothermal field and the Salton Trough, Southeastern California. *Geological Society of America Bulletin* 80: 157-182.
- 14 Reed, M.J. 1976: Geology and hydrothermal metamorphism in the Cerro Prieto geothermal field, Mexico. *Proceedings of the Second United Nations Symposium on Development and Use of Geothermal Resources*: 539-547.
- 15 KRTA Ltd. unpublished data.
- 16 Steiner, A. 1977: The Wairakei geothermal area North Island, New Zealand. *N Z Geological Survey Bulletin* 90: 136p.
- 17 KRTA Ltd. unpublished data.
- 18 KRTA Ltd. unpublished data.
- 19 Barnes, H.L.; Czamanske, G.K. 1967: Solubilities and transport of ore minerals. In: Barnes, H.L. (ed) *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*: 236-333.
- 20 Cavaretta, G. et al. 1980: Hydrothermal metamorphism in the Larderello geothermal field. *Geothermics* 9: 297-314.
- 21 McKibben, M.A.: unpublished course notes for "Hydrothermal mineral assemblages, oxide and sulfide systems". Penn. State University.
- 22 Leach, T.M. et al. 1985: Epithermal mineral zonation in an active island arc: the Bacon-Manito geothermal system, Philippines. *Proc. 7th New Zealand Geothermal Workshop, Auckland University*: 109-114.
- 23 Jakobsson, S.P.; Moore, J.G. 1986: Hydrothermal minerals and alteration rates at Surtsey volcano, Iceland. *Geological Society of America Bulletin* 97: 648-659.
- 24 Clapp, 1915: Alunite and pyrophyllite in British Columbia. *Economic Geology* 10: 70-88.
- 25 Lombardi, G.; Sheppard, S.M.F. 1977: Petrographic and isotopic studies of the altered acid volcanics of the Tolfa-Cerite area, Italy: the genesis of the clays. *Clay Minerals* 12: 147-161.
- 26 Keith, T.E.C. et al. 1978: Hydrothermal alteration and self-sealing in Y-7 and Y-8 drillholes in the northern part of the Upper Geyser Basin, Yellowstone National Park, Wyoming. *United States Geological Survey Professional Paper*: 1054A.
- 27 Reyes, A.G. 1985: A comparative study of "acid" and "neutral pH" hydrothermal alteration in the Bacon-Manito geothermal area, Philippines. Unpublished MSc Thesis, University of Auckland. 258p.
- 28 Kakimoto, P.K. 1983: Hydrothermal alteration and fluid rock interaction in the TH3 and THM1 drillholes, Tauhara geothermal field, New Zealand. Unpublished MSc. Thesis, University of Auckland, 154p.
- 29 Wilson, M.R.; Kyser, T.K. 1988: Geochemistry of porphyry-hosted Au-Ag deposits in the Little Rocky Mountains. *Economic Geology* 83: 1329-1346.
- 30 Belkin, H.E. et al. 1986: Fluid inclusions in hydrothermal minerals from Mofete2, Mofete5 and San Vito 3 geothermal wells, Phlegrean Fields, Campania, Italy. *Proc. 5th International Volcanological Congress*: 7-12.
- 31 Turner, S.J. 1986: Fluid inclusion, alteration and ore mineral studies of an epithermal system: Mount Kasi, Vanua Levu, Fiji. *Proc. 5th International Volcanological Congress*: 87-94.

- 32 McDowell, S.D.; Elders, W.A. 1980: Authigenic layer silicate minerals in borehole Elmore 1, Salton Sea geothermal field, California, USA. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 74 (3): 293-310.
- 33 KRTA Ltd unpublished data.
- 34 Hulen & Nielson 1986: Stratigraphy and hydrothermal alteration in well Baca-8, Sulphur Springs area, Valles Caldera, New Mexico. *Geothermal Research Council Transactions* 10: 187-192.
- 35 Browne, P.R.L. et al. 1984: Formation rates of calc-silicate minerals deposited inside drillhole casing, Ngatamariki geothermal field, New Zealand. *American Mineralogist* 74: 759-763.
- 36 Jones, J.B.; Segnit, E.R. 1971: The nature of opal I: Nomenclature and constituent phases. *Journal of the Geological Society of Australia* 18 (1): 57-68.
- 37 Reyes, A.G.; Cardile, C.M. 1989: Characterisation of clay scales forming in Philippine geothermal wells. *Geothermics* 18 (3): 429-446.
- 38 Adams, M.C.; Moore, J.N. 1987: Hydrothermal alteration and fluid geochemistry of the Meager Mountain geothermal system, British Columbia. *American Journal of Science* 287: 720-755.
- 39 Botinelly, T. 1976: A review of the minerals of the alunite-jarosite, beudantite and plumbogummite groups. *Journal Res. United States Geological Survey* 4 (2) 213-216.
- 40 Ballantyne, J.M.; Moore, J.N. 1988: A new illite geothermometer. *Proc. 13th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University*: 145-150.
- 41 White, N.C.; Hedenquist, J.W. 1990: Epithermal environments and styles of mineralisation: variations and their causes, and guidelines for exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 36: 445- 474.
- 42 Hedenquist, J.W.; Browne, P.R.L. 1989: The evolution of the Waiotapu geothermal system, New Zealand, based on the chemical and isotopic composition of its fluids, minerals and rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53: 2235- 2257.
- 43 KRTA Ltd unpublished data.
- 44 Browne, P.R.L.; Lovering, J.F. 1973: Composition of sphalerites from the Broadlands geothermal field and their significance to sphalerite geothermometry and geobarometry. *Economic Geology* 68: 381-387.
- 45 Izawa, E.; Urashima, Y. 1989: Quaternary gold mineralisation and its geological environments in Kyushu, Japan. *Economic Geology Monograph 6: The geology of gold deposits: The perspective in 1988*. Keyes, Ramsey and Groves (Eds): 233-241.
- 46 Clark, M.; Titley, S.R. 1988: Hydrothermal evolution in the formation of silver-gold veins in the Tayoltita Mine, San Dimas District, Mexico. *Economic Geology* 83: 1830-1840.
- 47 Grant, G.J.; Ruiz, J. 1988: The Pb-Zn-Cu-Ag deposits of the Grandena Mine, San Fransisco del Oro-Santa Barbara District, Chihuahua, Mexico. *Economic Geology* 83 (8): 1683-1703.
- 48 Reyes, A.G. 1990: Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 43: 279-309.
- 49 Darce, M. 1990: Mineralogic alteration patterns in volcanic rocks of the La Libertad gold mining district and its surroundings, Nicaragua. *Economic Geology* 85(5): 1059-1071.
- 50 Shelton, K.L.; So, C.S.; Haeussler, G.T., Chi, S.J.; Lee, K.Y. 1990: Geochemical studies of the Tongyoung gold-silver deposits, republic of Korea: evidence of meteoric water dominance in a Te-bearing epithermal system. *Economic Geology* 85(6): 1114: 1132.
- 51 Cavaretta, G.; Puxeddu, M. 1990: Schorl-dravite-ferridravite tourmalines deposited by hydrothermal magmatic fluids during early evolution of the Larderello geothermal field, Italy. *Economic Geology* 85(6): 1236-1251.
- 52 Schandl, E.; O'Hanley, D.S.; Wicks, F.J.; Kyser, T.K. 1990: Fluid inclusions in rodingite: a geothermometer for serpentinization. *Economic Geology* 85(6): 1273-1276.
- 53 Kavalieris, I.; Walshe, J.L.; Halley, S.; Harrold B.P. 1990: Dome-related gold mineralization in the Pani Volcanic Complex, North Sulawesi, Indonesia: a study of geologic relations, fluid inclusions, and chlorite compositions. *Economic Geology* 85(6): 1208-1225.
- 54 Walshe, J.L. 1986: A six-component chlorite solid-solution model and the conditions of chlorite formation in hydrothermal and geothermal systems. *Economic Geology* 81: 681-703.
- 55 Afifi, A.M.; Kelly, W.C.; Essene, E.J. 1988: Phase relations among tellurides, sulfides and oxides: Applications to telluride-bearing ore deposits. *Economic Geology* 83(2): 395:404.
- 56 Cathelineau, M.; Nieva, D. 1985: A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 91: 235-244.
- 57 Cathelineau, M.; Oliver, R.; Garfias, A.; Nieva, O. 1985: Mineralogy and distribution of hydrothermal mineral zones in the Los Azufres (Mexico) geothermal field. *Geothermics* 14: 49-57.
- 58 Kristmannsdottir, H. 1979: Alteration of basaltic rocks by hydrothermal activity at 100-300°C. In: Mortland and Farmer, Eds.: *International Clay Conference 1978*. Elsevier: 359-367.

- 59 Aniceto, H.G. 1982: Petrology of MO-1 Bacon Manito geothermal field, Southern Luzon, Philippines. Report Geotherm 82.02, University of Auckland Geothermal Institute: 45p.
- 60 Reyes, A.G. 1986: Acid hydrothermal alteration occurrences in Philippine geothermal areas. Fifth International Symposium on Water-Rock Interaction, Reykjavik: 461-465.
- 61 Nesbitt, B.E.; St.Louis, R.M.; Muehlenbachs, K. 1986: Mobility of gold during hydrothermal alteration of basaltic units. Fifth International Symposium on Water-Rock Interaction, Reykjavik: 461-465.
- 62 Hulen, J.B.; Nielson, D.L. 1986: Hydrothermal alteration in the Baca geothermal system, Redondo Dome, Valles Caldera, New Mexico. *Journal of Geophysical Research* 91(B2): 1867-1886.
- 63 Oreskes, N.; Einaudi, M.T. 1992: Origin of hydrothermal fluids at Olympic Dam. *Economic Geology* 87: 64-90.
- 64 Murowchick, J.B.; Barnes, H.L. 1986: Marcasite precipitates from hydrothermal solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50: 2615-2629.
- 65 Rye, R.O.; Bethke, P.M.; Wasserman, M.D. 1992: The stable isotope geochemistry of acid sulphate alteration. *Economic Geology* 87 (2): 225-262.
- 66 Seal, R.R.; Rye, R.O. 1992: Stable isotope study of water-rock interaction and ore formation, bayhouse base and precious metal district, Idaho. *Economic Geology* 87 (2): 271-287.
- 67 Christenson, B.W. 1987: Fluid-mineral equilibria in the Kawerau hydrothermal system, TVZ, New Zealand. Unpub. PhD. Auckland University. 452p.
- 68 Patrier, P.; Beaufort, D.; Touchard, G.; Fouillac, A.M. 1990: Crystal size of epidotes: a potentially exploitable geothermometer in geothermal fields. *Geology* 18: 1126-1129.
- 69 Duba, D.; William-Jones, A.E. 1983: The application of illite crystallinity, organic matter reflectance, and isotope techniques to mineral exploration: a case study in southwestern Gaspé, Quebec. *Economic Geology* 78 (7): 1350-1363.
- 70 Leitch, C.H.B.; Godwin, C.I.; Brown, T.H. 1991: Geochemistry of mineralizing fluids in the Bralorne-Pioneer mesothermal gold vein deposit, British Columbia, Canada. *Economic Geology* 86: 318-353.
- 71 Reyes, A.G.; Giggenbach, W.F. 1992: Petrology and fluid chemistry of magmatic-hydrothermal systems in the Philippines. *Water-Rock Interaction*. Kharaka & Maest (eds). Balkema, Rotterdam.
- 72 Kingston Morrison Ltd, unpublished data.
- 73 Murowchick, J.B. 1992: Marcasite inversion and the petrographic determinations of pyrite ancestry. *Economic Geology* 87, 1141-1152.
- 74 Saunders, J.A. 1994: Silica and gold textures in the bonanza ores of the Sleeper deposit, Humboldt County, Nevada; evidence for colloids and implications for epithermal ore forming processes. *Economic Geology* 89: 628-638.
- 75 Lawless, J.V.; White, J.V.; Bogie, I.; Andrew, M.J. 1995: Tectonic features of Sumatra and New Zealand in relation to active and fossil hydrothermal systems: a comparison. *Proc. PACRIM 95*.
- 76 Van Bemmelen. 1949: The geology of Indonesia, V.II. *Economic Geology*. Govt Printing Office, The Hague. 265p.
- 77 Roberts, W.C.; Rapp, G.R.; Weber, J.; 1974: *Encyclopedia of minerals*. Van Nostrand Reinhold Co. 693p.
- 78 Bowers, T.C., Jackson, K.J. Helgeson, H.C., 1984: *Equilibrium Activity Diagrams*. Springer-Verlag 393p.
- 79 Beane, R.E. and Tilley, S.R., 1981: Porphyry copper deposits, Part II, Hydrothermal alteration and mineralisation: *Economic Geology, 75th Anniversary Volume*, p235-269.
- 80 Tilley, S.R., 1994: Evolutionary Habits of Hydrothermal and Supergene Alteration in Intrusion-Centred Ore Systems, Southwestern North America. In: Lentz, D.R., ed., *Alteration and Alteration Processes Associated with Ore-forming Systems*. Geological Association of Canada, Short Course Notes Vol 11, p237-260.
- 81 Cox, M.E. and Browne, P.R.L., 1995: The occurrence of pyrrhotite in the Ngawha Geothermal System, New Zealand. *Proc. 17th New Zealand Geothermal Workshop*, Auckland University, p35-40.
- 82 Ettliger, A.D. and Meiner, L.D., 1992. Gold skarn mineralization and fluid evolution in the Nickel Plate Deposit, British Columbia. *Economic Geology* 87, 1541 - 1565.
- 83 Hemley, J.J., Montoya, J.W., Marinenko, J.W. and Luce, L.W., 1980. Equilibria in the system $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ and some general implications for alteration-mineralization processes. *Economic Geology* 75, 210 - 228.
- 84 Layne, G.D. and Spooner, E.T.C., 1991. The JC Tin Skarn Deposit, southern Yukon Territory: I. Geology, paragenesis and fluid inclusion thermometry. *Economic Geology* 86, 29 - 47.
- 85 Wolfram, O. and Krupp, R.E., 1996. Hydrothermal solubility of rhodochrosite, Mn(II) speciation and equilibrium constants. *Geochimica Cosmochimica Acta* 60, 3983 - 3994.
- 86 Stoffgren, R.E. and Alpers, C.N., 1987. Woodhouseite and svanbergite in hydrothermal ore deposits: products of apatite destruction during advanced argillic alteration. *Canadian Mineralogist* 25, 201 - 211.
- 87 Kwak, T.A.P., 1986. Fluid inclusions in skarns (carbonate replacement deposits). *Journal of Metamorphic Geology* 4, 363 - 384.
- 88 Barton, P.B. and Skinner, B.J., 1979. Sulfide mineral stabilities. In: *Geochemistry of hydrothermal deposits* (ed. H.L. Barnes).

- 89 Korobov, A.D. and Ulzutuev, N.M., 1985. Some distinctive aspects of the formation of high-silica zeolites in the Kholinski perlite deposit (Burytia). *Geologiya I Geofizika* 26, 129 - 136.

4.2 General References Used in This Compilation

Brindley, G.W.; Brown, G. 1980: Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, 494p.

Chen, P.Y.: Table of key lines in X-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. Indiana Department of Natural Resources.

Geological Survey Occasional Paper 21.68p.

Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. 1963/1982: Rock forming minerals (1st and 2nd Eds). Longmans, 5 Vols.

Fleischer, M.; Wilcox, R.E.; Matzko, J. 1984: Microscopic determination of the non-opaque minerals. US Geological Survey Bulletin 1627, 453p.

Heinrich, E.W. 1965: Microscopic identification of minerals. McGraw-Hill, 414p.

Joint Committee on Powder Diffraction Standards 1974: Search manual for selected powder diffraction files for minerals. Swarthmore, Pa. JCPDS.

Roberts, W.L.; Rapp, G.R.; Weber, J. 1974: Encyclopedia of minerals. Van Nostrand Reinhold Co. 693p.

Schouten, C. 1962: Determination tables for ore microscopy. Elsevier, 242p.

Spry, P.G.; Gedlinske, B.L. 1987: Tables for the determination of common opaque minerals. Economic Geology Publishing Co. 52p.