

17. Тёмно-синий **ковеллин** развивается по зелёным сферолитам **малахита** в пустотке кварца. Поле зрения 1.2 см. Зона 1, гор.+248 м. Образец: А.В. Касаткин. Фото: М.Д. Мильшина.



Цвет ковеллина — тёмно-синий и синевато-чёрный, халькозина — тёмно-серый до чёрного, часто оба минерала тесно срastaются друг с другом. С коллекционной точки зрения наиболее интересны, на наш взгляд, образцы из зоны 1 (гор. +248 м) с тёмно-синими корочками ковеллина площадью до 6 x 5 см, развивающимися по ярко-синим кристаллам азурита и зелёным сферолитам малахита в ассоциации с кирпично-красным гипергенным гематитом (илл. 15—17). Вероятнее всего, эти сульфиды меди — самые поздние гипергенные минералы жилы.

Пирит FeS₂, один из главных рудных минералов Мурзинского месторождения в целом, в окисленных рудах Фосфатно-Арсенатной жилы чрезвычайно редок. Его единичные находки в зоне 2 представляют собой микронного размера включения в халькопирите и кварце. В зонах 2 и 3 встречены коричневые кубы до 3 мм — лимонитовые псевдоморфозы по пириту.

Сфалерит ZnS обнаружен только на нижних горизонтах жилы (+235—230 м), где он образует железо-чёрные массивные обособления до 5 см. Сфалерит сильно окислен с поверхности, по нему развиваются чёрные сажистые сульфиды меди и тонкие белые корочки смитсонита.

Халькопирит CuFeS₂ — главный гипогенный рудный минерал жилы Фосфатно-Арсенатная. Он распространён во всех трёх зонах, где слагает обособления латунно-желтого цвета размером до 5 см в кварце, как неокисленные, так и замещённые с краёв гипергенными минералами меди, чаще всего сульфидами, азуритом и малахитом.

Ютенбогардит Ag₃AuS₂ найден при электронно-зондовом исследовании образца с горизонта +248 м (зона 1). Этот сульфид благородных металлов образует редкие сростки до 20 мкм с имитеритом в кварце и ассоциирует с акантитом, иодаргиритом, ковеллином, малахитом, науманнитом, псевдомалахитом, халькозином, штрмейеритом. Химический состав ютенбогардита (мас.%): Ag 55.42, Au 33.55, S 10.78, сумма 99.75. Эмпирическая формула (расчет на сумму 6 атомов): Ag_{3.02}Au_{1.00}S_{1.98}.

Сульфосоли

Сульфосоли, за исключением блёклых руд, представлены единичными находками очень мелких зёрен. Все они диагностированы, как минимум, по химическому составу (таблица 3) и оптическим свойствам. Это минералы первичных гидротермальных руд.

Айкинит CuPbBiS₃ найден в образце из зоны 1 (горизонт +248 м). Он образует прожилки до 0.2 x 0.05 мм в халькопирите с англезитом, бисмоклитом, галенитом, тетрадитом, халькозином.

Блёклые руды представлены **теннантитом-(Fe) Cu₆[Cu₄Fe₂]As₄S₁₂S**, **теннантитом-(Zn) Cu₆[Cu₄Zn₂]As₄S₁₂S** и **тетраэдритом-(Zn) Cu₆[Cu₄Zn₂]Sb₄S₁₂S**. As-доминантные члены группы развиты во всех трёх зонах, а шире всего в зоне 2 — в виде массивных выделений размером обычно 0.5—1 см, редко до 3 см, в кварце и халькопирите в ассоциации с различными арсенатами, малахитом, азуритом, гётитом. Тетраэдрит-(Zn) встречается редко, в виде включений до

Козалит Pb₂Bi₂S₅, **густавит AgPbBi₃S₆** (предположительно) и **виттихенит Cu₃BiS₃** установлены совместно в единственном аншлифе, изготовленном из образца с горизонта +245 м. Указанные сульфосоли развиваются на контакте халькопирита и кварца в виде индивидов размером до 0.8 мм (козалит), 0.1 мм (густавит) и 0.05 мм (виттихенит), а также сростков друг с другом размером до 0.1 мм. Член лиллианитовой гомологической серии отнесён нами к густавиту на основании рассчитанных из его химического состава (табл. 3, ан. 7), гомологического номера $N_{\text{chem}} = 4.17$, а также процента ($L = 54.46\%$) и коэффициента ($x = 0.59$) густавитового замещения (Makovicky and Tora, 2014; Makovicky, 2019). Диагностика козалита дополнительно подтверждена монокристалльным рентгеновским методом. Параметры его ромбической элементарной ячейки: $a = 19.112(3)$, $b = 23.794(4)$, $c = 4.0577(9)$ Å, $V = 1845.3(6)$ Å³. В зоне 3 (гор.+235 м) козалит образует включения до 0.3 мм в сфалерите и на контакте последнего с кварцем и ассоциирует с галенитом, золотом, смитсонитом, халькозином и перусситом.

Галогениды

Минералы этого класса также представлены кристаллами и зёрнами микронного размера и диагностированы электронно-зондовым методом.

Бисмоклит BiOCl образует вытянутые пластинчатые кристаллы до 0.1 мм, заключенные в халькопирите с халькозином, и ассоциирует с айкинитом, англезитом, галенитом, тетрадитом. Единственный образец с этим минералом отобран в зоне 1 на горизонте +248 м. Химический состав бисмоклита (мас.%, содержание H₂O рассчитано по стехиометрии): Bi₂O₃ 90.84, Cl 9.26, H₂O 1.15, Cl=O —2.09, сумма 99.16. Эмпирическая формула такова (расчет на 2 аниона): Bi_{1.00}O_{1.00}Cl_{0.67}(OH)_{0.33}.

Иодаргирит AgI обилен в зоне 1 (гор.+248 м), но выделения его мелкие. Его ксеноморфные зёрна до 0.1 мм, но в среднем 10—20 мкм локализованы в «железной шляпе», где развиваются по трещинам в кварце и лимоните, а также заключены в малахите. В зоне 2 (горизонт +245 м) иодаргирит обнаружен в виде включений до 15 мкм в серых корочках миметизита в ассоциации с сегнититом и фосфогедифаном, а в зоне 3 (+235 м) — редких индивидов до 10 мкм в кварце и малахите. Химический состав иодида соответствует теоретическому AgI. Несмотря на то, что анизотропия минерала маскируется внутренними рефlekсами бледно-желтого цвета, она все же различима, что дает основание отнести изученный минерал именно к иодаргириту, а не к его кубическому диморфу майерситу. Иодаргирит — один из наиболее поздних минералов окисленных руд жилы.

Очень мелкие, не более 5 мкм, включения в бёдантите с горизонта +245 м отвечают по составу исключительно редкому бромиду ртути — **кузьминиту HgBr**. Химический состав минерала, нормализованный на 100 мас.% после вычета компонентов вмещающего бёдантита (мас.%), таков: Hg 72.83, Cl 2.54, Br 23.28, I 1.35. Эмпирическая формула (расчет на сумму всех атомов, равную 2): Hg_{0.99}Br_{0.79}Cl_{0.19}I_{0.03}. В этой же ассоциации присутствуют разнообразные арсенаты