

окисленного состояния (Te^{4+} в голдфилдите) в нейтральное (самородный Te) или восстановленное (Te^{2-} в теллуридах золота и серебра (сильванита) и ртути (колорадоита)). Монофазная зональность, т.е. колебания содержаний Te, обусловлена изменениями скорости захвата теллура (и As или Sb) растущим кристаллом голдфилдита. Последняя, в свою очередь, определяется концентрацией этих компонентов в слое раствора, непосредственно контактирующем с растущими гранями кристалла (в реакционной зоне). Концентрация отдельного компонента в реакционной зоне зависит от соотношения скорости диффузии его в растворе и скоростей адсорбции и десорбции теллура твердой фазой. Подобные монофазная и гетерофазная или мультифазная осцилляторная зональность установлена для голдфилдитов из других эпитептермальных высокосернистых (HS) золоторудных месторождений Елшица (Среднегорье, Болгария), Прасоловское (о. Кунашир, Курильские острова) и Озерновское (Камчатка) [8].

На карте элементного состава сросшихся кристаллов голдфилдита хорошо видно, что зоны повышенной трещиноватости заполнены наложенными сульфософатами и в значительной степени обогащены самородным теллуrom, теллуридами ртути (колорадоитом $\text{Hg}_{0.77-0.94}\text{Te}$) и теллуридами золота и серебра (сильванитом $\text{Au}_{0.86-1.67}\text{Ag}_{0.4-2.31}\text{Fe}_{0.06-0.39}\text{Mo}_{0.2-0.77}\text{Ta}_{0.04-0.08}\text{Te}_4$).

В интервале глубин 46.5...62.0 м отмечается промежуточная по составу блеклая руда между голдфилдитом и тетраэдрит-теннантитом с вариацией примеси теллура в пределах 0.64...12.83 вес.%; (a.p.f.u. = 0.09...1.58).

В целом, содержание мышьяка в составе блеклых руд участка Эми значительно варьирует, при этом с глубиной отмечается два тренда развития устойчивых составов блеклой руды: с высоким содержанием мышьяка (теннантитовые разности) и высоким содержанием сурьмы (тетраэдритовые разности). На глубинах 60...80 м более распространён теннантит, при этом встречающиеся тетраэдритовые разности характеризуются наиболее высоким содержанием цинка. С глубиной в составе блеклых руд увеличивается содержание железа. На глубинах 62.0...109.0 м развиты конечные члены теннантит-тетраэдритового ряда, зачастую образующие распады твердого раствора между собой.

Таким образом, изменчивость химического состав блеклых руд с глубиной в пределах одной из скважин участка Эми в направлении от 31.6→110 м. представлена следующей последовательностью: тетраэдрит с примесью серебра → теннантит с примесью серебра → голдфилдит с примесью мышьяка, висмута и серебра → теллуросодержащие теннантит-тетраэдритовые разности → крайние члены теннантит-тетраэдритового ряда на фоне увеличения содержания цинка и железа.

Литература

1. Hu Y. Genesis of fahlore in the Tianbaoshan lead-zinc deposit, Sichuan Province, China: a scanning electron microscopy – energy dispersive spectroscopy study [Text] / Y. Hu, L. Ye, Z. Li, Z. Huang, J. Zhang // Acta Geochimica. – 2018. – V. 37. – P. 842 – 853.
2. Keim M.F. Polyphase enrichment and redistribution processes in silver-rich mineral associations of the hydrothermal fluorite-barite – (Ag-Cu) Clara deposit, SW Germany [Text] / M.F. Keim, B.F. Walter, U. Neumann, S. Kreissl, R. Bayerl, G. Markl // Mineralium Deposita. – 2019. – V.54. – P. 155–174.
3. N.G. Lyubimtseva Coupled Dissolution – Precipitation Reactions of Tennantite – Tetrahedrite Minerals in the Darasun Gold Deposit (Eastern Transbaikalia, Russia) [Text] / N.G. Lyubimtseva, N.S. Bortnikov, S.E. Borisovsky, O.V. Vikent'eva, V.Y. Prokofiev // Geology of Ore Deposits. – 2019. –V.61. – P. 530–548.
4. Mishin L.F. New age data on the magmatic rocks from the western sector of the Okhotsk - Chukotka volcanogenic belt [Text] / L.F. Mishin, V. V. Akinin, E.L. Mishin // Russian Journal of Pacific Geology. – 2008. – V.2. – P.385–396.
5. Repstock A. Chemical composition and varieties of fahlore-group minerals from Oligocene mineralization in the Rhodope area, Southern Bulgaria and Northern Greece [Text] / A. Repstock, P. Voudouris, M. Zeug, V. Melfos, M. Zhai, H. Li, T. Kartal, J. Matuszczak // Mineralogy and Petrology. – 2016. – V. 110. – P. 103–123.
6. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России [Текст] / под ред. А.И. Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – С. 1–572. – Кн. 2. – С. 573–981.
7. Мишин Л.Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Россия) (Ульянский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) [Текст] // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30. – № 4. – С. 32–48.
8. Плотинская О.Ю., Русинов В.Л., Зелтманн Р. Осцилляторная зональность в блёклых рудах эпитептермальных золоторудных месторождений [Текст] // Доклады академии наук. – 2005. –Т. 403. – С. 237 – 241.
9. Официальный сайт компании «Polymetal International PLC» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.polymetalinternational.com/ru/assets/where-we-operate/svetloye/#Reserves>
10. Плотинская О.Ю., Грабежев А.И., Зелтманн Р. Состав блёклых руд как элемент зональности порфирово-эпитептермальной системы (на примере рудопроявления Биксизак, Ю.Урал) [Текст] // Геология рудных месторождений. – № 57. – С. 48–70.

ЗОЛОТАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АБЫЗ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)

Николаева А.Н., Байболова Ш.

Научный руководитель - профессор А.К. Мазуров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Месторождение Абыз открыто в 1973 г. и изучалось В.Г. Тихомировым, И.А. Дороховым, Н.М. Исаевым, Э.С. Файзуллиным, В.Н. Исаевым, А.М. Мызниковым, К.Ш. Дюсембаевой, Ф.Ф. Судовцевым, С.Е. Беляевым, Н.П. Остробородько, В.М. Шужановым, Б.С. Хамзиным и др.

Вещающими породами является вулканогенно-терригенная толща девонского возраста, которая подверглась интенсивному гидротермально-метасоматическому изменению с образованием пропилитовых и березитовых статистически устойчивых минеральных ассоциаций. В процессе геологоразведочных работ, в пределах зоны метасоматитов выделено 16 рудных тел. Морфология рудных тел сложная, как по простиранию, так и по падению отмечаются раздувы и пережимы, изгибы, апофизы. Протяженность рудных тел по простиранию 80...650 м, по падению 50...220 м, мощность 0,8...30 м. Средние содержания свинца в рудах 0,37 %, цинка – 5,37 %, меди – 2,33 %, золота – 6,6 г/т, серебра – 64,6 г/т [3].

По текстурно-структурным особенностям на месторождении выделяется два типа руд: вкрапленные и сплошные колчеданные. Проведенными исследованиями (К.Ш. Дюсембаева, 1992 г.) установлено, что большая часть золота связана с сульфидами и накапливается в пиритном концентрате.

Целью исследований явилось изучение распределения и формы нахождения золота в пиритном концентрате. Для этого с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) нами было изучено 40 полированных аншлифов.

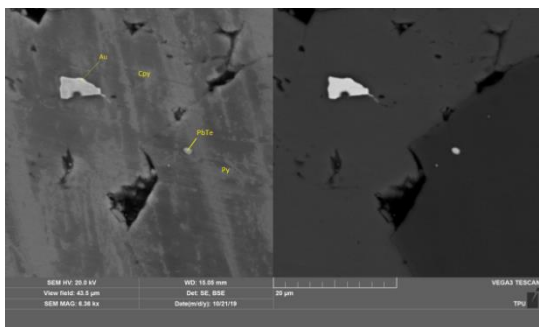


Рис. 1 Включение золота в халькопирите

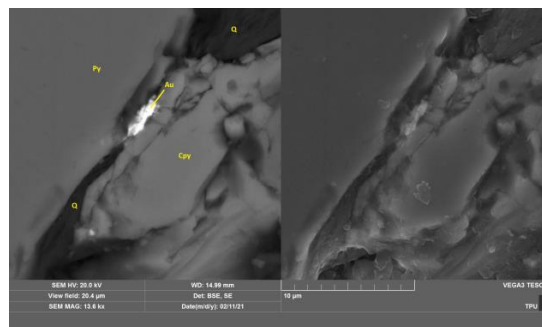


Рис. 2 Включение золота в трещине между пиритом и халькопиритом

В результате проведенных исследований установлено, что золото в руде в основном находится в сростании с халькопиритом, размером от 1,8 до 7,15 микрон (рис. 1), а также в виде выделений, заполняющих межзерновые пространства между пиритом и халькопиритом в кварце (рис. 2). По границам зёрен пирита золото находится в виде изометричных зёрен размером от 0,5 до 5,5 микрон (рис. 3). Неправильные зёрна золота отмечаются с кварцем в халькопирите (рис. 9). Прожилковидные выделения золота в халькопирите и других сульфидах не превышают 14,5*1,7 микрон.

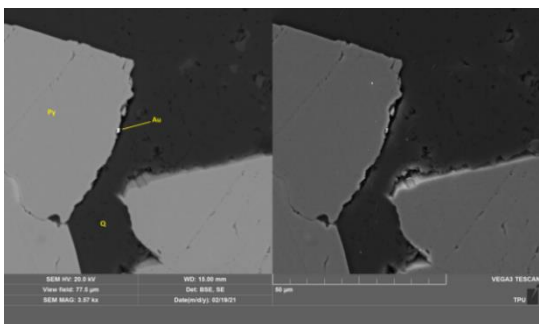


Рис. 3 Золото на границе зерна пирита с кварцем

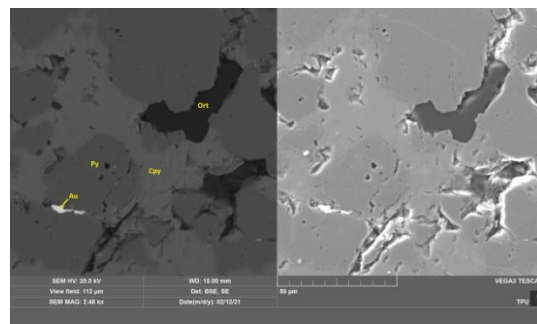


Рис. 4 Прожилковидное выделение электрума

Нами также установлено, что в большом количестве в руде присутствует электрум (Au = 61,5 %, Ag = 38,5 %), представленный прожилковидными выделениями, средней размерностью около 14,2*1,5 микрон, чаще всего заполняющий пустоты между пиритом и халькопиритом (рис. 4). Помимо самородного золота и электрума в руде обнаружены овальные и неправильные выделения зерна калаверита AuTe₂ (Au = 40...43 %) и петцита Ag₃AuTe₂ (Au = 25 %), по своим размерам не превышающие 1,43 микрон (рис. 5, 6).

Как в сплошных, так и во вкрапленных рудах обнаружены изометричные зёрна теллуридов серебра, представленные по своему химическому составу гёсситом и сосредоточенные преимущественно в пирите и халькопирите. Размерность их не превышает 2,5 микрон (рис. 7).

Во вкрапленных рудах обнаружены включения редкоземельных элементов (Ce, La, Nd, Pr, Sm), расположенные исключительно в ортоклазе (рис. 8).

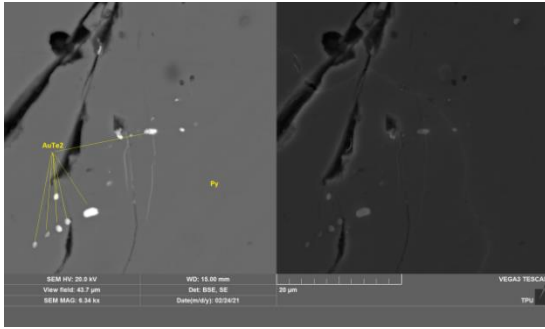


Рис. 5 Зёрна калаверита в пирите

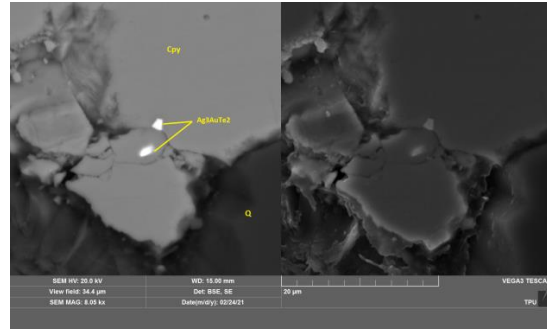


Рис. 6 Зёрна петцита в халькопирите

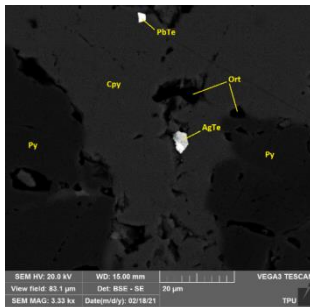


Рис. 7 Теллуриды серебра

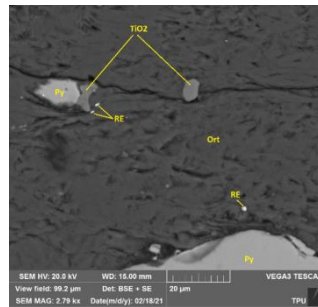


Рис. 8 Включения редкоземельных элементов в ортоклазе

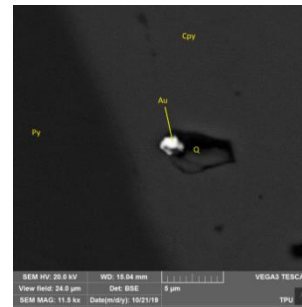


Рис. 9 Золото в кварце

Полученные минералогические данные позволяют сделать вывод о том, что золото в рудах в меньшей степени находится в виде самородного. Основное количество золота в рудах связано с электрумом, а также с петцитом и калаверитом. Вероятно, данным фактом можно объяснить значительные потери золота в результате флотации.

Литература

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие / А.Г. Бетехтин. – М.: КДУ, 2007. – 721 с/
2. Даукеев С.Ж., Ужкенов Б.С., Абдулин А.А., Мирошниченко Л.А. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Металлогения. / Изд.: Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан. – Алматы, 2002 г. – Том II.
3. Дюсембаева К.Ш. Минералого-геохимические особенности руд золото-колчеданно-медно-цинкового месторождения Абыз: Центральный Казахстан: диссертация кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.20. – Алма-Ата, 1992. – 221 с.
4. Родыгина В.Г. Начала минераграфии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского университета. – 175 с.

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРАНИТОИДОВ ДУНГУРХИНСКОГО МАССИВА (ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)

Никуленкин Н.С.

Научный руководитель - доцент Е.М. Асочакова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Исследуемый Дунгурхинский массив гранит-гранодиоритовой формации, находится в западной части Монголии к северу от озера Хотун-нур. По сведениям С.П. Гавриловой [1] данный pluton имеет позднеордовикский возраст. В западной части, располагающейся на территории Китая, массив сложен плагиигранитами и тоналитами с достаточно широким распространением аплитов и пегматитов. Монгольская часть массива состоит из гранитов и гранодиоритов, которые связаны между собой взаимными переходами. Граниты в свою очередь преобладают над остальными породами. Строение массива двухфазное: первая фаза, слагающая основную площадь plutона, состоит преимущественно из гранитов с повышенным содержанием биотита и двуслюдяных крупнозернистых гранитоидов; вторая фаза в свою очередь представлена мелкозернистыми мусковитовыми гранитами, аплитами, лейкогранитами. Объектом данного исследования являются граниты двух фаз Дунгурхинского массива. На TAS диаграмме основная часть гранитоидов главной фазы попадает в поля гранитов, умеренно щелочных гранитов и низко щелочных лейкогранитов. Дополнительная фаза в подавляющем большинстве является лейкогранитами [1].

На графике (рис. 1) наглядно видно, что первая крупнозернистая фаза гранитоидов Дунгурхинского массива более обогащена редкоземельными элементами в отличие от второй фазы, имеющей более мелкозернистое