

Балаиов Ю. А. Геохронология раннепротерозойских пород Печенгско-Варзугской структуры Кольского полуострова // *Петрология*. 1996. Т. 4. № 1. С. 3–25.

Карпов С. М., Волошин А. В., Савченко Е. Э. Ванадиевая минерализация в колчеданном месторождении «Пирротиновое ущелье» (Кольский полуостров) // *Металлогения древних и современных океанов–2012. Гидротермальные поля и руды*. Миасс: ИМин УрО РАН, 2012а. С. 140–144.

Карпов С. М., Волошин А. В., Савченко Е. Э., Селиванова Е. А., Полеховский Ю. С. Кульсонит в месторождении Пирротиновое ущелье (Кольский полуостров): первая находка в России // *Доклады Академии наук*. 2012б. Т. 446. № 1. С. 64–66.

Карпов С. М., Волошин А. В., Савченко Е. Э., Селиванова Е. А. Минералы ванадия в рудах колчеданного месторождения Пирротиновое ущелье (Прихибинье, Кольский полуостров) // *Записки РМО*. 2013а. № 3. С. 83–99.

Карпов С. М., Волошин А. В., Савченко Е. Э. Две ветви ванадиевой минерализации в докембрийских колчеданных месторождениях Феноскандинавского щита // *Мат. X Всерос. Фермановской научн. сессии «Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона»*. 2013б. С. 147–151.

Карпов С. М., Волошин А. В., Компанченко А. А., Савченко Е. Э., Базай А. В. Минералы группы кричтонита в колчеданных рудах и рудных метасоматитах протерозойских структур Кольского региона // *Записки РМО*. 2016. № 5. С. 39–56.

А. А. Компанченко
Геологический институт КНЦ РАН, г. Анатиты
komp-alena@yandex.ru

Необычные минеральные ассоциации и минеральные формы Sc и W в колчеданных рудах Южной Печенги, Кольский регион (научный руководитель д.г.-м.н. А. В. Волошин)

Южно-Печенгская структурная зона (ЮПСЗ) является частью нижнепротерозойской рифтогенной структуры Печенга-Имандра-Варзуга в северо-западной части Кольского региона. Колчеданные руды развиты на участке Брагино, который расположен в осевой части юго-восточного блока ЮПСЗ. Центральная часть участка представлена метапикробазальтами меннельской толщи, на северном и южном флангах – вулканогенно-осадочными образованиями брагинской свиты. В вулканитах за пределами участка закартированы малые тела диоритов, гранит-порфиров, лампрофиров и сиенитов. По вулканогенно-осадочным толщам широко развиты метасоматические образования – кварциты, березиты, листовиты, основные метасоматиты и альбититы [Ахмедов и др., 2004]. По текстурным признакам колчеданные руды участка Брагино разделены на четыре типа: массивные, полосчатые, брекчированные и вкрапленные.

Наиболее распространенные массивные руды разделены на три типа в зависимости от содержания сульфидов. Руды первого типа в центральной части рудного тела состоят на 90–95 % из сульфидов, 90 % которых приходится на пирротин, остальные – марказит и пирит, халькопирит, молибденит. Руды второго типа распространены на всем участке. Они состоят на 80–85 % из сульфидов, из которых 60 % приходится на пирротин, по 15 % на халькопирит и сфалерит, остальные – марказит,

пирит, молибденит, галенит и др. В пирротиновых рудах второго типа обнаружены «гнезда» размером 1 × 1 м, на 85 % сложенные крупнокристаллическим пирритом с нерудными минералами в интерстициях (третий тип руд).

Полосчатые руды пространственно связаны с пирротиновыми рудами второго типа. Полосчатость обусловлена чередованием тончайших (сотни микрометров) прослоев сульфидов с преобладанием пирротина и нерудных минералов. Брекчированные и вкрапленные руды распространены в подчиненном количестве, в основном, в краевых частях рудного тела. От массивных руд они отличаются преобладанием нерудных минералов над рудными.

В пирротиновых рудах второго типа и пиритовых рудах обнаружены будинированные жилы кварц-альбитового состава (рис. 1). Краевые зоны этих жил частично растворены, в местах разломов жил прослеживаются цепочки из мелких «осколков» кварц-альбитового состава. Части жил могут быть на разных расстояниях друг от друга, чаще всего они разноориентированы. В центральной части жил располагается альбит, а в краевой – кварц. Многочисленные Cr-Sc-V минералы (тиванит, ноланит, кульсонит, мусковит-роскоэлит, тортвейтит и др.) локализуются исключительно в альбите.

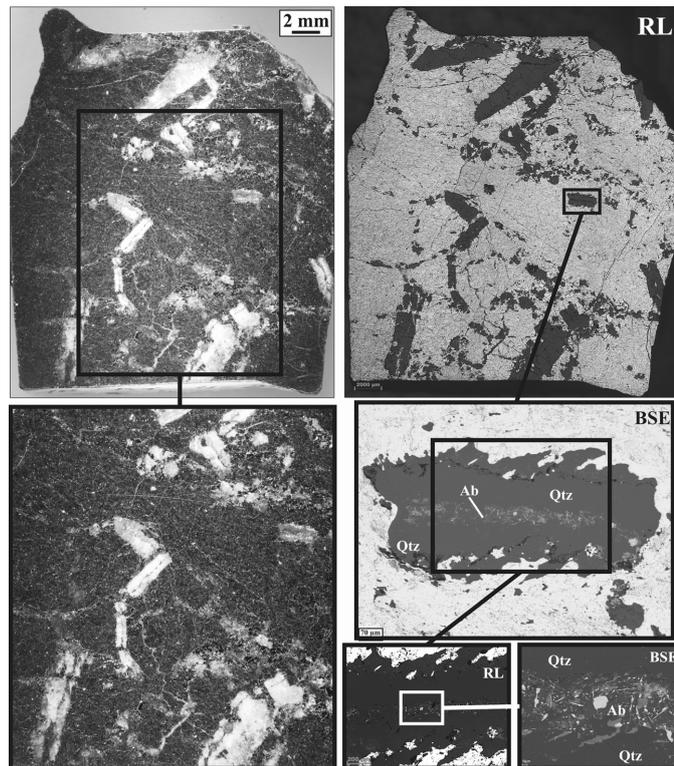


Рис. 1. Реликты кварц-альбитовых жил с Cr-V и Sc минерализацией в массивных пирротиновых рудах второго типа.

Слева – снимки в отраженном свете, RL – снимки в отраженном поляризованном свете, BSE – снимки в обратно-рассеянных электронах. Qtz – кварц; Ab – альбит.

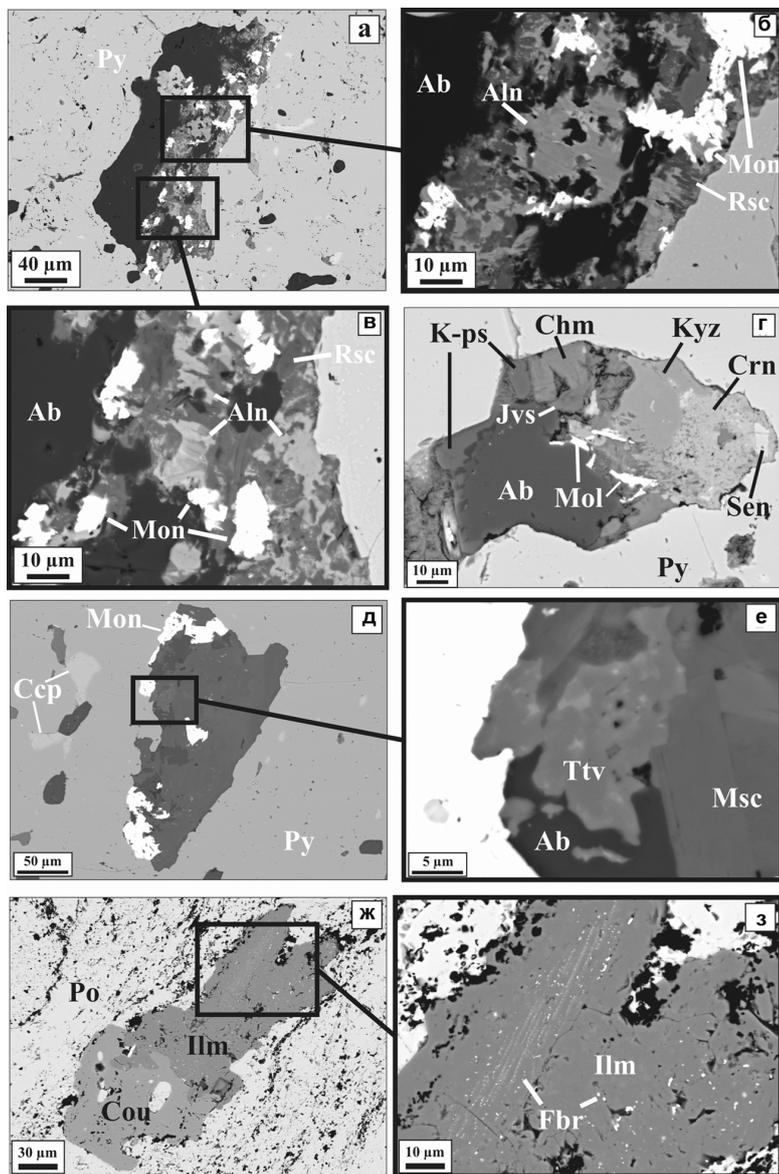


Рис. 2. Морфология и ассоциация минералов Cr-Sc-V и W минерализации в колчеданных рудах участка Брагино: а–в) обособленное включение в пирите (Py), содержащее ванадийсодержащий мусковит (Msc), роскоэлит (Rsc), ванадийсодержащие минералы подгруппы алланита (Aln), монацит (Mon); г) микрокристалл джервисита (Jvs) в обособленном включении в пирите (Py); д, е) та же ассоциация, что и на рис. а–в, но с присутствием тортвейтита (Ttv); ж, з) тонкая «сыпь» ферберита (Fbr) в ильмените (Ilm).

Ро – пирротин; Ccp – халькопирит; Mol – молибденит; Sou – кульсонит; Kyz – кызыл-кумит; Crn – агрегат минералов группы кричтонита; Sen – сенаит; Ab – альбит; K-ps – калиевый полевой шпат; Chm – шамозит.

Минеральный состав руд изучен с помощью оптического микроскопа AxioPlan в отраженном свете с блоком видеорегистрации. Морфология, фазовая и внутрифазовая неоднородность минералов исследованы на СЭМ LEO-1450 с оценкой состава минеральных фаз посредством энергодисперсионного спектрометра (ЭДС) Bruker XFlash 5010 (ГИ КНЦ РАН, аналитик А. В. Базай). Химический состав и неоднородность минералов изучены с помощью СЭМ Hitachi S-3400N с ЭДС Oxford X-Max 20 (ресурсный центр (РЦ) СПбГУ «Геомодель», г. Санкт-Петербург, аналитики Н. С. Влащенко и В. В. Шиловских). Химический анализ однородных зерен минералов размером более 20 мкм выполнен на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca MS-46 в Геологическом институте КНЦ РАН. Для исследованных минералов проведена регистрация рамановских спектров на спектрометрах: Almega XR ThermoScientific, микроскоп Olympus BX51, объектив 100×, лазеры 532 и 785 нм (Институт геологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, выполнены автором); Horiba LabRam HR800, микроскоп Olympus BX41, объектив 50×, лазеры 488 и 514 нм (РЦ «Геомодель», операторы В. Н. Бочаров и автор).

Ранее на данном объекте были установлены многочисленные минералы комплексной Cr-Sc-V ассоциации [Карпов и др., 2016; Компанченко и др., 2017]. В ходе настоящей работы выявлены необычные минеральные ассоциации, генезис которых пока неясен.

В кристаллах пирита из пиритовых руд установлены обломки, вероятно, тех же кварц-альбитовых жил (рис. 2а–в), в которых встречаются слюды ряда мусковит-роскоэлит. По слюдам развивается хлорит с примесью V_2O_3 (до 12 мас. %). Также в этой ассоциации часто отмечаются минералы группы эпидота, подгруппы алланита, которые по химическому составу могут быть Nd- и Ce- аналогами ванадоалланита-(La) $(CaLa)(V^{3+}AlFe^{2+})(Si_2O_7)(SiO_4)O(OH)$ [Nagashima et al., 2013]. Среди силикатов Sc обнаружен редкий представитель группы эгирина – джервисит $NaScSi_2O_6$ в ассоциации с кызылкумитом (рис. 2г). Установлено присутствие тортвейтита $Sc_2Si_2O_7$ (до 3 мас. % V_2O_3), монацита-(Nd) и монацита-(Ce) (рис. 2е–з).

Вольфрам в качестве примеси присутствует в составе рутила, кызылкумита, тиванита и молибденита. Среди его собственных минеральных форм установлены единичные зерна шеелита и ферберита. Ферберит встречен в двух ассоциациях. В первой ассоциации он присутствует в виде ксеноморфных зерен в сростании с ильменитом и рутилом. Характерной особенностью рутила являются зоны с повышенными содержаниями WO_3 (до 13 мас. %). Во второй – в качестве тонкой вкрапленности в ильмените, который находится в тесном сростании с кульсонитом (рис. 2ж, з). Обе ассоциации приурочены к пирротиновым рудам второго типа. Средний химический состав ферберита (мас. %): 71.68 WO_3 , 0.38 TiO_2 , 21.64 FeO, 0.77 MnO и 0.24 NiO.

Согласно [Dill et al., 2007; Dill et al., 2014], ильменит с тонкими включениями ферберита известен в аллювиальных россыпях пегматитовой провинции Хагендорф в Германии, коренными источниками которых являются редкометалльные пегматиты. Однако генезис подобных образований не рассматривается и остается неясно, какой процесс привел к образованию такой ассоциации в колчеданных рудах проявления Брагино.

Литература

Ахмедов А. М., Вороняева Л. В., Павлов В. А. и др. Золотоносность Южно-Печенгской структурной зоны (Кольский полуостров): типы проявлений и перспективы выявления промышленных содержаний золота // Региональная геология и металлогения. 2004. № 20. С. 143–165.

Карпов С. М., Волошин А. В., Компанченко А. А., Савченко Е. Э., Базай А. В. Минералы группы кричтонита в колчеданных рудах и рудных метасоматитах протерозойских структур Кольского региона // Записки РМО. 2016. № 5. С. 39–56.

Компанченко А. А., Волошин А. В., Базай А. В., Полеховский Ю. С. Эволюция хром-ванадиевой минерализации в колчеданных рудах участка Брагино Южно-Печенгской структурной зоны (Кольский регион) на примере шпинелидов // Записки РМО. 2017. № 5. С. 44–59.

Dill H. G., Melcher F., Fuhr M., Weber B. The origin of rutile-ilmenite aggregates (“nigrine”) in alluvial-fluvial placers of the Hagendorf pegmatite province, NE Bavaria, Germany // Mineralogy and Petrology. 2007. Vol. 89. P. 133–158.

Dill H. G., Weber B., Melcher F., Wiesner W., Muller A. Titaniferous heavy mineral aggregates as a tool in exploration for pegmatitic and aplitic rare-metal deposits (SE Germany) // Ore Geology Reviews. 2014. Vol. 57. P. 29–52.

Nagashima M., Nishio-Hamane D., Tomita N., Minakawa T., Inaba S. Vanadoallanite-(La): a new epidote-supergrout mineral from Ise, Mie Prefecture, Japan // Mineralogical Magazine. 2013. Vol. 77(6). P. 2739–2752.

О. Ю. Плотинская¹, Д. Б. Бондарь², В. Д. Абрамова¹

¹ – *Институт геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии РАН, г. Москва*
plotin@igem.ru

² – *Байройтский университет, Геологический институт, г. Байройт, Германия*

Элементы-примеси в молибдените Cu- и Mo-порфировых месторождений Урала по данным ЛА ИСП МС: методические подходы и первые результаты

Молибденит представляет несомненный интерес как основной носитель таких металлов как Mo и Re, а в некоторых случаях также Os, W и Se [Ciobanu et al., 2013; Paşava et al., 2016 и цитируемая литература]. В данной работе речь пойдет об исследовании особенностей распределения элементов-примесей в молибдените из Cu-порфировых объектов Биргильдинско-Томинского рудного узла (БТРУ), Южный Урал, и Mo-порфирового месторождения Талицкое, Средний Урал. В настоящее время широко применяются два метода изучения элементов-примесей в молибдените – рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерным пробоотбором (ЛА ИСП МС). Анализ монофракций или концентратов молибденита также широко распространен, но исключительно для определения содержания Re или для Re-Os изотопного датирования. В нашей работе применен следующий комплекс методов:

1. Изучение минеральных включений в молибдените методами оптической и сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным детектором (СЭМ+ЭДС) (рис. 1а, б; 2а, б) по стандартным методикам.

2. Изучение распределения примесей в молибдените при помощи РСМА на рентгеноспектральном микроанализаторе Cameca SX-100 в Музее естественной истории, Лондон, Великобритания (аналитик Дж. Спратт). Молибденит был откартирован