

рис. 2в), что говорит о едином магматическом источнике при формировании надрудной толщи. Надрудная толща перекрыта пластиной верхнедевонских алевролитов и кремней мощностью до 150 м.

Таким образом, руды на Дергамышском месторождении формировались на серпентинитах, в том числе замещая их. Перекрывающий слой представлен черными хлоритолитами, содержащими реликты пикробазальтов. По содержанию и распределению РЗЭ хлоритолиты сходны с вулканитами и дайковым комплексом, что указывает на их формирование по вулканогенному протолиту, а также на общность их магматогенных источников. Присутствие пикритов и бонинитов в основании перекрывающей вулканогенно-осадочной толщи указывает на ее образование в обстановке начальной стадии образования островной дуги [Дубровский, 2009]. Рудоотложение на Дергамышском месторождении вероятнее всего связано с пикробазальт-бонинитовым вулканизмом на серпентинитовом субстрате при зарождении в раннем девоне Ирендыкской островной дуги. В позднем девоне при коллизии произошло перекрытие рудного тела серпентинитовой пластиной.

Работы поддержаны государственной бюджетной темой ИМин УрО РАН «Минералогия и геохимия рудных и рудоносных фаций как отражение геологической истории палеогидротермальных систем». Авторы благодарят В. В. Зайкова, В. В. Масленникова и В. Г. Кориневского за обсуждение результатов работ.

Литература

Бучковский Э. С. Отчет о результатах поисково-ревизионных работ на силикатный и сульфидный никель, выполненный Байгускаровской геолого-поисковой и Байгускаровской геофизической партиями в 1964–1966 гг. Уфа, 1966ф.

Дубровский М. И. Бониниты: петрохимия, систематика, петрогенезис // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12. № 3. С. 436–446.

Мелекесцева И. Ю. Гетерогенные кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах палеостроводужных структур. М.: Наука, 2007. 245 с.

А. А. Компанченко

*Геологический институт КНЦ РАН, г. Анапаты
komp-alena@yandex.ru*

Cr-Ti-V минералы в протерозойских колчеданных рудах Южно-Печенгской структурной зоны, Кольский регион (научный руководитель А. В. Волошин)

Южно-Печенгская структурная зона (ЮПСЗ) является частью Печенгско-Варзугской нижнепротерозойской рифтогенной структуры в северо-западной части Кольского региона. Колчеданные пирротиновые руды развиты на участке Брагино, который расположен в осевой части ЮПСЗ. Центральная его часть представлена метапикробазальтами. На северном и южном флангах участка развиты вулканогенно-осадочные образования, преобразованные в кварциты, березиты, листовениты, альбититы [Ахмедов и др., 2004]. По текстурным признакам руды разделены на четыре

типа: массивные, полосчатые, вкрапленные и брекчиевидные. Главными рудными минералами являются пирротин, марказит, пирит, халькопирит, сфалерит, ильменит.

Изучение минералов колчеданных руд выполнялось на оптическом микроскопе Ахиорпан, сканирующем электронном микроскопе LEO-1450 с оценкой состава минеральных фаз посредством энергодисперсионного спектрометра Quantax, электронно-зондовом микроанализаторе Cameca MS-46. Исследования минералов проведены в Геологическом институте КНЦ РАН, аналитик А. В. Базай. Для многих минералов автором выполнена регистрация рамановских спектров на спектрометре Alpha XR ThermoScientific, микроскоп Olympus BX51, объектив 100×, лазер 532 нм в Институте геологии КарНЦ РАН.

Изучение минеральных ассоциаций колчеданных руд ЮПСЗ позволило получить новые данные о ванадиевой минерализации в этих рудах. Ранее было установлено, что ванадий входит в состав минералов группы шпинели (кулсонит, V-содержащий хромит), группы кричтонита (кричтонит, сенаит, линдслейит, давидит-(Ce), давидит-(La)), рутила, ильменита [Компанченко и др., 2015а, б].

Минералы группы шпинели. Находка кулсонита (FeV_2O_4) в рудах ЮПСЗ является второй находкой в Кольском регионе и России. Минерал обнаружен в виде ограненных октаэдрических кристаллов и сростков (рис. 1а–в). В сростании с кулсонитом установлен флогопит с содержанием V_2O_3 до 5 мас. % (рис. 1в). Нередко кулсонит находится в тесном сростании с ильменитом, рутилом и минералами группы кричтонита (рис. 1г–е). Индивиды кулсонита характеризуются фазовой неоднородностью, обусловленной наличием реликтов V-содержащего хромита в центральных

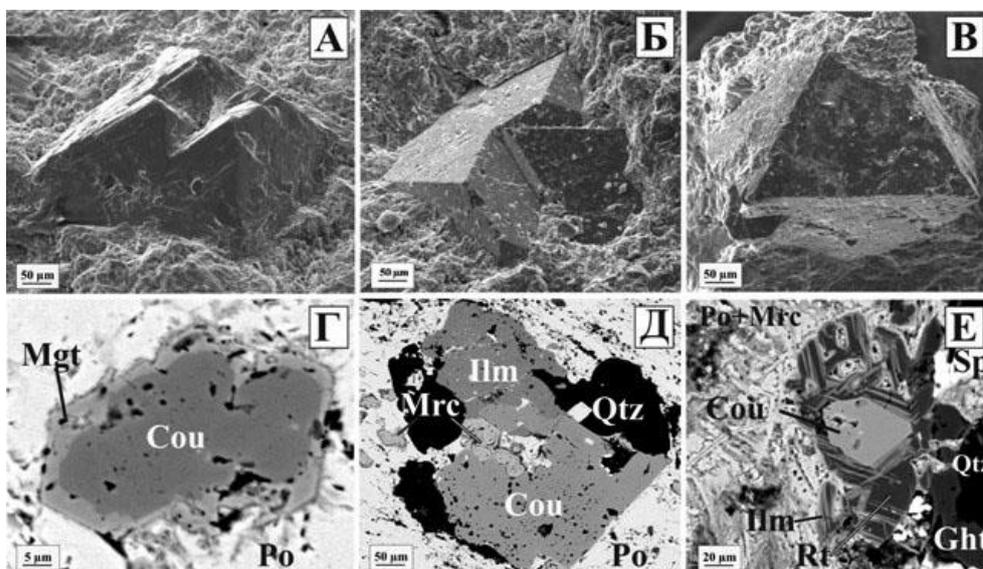


Рис. 1. Морфология (а–в) и ассоциации (г–е) минералов группы шпинели (в – сросток кулсонита с V-содержащим флогопитом (пластинка на грани зерна)).

Cou – кулсонит, Mgt – магнетит, Rt – рутил, Ilm – ильменит, Po – пирротин, Sp – сфалерит, Mrc – марказит, Ght – гетит, Qtz – кварц.

Таблица 1

Химический состав минералов группы шпинели

| Оксиды | V-содержащий хромит | Кулсонит | | | Магнетит |
|--------------------------------|---------------------|----------|--------|--------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| FeO | 30.33 | 33.18 | 33.63 | 34.03 | 44.13 |
| ZnO | 4.71 | 0.68 | 2.84 | 2.46 | 0.36 |
| MnO | 0.52 | – | 0.21 | 0.05 | 0.28 |
| MgO | 0.30 | 0.41 | – | – | – |
| V ₂ O ₃ | 21.70 | 37.59 | 39.66 | 45.97 | 0.65 |
| Fe ₂ O ₃ | 8.36 | 14.84 | 12.39 | 10.68 | 53.15 |
| Cr ₂ O ₃ | 31.85 | 6.40 | 10.98 | 6.26 | 0.35 |
| TiO ₂ | 0.45 | 5.46 | 0.43 | 0.49 | 0.07 |
| Al ₂ O ₃ | 3.04 | 0.95 | 1.11 | 1.63 | 0.08 |
| SiO ₂ | – | 0.90 | 0.13 | – | 0.69 |
| Сумма | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Формульные коэффициенты | | | | | |
| <i>Структурная позиция А</i> | | | | | |
| Fe ²⁺ | 0.961 | 1.057 | 1.091 | 1.09 | 1.773 |
| Zn | 0.132 | 0.019 | 0.081 | 0.070 | 0.013 |
| Mn | 0.017 | 0.000 | 0.007 | 0.002 | 0.011 |
| Mg | 0.017 | 0.023 | 0.000 | – | – |
| Сумма А | 1.126 | 1.100 | 1.179 | 1.163 | 1.797 |
| <i>Структурная позиция В</i> | | | | | |
| V ³⁺ | 0.659 | 1.148 | 1.233 | 1.414 | 0.025 |
| Fe ³⁺ | 0.238 | 0.425 | 0.362 | 0.308 | 1.922 |
| Cr | 0.954 | 0.193 | 0.337 | 0.190 | 0.013 |
| Ti | 0.013 | 0.156 | 0.013 | 0.014 | 0.003 |
| Al | 0.136 | 0.043 | 0.051 | 0.074 | 0.005 |
| Si | 0.000 | 0.034 | 0.005 | – | 0.033 |
| Сумма В | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |

Примечание. Формульные коэффициенты рассчитаны на четыре атома кислорода. Разделение на структурные позиции произведено в соответствии с общей формулой минералов группы шпинели АВ₂О₄. Прочерк – элемент не обнаружен.

частях кристаллов, в то время как краевые участки сложены кулсонитом. Часто в виде каймы вокруг мелких зерен кулсонита (размером менее 50 мкм) образуется магнетит (рис. 1г). Толщина таких кайм изменяется от нескольких микрометров до полного замещения кулсонита и формирования псевдоморфоз магнетита. Магнетит также встречается в виде включений микрокристаллов октаэдрической огранки в прожилках гетита.

Кулсонит из колчеданных руд ЮПСЗ характеризуется крайне изменчивым соотношением элементов в октаэдрической позиции. Так, содержание Cr₂O₃ варьирует от 5 до 23 мас. % (табл. 1). В кулсоните и V-содержащем хромите установлены

примеси Zn, Mn, Al, Ti, Si. В магнетите в качестве примесей присутствует V_2O_3 до 1 мас. %, а также следы Cr, Zr, Si, Mn (см. табл. 1). Химический состав кулсонита, отличается от такового, найденного в колчеданах Пирротинового ущелья Прихиби-нья [Карпов и др., 2013], повышенным содержанием Cr и Fe.

Все минералы группы шпинели были подтверждены рамановскими спектрами, отвечающими эталонам соответствующих минеральных видов.

Минералы группы кричтонита. Ранее в колчеданных проявлениях ЮПСЗ были установлены кричтонит, сенаит, линдлейит, давидит-(La) и давидит-(Ce) [Компанченко и др., 2015a]. Проведенные исследования показали, что доминирующими минеральными видами являются кричтонит и сенаит. Кричтонит обычно слагает центральную часть зерен, а сенаит образует краевые каймы (рис. 2). Обнаруженные минералы группы кричтонита находятся в тесной генетической связи с рутилом, ильменитом, а также кулсонитом (рис. 2а). Находкой стало обнаружение самостоятельных выделений сенаита в массивных пирротиновых рудах. Все минералы группы кричтонита характеризуются повышенным содержанием V_2O_3 , которое варьирует от 6.6 до 18 мас. % при среднем содержании Sc_2O_3 до 0.6 мас. % (табл. 2). По сравнению с другими минералами этой группы состав сенаита отличается высоким содержанием Sc_2O_3 (до 3 мас. %).

Таким образом, в результате проведенных работ получены новые данные о ванадиевой минерализации в колчеданных рудах Южно-Печенгской структурной зоны. Впервые установлен эволюционный генетический ряд минералов группы шпинели в колчеданных пирротиновых рудах от первичного V-содержащего хромита до позднего

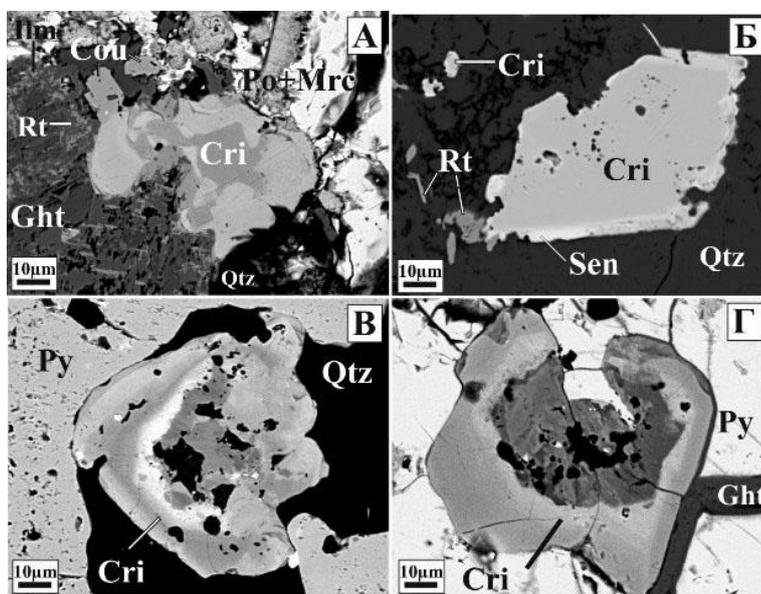


Рис. 2. Ассоциации минералов группы кричтонита. На рис. а, в, г – минералы группы кричтонита (Cri), более светлые участки зерна по составу ближе к сенаиту, темные – кричтониту, б – Cri – кричтонит.

Sen – сенаит, Py – пирит.

Таблица 2

Химический состав минералов группы кричтонита

| Оксиды | Кричтонит | | Сенаит | | Линдслейит | |
|---|-----------|--------|--------|--------|------------|--------|
| | мас. % | ФК | мас. % | ФК | мас. % | ФК |
| <i>Структурная позиция А</i> | | | | | | |
| SrO | 3.34 | 0.57 | 1.14 | 0.203 | 0.42 | 0.071 |
| PbO | – | – | 10.45 | 0.866 | 0.44 | 0.035 |
| CaO | 0.16 | 0.052 | 0.29 | 0.096 | 1.07 | 0.335 |
| Ce ₂ O ₃ | 0.42 | 0.045 | – | – | – | – |
| BaO | 2.76 | 0.319 | – | – | 7.31 | 0.838 |
| <i>Структурная позиция В</i> | | | | | | |
| Y ₂ O ₃ | 0.18 | 0.029 | 0.34 | 0.056 | – | – |
| UO ₂ | 0.11 | 0.007 | – | – | 3.73 | 0.243 |
| ZrO ₂ | 0.53 | 0.075 | 0.15 | 0.023 | 0.80 | 0.114 |
| MnO | 7.59 | 1.892 | 3.14 | 0.818 | 0.09 | 0.023 |
| Sc ₂ O ₃ | 0.075 | 0.019 | 2.01 | 0.539 | 0.39 | 0.099 |
| <i>Структурная позиция T₂</i> | | | | | | |
| MgO | 0.24 | 0.106 | 0.16 | 0.073 | 0.12 | 0.052 |
| ZnO | 0.34 | 0.074 | 0.59 | 0.134 | 0.04 | 0.009 |
| <i>Структурная позиция C1₆</i> | | | | | | |
| V ₂ O ₃ | 16.21 | 3.825 | 15.64 | 3.858 | 6.60 | 1.548 |
| FeO | 3.89 | 0.959 | 5.88 | 1.513 | 8.78 | 2.150 |
| Cr ₂ O ₃ | 2.16 | 0.503 | 3.24 | 0.788 | 6.69 | 1.548 |
| Al ₂ O ₃ | 0.37 | 0.127 | 0.30 | 0.109 | 0.28 | 0.097 |
| SiO ₂ | 0.441 | 0.13 | 15.64 | 3.858 | 6.97 | 2.040 |
| <i>Структурная позиция C2</i> | | | | | | |
| TiO ₂ | 60.49 | 13.391 | 56.67 | 13.113 | 56.26 | 12.379 |
| Сумма | 99.319 | – | 100 | – | 100 | – |

Примечание. ФК – формульные коэффициенты катионов, рассчитанные на 38 атомов кислорода. Разделение на структурные позиции произведено в соответствии с общей формулой минералов группы кричтонита $ABT_2C1_6C2_{12}O_{38}$. Прочерк – элемент не обнаружен.

магнетита. Минералы группы кричтонита, представленные кричтонитом, сенаитом, линдлейитом, давидитом-(La) и давидитом-(Ce), находятся в генетической связи с рутилом, ильменитом и иногда с кулсонитом и характеризуются крайне сложным и изменчивым химическим составом.

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. и др. Минералы ванадия в рудах колчеданного месторождения Пирротиновое ущелье (Прихибинье, Кольский полуостров) // Записки РМО. 2013. Т. 142. № 3. С. 83–99.

Компанченко А. А., Волошин А. В., Базай А. В. Ванадиевая минерализация в колчеданных проявлениях – новый тип для Южно-Печенгской структурной зоны, Кольский регион // Мат. Всерос. конф. «Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования». М.: ИГЕМ РАН, 2015а. С. 325–326.

Компанченко А. А., Волошин А. В., Базай А. В. Ванадийсодержащие минералы группы кричтонита в колчеданных проявлениях Южно-Печенгской структурной зоны, Кольский регион // Мат. XXVI молодежн. научн. школы-конф. «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии». Петрозаводск, 2015б. С. 57–60.

В. С. Исаев, Т. А. Бабенко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

им. М. И. Платова, г. Новочеркасск

isaevvs1945@mail.ru

О месте формирования Худесского медноколчеданного месторождения (Северный Кавказ)

В образованиях палеозоя Северного Кавказа известны два крупных медноколчеданных объекта (Урупское и Худесское месторождения) и ряд более мелких. Все они локализованы в полосе развития девонского вулканогенно-осадочного комплекса зоны Передового хребта, которую Г. И. Баранов с соавторами рассматривают как фрагмент сложной палеостроводужной системы с тектонически совмещенными в разрезе различными элементами [Исаев, 2004]. Ее островодужный элемент, получивший название Кизилкольского, характеризуется латеральной неоднородностью и включает четыре парагенеза вулканических комплексов. Два из них – Урупский риолит-базальтовый контрастно дифференцированный и Картджуртский базальт-андезит-риолитовый последовательно дифференцированный – вмещают рудные тела соответствующих месторождений.

По мнению Н. С. Скрипченко и А. С. Тамбиева [Снежко, Исаев, 1988], геотектонические обстановки формирования рассматриваемых месторождений принципиально различны: Худесское месторождение ассоциирует с базальт-офиолитовым комплексом океанического рифта, а Урупское – с базальт-риолитовым островодужным комплексом. Основанием для такого разделения послужило принципиальное различие в составе вмещающих пород, так и руд рассматриваемых объектов. Руды Урупского месторождения – медно-цинково-колчеданные золотоносные с соотношением меди к цинку от 3:1 к 4:1, а Худесского – медно-цинково-колчеданные кобальтоносные с соотношением меди к цинку 6:1. Таким образом, в трактовке условий формирования Урупского месторождения различными авторами расхождений нет, а по вопросу геотектонической обстановки формирования Худесского месторо-