

В.В. Хребтиевский

*Московский государственный университет, г. Москва, Россия
st064292@gmail.com*

О последовательности минералообразования и впервые найденных минералах олова и теллура на Новониколаевском месторождении (Южный Урал)
(научные руководители – к.г.-м.н. *О.Ю. Плотинская*, к.г.-м.н. *А.А. Бурмистров*)

V.V. Khrebtievsky

Moscow State University, Moscow, Russia

Paragenetic sequence of mineral formation and the first discovered tin and tellurium minerals at the Novonikolaevskoe deposit (South Urals)

Abstract. Six paragenetic stages are distinguished on the basis of mineralogy and textural relationships at the Novonikolaevskoe deposit (South Urals): magmatic, skarn, post-skarn, sulfide-oxide, sulfide-telluride, and supergene. Productive mineralization is mainly associated with sulfide-oxide and sulfide-telluride stages. The sulfide-oxide stage includes quartz-chlorite alterations and the formation of pyrite, magnetite and cassiterite. The sulfide-telluride stage is related to quartz-carbonate-sericite alteration and the formation of various sulfides and tellurides. Cassiterite, coloradoite, and tsumoite are found for the first time at the Novonikolaevskoe deposit using scanning electron microscopy and electron probe microanalysis.

Новониколаевское месторождение, расположенное на фланге Михеевского медно-порфирикового месторождения (Южный Урал), генетически связано с ним, но имеет неоднозначный генезис. Месторождение может относиться как к медно-порфириковому, так и к скарново-медно-порфириковому типу [Sillitoe, 2010]. Поэтому изучение Новониколаевского месторождения является важным для разработки геолого-поисковых моделей медно-порфириковых месторождений и связанных с ними месторождений других генетических типов. Целью данной работы является установление генетического типа Новониколаевского месторождения. Для достижения поставленной цели были выявлены основные этапы и стадии минералообразования и прослежена связь рудообразования с гидротермальными процессами.

Материал для работы был собран в ходе преддипломных практик в октябре 2021 г. и сентябре 2022 г. на Михеевском и Новониколаевском месторождениях. Образцы из керна скважин месторождения исследованы оптическими методами. Химический состав минералов определен в лаборатории локальных методов исследования вещества геологического факультета Московского государственного университета (МГУ, г. Москва, аналитик В.О. Япаскурт) и в лаборатории кристаллохимии минералов Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН, Москва, аналитик Л.А. Иванова) на СЭМ JSM IT-500 (Jeol, Japan), оснащенных комбинированной системой электронно-зондового микроанализа и устройством прямого измерения силы тока электронного зонда.

Новониколаевское месторождение относится к Новониколаевскому рудному району и находится на территории Варненского муниципального района Челябинской области в 10 км на юго-юго-запад от Михеевского медно-порфирикового месторождения. В структурном плане относится к западному крылу Михеевской грабен-синклинали, которая осложнена субмеридиональным магмо- и рудоконтролирующим Тарутинско-Джетыгаринским разломом. В геологическом строении месторождения принимают участие позднедевонские известняки, базальты, алевролиты и песчаники, прорванные Михеевским диорит-

порфиритовым, Ульяновским дацит-риодацитовым и, предположительно, Дружинским ультрабазитовым комплексами (D_3-C_1) [Тевелев и др., 2018]. Оруденение представлено субмеридиональным линейным штокверком, образованным кварц-карбонат-хлоритовыми прожилками, вкрапленностью и мелко-гнездовыми агрегатами пирита и халькопирита. Породы месторождения интенсивно окварцованы, серицитизированы и карбонатизированы.

К магматическому этапу относится внедрение Михеевского и Ульяновского комплексов и тел серпентинизированных ультрабазитов, предположительно, Дружинского комплекса. К рудным минералам этого этапа относятся хромит и ильменит, являющиеся типичными акцессорными минералами ультраосновных и основных-средних изверженных пород, соответственно. Хромит окаймляется гранатом андрадит-гроссулярового ряда. Ильменит замещается лейкоксомом, а затем рутилом, редко с ксеноморфным пиритом первой генерации (Py-I).

В гидротермальном этапе можно выделить четыре стадии: скарновую, постскарновую, сульфидно-оксидную и сульфидно-теллуридную. В скарновую стадию образовались гранат и пироксен. Скарнирование происходило по вмещающим изверженным породам и известнякам. Зональный гранат гроссуляр-андрадитового ряда представлен катаклазированными шестиугольными кристаллами размером до 0.5 мм и зернистыми агрегатами. Диопсид обнаружен под электронным микроскопом и образует реликтовые зерна размером до 10 мкм, почти полностью замещенные кальцитом.

В постскарновую стадию происходило замещение минералов эпидотом, хлоритом-I, кварцем-I и кальцитом. Хлорит-I совместно с пиритом-I и рутилом замещает, предположительно, магматический амфибол, который часто сохраняет реликтовую ромбовидную форму кристаллов. Иногда встречаются игольчатые вростки рутила в хлорите, что свидетельствует о замещении биотита. С хлоритом-I связано образование апатита, титанита и монацита. Апатит имеет ксеноморфную, гипидиоморфную призматическую или гексагональную форму, контактирует с хлоритом-I и кварцем, который развивается по трещинам в нем, а также кальцитом, который его корродирует. Апатит замещает реликтовый ильменит и гранат. Монацит встречается в виде изометричных микровключений в апатите. Титанит, замещающий гранат и контактирующий с хлоритом, рутилом и кварцем, видимо, также образовался в постскарновую стадию. Безрудный кварц-I замещает минералы скарнов, развиваясь в интерстициях между гранобластами граната, образуя прожилки и докинематические порфиробласты в сланцах и хлорит-карбонат-кварц-серицитовых метасоматитах. Кальцит замещает гранат и пироксен в скарнах совместно с кварцем-I.

В сульфидно-оксидную стадию образовались прожилки безрудного пламенеvidного карбоната, по которым развиты более поздние хлорит-кварц-карбонатные прожилки. Рудные минералы этой стадии представлены пиритом, арсенопиритом, касситеритом и магнетитом. По всей видимости, их появление связано с кварц-хлоритовыми изменениями. В эту стадию пирит образует две генерации: ксеноморфный или гипидиоморфный пирит-II, связанный с хлоритом-II, и гипидиоморфный или идиоморфный пирит-III, связанный с кварцем-II. Степень корродированности пирита двух генераций зачастую зависит от количества в прожилках более позднего, чем кварц и хлорит, карбоната, из-за которого и происходит коррозия минерала. Арсенопирит также корродируется карбонатом и контактирует с гипидиоморфным пиритом-III. Касситерит обнаружен в виде идиоморфных (реже гипидиоморфных и ксеноморфных) изометричных бипирамидальных зерен, которые ассоциируют с кварцем в карбонат-кварц-хлоритовых прожилках. Реже контактируют с хлоритом и встречаются в трещинах в пирите совместно с халькопиритом. Размер кристаллов касситерита составляет в поперечнике 10 мкм. Магнетит образует прожилковидные выделения, развиваясь совместно с идиоморфным пиритом-III и халькопиритом.

В сульфидно-теллуридную стадию образовалась большая часть сульфидов и теллуридов. Зеленоватый теннантит, имеющий гипидиоморфную и ксеноморфную форму кристаллов, видимо, является наиболее ранним минералом этой стадии. В виде кайм обрастания по нему развиваются более поздние сульфиды, такие как халькопирит, сфалерит и галенит. Также теннантит выполняет трещины в пирите совместно со сфалеритом и халькопиритом. Пирротин чаще всего встречается в виде мелких пойкилитовых вростков в пирите вместе с халькопиритом и сфалеритом. В сфалерите часто встречается эмульсионная вкрапленность халькопирита. Галенит образует ксеноморфные кристаллы и тяготеет к центру друзовидных прожилков по пириту с халькопиритом, сфалеритом, которые развиваются по зальбандам. Сероватый или бледно-зеленоватый тетраэдрит представлен ксеноморфными выделениями, развивающимися по пириту и халькопириту. Встречены очень мелкие (менее 1 мкм) изометричные In-содержащие минералы с Fe, Cu, Sn и S, развивающиеся по трещинам в пирите или образующие в нем вростки. Крайне малый размер зерен не позволяет надежно рассчитать формулу минерала. Вероятно, позднее сульфидов происходило образование теллуридов Hg, Bi и Ag. Гессит размером до 1 мкм имеет ровные очертания граней и расположен в хлоритовом прожилке по пириту. Цумоит образует ксеноморфные зерна размером от 1 до 30 мкм, иногда с ровными гранями, и связан с кварц-доломитовыми прожилками, часто выполняя трещины в пирите или образуя в нем пойкилитовые вростки. Единственное выделение колорадоита имеет удлиненную форму до 10 мкм длиной, ксеноморфные очертания и выполняет трещину в пирите.

В гипергенный этап образовались борнит и халькозин. Халькозин образует каемки вокруг халькопирита или полностью замещает его. Борнит контактирует с халькопиритом и халькозином.

Таким образом, на Новониколаевском месторождении выделено три основных этапа минералообразования (от раннего к позднему): магматический, гидротермальный (скарновая, постскарновая, сульфидно-оксидная и сульфидно-теллуридная стадии) и гипергенный. Продуктивное оруденение связано с сульфидно-оксидным и сульфидно-теллуридными стадиями гидротермального этапа. Сульфидно-оксидная стадия связана с кварц-хлоритовыми изменениями и образованием пирита, магнетита и касситерита. Сульфидно-теллуридная стадия связана с кварц-карбонат-серицитовыми изменениями и образованием разнообразных сульфидов и теллуридов. Находки теллуридов известны в рудах Михеевского месторождения [Plotinskaya et al., 2018; Горбунов и др., 2019]. На Новониколаевском месторождении теллуриды найдены впервые.

Возможность образования скарнов, приуроченных к медно-порфировым системам, обосновано в работе [Silitoe, 2010], и само наличие скарнов на месторождении позволяет отнести Новониколаевское месторождение к скарново-медно-порфировому типу. При этом скарнирование является предрудным процессом, а рудообразование в гидротермальный этап связывает месторождение с плутоногенным гидротермальным типом.

Автор выражает благодарность научным руководителям А.А. Бурмистрову (МГУ) и О.Ю. Плотинской (ИГЕМ РАН), руководству ОАО «Михеевский ГОК», сотрудникам лаборатории локальных методов исследования вещества МГУ и лаборатории кристаллохимии минералов ИГЕМ РАН за проведение микрозондового анализа.

Литература

Горбунов А.А., Аликин О.В., Захарова А.А. и др. Особенности минералогии руд Михеевского месторождения, Новониколаевского и Западного участков (Южный Урал) // Уральская минералогическая школа-2019. Екатеринбург, 2019. С. 41–44.

Тевелев А.В., Кошелева И.А., Бурштейн Е.Ф. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-XXV (Карталы). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2018. 175 с.

Plotinskaya O.Y., Azovskova O.B., Abramov S.S. et al. Precious metals assemblages at the Mikheevskoe porphyry copper deposit (South Urals, Russia) as proxies of epithermal overprinting // *Ore Geology Reviews*. 2018. Vol. 94. P. 239–260.

Sillitoe R.H. Porphyry copper systems // *Economic Geology*. 2010. Vol. 105. P. 3–41.

А.С. Целуйко

*Южно-Уральский федеральный научный центр
минералогии и геоэкологии УрО РАН, г. Миасс, Россия
celuykoa@rambler.ru*

Рудные фации Юбилейного медноколчеданного месторождения, Южный Урал (научный руководитель – член-корр. РАН В.В. Масленников)

A.S. Tseluyko

*South Urals Federal Research Center of
Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia*

Ore facies of the Yubileynoe massive sulfide deposit, South Urals

Abstract. The mineralogical-geochemical and textural-structural features of ore facies of the Yubileynoe deposit in the South Urals are described. The geochemical zonality and chemical features of sulfides of hydrothermal chimneys are similar with those of modern gray smokers of the western part of the Pacific Ocean. Diagenetic and catagenetic varieties of sulfides differ from hydrothermal sulfides in content of trace elements including the increasing content of elements of “high-temperature” association in pyrite.

В предшествующие десятилетия изучение колчеданных месторождений многими исследователями привело к пониманию связи магматизма и вулканизма с колчеданообразованием, и показана зависимость минералогических особенностей руд от состава определенных вулканогенных и осадочных формаций. Важным этапом изучения минералогических особенностей колчеданных месторождений стало обоснование важной роли метаморфизма в преобразованиях руд [Ярош, 1973; Викентьев, 2004]. Вместе с тем, еще на раннем этапе изучения колчеданных месторождений А.Н. Заварицкий [1943] подчеркивал, что их особенности связаны не только с процессами динамометаморфизма, но и первичными процессами рудоотложения. С годами появилось новое направление исследований, связанное с выявлением первичных генетических признаков колчеданных руд, в том числе, с привлечением данных по современному колчеданообразованию в сульфидообразующих системах черных курильщиков [Шадлун, 1991; Зайков, 2006; Масленникова, Масленников, 2007].

Седиментационные колчеданные залежи стали объектами рудно-фациального анализа, который наследует метод текстурно-структурного анализа колчеданных руд [Шадлун, 1991]. Под рудной фацией понимается закономерно расположенная часть рудного тела, которая отличается от другой части по текстурным, структурным, минералогическим, геохимическим и другим генетическим признакам, отражающим обстановку и условия рудообразования [Масленников, Зайков, 2006]. Рудно-фациальное направление исследований является актуальным, поскольку его комплексные результаты служат основой для выяснения причин разнообразия месторождений колчеданного семейства.