

- Пужаков Б. А., Савельев В. П., Кузнецов Н. С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист N-41 – Челябинск. Объяснительная записка. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 415 с.
- Тевелев А. В., Кошелева И. А., Попов В. С., Кузнецов И. Е., Осипова Т. А., Правикова Н. В., Вострецова Е. С., Густова А. С. Палеозойды зоны сочленения Восточного Урала и Зауралья // Труды лаборатории геологии складчатых поясов. Вып. 4. М.: МГУ, 2006. 300 с.
- Феритатер Г. Б. Палеозойский интрузивный магматизм Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 368 с.
- Чернышев И. В., Чугаев А. В., Шатагин К. Н. Высокоточный изотопный анализ Pb методом многоколлекторной ICP-масс-спектрометрии с нормированием по $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl}$: оптимизация и калибровка метода для изучения вариаций изотопного состава Pb // Геохимия. 2007. № 11. С. 1155–1168.
- Чугаев А. В., Чернышев И. В., Лебедев В. А., Еремина А. В. Изотопный состав свинца и происхождение четвертичных лав вулкана Эльбрус (Большой Кавказ, Россия): данные высокоточного метода MC-ICP-MS // Петрология. 2013. Т. 21. № 1. С. 20–33.
- Plotinskaya O. Y., Azovskova O. B., Abramov S. S., Groznova E. O., Novoselov K. A., Seltmann R., Spratt J. 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.
- Plotinskaya O. Y., Chugaev A. V., Seltmann R. Lead isotope systematics of porphyry-epithermal spectrum of the Birgilda-Tomino ore cluster in the South Urals, Russia // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 85. P. 204–215.
- Stacey J. S., Kramers I. D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // Earth and Planetary Science Letters. 1975. Vol. 26. P. 207–221.
- Tessalina S., Plotinskaya O. Y. Silurian to Carboniferous Re-Os molybdenite ages of the Kalinovskoe, Mikheevskoe and Talitsa Cu and Mo porphyry deposits in the Urals: implications for geodynamic setting // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 85. P. 174–180.
- Zartman R. E., Doe B. R. Plumbotectonics – the model // Tectonophysics. 1981. Vol. 75. P. 135–162.

О. Б. Азовскова¹, М. Ю. Ровнушкин¹, Л. Н. Байрамгалина¹, В. А. Гемель²
¹ – Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург
² – АО «Михеевский ГОК», пос. Красногвардейский, Челябинская обл.
 oazovskova@yandex.ru

Урановая и ториевая минерализация в рудах Михеевского медно-порфинового месторождения, Южный Урал

Михеевское (Mo, Au)-Cu-порфировое месторождение расположено в южной части Челябинской области. Оно является не только наиболее значимым объектом медно-порфирового семейства на Урале, но и входит в число крупнейших медных месторождений мира. По геолого-структурной позиции Михеевское месторождение принадлежит к восточному борту южноуральской части Восточно-Уральской вулканогенной мегазоны. Михеевское, Томинское и ряд других месторождений и рудопроявлений, находящиеся в этой структуре, отвечают «диоритовой» медно-порфировой модели, которая пространственно и генетически связана с кварц-диоритовым магматизмом островодужного типа [Грабежев, 2014; Плотинская и др., 2015; Plotinskaya et al., 2018].

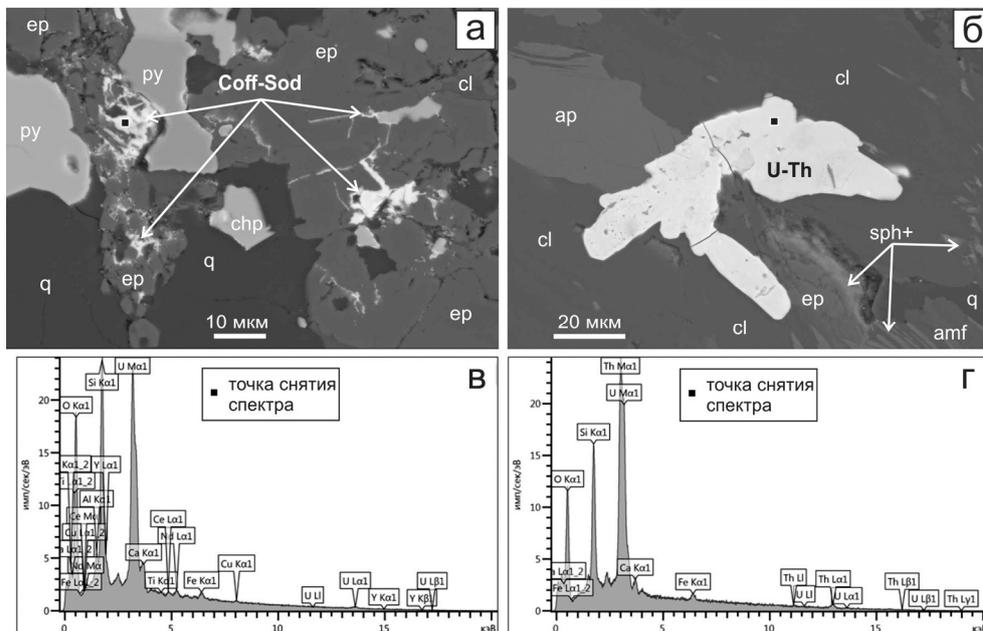


Рис. 1. Силикаты U и Th в рудах Михеевского месторождения: а, в) коффинит (\pm софдит) в сульфидизированном (пирит, халькопирит) хлорит-кварц-эпидотовом метасоматите (обр. Мих-1-4а/18); б, г) торогуммит/ураноторит в метасоматите (обр. Мих-4-3а/18).

Фото BSE (а, б) и энергодисперсионные спектры (в, г); amf – амфибол, ар – апатит, chp – халькопирит, cl – хлорит, coff-sod – коффинит-софдит, ep – эпидот, py – пирит, q – кварц, U-Th – торогуммит-ураноторит.

При изучении полированных шлифов на сканирующем электронном микроскопе (JSM-6390LV (JEOL) с ЭДС-спектрометром Inca Energy-450) была впервые установлена урановая и ториевая минерализация в рудах Михеевского медно-порфирикового месторождения. Образцы отбирались в действующем карьере в апреле и июле 2018 г. U-Th-минерализация представлена различными силикатами и фосфатами, которые присутствуют в виде отдельных микрозерен или небольших скоплений, как правило, приуроченных к участкам микротрещиноватости и границам зерен.

Силикаты включают коффинит $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$ и/или софдит $(UO_2)SiO_4 \cdot 2H_2O$ (рис. 1а, в), торогуммит $(Th,U)(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$ ураноторит $(Th,U)SiO_4$ (рис. 1б, г) и, реже, торит $Th(SiO_4)$. Иногда в ассоциации с коффинитом-софдитом присутствуют фазы, близкие по составу к козалиту $Pb(UO_2)SiO_4 \cdot nH_2O$. Нередко в силикатах отмечается примесь Y, Ce и Nd.

Фосфаты представлены чералитом $CaTh(PO_4)_2$ с примесью Y и REE (рис. 2а–в), а также Th- и U-Th-содержащим монацитом, иногда в ассоциации со фторапатитом, обогащенным включениями соответствующих фаз (рис. 2г). Для чералита характерен неоднородный состав, что отражается в распределении Y и REE (более темные участки ими обогащены до >10 мас. %). Здесь нередко отмечались примеси Hg (до 3.9 мас. %) и Ba (до 0.8 мас. %), вероятно, связанные с присутствием самостоятельных

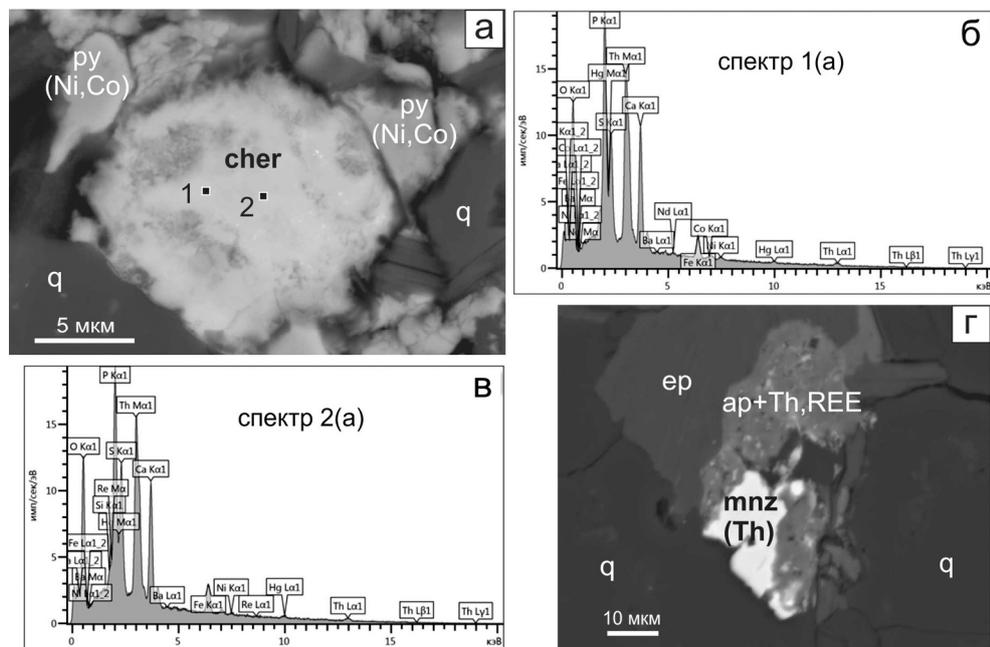


Рис. 2. Ториевые и Th-содержащие фосфаты в рудах Михеевского месторождения: а–в) чералит с неравномерно распределенной примесью Y, REE, Ba, Re, Hg в ассоциации с (Ni,Co,±As)-пиритом и кварцем (обр. Мих-47-1); г) Th-содержащий монацит в сростании с фторапатитом, неравномерно обогащенным включениями микрофаз REE и Th (до 9 мас. % и более в отдельных точках) (обр. Мих-3-5а).

Фото BSE (а, г) и энергодисперсионные спектры (б, в); ap – апатит, cher – чералит, ep – эпидот, mnz – монацит, py – пирит, q – кварц.

микрофаз (яркие точки), а также небольшая примесь Re (до 0.5 мас. %). В единичных случаях отмечалась смесь силикатных фаз (ураноторита с чералитом).

В целом, уран-ториевая минерализация приурочена к зонам катаклаза, расланцевания и другой выраженной тектонической нарушенности, а на микроуровне – к участкам микротрещиноватости. Эта минерализация является явно более поздней по отношению к основному порфировому оруденению и сопоставима с выявленной недавно урановой минерализацией в рудах Гумешевского скарново-медно-порфирового месторождения [Азовскова и др., 2018], представленной сульфатами урана и редкими выделениями уранинита, тесно ассоциирующими с теллуридами висмута и различными селено-теллуридными фазами. На Михеевском месторождении связь U-Th и Se-Te минерализации менее явная и прослеживается пока только по близкому (но не совместному) нахождению в образцах и сходной микроструктурной позиции.

Работа выполнена в рамках темы № 0393-2018-0031 государственного задания ИГГ УрО РАН.

Литература

Азовскова О. Б., Ровнушкин М. Ю., Мошев С. И., Байрамгалина Л. Н. Висмутовая и урановая минерализация на глубоких горизонтах Гумешевского месторождения, Средний Урал //

Мат. XII межрегион. науч.-практ. конф. «Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий». Уфа, 2018. С. 218–220.

Грабежеев А. И. Новониколаевский Mo-Au-Cu порфиновый рудный узел (Южный Урал, Россия): петрогеохимия рудоносных гранитоидов и метасоматитов // Литосфера. 2014. № 2. С. 60–76.

Плотинская О. Ю., Грабежеев А. И., Зелтманн Р. Рений в рудах Михеевского Mo-Cu-порфинового месторождения, Южный Урал // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 2. С. 132–147.

Plotinskaya O. Y., Azovskova O. B., Abramov S. S., Groznova E. O., Novoselov K. A., Seltmann R., Spratt J. 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.

В. В. Свистунов

*Московский государственный университет, г. Москва
vasilysvistunov@mail.ru*

**Классификация прожилковых образований
Малмыжского золото-медно-порфинового месторождения
(Хабаровский край)
(научный руководитель проф. В. В. Авдонин)**

Малмыжское золото-медно-порфировое месторождение – уникальный рудный объект мирового уровня, расположенный на территории Дальнего Востока России. Месторождение было открыто в 2005–2012 гг. в результате совместной работы российских и зарубежных геологов. Утвержденные ГКЗ в 2015 г. запасы Cu составляют 5.5 млн т, Au – 300 т (по опубликованным данным компании IG Copper). Кроме того, месторождение обладает геологическим потенциалом для наращивания запасов на его слабоизученных участках.

В настоящее время на месторождении проводятся буровые работы, целью которых является детализация геологического строения и уточнение запасов полезных компонентов, а также исследования потенциально перспективных участков. В 2018 г. автор принимал участие в геологоразведочных работах на месторождении, в ходе которых была отобрана коллекция вмещающих пород и руд. В настоящей работе на основе макроскопического и микроскопического изучения штуфов, шлифов и аншлифов приведены краткие результаты анализа трещинной структуры, последовательности образования прожилков и их связи с оруденением. Проведено сопоставление полученных результатов с известными моделями порфириновых месторождений. Объектом исследований является один из наиболее хорошо разведанных рудных участков месторождения – Свобода.

Последовательность образования прожилков и сопутствующей рудной минерализации на золото-медно-порфириновых месторождениях мира хорошо изучена многими исследователями. Считается, что их первая классификация была предложена для месторождения Эль Сальвадор в Чили [Gustafson, Hunt, 1975]. Впоследствии она была доработана и обобщена Р. Силлитое [Sillitoe, 2010]. Согласно его заключениям,