

Часть 4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

О. Ю. Плотинская

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

Минералы благородных металлов порфировых месторождений (на примере Южного Урала)

Месторождения порфирового семейства являются одним из важнейших источников благородных металлов – на их долю приходится около 20 % мировой добычи золота, кроме того, они содержат заметные количества серебра и ЭПГ [Sillitoe, 2010]. В настоящей работе представлены минеральные формы и ассоциации благородных металлов (Au, Ag, ЭПГ) на медно-порфировых Михеевском и Калиновском и золото-порфировом Юбилейном месторождениях Южного Урала.

Калиновское месторождение (Биргильдинско-Томинский рудный узел) расположено примерно в 30 км к югу от г. Челябинска. Томинское рудное поле включает Калиновское и Томинское месторождения, которые приурочены к изометричным штокам, сложенным диоритами, кварцевыми диоритами и их порфировыми разностями. Вмещающие породы представлены афировыми базальтами (O_{1-2}). Запасы Томинского рудного поля на 1 января 2014 г. по категориям А+В+С составляют 331 млн т руды при среднем содержании меди 0.46 % и золота 0.1 г/т, что составляет 1.537 млн т меди и 31 т золота [Волчков и др., 2015]. В работе охарактеризована минерализация центральной части Калиновского штока и его периферических зон – участки Моховое болото и Залежь № 2.

На месторождении установлено три ассоциации минералов благородных металлов. Пирит-халькопиритовая ассоциация (1) выявлена в центральной зоне месторождения. Самородное золото образует овальные зерна размером 1–30 мкм (4.7–39.7 ат. % Ag и до 0.6 мас. % Hg) в кварце, эпидоте и халькопирите (рис. 1а, 2). Ассоциация (2) представлена сульфосолями висмута (минералы висмутин-айкинитовой серии Bi_2S_3 – $(CuPbBiS_3)$, павонит $(Ag,Cu)(Bi,Pb)_3S_5$ и матильдит $AgBiS_2$) с магнетитом, гематитом, пиритом и халькопиритом. Самородное золото содержит 10.3–28.7 ат. % Ag и 0.4–0.6 мас. % Hg. Минералы золото-теллуридной ассоциации (3) образуют дигенит и борнит или образуют включения в них. Из них наиболее распространены гессит, штюцит, колорадоит, галенит-клаусталит $Pb(S,Se)$ (рис. 1б), редко встречаются золото (около 30 ат. % Ag), петцит, сиванит, теллуrowисмутит и науманит Ag_2Se . Ассоциации (2) и (3) характерны для периферических зон месторождения и, по-видимому, связаны с наложенным эпитермальным этапом. Этот этап сходен с таковым на Березняковском эпитермальном золото-серебряном месторождении, связанным с тем же комплексом диоритовых порфиров, но находящемся в 9–10 км к ЮЮЗ от Калиновского и гипсометрически на 1.0–1.5 км выше него [Plotinskaya et al., 2014]. Дителлуриды золота и серебра здесь являются основными носителями благородных металлов.

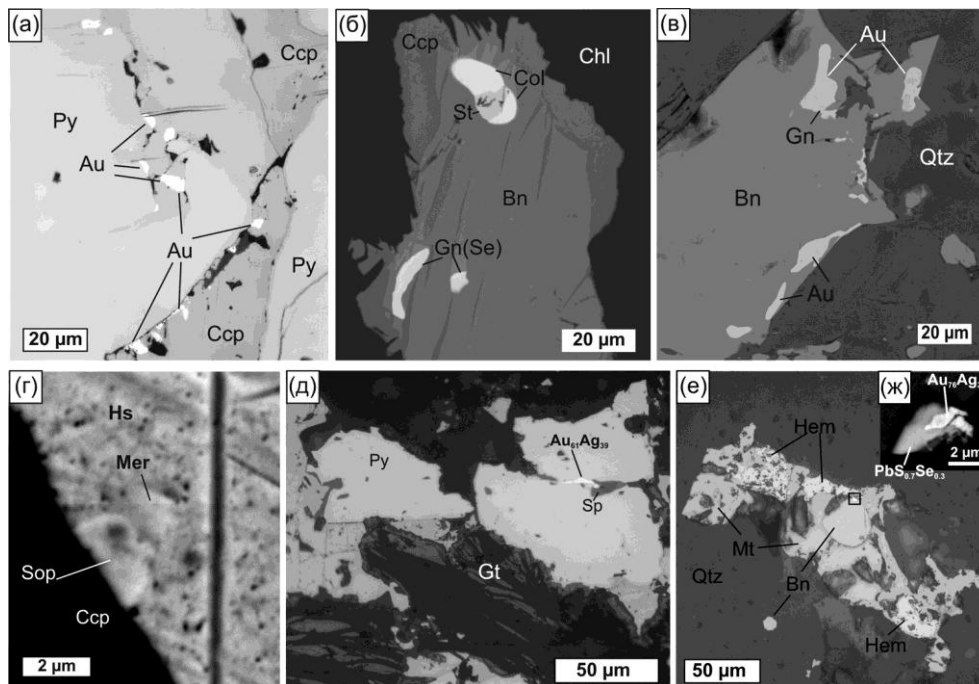


Рис. 1. Минералы благородных металлов Калиновского (а, б), Михеевского (в, г) и Юбилейного (д–ж) месторождений; фото а, д, е – отраженный свет, остальные – BSE-фото. Au – самородное золото, Gn – галенит, Bn – борнит, Qtz – кварц, Ccp – халькопирит, Sop – сопчеит, Mer – меренскит, Hs – гессит, Py – пирит, Col – колорадоит, St – штюцит, Chl – хлорит, Gt – гетит, Hem – гематит, Mt – магнетит.

Михеевское месторождение (Новониколаевский рудный узел) расположено примерно в 150 км к югу от Калиновского. Оруденение локализовано в вулканогенно-осадочных породах (D_3-C_1) и приурочено к поясу даек кварцевых диоритов и их порфировых разностей [Белгородский и др., 1991]. Запасы месторождения на 1 января 2014 г. по категориям А+В+С составляют 347 млн т руды при среднем содержании меди 0.45 % и золота 0.137 г/т, что составляет 1.542 млн т меди и 46.9 т золота [Волчков и др., 2015].

На месторождении минералы благородных металлов образуют четыре ассоциации. Золото-борнит-халькопиритовая ассоциация (1) включает овальные и амёбовидные включения самородного золота (21.0–22.4 ат. % Ag) с галенитом в борните (рис. 1г, 2) [Плотинская, Новоселов, 2015]. Минералы золото-теллуридной ассоциации (2) нарастают на халькопирит, борнит и иногда молибденит, выполняют микронные трещины или образуют включения в краевых зонах этих минералов. Наиболее распространены золото (46.4–55.6 ат. % Ag) и гессит Ag_2Te , крайне редки креннерит $(Au, Ag)Te_2$, силванит $AuAgTe_4$, петцит Ag_3AuTe_2 , штюцит $Ag_{5-x}Te_3$, самородный теллур, теллурувисмутит Bi_2Te_3 , тетрадимит-кавацулит $Bi_2Te_2(S, Se)$, колорадоит $HgTe$, мелонит $NiTe_2$, алтаит $PbTe$, меренскит $PdTe_2$ и сопчеит $Ag_4Pd_3Te_4$ (рис. 1д). Полиметаллическая ассоциация (3) включает полибазит $Ag_{15}Sb_2CuS_{11}$ в ассоциации со сфалеритом (6.1–7.1 мол. % FeS), галенитом и арсенопиритом. Золото-пиритовая

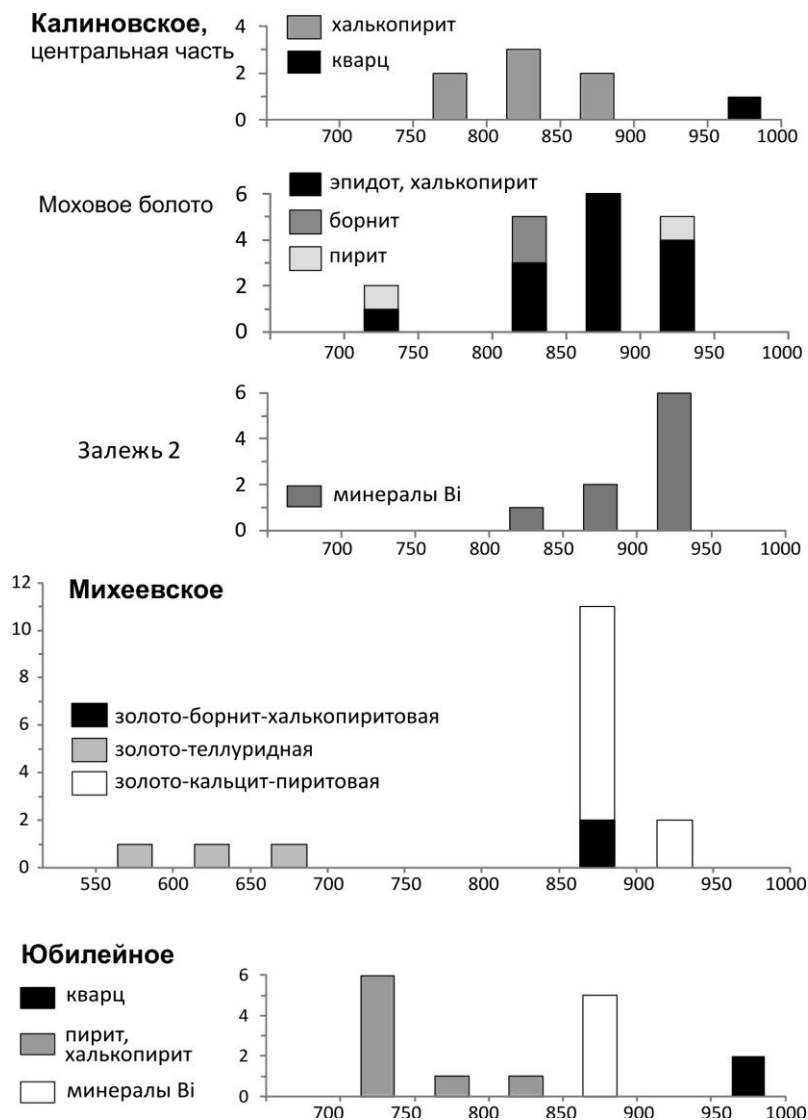


Рис. 2. Гистограммы пробности самородного золота на месторождениях.

ассоциация (4) установлена на периферии месторождения за пределами контура промышленных руд. Крупное самородное золото (0.3–2.0 мм) содержит 8.4–13 ат. % Ag и до 0.3 мас. % Hg и обрастает пирит и халькопирит в кварц-кальцитовых прожилках. Минерализация, близкая к описанной, была установлена в аргиллизитовых метасоматитах, секущих более раннюю минерализацию и связанных, предположительно, с поздним эпитермальным этапом [Азовскова и др., 2015].

Юбилейное месторождение расположено в Западном Казахстане, на восточном окончании Магнитогорской мегазоны. Территория месторождения сложена вулканогенно-осадочными породами (D₁₋₂), которые прорваны штоком плагиогранит-

порфиоров [Shatov et al., 2014]. Запасы месторождения составляют 82.8 млн т при среднем содержании Au 1.7 г/т (более 140 т Au) и Cu 0.15 % [www.sun-gold.com].

На месторождении наиболее распространены магнетит, пирит, халькопирит, гематит, реже встречаются шеелит, арсенопирит, борнит, самородное золото, минералы висмута. Самородное золото образует нитевидные прожилки или включения (2–10 мкм, изредка до 40 мкм) в кварце, несколько чаще в пирите или халькопирите (рис. 1д и 2). Золото в кварце содержит 5 ат. % Ag, в пирите или халькопирите – от 31 до 40 ат. % Ag. Иногда золото встречается в ассоциации с минералами Bi и Pb. Последние представлены мелкими выделениями (не более 100 мкм), которые нарастают на халькопирит. Установлены минералы серии тетрадимит-кавацулит (от $\text{Bi}_2\text{Te}_2(\text{S}_{0.7}\text{Se}_{0.3})_1$ до $\text{Bi}_2\text{Te}_2(\text{S}_{0.5}\text{Se}_{0.5})_1$), раклиджит $\text{PbBi}_2(\text{Te}_{3.8}\text{Se}_{0.2})_4$ и селенистый галенит $\text{Pb}(\text{S}_{0.7}\text{Se}_{0.3})_1$. Золото в этой ассоциации содержит 21–24 ат. % Ag (рис. 1е, ж).

Таким образом, несмотря на довольно низкие содержания, минеральные формы и ассоциации благородных металлов на рассмотренных порфировых месторождениях разнообразны. Преобладает самородная форма с широкими вариациями пробности, а теллуридная – имеет подчиненное значение. Все ассоциации минералов благородных металлов являются более поздними по времени образования, чем основные рудные минералы (борнит, халькопирит, молибденит, пирит, магнетит, гематит и др.).

Работа поддержана РФФИ (проекты №№ 14-05-00725а и 16-05-00622а) и программой Президиума РАН № 4.

Литература

Азовскова О. Б., Ровнушкин М. Ю., Главатских С. П. Особенности минералогии аргиллизитов Михеевского медно-порфирового месторождения, Южный Урал // Металлогения древних и современных океанов–2015. Месторождения океанических структур: геология, минералогия, геохимия и условия образования. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 116–120.

Белгородский Е. А., Черкашов С. А., Грабежев А. И., Шаргородский Б. М. Медно-порфировый Новониколаевский рудный узел. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 54 с.

Волчков А. Г., Кузнецов В. В., Никешин Ю. В. Направления геологоразведочных работ по укреплению минерально-сырьевой базы цветных металлов (Cu, Pb, Zn) Российской Федерации за счет средств федерального бюджета // Руды и металлы. 2015. № 1. С. 30–35.

Плотинская О. Ю., Новоселов К. А. Минералогия благородных металлов на Cu-порфировых месторождениях Южного Урала // Минералогия во всем пространстве сего слова. Мат. XII съезда РМО. СПб, 2015. С. 134–136.

Plotinskaya O. Y., Grabezhev A. I., Groznova E. O., Seltmann R., Lehmann B. The Late Paleozoic porphyry-epithermal spectrum of the Birgilda–Tomino ore cluster in the South Urals, Russia // Journal of Asian Earth Sciences. 2014. Vol. 79B. P. 910–931.

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

Shatov V. V., Moon C. J., Seltmann R. Discrimination between volcanic associated massive sulphide and porphyry mineralisation using a combination of quantitative petrographic and rock geochemical data: A case study from the Yubileinoe Cu–Au deposit, western Kazakhstan // Journal of Geochemical Exploration. 2014. Vol. 147. P. 26–36.