

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 порфировый 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-порфирового 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-порфирового 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 порфировых месторождений. Объектом исследований является один из наиболее хорошо разведанных рудных участков месторождения – Свобода.

Последовательность образования прожилков и сопутствующей рудной минерализации на золото-медно-порфировых 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,

прожилки могут быть разделены на три группы: 1) ранние, бескварцевые и бессульфидные, биотитовые (тип ЕВ) и калишпатовые, либо содержащие кварц и/или актинолит (тип М) (их общей характерной чертой является отсутствие метасоматических зальбандов); 2) сульфидсодержащие с зернистым кварцем, с узкими или без видимых зальбандов (А и В типы); 3) поздние кварц-сульфидные прожилки с кристаллической структурой и отчетливыми зальбандами, в которых полевые шпаты разрушены (тип D).

Территория Малмыжского месторождения принадлежит Журавлевскому террейну, входящему в структуру Западного Сихотэ-Алиня и представляющему собой складчато-надвиговую зону [Читалин и др., 2013]. Четвертичные образования перекрывают меловую терригенную толщу, сложенную песчаниками и алевролитами, которые относятся к ларгасинской свите. Широко развиты интрузивы (штоки, дайки) среднего и умеренно-кислого состава (диориты, гранодиориты), относящиеся к Бихинскому и Свободненскому интрузивным массивам [Игнатъев, 2015ф]. Эти интрузивные тела сопровождаются «классическими» для порфировых месторождений зонами метасоматических изменений и прожилково-вкрапленной рудной минерализации [Буханова, 2013]. Структура месторождения контролируется крупными разломами левосдвигового характера и северо-восточного простирания с оперяющими их более мелкими разломами северо-западного направления. Они определяют общее направление распространения диоритовых интрузий и соответствуют более крупным региональным структурным элементам (в том числе и региональным зонам проницаемости), главным из которых является Центральный Сихотэ-Алинский разлом [Иванов, 1972].

Наиболее изученными на территории месторождения являются четыре рудных участка: Центральный, Равнина (в них рудная минерализация тяготеет к диоритовым интрузиям), Долина (оруденение локализуется в кварцевых диоритовых порфиритах и вмещающих их ороговикованных осадочных породах) и Свобода (рудная минерализация в кварцевых диоритах и в крупном теле гидротермально-магматических брекчий).

В строении участка Свобода принимают участие интрузивные образования среднего и кислого состава, разделенные на две фазы внедрения: 1 – диорит-порфиры, 2 – кварцевые диорит-порфиры и гранодиорит-порфиры. Формирование гидротермально-магматических брекчий происходило в пределах второй фазы, предположительно, на финальной стадии развития интрузивного комплекса, о чем свидетельствует наличие в обломочной части пород как первой, так и второй фазы. Кроме интрузивных образований, к которым относятся и гидротермально-магматические брекчии, на участке развиты в различной степени ороговикованные терригенные отложения ларгасинской свиты [Игнатъев, 2015ф]. Глубинные геофизические исследования показывают, что интрузивы участка Свобода представляют собой крупное ответвление Свободненского интрузивного массива [Шашорин и др., 2018].

Рудная минерализация генетически связана с гидротермально-метасоматическими процессами, поэтому четкая приуроченность к определенным типам первичных пород не наблюдается. В связи с этим характеристику оруденения необходимо приводить для всего участка Свобода. Рудная минерализация характеризуется прожилково-вкрапленным характером. Главными рудными минералами являются магнетит, пирит и халькопирит, из второстепенных минералов встречаются борнит, халькозин, ковеллин, редко – молибденит, галенит, сфалерит, самородное золото.

Наиболее ранними прожилковыми образованиями являются редкие магнетитовые ( $\pm$ актинолит) прожилки мощностью 0.1–2 мм. По указанной выше классификации они соответствуют типу М.

Далее сформировались безрудные кварцевые прожилки типа А мощностью 2–10 мм, в которых отсутствуют изменения вдоль контактов. Такие прожилки чаще всего имеют нелинейную, волнистую форму, нередко с раздувами и пережимами. Это может свидетельствовать об их формировании на ранних стадиях становления порфировой системы в слабопластичных условиях среды.

Начало формирования медного оруденения связано с образованием сульфидно-кварцевых прожилков ( $\pm$ КПШ) (подтип А2) мощностью 1–10 мм. Сульфиды (халькопирит и пирит) представлены единичными разрозненными вкраплениями, составляющими первые проценты от объема прожилков. От прожилков предыдущего типа, кроме наличия рудной минерализации, их отличает более прямолинейный характер контактов, а также наличие калишпатовых зальбандов небольшой мощности.

К типу В относятся два вида прожилков. Первый (В1) представляют хорошо выраженные сульфидно-кварцевые (кварц-сульфидные) прожилки центрального типа мощностью до 30 мм. Сульфиды (пирит и халькопирит) в них тяготеют к срединной зоне (в которой иногда развивается КПШ, карбонат), образуя непрерывную или пунктирную полосу рудной минерализации, которая в различных случаях может составлять от 10 до 90 % объема прожилка. Характерно наличие узких зальбандов, сложенных обычно калиевым полевым шпатом (редко магнетитом и хлоритом). Сходными характеристиками обладают прожилки подтипа В2, секущие прожилки центрального типа. Их отличительной особенностью является невыдержанное положение сульфидов в объеме прожилков, при общем их преобладании над кварцем. Мощность прожилков составляет 2–10 мм.

Среди описанных выше разновидностей прожилков наблюдаются случаи, когда прожилки поздних типов (например, В1) секутся прожилками, относящимися по указанной классификации к ранним (например, А2). Такое «непоследовательное» пересечение свидетельствует о циклическом поступлении новых порций флюидов из магматического очага. Каждый из таких циклов реактивировал гидротермальную систему, вызывая тем самым, формирование очередной последовательности прожилков.

На завершающей стадии рудообразования формировались маломощные (до 3 мм) сульфидные прожилки, в которых пирит резко преобладает над халькопиритом (часто с магнетитом  $\pm$  хлоритом), реже – сульфидно-кварцевые прожилки (тип D). Их характерной чертой являются широкие зальбанды (1–2 см), которые сложены преимущественно хлоритом, реже КПШ (иногда с серицитом, что выражается в общем осветлении породы вдоль прожилка). Образование этого типа прожилков происходило во время хлоритовой (хлорит-серицитовой) стадии метасоматических изменений, на что указывает резкое преобладание хлорита над КПШ в составе прожилков и их зальбандах.

К поздним низкотемпературным гидротермальным образованиям, не несущим рудную минерализацию и секущим все типы прожилков, относятся карбонатные ( $\pm$ кварц), цеолитовые и самые поздние – ангидритовые (гипсовые).

Таким образом, на участке Свобода выделено несколько типов прожилков и определена последовательность их формирования на основе изучения пространственных взаимоотношений. Образование прожилков одинаковых типов на различных стадиях развития рудной системы месторождения свидетельствует о циклическом

характере формирования рудной минерализации. Это вызвано многоэтапностью процесса становления рудоносных интрузивов. Образование рудоносных прожилков типа А и В проходило в существенно калиевую стадию метасоматоза, а поздних (типа D) – в хлоритовую. Установленная последовательность и типизация прожилков хорошо согласуется с моделью золото-медно-порфировых месторождений, широко освещенной в литературе.

### Литература

*Буханова Д. С.* Вторичные изменения вмещающих пород медно-порфирового месторождения Малмыжское, Дальний Восток России // Мат. XI регион. молодеж. науч. конф. «Природная среда Камчатки». 2013. 162 с.

*Иванов Б. А.* Центральный Сихотэ-Алинский разлом. Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во, 1972. 115 с.

*Игнатьев Е. К.* Отчет по оценочным работам на рудное золото, медь и сопутствующие компоненты, проведенным на выявленных объектах Малмыжского рудного поля и участке Северный Малмыж в 2013–2015 гг., с подсчетом запасов меди и золота по состоянию на 01.01.2015. Хабаровск, 2015ф.

*Читалин А. Ф., Ефимов А. А., Воскресенский К. И., Игнатьев Е. К., Колесников А. Г.* Малмыжское – новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 3. С. 65–69.

*Шашорин Б. Н., Макаров А. И., Руднев В. В., Выдрич Д. Е.* Геолого-геофизическая модель Малмыжской рудно-магматической системы и возможности ее использования в прогнозировании (Северный Сихотэ-Алинь) // Разведка и охрана недр. 2018. № 2. С. 8–16.

*Gustafson L. B., Hunt J. P.* The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile // Economic Geology. 1975. Vol. 70. P. 857–912.

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

**Н. Р. Аюпова<sup>1</sup>, В. В. Масленников<sup>1</sup>, А. С. Целуйко<sup>1</sup>,  
А. Е. Степанов<sup>2</sup>, А. В. Бутняков<sup>3</sup>, Л. А. Санько<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
ayupova@mineralogy.ru*

<sup>2</sup> – *ООО «Саумская горнорудная компания», г. Карпинск*

<sup>3</sup> – *Уральский филиал АО «Полиметалл», г. Екатеринбург*

### Особенности минерального состава руд Саумского медно-цинково-колчеданного месторождения (Северный Урал)

Саумское месторождение расположено в западной части Тагильской мегазоны в пределах Саумской палеовулканической структуры на Северном Урале [Медноколчеданные..., 1985]. В геологическом разрезе месторождения выделяются три толщи O<sub>3</sub>–S<sub>1</sub> возраста (снизу вверх): 1) подрудная, сложенная афировыми базальтами и их гиалокластитами нижней толщи шемурской свиты; 2) рудовмещающая, представленная игнимбритовидными вулканитами кислого состава и их вулканокластитами верхней толщи шемурской свиты, испытавшими интенсивные гидротермально-