

Викентьев И. В. Невидимое и микроскопическое золото в пирите: методы исследования и новые данные для колчеданных руд Урала // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 4. С. 267–298.

Золоторудные месторождения. Т. 1 (Европейская часть СССР) / Под ред. *М. Б. Бородаевской, Н. И. Бородаевского*. М.: ЦНИГРИ, 1984. 291 с.

Paton C., Hellstrom J., Paul B., Woodhead J., Hergt J. Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data // Journal of Analytical Atomic Spectroscopy. 2011. Vol. 26. P. 2508–2518.

Ballhaus C., Bockrath C., Wohlgemuth-Ueberwasser C., Laurenz V., Berndt J. Fractionation of the noble metals by physical processes // Contribution to Mineralogy and Petrology. 2006. Vol. 152. P. 667–684.

С. Ю. Степанов¹, А. А. Черепков²

¹ – Санкт-Петербургский горный университет,
г. Санкт-Петербург
Stepanov-1@yandex.ru

² – ООО «Березовский рудник», г. Екатеринбург

**Петрографо-геохимические особенности
апогранитовых золоторудных метасоматитов
Северной части Березовского рудного поля (Средний Урал)**
(научный руководитель д.г.-м.н. А. В. Козлов)

Березовское золоторудное месторождение располагается на Среднем Урале в окрестностях г. Екатеринбурга и отрабатывается уже на протяжении более 200 лет. Первоначально промышленный интерес представляли красичные жилы, а затем основной объем работ был направлен на отработку лестничных (полосовых) жил, залегающих в метасоматически преобразованных дайках гранитоидов. Цель данной работы – изучение взаимосвязи метасоматических преобразований даек с процессами формирования золотого оруденения. Нами были задокументированы стенки штреков, вскрывающих Андреевскую и Второпавловскую (гранит-порфиры II цикла), Первопавловскую и Елизаветинскую (плагиогранит-порфиры) дайки на глубине от –273 до –512 м, преимущественно, в пределах северной части рудного поля, и отобраны образцы для исследований. Описано 634 петрографических шлифа с выбором типовых образцов для проведения анализа распределения в них элементов-примесей методом ИСП-МС на квадрупольном масс-спектрометре ELAN-DRC-6100 (ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, аналитик В. А. Шишлов). Для построения генетической модели и выявления связи метасоматических процессов с рудообразованием проведены минераграфические исследования рудных агрегатов как пространственно связанных с метасоматитами, так и залегающих в кварцевых жилах.

Геологическое строение Березовского рудного поля детально описано в ряде работ [Бородаевский, Бородаевская, 1947; Поленов и др., 2013; Прибавкин и др., 2012]. Его важной особенностью является залегание даек гранитоидов в виде двух линейно вытянутых зон, сходящихся по падению в одну, в вулканогенно-осадочных породах новоберезовской свиты и в серпентинитах первомайского комплекса.

Как дайки, так и вмещающие породы претерпели значительные метасоматические преобразования с формированием кварцевых жил: полосовых (лестничных), залегающих в гранитовых дайках, и красичных, секущих дайки и вмещающие их породы.

Неизмененные гранит-порфиры и плагиигранит-порфиры – отчетливо порфировые породы с вкрапленниками (не более 50–55 %) плагиоклаза (олигоклаз № 25–30), щелочного полевого шпата, кварца и редкого биотита (рис. 1). Основная масса – мелко-тонкозернистый агрегат плагиоклаза, щелочного полевого шпата и кварца. Плагиигранит-порфиры содержат меньше кварца и щелочного полевого шпата, вплоть до полного отсутствия последнего. Количество вкрапленников не превосходит 40–45 %. Основная масса плагиигранит-порфиров состоит из плагиоклаза, кварца и щелочного полевого шпата.

В ходе метасоматических процессов биотит замещался мусковитовым агрегатом. Затем кварц-мусковитовый агрегат развивался по плагиоклазу и К-Na полевым шпатам. Последними метасоматическому замещению подвергались вкрапленники кварца. Конечным продуктом метасоматического преобразования гранитоидов является средне-мелкозернистый кварц-мусковитовый агрегат с многочисленными поздними

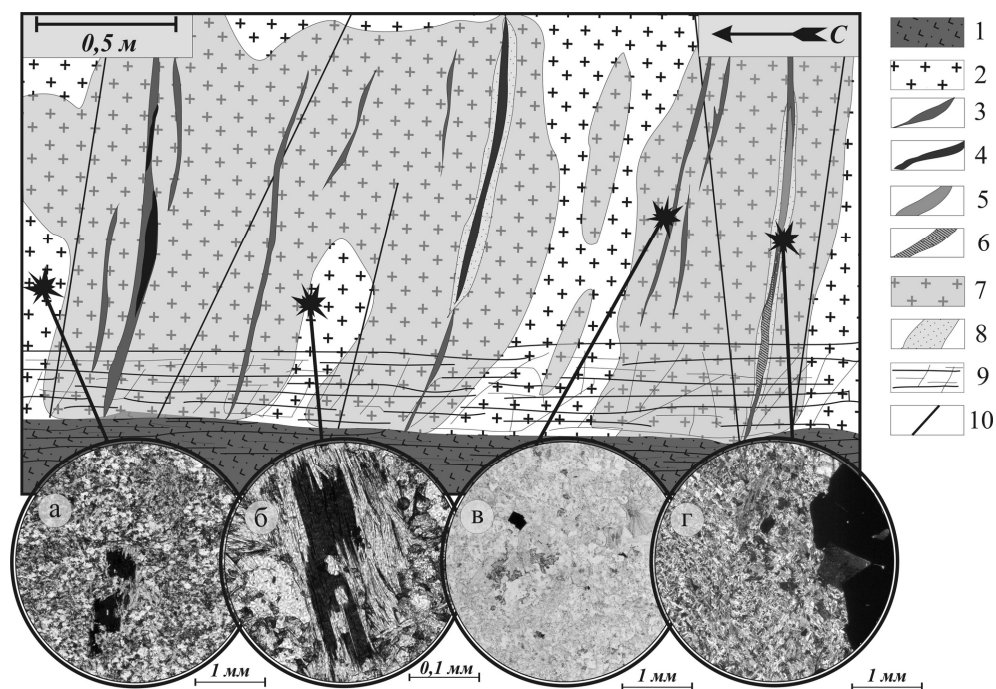


Рис. 1. Разрез Ильинской дайки с фотографиями шлифов типовых гранитов и метасоматитов: а – слабоизмененный гранит-порфир; б – замещение биотита мусковитом; в – кварц-мусковитовый метасоматит с пиритом; г – мусковитовый метасоматит на контакте с сульфидной жилой.

1 – лиственитизированные туфы основных пород; 2 – гранит-порфиры слабоизмененные; 3 – кварцевые жилы; 4 – сульфидные жилы; 5 – шеелитовые жилы; 6 – кварцевые жилы с кристаллами шеелита; 7, 8 – метасоматиты: 7 – кварц-мусковитовые, 8 – мусковитовые; 9 – небольшие трещины, развитые вдоль контакта дайки; 10 – крупные разрывные нарушения.

метакристаллами пирита. Такие метасоматиты развиты в приконтактных частях полосовых кварцевых жил, что наблюдается в гранит-порфирах Андреевской и Второпавловской даек. Отмечены случаи, когда граниты полностью замещены кварц-мусковитовым агрегатом, что характерно для Ильинской и Севастьяновской даек в пределах Северной части рудного поля на горизонтах –342 и –362 м, соответственно.

Наряду с кварц-мусковитовыми метасоматитами распространены крупно-среднезернистые мусковитовые метасоматиты, развитые вдоль трещин, в отдельных случаях, выполненных кальцитом, агрегатом сульфидов или, редко, кварц-карбонатной жилой. В Ильинской и, отчасти, Второпавловской дайках отмечены мусковитовые метасоматиты вдоль кварцевых или кварц-карбонатных жил, содержащие кристаллы шеелита или, в редких случаях, нацело сложенные шеелитовым агрегатом. Особенностью этих метасоматитов является их повышенная пористость (до 8–10 % от общего объема породы).

Породы, в среднем, содержат 72–73 (гранит-порфиры и плагиогранит-порфиры), 65–67 (кварц-мусковитовые метасоматиты) и 50–54 (мусковитовые метасоматиты) мас. % SiO_2 . Увеличение содержания новообразованного мусковита в породах сопровождается привнесением K_2O , Al_2O_3 и выносом Na_2O . Ввиду этих преобразований кварц-мусковитовые и мусковитовые метасоматиты могут рассматриваться как гумбеиты. В целом, наблюдается привнос кремнекислоты в рудообразующую систему, однако в пределах гранитоидных даек перераспределение SiO_2 обусловлено также широким распространением кварцевых жил, источником кремнекислоты для которых являются, прежде всего, граниты [Попов, 1971].

В распределении элементов-примесей выявлены две геохимические ассоциации: 1) элементы, накапливающиеся при процессах метасоматического преобразования гранитоидов, и 2) элементы, накопление которых связано с формированием золоторудной минерализации. Процесс метасоматического замещения гранитоидов сопровождается накоплением РЗЭ с повышением содержаний Zr и Y. При образовании мусковитовых и кварц-мусковитовых метасоматитов увеличиваются содержания Be, Sn, и W. В мусковитовых метасоматитах отмечается рост концентраций Co и Ni, что связано с широким развитием пирита, а также пониженные содержания Pb и Cu. В кварц-мусковитовых породах последние два элемента накапливаются, что объясняется широким распространением галенита и блеклой руды наряду с пиритом. Корреляционный анализ выявил вхождение Bi, Sb, Pb, Au и Ag в золоторудную ассоциацию, т. к. основной объем самородного золота связан с блеклой рудой или козалин-айкинитовой минерализацией [Бородаевский, Бородаевская, 1947]. Наибольшие концентрации элементов-примесей золоторудной ассоциации характерны для кварц-мусковитовых метасоматитов (рис. 2), поскольку в них найдены единичные метакристаллы и агрегаты блеклой руды, халькопирита и галенита.

Большинство кристаллов пирита образовалось позже кварц-мусковитовых и мусковитовых метасоматитов и кварцевых жил. Позже пирита в кварцевых жилах образуются халькопирит, галенит и блеклые руды, о чем свидетельствует выполнение трещин этими минералами в пирите.

Мусковитовые метасоматиты являются наиболее высокотемпературными и развиваются по гранитам. Их формирование происходило при температурах, соответствующих нижнему пределу развития грейзенизации, на что указывает присутствие шеелита, и сопровождалось выносом кремнекислоты, которая в дальнейшем

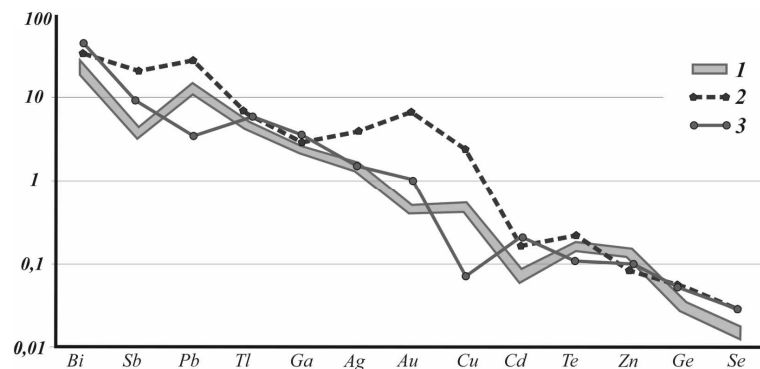


Рис. 2. Спайдер-диаграмма содержания типовых элементов золоторудной геохимической ассоциации, нормированных на хондрит [McDonough, Sun, 1995].

1 – поле гранит-порфиров и плагиогранит-порфиров (шесть анализов); 2 – среднее содержание элементов-примесей в кварц-мусковитовых метасоматитах (четыре пробы); 3 – среднее содержание в мусковитовых метасоматитах (четыре пробы).

была израсходована на кристаллизацию кварцевых жил. Менее высокотемпературными образованиями являются кварц-мусковитовые метасоматиты, которые по классификации [Плющев и др., 2012] относятся к березито-грейзенам. Они являются типичными околожилными метасоматитами.

По совокупности данных развитие мусковитовых грейзенов неблагоприятно для формирования золотого оруденения по причине высокотемпературных условий их образования. Вследствие выноса кремнекислоты, количество кварцевых жил в зонах развития грейзенов несущественно, а содержание золота в редких кварцевых жилах невелико. Однако распространение этих метасоматитов имеет существенное значение для последующего развития кварцевых жил в других частях дайковых тел гранитов. Наиболее благоприятны для формирования золотого оруденения кварц-мусковитовые березито-грейзены, сопровождающие многочисленные кварцевые жилы, со значительным распространением сульфидных минералов и в том числе сульфостибнидов и сульфоарсенидов, с которыми связан основной объем золотой минерализации.

Литература

Бородаевский Н. И., Бородаевская М. Б. Березовское рудное поле. М.: Металлургияздат, 1947. 265 с.

Плющев Е. В., Шатов В. В., Кашин С. В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. СПб: ВСЕГЕИ, 2012. 560 с.

Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Бабенко В. В. Березовское золоторудное месторождение кварцево-жильного типа – классический объект полихронного и полигенного генезиса // Литосфера. 2013. № 6. С. 39–53.

Попов В. А. Онтогенез кварца Березовского золоторудного месторождения на Урале // Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Хабаровск, 1971. 18 с.

Прибавкин С. В., Монтеро П., Беа Ф., Феритатер Г. Б. U-Pb возраст пород и оруденения Березовского золоторудного месторождения (Средний Урал) // Тр. ИГГ УрО РАН. 2012. № 159. С. 211–217.

McDonough W. F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. Vol. 120. P. 223–253.