

КАРБОНАТНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОКОЛОРУДНЫХ ПОРОД САФЬЯНОВСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2014 г. М. Е. Притчин, Е. И. Сорока, О. Л. Галахова, С. П. Главатских

Сафьяновское медноколчеданное месторождение находится в 10 км северо-восточнее г. Реж (Свердловская область) и приурочено к южной части Режевской структурно-формационной зоны. Массивные колчеданные и медно-цинковые руды месторождения локализованы в измененных вулканитах кислого–среднего состава и отрабатываются карьером, глубина которого в настоящее время приближается к 200 м. Прожилково-вкрапленные руды составляют половину запасов месторождения и будут отрабатываться шахтным способом.

Метасоматический ореол месторождения имеет субмеридиональное простирание и крутое падение на запад. Длина ореола по простиранию прослеживается на 1 км, мощность по латерали более 200 м, по вертикали 500 м [6, 7, 10]. По данным [12–14], ореол относительно рудных тел имеет следующую зональность: в центральной зоне распространены пирит-халькопирит-хлорит-кварцевые метасоматиты, на контакте с рудными телами – существенно кварцевые; на юге и ниже по простиранию они сменяются хлорит-иллит-кварцевыми метасоматитами. Карбонатизация, по данным А.И. Грабежева [1, 2], прослеживается в околорудных породах и метасоматитах подрудной зоны. В околорудных породах выделены зоны каолинит-карбонат-кварцевых,

хлорит-гидросерицит-кварцевых, карбонат-гидросерицит-хлорит-кварцевых и кварцевых метасоматитов. По данным [2], в карбонат-гидросерицит-хлорит-кварцевых метасоматитах встречаются доломит, магнетит и кальцит. В надколчеданной части месторождения отмечены частично измененные кислые вулканогенно-осадочные породы с участками диккит-каолинит-анкерит-кварцевых метасоматитов [1]. В результате исследований пород приконтактной зоны массивных рудных тел в кварцевых метасоматитах выделена глиноземистая минеральная ассоциация с алунином и пирофиллитом [15]. Непосредственно на контакте находится наиболее глиноземистая алунит-пирит-кварцевая и алунит-(пирофиллит)-каолинит-пирит-кварцевая ассоциация, затем на небольшом удалении (менее 1 м) следуют серицит-каолинит (алунит)-хлорит-кварцевая и далее серицит (гидросерицит)-хлорит-карбонат-кварцевая ассоциации. Карбонаты представлены кальцитом, магнетитом, доломитом (анкеритом), сидеритом. По данным [17], на северном фланге месторождения карбонатно-хлоритовые (доломитсодержащие) метасоматиты ассоциируют с медно-цинковыми вкрапленными рудами, а кварц-хлоритовые метасоматиты – с медными штокверковыми. Установлено зональное распределение карбонатов в пределах этого ореола: по мере приближения к богатым медным рудам доломит сменяется магнетитом, затем – пистомезитом и сидероплезитом [8].

Нами была исследована карбонатная минерализация околорудных пород юго-восточного борта карьера. По данным рентгенофазового анализа, вмещающая порода состоит преимущественно из кварца, железистого хлорита, гидрослюд, карбоната (магнетит-доломит). В результате микроскопических исследований в изучаемых породах выявлено три типа карбонатной минерализации. Анализ выполнен на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu) в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН, оператор О.Л. Галахова.

Первый тип представлен карбонатными вкрапленниками размером не более 0.5 мм, равномерно распределенными в основной массе вмещающей породы. Вкрапленники имеют округлую форму с зазубренными краями, внутри содержат многочисленные микровключения кварца (рис. 1). По мере

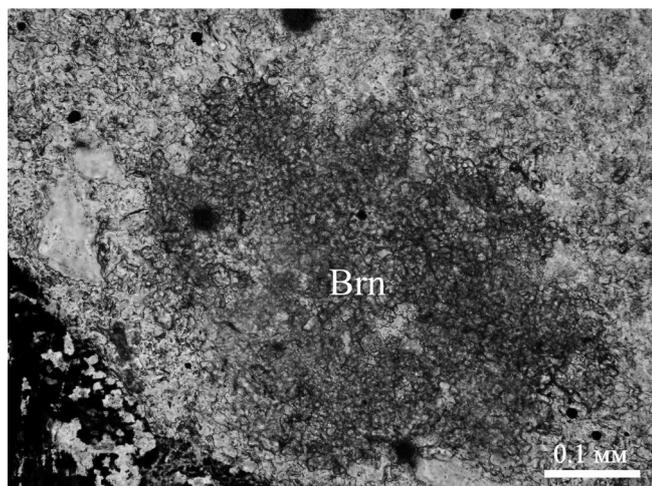


Рис. 1. Зерно брейнерита в основной массе, проходящий свет.

Bpn – брейнерит.

увеличения размеров они полностью очищаются от включений. Вкрапленники состоят из тонкозернистого карбонатного агрегата железистого магнетита (брейнерита), который образует изоморфный ряд с сидеритом $MgCO_3 - FeCO_3$. Содержание железа колеблется от 12.5 до 20 ат. % (анализ выполнен в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV (JEOL) с ЭДС-спектрометром Inca Energy 450; оператор С.П. Главатских).

Второй тип карбонатной минерализации представлен тонкими прожилками брейнерита, выполняющим микротрещины. Протяженность их достигает нескольких сантиметров, толщина не превышает 0.6 мм. В прожилках содержание Fe возрастает с 5–6 ат. % на контакте с вмещающими породами и до 17–19 ат. % в центре прожилка. Нередко центральная часть прожилков выполнена кварцем (рис. 2).

Третий тип карбонатной минерализации представлен карбонатными жилами (рис. 3), выполняющими трещины отрыва и скалывания в измененных вулканитах и вулканогенно-осадочных породах юго-восточного борта карьера (горизонты 100–82 м, счет от забоя). Мощность таких жил достигает первых сантиметров. Они выполнены доломитом и магнетитом. Их основные пики хорошо проявлены на дифрактограмме: для магнетита – 2.754, 2.517, 2.111, 1.945, 1.708 Å, для доломита – 2.888, 2.194, 2.017, 1.805 (обр. 48/2а). По результатам рентгеноструктурного анализа были определены параметры кристаллической решетки как магнетита, так и доломита. Они несколько больше обычных: для магнетита $a = 4.64\text{Å}$, $c = 15.08\text{Å}$, для доломита $a = 4.81\text{Å}$, $c = 16.05\text{Å}$, что свидетельствует об изменчивости состава в результате изоморфных замещений Mg–Fe.

Карбонатные жилы имеют отчетливое зональное строение. Микроскопическое изучение их выявило, что первоначально стенки трещин были инкрустированы кристаллами магнетита с ярко выраженным геометрическим отбором роста. Размер зерен магнетита около 5 мм при соотношении длины к ширине 7:1. Внутренняя часть жил выполнена крупнозернистыми гипидиоморфными зернами доломита размером до 1 см. По данным электронной микроскопии (обр. 48/12, 49/12), содержание Fe в магнетите колеблется от 2 до 8 ат. %. Содержание Ca и Mg в доломите равномерно во всем объеме зерен и соответствует 24 ат. % каждого, содержание Fe в доломите от 0 до 0.8 ат. %. Жилы нередко подвержены дроблению с наложенной кварц-магнетитовой минерализацией. Магнетит представлен мелкозернистым агрегатом удлиненных зерен размером не более 1 мм, пустоты между которыми заполнены кварцем. Содержание железа в магнетите колеблется в узком интервале 4.5–6 ат. %.

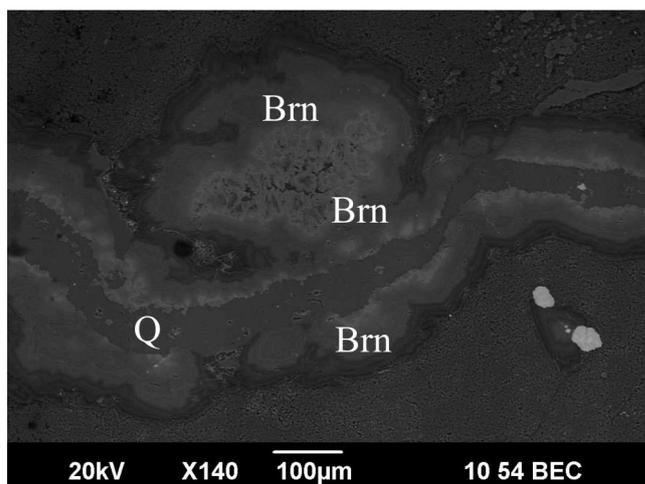


Рис. 2. Микрофотография брейнеритового прожилка.

Brn – брейнерит, Q – кварц.

Результаты макро- и микроскопического исследований, а также установленные особенности химического состава карбонатов указывают на то, что карбонатная минерализация явилась естественным продолжением пострудных преобразований вмещающих пород и их тектонического разрушения при релаксации внутренних напряжений [5]. Результатом релаксации стала многочисленная микропрожилковая минерализация, на которую наложена многофазная брейнерит-доломитовая жильная минерализация, контролируемая тектоническими зонами небольшой протяженности. Изучение взаимоотношений карбонатных вкрапленников, прожилков и жил показало последовательное отложение нескольких минеральных фаз, а также нестабильность режима минералообразования. В общем, последовательность карбонатной минерализации вы-

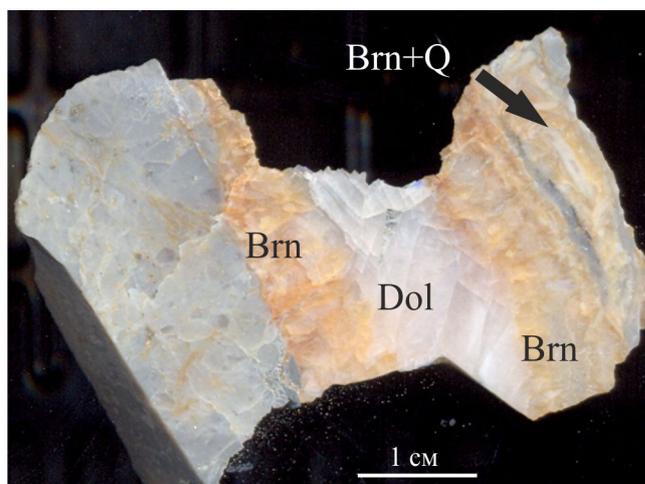


Рис. 3. Строение карбонатной жилы.

Brn – брейнерит, Dol – доломит, Q – кварц.

глядит следующим образом: 1) ранняя – рассеянная вкрапленная минерализация; 2) тонкая прожилковая минерализация; 3) инкрустационная брейнеритовая минерализация крупных трещин; 4) доломитовая минерализация в пустотах крупных карбонатных жил; 5) поздняя – наложенная на крупные жилы кварц-магнезитовая минерализация. Нужно отметить, что в работе [11], где рассматриваются условия минералообразования барит-сульфидных жил Сафьяновского месторождения, отмечается влияние деформаций на минералообразование.

В карбонатных жилах и прожилках пород андезитового состава, вскрытых в западном борту карьера (горизонт 140–92 м), магнезит не встречается. Жилы выполнены преимущественно кальцитом и кварцем, в незначительном количестве доломитом. Во вмещающих породах присутствует сидерит. Минеральный состав пород: кварц, плагиоклаз (альбит), карбонат, хлорит, в примеси встречается слюда (гидросерицит), каолинит, пирит. При микроскопическом изучении шлифов было отмечено крайне неоднородное распределение хлорита и карбонатов, частая приуроченность хлорита к участкам развития карбонатов. На основании полученных микрозондовых анализов хлорита (обр. 1251, JSM-6400, энергодисперсионный спектрометр “Link”, аналитик В.Н. Филиппов, ИГ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар), были проведены расчеты температуры его образования, в среднем это 260°C [16]. По кристаллохимическим характеристикам хлорит относится к брунсвигиту.

Согласно экспериментальным данным, карбонаты ряда магнезит–сидерит (брейнерит) образуются в результате воздействия растворов, содержащих углекислоту, в относительно низкотемпературных условиях (250–270°C) [3]. Распределение железа в экспериментах между железистым доломитом и брейнеритом происходит в пользу последнего. С понижением температуры от 300 до 250°C количество брейнерита увеличивается, а его железистость возрастает. При температурах выше 300°C брейнерит отсутствует, а анкерит (железистый доломит) становится более магнезиальным и приближается к маложелезистому доломиту. Таким образом, можно предположить, что образование брейнерита в околорудных породах Сафьяновского месторождения происходило при температуре не выше 260° С. Рост железистости в брейнерите карбонатных прожилков от периферии к центру мог фиксировать постепенное снижение температуры раствора.

Для колчеданных месторождений характерно, что в процессе рудообразования Mg выносятся из зоны развития серицит-кварцевых пород (рудопроводящего канала) и концентрируется в хлоритсодержащих метасоматитах по периферии зоны серицит-кварцевых пород [9]. Нужно отметить, что магнезит (брейнерит) известен в околорудных породах ряда колчеданных месторождений Ура-

ла, в частности Узельгинского рудного поля (Южный Урал). Предполагается, что их ореол околорудной карбонатизации имеет зональное строение, обусловленное изменением состава карбонатов относительно рудных тел [4].

Околорудная карбонатизация пород Сафьяновского месторождения подобна той, что проявлена в породах Узельгинского рудного поля. Важно отметить существенный вклад пострудных тектонических подвижек в образование наложенной жильной карбонатной минерализации, которая выразилась в нескольких последовательных этапах минералообразования.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов УрО РАН № 12-И-5-2060, РФФИ-Урал № 13-05-96036

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грабежьев А.И.* Подрудные метасоматиты цинк-медно-колчеданных месторождений Урала (на примере Гайского и Сафьяновского месторождений) // Литосфера. 2004. № 4. С. 76–88
2. *Грабежьев А.И., Молошаг В.П., Сотников В.И.* Метасоматический ореол Сафьяновского Zn-Cu-колчеданного месторождения, Средний Урал // Петрология. 2001. № 3. С. 294–312.
3. *Зарайский Г.П.* Зональность и условия образования метасоматических пород. М.: Наука, 1989. 341 с.
4. *Исмагилов М.И.* Зональность ореола околорудной карбонатизации медноколчеданных месторождений Узельгинского рудного поля // Метасоматиты эндогенных месторождений Урала. Свердловск: УрО РАН, 1989. С. 37–44.
5. *Кисин А.Ю., Притчин М.Е.* Современные низкотемпературные гидротермальные системы на колчеданных месторождениях Урала (по результатам дешифрирования космоснимков) // Вулканизм и геодинамика: мат-лы V Всерос. симп. по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2011. С. 528–530.
6. *Коровко А.В., Грабежьев А.И., Двоеглазов Д.А.* Метасоматический ореол Сафьяновского цинково-медного месторождения (Средний Урал) // Докл. АН СССР. 1988. Т. 303, № 3. С. 692–695.
7. *Коровко А.В., Двоеглазов Д.А., Лецев Н.В. и др.* Сафьяновское медно-цинковое колчеданное месторождение (Средний Урал) // Геодинамика и металлогения Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 152–153.
8. *Коротеев В.А., Язева Р.Г., Бочкарев В.В., Молошаг В.П., Коровко А.В., Шереметьев Ю.С.* Геологическая позиция и состав Сафьяновского меднорудного месторождения на Среднем Урале // Путеводитель геологических экскурсий. Юбилейные научные чтения, посвященные 100-летию со дня рождения академика А.Г. Бетехтина. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 54 с.
9. Медноколчеданные месторождения Урала: условия формирования / Отв. ред. чл.-корр. РАН С.Н. Иванов, д.г.-м.н. В.А. Прокин. Екатеринбург: УрО РАН,

1992. 312 с.
10. *Молошаг В.П., Грабежьев А.И., Викентьев И.В., Гуляева Т.Я.* Фации рудообразования колчеданных месторождений и сульфидных руд медно-золото-порфирировых месторождений Урала // *Литосфера*. 2004. № 2. С. 30–51.
 11. *Мурзин В.В., Варламов Д.А., Ярославцева Н.С., Молошаг В.П.* Минералогия и строение барит-сульфидных жил Сафьяновского медноколчеданного месторождения (Средний Урал) // *Уральский минералогический сборник № 17*. Миасс; Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 12–19.
 12. *Прокин В.А., Буслаев Ф.П., Молошаг В.П., Малюгин В.А.* Геология Сафьяновского медноколчеданного месторождения (по результатам картирования карьера) // *Ежегодник-2001. Информ. сб. науч. тр.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 276–281
 13. *Прокин В.А., Молошаг В.П., Малюгин В.А.* Зональность Сафьяновского медноколчеданного месторождения // *Ежегодник-2002. Информ. сб. науч. тр.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 294–300.
 14. *Сафина Н.П., Масленников В.В.* Рудокластиты колчеданных месторождений Яман-Касы и Сафьяновское (Урал). Миасс: УрО РАН, 2009. 260 с.
 15. *Сорока Е.И., Молошаг В.П., Петрищева В.Г.* Происхождение глиноземистой минеральной ассоциации в приконтактных метасоматитах рудных тел Сафьяновского медноколчеданного месторождения (Средний Урал) // *Литосфера*. 2010. № 6. С. 112–119.
 16. *Сорока Е.И., Молошаг В.П., Филиппов В.Н., Галахова О.Л., Притчин М.Е.* Хлорит из околорудных вулканогенных пород Сафьяновского месторождения // *XIII Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова*. Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. С. 67–74.
 17. *Язева Р.Г., Молошаг В.П., Бочкарев В.В.* Геология и рудные парагенезисы Сафьяновского колчеданного месторождения в среднеуральском ретрошарьяже // *Геология руд. месторождений*. 1991. Т. 33, № 4. С. 47–58.