

## ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАРБОНАТОВ РУДОНОСНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ МИХЕЕВСКОГО МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Сорока Е.И., Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Леонова Л.В.

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург*

Михеевское месторождение медно-порфировых руд расположено в 20 км к Ю.-Ю.-З. от пос. Варна, в восточной части Челябинской области. Геологическое строение месторождения сложное. С поверхности оно перекрыто чехлом глин, суглинков, песков четвертичного, неогенового, палеогенового возраста мощностью около 5 м. Ниже развиты рыхлые щебнисто-глинистые образования (коры выветривания) мощностью от 15 до 100 м. На северном и южном флангах месторождения вскрыты 2 штока кварцевых диоритов и плагиогранитов. Между ними располагается дайковое поле с преобладанием гранитоидов того же состава. Штокверк Михеевского месторождения имеет форму вытянутого опрокинутого конуса (длиной 3000 м, шириной от 300 до 600—700 м). На месторождении выделены следующие основные типы рудоносных метасоматитов: калиевые метасоматиты, пропилиты, кварц-серицит-хлоритовые и кварц-серицитовые метасоматиты, аргиллизиты, реже – скарнированные породы [Грабежев, 2014; Plotinskaya et al., 2018]. Руды месторождения являются комплексными. Кроме

меди промышленное значение имеют золото, молибден, рений, серебро. Рудные минералы: пирит, халькопирит; реже встречаются борнит, магнетит, молибденит, теллуриды золота и серебра и др. В метасоматических породах месторождения встречаются карбонаты, обычно это кальцит, доломит, сидерит [Грабежев, 2014]. Однако систематического их изучения в связи с рудоносностью выделенных типов метасоматитов не проводилось. В настоящей работе приведены результаты исследований карбонатов из образцов рудоносных метасоматитов и кварц-карбонатных жил, отобранные в пределах рудных блоков в действующем карьере.

Исследования карбонатов проводились в полированных шлифах методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (JEOL JSM-6390LV) и энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) (IncaEnergy 450; лаборатория ФХМИ, ИГГ УрО РАН). Кальцит обнаружен в виде жил и прожилков с кварцем, сфалеритом, пиритом, галенитом (рис. 1а) в образце Мих.1-14а/18, который отобран из карбонат-кварце-

Таблица 1. Состав карбонатов Михеевского месторождения (вес. %)

№ П.П	Образец, (точки анализа)	Окислы				
		Ca	Mg	Mn	Fe	O
1	<b>Мих 1-14а/18</b> (1)	47.53				52.5
2	(11)	46.89				53.1
3	(41)	47.46				52.5
4	<b>Мих 1-1/18</b> (96)	47.64			0.2	51.8
5	(98)	48.6			0.25	51.5
6	<b>Мих 1-136/18</b> (160)	24.86	9.37	0.27	12.39	53.1
7	(161)	24.99	9.28	0.33	12.19	53.2
8	(162)	25.15	8.66	0.31	13.85	52.0
9	(163)	25.07	8.96	0.29	13.03	52.7
10	(164)	25.11	8.8	0.39	13.43	52.3
11	<b>Мих 5-10/18</b> (243)	0.21			53.6	45.1
12	(246)	0.22			52.7	46.1
13	(254)	0.31			52.9	43.5
14	(262)	0.16			56.9	41.7
15	(277)	0.16		0.5	62.8	36.2
16	(278)				62.5	37.2
17	(279)	0.18			60.9	38.3

Примечание. Сумма приведена к 100 %.

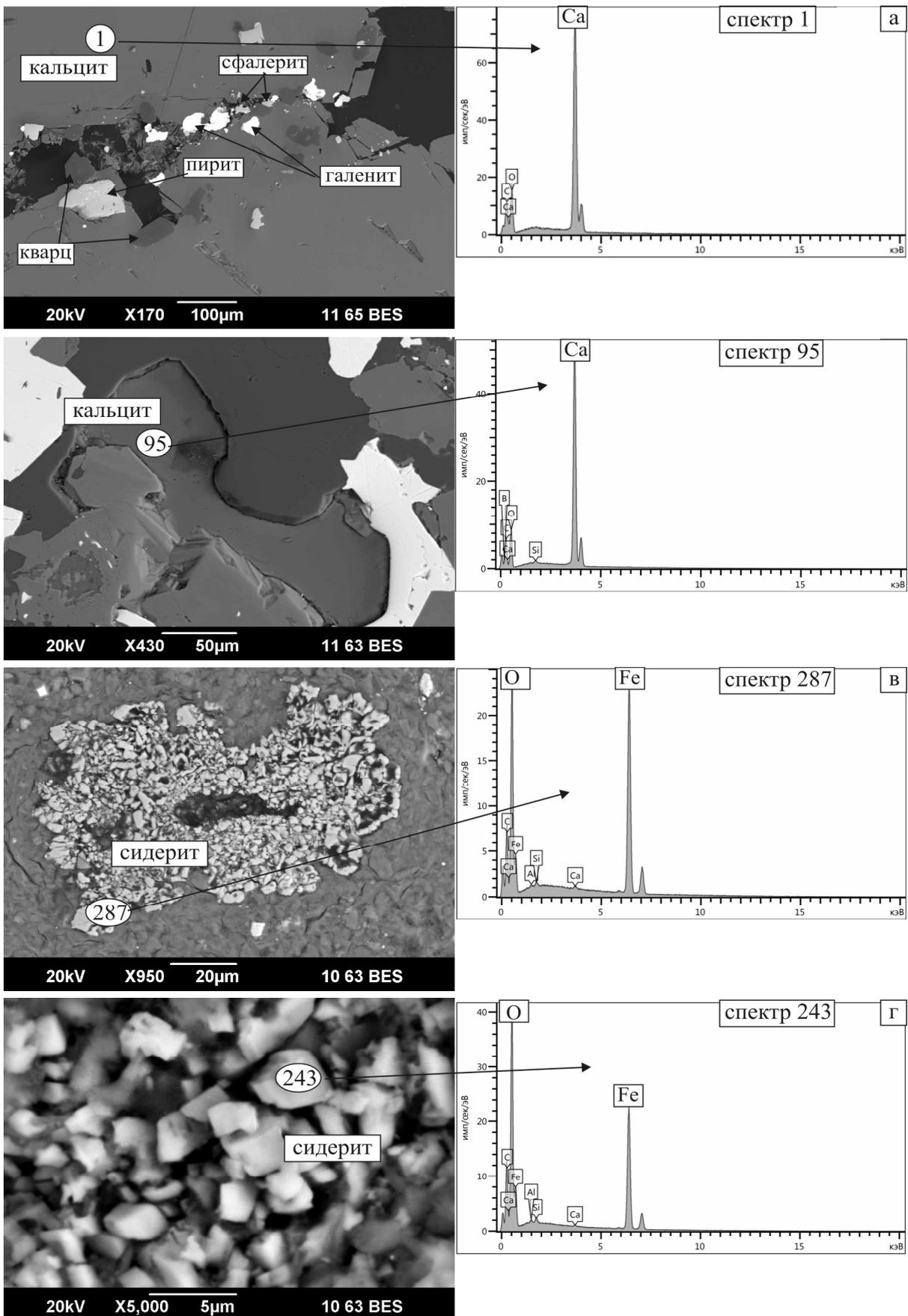


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение карбонатов из метасоматических рудоносных пород Михеевского медно-порфирового месторождения (справа – примеры спектров): а) кальцит из карбонат-кварцевой сульфидизированной прожилковой зоны, обр. Мих 1-14а/18; б) кальцит из кварц-амфибол-эпидот-серицит-хлоритовой зоны метасоматитов, обр. Мих 1-1/18; в) скопление кристаллов сидерита в аргиллизированной породе, обр. Мих 5-10/18; г) ромбодоэкаэдрические кристаллы сидерита в аргиллизированной породе, обр. Мих 5-10/18

вой прожилковой зоны с обильными (до сплошных) сульфидами. В породе преобладает кварц и серицит, хлорит, эпидот, амфибол, сульфидная вкрапленность, встречается магнетит; отмечаются реликты скарновой ассоциации – гранат-андрадит. Характерны высокие содержания Au, Ag, присутствие теллуридов и самородного золота. Судя по данным энергодисперсионной спектроскопии, жильный кальцит не содержит примесей (табл. 1). Почти такой же чистый кальцит встречается (рис. 1б) в метасоматизированной породе в ассоциации с кварцем, амфиболом (актинолитом), эпидотом, серицитом, хлоритом. Редко в кальците отмечается незначительная примесь FeO (табл. 1). В матрице породы часто встречается сфен и апатит. Из рудных минералов присутствует пирит.

Fe-доломит обнаружен в образце пропилиитизированных метасоматитов (обр. Мих 1-136/18), в карбонатной жиле с незначительной примесью кварца. По данным рентгенодифракционного анализа (дифрактометр XRD-7000, Shimadzu, лаборатория ФХМИ ИГГ УрО РАН, оператор О.Л. Галахова), образец 1-136/18 состоит из доломита, кварца, кальцита, слюды, хлорита, плагиоклаза и сульфидов. По данным электронной микроскопии, в краевой части жилы и вмещающей породе обнаружены кварц, хлорит, эпидот, актинолит, слюда, апатит, сфен, рутил. Из рудных минералов, кроме пирита, обнаружен магнетит. В пирите наблюдаются включения сульфоарсенидов. Fe-доломит (анкерит) содержит FeO (12.19-13.85 вес %), а также MnO (0.27-0.39 вес %) (табл. 1).

Кроме того, в метасоматитах Михеевского месторождения встречается сидерит ( $\text{FeCO}_3$ ). Он обнаружен в аргиллизитовых метасоматитах (обр. Мих.5-10/18), где представлен в матрице породы в виде обособлений округлой формы (рис. 1в), которые при большем увеличении представляют собой скопления ромбоэдрических кристаллов сидерита (рис. 1г). Матрица образца состоит из хлорита, амфибола, гидрослюд, кварца. Встречается сфен, апатит, а также танталониобаты. В сфене наблюдаются включения рутила, которые выглядят как структуры распада. Рудные минералы представлены магнетитом и халькопиритом.

Таким образом, по результатам электронно-микроскопического изучения карбонатов метасоматических пород Михеевского Cu-порфирирового месторождения можно сделать некоторые выводы, которые пока носят предварительный характер. Отмечаются определенные закономерности распределения карбонатов по типам метасоматитов: в более высокотемпературных образованиях, метасоматизированных скарнированных диоритах и кварц-карбонатных прожилках и кварц-амфибол-эпидот-серицит-хлоритовых метасо-

матитах (обр. Мих.1-14а/18, Мих.1-1/18) присутствует чистый кальцит (табл. 1). В пропилиитизированных, и, судя по сопутствующей минеральной ассоциации (преимущественно слюды, хлорит, амфибол-актинолит), более низкотемпературных по сравнению с вышеописанными метасоматитах (обр. Мих 1-136/18) присутствует Fe-доломит с примесями марганца и железа (табл. 1). И, наконец, в образцах аргиллизированных низкотемпературных метасоматитов (обр. Мих.5-10/18) присутствует сидерит, редко с примесью марганца (табл. 1).

Известно, что по данным экспериментальных работ по моделированию кислотного метасоматоза в гранодиоритах [Зарайский, 1989], кальцит характерен для передовых зон метасоматических колонок, но встречается и в средних зонах вместе с Fe-доломитом. С повышением температуры ( $> 350^\circ\text{C}$ ) и кислотности карбонаты, содержащие Fe и Mg, исчезают из колонок. Fe-доломит совместно с кальцитом появляется при увеличении активности  $X_{\text{CO}_2} > 0.05$ . При  $X_{\text{CO}_2} = 0.2$  область развития Fe-доломита (анкерита) распространяется на всю область колонки. Кроме того, в опытах отмечается влияние давления, при его повышении наблюдается большая устойчивость водосодержащих фаз [Зарайский и др., 1981]. Одинаковые растворы с высоким отношением  $m_{\text{KCl}}/m_{\text{H}_2\text{O}}$ , которые при стандартных параметрах опыта ( $T=300^\circ\text{C}$ ,  $P=1.0$  кбар) вызывают кварц-калишпатовое изменение породы, при 2.2 кбар приводят к образованию колонок с серицитом и хлоритом в тыловой зоне, а при 3.0 кбар – к аргиллизации (образованию кварца, гидрослюд, Fe-доломита). В некоторых опытах образуется Fe-магнезит, который образует изоморфный ряд с сидеритом ( $\text{FeCO}_3$ ). Таким образом, можно сделать предварительные выводы о том, что экспериментальные исследования находят свое подтверждение в изучении природных объектов, а детальные исследования карбонатов могут помочь в изучении формирования и распространения различных типов метасоматитов и их связи рудообразованием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грабежев А.И. Новониколаевский Mo–Au–Cu-порфирировый рудный узел (Южный Урал, Россия): петрогеохимия рудоносных гранитоидов и метасоматитов // Литосфера. 2014. № 2. С. 60-76.
2. Зарайский Г.П. Зональность и условия образования метасоматических пород. М.: Наука, 1989. 340 с.
3. Зарайский Г.П., Шаповалов Ю.Б., Белявская О.Н. Экспериментальное исследование кислотного метасоматоза. М.: Наука, 1981. 218 с.

4. Plotinskaya O.Y, Azovskova O.B, Abramov S.S., Groznova E.O., Novoselov K.A., Seltmann R., Spratte J. Precious metals assemblages at the Mikheevskoe porphyry copper deposit (South Urals, Russia) as proxies of epithermal overprinting // Ore Geology Reviews, 2018. 94, P.239-260.