

ТАЛЬК-СУЛЬФИДНО-КАРБОНАТНЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ ГУМЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**А.И. Грабежев, В.В. Мурзин, В.П. Молошаг, В.Г. Вигорова,
Г.В. Пальгуева, В.Г. Гмыра**

На Гумешевском месторождении (Средний Урал, район г. Полевского), которое генетически отвечает скарново-медно-порфировой системе [Грабежев и др., 2001], широким распространением пользуются тальк-сульфидно-карбонатные метасоматиты, эдуктом которых являются часто наблюдающиеся на месторождении мраморы. Тальк-сульфидно-карбонатные метасоматиты являются составной частью большой группы сульфидно-кварц-кальцит-анкеритовых метасоматитов, являвшихся одним из основных типов руд в центральной части месторождения [Мошев, 1993]. Данный тип метасоматитов достаточно типичен для скарново-медно-порфириновых месторождений, в отличие от медно-скарновых, и его характеристика может быть полезной для генетической интерпретации месторождения и выяснения условий развития гидротермального процесса. Рассматриваемые метасоматиты образуют зоны в мраморах мощностью от долей миллиметра до 3-4 м и более. Зоны небольшой мощности наблюдаются в виде многочисленных параллельных полосок метасоматитов с крутыми углами падения ($50-70^\circ$), типичными для всех контактов пород на месторождении. Тела массивных метасоматитов характеризуются макро- и микрополосчатой текстурой, обусловленной перемежаемостью слоев с различным соотношением составляющих их минералов. Метасоматиты имеют зеленовато-серую окраску, слагаются карбонатом и подчиненным количеством таль-

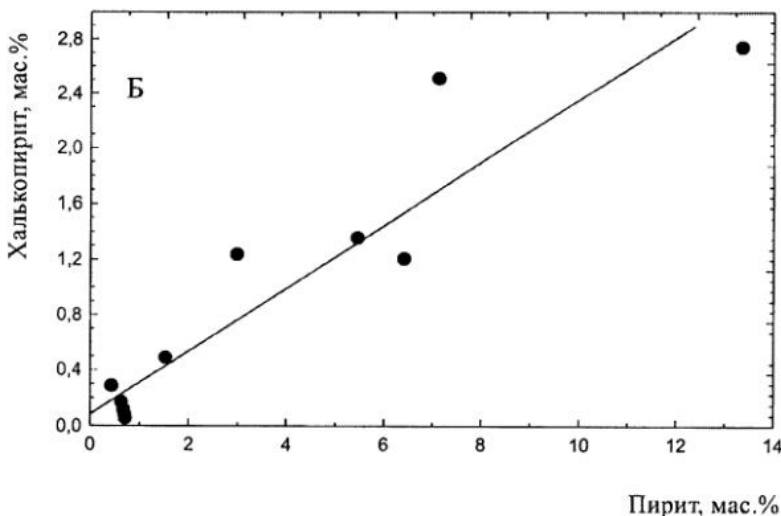
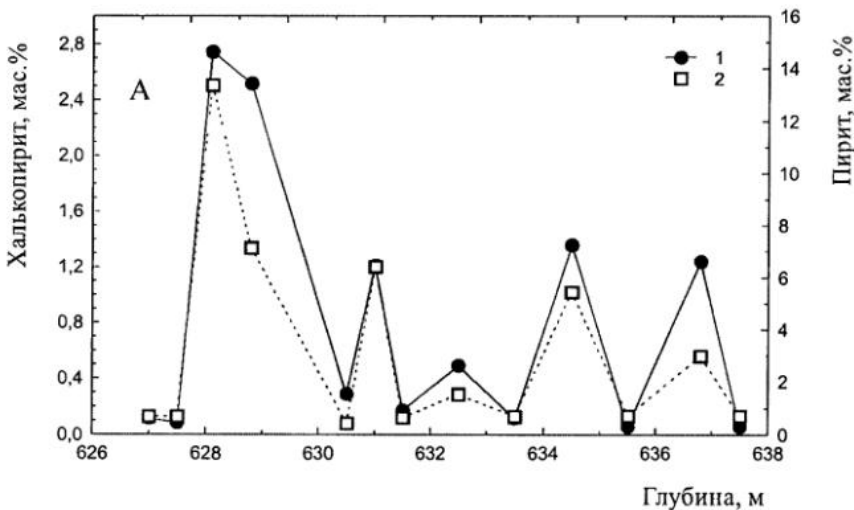
ка (2-30 об. %), сульфидов (0-25 об. %), магнетита (0-2 об. %), иногда хлорита и актинолита (0-5 об. %), редко стильпномелана. Принципиальной особенностью метасоматитов является обычное отсутствие в их составе кварца. Карбонат представлен перекристаллизованным кальцитом мрамора и анкеритом, образовавшимся по кальциту при преобразовании мрамора. Обычно фиксируется примерно равное количество анкерита и кальцита, однако в отдельных образцах анкерит может значительно преобладать над кальцитом или, крайне редко, отсутствовать полностью. Тальк наблюдается в виде отдельных чешуек, образующих прерывистые зоны-полоски. Часто наблюдается линейная ориентировка чешуек талька. Реже фиксируется более или менее равномерное распределение чешуек талька в преобразованном мраморе. Размеры отдельных зерен талька и карбоната обычно не превышают 0,10-0,15 мм, хотя встречаются сноповидные выделения талька размером до 1 мм и его сегрегации размером до 2-15 мм в кальцит-анкеритовой массе. Судя по данным высоковольтной электронографии (аналитик А.П. Жухлистов), тальк имеет полубеспорядочную структуру при низкой степени ее совершенства. Параметр $b_0 = 9,175-9,187 \text{ \AA}$. Сульфиды представлены сегрегационно-полосчатой вкрапленностью пирита и халькопирита (в единичном случае секущегося борнитом). В метасоматитах наблюдались секущие метасоматические прожилки бесцветного хло-

рита мощностью до 1 мм (скв. 3620, гл. 366 м). В скв. 3655 (гл. 315 м) тальк-пирит-кальцит-анкеритовый метасоматит сечется поперек его полосчатости хлорит-карбонат-пиритовым прожилком мощностью 2-3 мм.

По соотношению нерудных минералов метасоматиты можно разделить на несколько разновидностей – существенно тальк-карбонатные, тальк-хлорит-карбонатные, тальк-актинолит-карбонатные и тальк-стильпномелан-карбонатные. Наблюдаются и все переходные составы между хлорит- и актинолитсодержащими разновидностями. Широким распространением пользуются анкеритизированные мрамора с редкой вкрапленностью и прожилками талька, иногда сульфидов и хлорита (скв. 3885, гл. 491-502 м). Рассматриваемые метасоматиты обычно содержат переменное количество сульфидов (исключительно пирита и халькопирита) и иногда магнетита. Наиболее часто встречаются тальк-карбонатные метасоматиты, содержащие

5-10 мас.% сульфидов (скв. 3620, гл. 365-366 м, скв. 3655, гл. 315-316 м). Иногда количество сульфидов в метасоматитах достигает 20-25 мас.% (скв. 3660, гл. 371-380 м.). Содержание меди в рудоносных метасоматитах обычно варьирует от 0,4 до 1,5 мас.%, и возрастают в отдельных участках до 3-4 мас.% (рис. 1, 2). Железистость талька и карбоната в бессульфидном и высокосульфидном метасоматитах резко отличается, составляя соответственно 0,03 и 0,18 (табл. 1, 2). В этом ряду возрастает и содержание сидеритового, магнетитового минералов в анкерите и кальците. Актинолит из сульфидизированного метасоматита (скв. 3660, гл. 386 м) также имеет повышенную железистость (18 ат.%).

Тальк-хлорит-карбонатные метасоматиты встречаются реже тальк-карбонатных метасоматитов и обычно содержат меньше талька. Так, в скв. 3640 (гл. 247-249 м) наблюдаются тонкополосчатые тальк-магнетит-хлорит-карбонатные метасоматиты. Система сближенных параллельных полосок мощностью 0,3-10 мм в мраморе представлена магнетит-хлоритовым (магнетита до 20 об.%) агрегатом. Мелкочешуйчатый хлорит ориентирован по полосчатости и плеохроирует от ярко-зеленого до соломенно-желтого. По рентгеновским данным, он имеет высокую железистость (соотношение интенсивностей трех первых базальных отражений отвечает 11/65/24). Между полосками часто

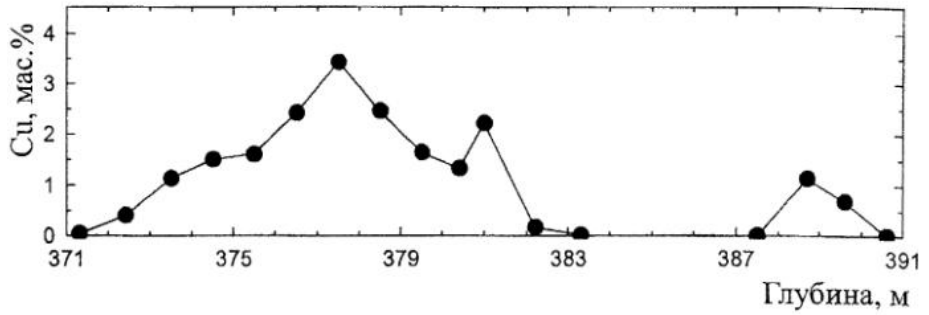


лельных полосок мощностью 0,3-10 мм в мраморе представлена магнетит-хлоритовым (магнетита до 20 об.%) агрегатом. Мелкочешуйчатый хлорит ориентирован по полосчатости и плеохроирует от ярко-зеленого до соломенно-желтого. По рентгеновским данным, он имеет высокую железистость (соотношение интенсивностей трех первых базальных отражений отвечает 11/65/24). Между полосками часто

Рис. 1. Распределение пирита и халькопирита (А) и зависимость между содержаниями этих минералов (Б) в тальк-карбонатных метасоматитах по скв. 3874.

1 – халькопирит, 2 – пирит. Содержания пирита и халькопирита рассчитаны по данным примерно пометрового опробования

Рис. 2. Распределение содержаний меди в пределах зоны сульфидно-тальк-карбонатных метасоматитов по скв. 3660.



Инт. 371-382 м складывается тальк-кальцит-анкеритовыми метасоматитами с варьирующим содержанием сульфидов (от 5 до 25 мас. %), инт. 382-383 и 387-391 м – тальк-тремолит-эпидот-кальцитовыми метасоматитами с остатками скарна, инт. 383-387 м – сильно карбонатизированными тремолит-эпидотовыми метасоматитами по диоритам.

наблюдается магнетит-хлоритовая рассеянная вкрапленность. В ассоциации с магнетитом присутствует немного пирита, а с хлоритом – талька. Полосы мощностью до 20 см сульфидно-хлорит-тальк-анкерит-кальцитового состава широко распространены в мраморе с сегрегациями талька в скв. 3874 (гл. 631-635 м). Хло-

рит имеет высокую железистость и глиноземистость (соотношение интенсивностей трех первых базальных отражений отвечает 11/53/36). В скв. 3650 (гл. 130,0-131,5 м) встречен сульфидно-тальк-кальцитовый метасоматит с небольшим количеством бледно-желтого хлорита и кварца. Метасоматит характеризуется край-

Таблица 1

Микрозондовые анализы талька (1-6), стильпномелана (7) и актинолита (8) из тальк-карбонатных метасоматитов по мрамору

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
Химический состав, мас. %								
SiO ₂	62,26	59,82	61,29	60,18	58,90	58,23	50,68	57,71
Al ₂ O ₃	0,12	0,00	0,58	0,71	0,00	0,00	3,78	0,28
FeO	1,79	6,43	1,79	4,07	9,88	14,30	30,63	7,41
MnO	0,00	0,00	0,15	0,05	0,00	0,00	0,08	0,16
MgO	30,22	27,58	30,03	32,05	25,48	22,70	10,69	18,37
CaO	0,20	0,00	0,11	0,35	0,10	0,00	0,11	12,72
Сумма	94,59	93,83	93,95	97,41	94,36	95,23	95,97	96,65
Кристаллохимическая формула, ф.е.								
Si	3,98	3,94	3,95	3,75	3,92	3,93		8,18
Al	0,01	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00		0,05
Fe	0,10	0,36	0,08	0,21	0,55	0,80		0,88
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00		0,02
Mg	2,89	2,70	2,91	2,98	2,52	2,27		3,88
Ca	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00		1,93
F, ат. %	0,03	0,12	0,03	0,07	0,18	0,26		0,18

Примечание. 1 – мрамор анкеритизированный с крупными чешуйками талька; сульфиды и магнетит отсутствуют (скв. 3620, гл. 365 м); 2-3 – то же, но участками с небольшим количеством сульфидов, соответственно 3 и 1 ан (скв. 3885, гл. 493 м); 4 – мрамор с тальком и небольшим количеством сульфидов, по [Мошев, 1993] (шахта, гор. 520 м), содержания TiO₂, Na₂O и K₂O составляют соответственно 0,02, 0,08 и 0,00 мас.%; 5 – сульфидно-тальк-кальцит-анкеритовый метасоматит (скв. 3660, гл. 378 м); 6-7 – тальк-стильпномелан-кальцит-анкеритовый метасоматит с пиритом (до 8 мас.%) и магнетитом (скв. 3617, гл. 825 м); 8 – тальк-пирит-актинолит-кальцитовый метасоматит (скв. 3660, гл. 388 м).

Состав карбоната, железистость талька и условия формирования тальк-карбонатных метасоматитов Гумешевского месторождения

Номер пробы	Кальцит				Анкерит				T°C	P, кбар	F талька, ат.%	Карбонат
	CaCO ₃	MgCO ₃	FeCO ₃	MnCO ₃	CaCO ₃	MgCO ₃	FeCO ₃	MnCO ₃				
3660-378	95-96	1,7-2,4	2,4-2,5	1,2-1,5	51-53	33-34	12-14	1,1-1,3	420-478	1,19-1,41	18,1	Ank=Ca
3620-366	99-100	0,3-1,1	0,1-0,2	0,3-0,5	53-54	41	3,2-4,4	0,4-0,5	164-236	0,33-0,36		Ank>Ca
3620-365	99-100	0,4-1,4	0,1-0,2	0,2-0,4	53-55	43-44	1,0-2,7	0,4-0,6	337	0,43	3,4	Ank=Ca

Примечание. Содержание талька и сульфидов составляет соответственно (в мас.%): 3660 -378 – до 30 и 10-30; 3620-366 – 5-10 и 5; 3620-365 – 5-10 и отсутствуют. В пробе 3660 -378 присутствует немного хлорита и магнетита. Номер пробы отвечает номеру скважины и г глубине взятия образца F – железистость в ат.%. Составы карбонатов определялись В.В. Мурзиным, а талька – В.Г. Гмыра на зонде ЖА-5.

не неоднородной текстурой. В одних участках он складывается только кальцитом, в других – кальцит-тальковым (до 50 об.%) агрегатом, в третьих – это кварц-кальцитовый агрегат с небольшим количеством талька, в четвертых – это чисто тальковые агрегаты размером до 2-3 мм. Метасоматит содержит много пирита и немного магнетита, неоднородное распределение которых определяет тонкополосчатую текстуру породы. Сверху метасоматит контактирует с халькопирит-пирит-кальцит-анкеритовым метасоматитом по мрамору, а снизу – с кварц-кальцитовым метасоматитом с сульфидами, магнетитом и небольшим количеством зеленого хлорита.

Талькосоудержащие метасоматиты с актинолитом слагаются преимущественно анкеритом. Количество талька и тремолита в них не превышает 5-10 об.%, местами достигая 30 об.%. (скв. 3660, гл. 388 м, рис. 2). Метасоматиты находятся в пределах крупной зоны хлорит-тальк-карбонатных метасоматитов (инт. 371-383м) по мраморам, ограниченной измененными гранитоидами. Метасоматиты имеют массивную или слабopолосчатую текстуру и характеризуются высоким содержанием неравномерно распределенных сульфидных агрегатов (5-30 об%). Сульфиды местами часто цементируют обломки метасоматита, что подчеркивает их наложенный характер. Отметим, что карбонат в данном типе метасомати-

тов не обязательно представлен кальцитом. В скв. 3683 (гл. 388-400 м) наблюдаются сульфидно-тальк-актинолит-кальцитовые метасоматиты с очень небольшим количеством хлорита и кварца.

Выявлен очень интересный тип метасоматита тальк-стильпномелан-кальцит-анкеритового состава (скв. 3617, гл. 825 м), представленный метровым интервалом между мрамором и аподиоритовым эпидозитом. Иглы стильпномелана (табл. 1) длиной 0,03-0,15 мм плеохроируют от темно-коричневого до светло-желтого. Его количество достигает 25 об.%, местами с ним ассоциирует тальк. Анкерит резко преобладает над кальцитом. Присутствует немного пирита и магнетита.

Геологические данные и низкое содержание алюминия, титана, кремния и высокое магния в метасоматитах свидетельствуют об их образовании по мрамору при низкотемпературном магнезиальном метасоматозе (табл. 3). Выделенные разновидности метасоматитов можно рассматривать как фации, сформировавшиеся при различных активностях магния. Полосчатая перемежаемость в макро- и микромасштабах бессульфидных и сульфидных метасоматитов, сильные вариации содержания сульфидов в метасоматитах (рис. 1А, 2), обычное наличие в них сульфидных прожилков указывают на одновременность основных периодов оталкивания и сульфидизации, причем сульфидиза-

Химические анализы тальк-сульфидно-карбонатных метасоматитов (мас.%)

Компоненты	3660-378	3640-247
SiO ₂	13.94	12,16
TiO ₂	0.01	0,06
Al ₂ O ₃	1.24	3,47
Cr ₂ O ₃	0,004	0,003
Fe ₂ O ₃	0.77	10,09
FeO	4.84	9,57
MnO	0.43	0,34
MgO	9.81	5,30
CaO	26.45	27,41
Na ₂ O	<0.05	<0,05
K ₂ O	<0.04	<0,05
P ₂ O ₅	0.08	-
CO ₂	26.70	23,48
FeS ₂	9.22	Нет
CuFeS ₂	5.96	3,71
H ₂ O	-	3,10
Сумма	99,54	98,79

Примечание. 3660-378 – тальк-сульфидно-кальцит-анкеритовый метасоматит; 3640-247 – тальк-хлорит-халькопирит-магнетит-кальцитовый метасоматит.

ция, по сравнению с оталькованием, является более поздним процессом. При этом нельзя исключать, что часть сульфидов образовалась совместно с силикатами, т.е. между процессами оталькования и сульфидизации существует постепенный переход. Скорее всего оталькование мраморов постепенно сменилось совместным отложением талька и сульфидов, а в заключение процесса имело место только формирование сульфидов. Процесс происходил в условиях постоянного стрессового давления, вызывающего образование систем параллельных трещин под углами падения 65-75°. Последние характерны для всех структур месторождения. Судя по низкой железистости талька и карбоната в бессульфидных метасоматитах, магниезиальный метасоматоз в мраморах начинался при низких активностях железа и серы. Можно подчеркнуть, что подобные условия характерны и для апосерпентинитовых тальк-карбонатных метасоматитов других типов месторождений [Дистанов, Ковалев, 1968; Сазонов, 1984; Спиридонов и др., 2000]. Преимущественно более позднее развитие в локальных зонах сульфидизации привело к перекристаллизации талька и карбоната со значительным повышением их железистости, что связано с повышением актив-

ности железа и серы в растворе по мере эволюции процесса. Наличие тенденции прямо пропорциональной связи между количеством сульфидов и железистостью карбоната, талька (табл. 2), скорее всего, указывает на то, что степень сульфидизации в первую очередь зависит от уровней активностей железа и серы, а не от продолжительности процесса. Существование тенденции прямой зависимости между содержаниями пирита и халькопирита (рис. 16) может свидетельствовать о близкоодновременном их отложении из раствора, в котором соотношение активностей железа и меди должны были быть постоянными в интервалах не менее 6-10 м. Это подчеркивает инфильтрационный характер процесса.

Температура и давление (по данным кальцит-доломитового геотермобарометра) при образовании указанных метасоматитов сильно варьировали (табл. 2). Оталькование и анкеритизация мрамора имели место при температуре 337°С и давлении 0,43 кбар при низкой активности железа. Слабая сульфидизация этого метасоматита происходила уже в более низкотемпературную стадию формирования (T=164-236°С, P= 0,33-0,36 кбар). Высокие температура (420-478°С) и давление (1,19-1,41 кбар) при

формировании высокосульфидного тальк-карбонатного метасоматита (табл. 2) представляются нам труднообъяснимыми. Наиболее вероятным источником магния могли являться широко распространенные на месторождении будины серпентинитов. Последние часто превращены в магнезит-тальковые (скв. 3616, гл. 560 м) и карбонат (магнезит, кальцит, немного анкерита)-тальковые (скв. 3677, гл. 480 м) метасоматиты. Наблюдаются также хлорит-тальковые сланцы с небольшим количеством кальцита (скв. 3793, гл. 578-584 м). Карбонат прожилков в измененных гипербазитах представлен преимущественно магнезитом с очень небольшим количеством кальцита, анкерита, иногда каолинита. Подобное преобразование гипербазитов сопровождается понижением в них содержания магния, и потому прореагировавшие с ними потоки флюида должны приобрести определенную специфику состава – высокую концентрацию магния и низкую – кремния. С циркуляцией таких растворов в пределах толщи мраморов и должно быть связано образование участков талькосодержащих метасоматитов. В то же время преобладание на месторождении сульфидно-кварц-анкерит-кальцитовых метасоматитов, не содержащих талька, указывает на то, что основная часть флюидных потоков испытала слабое взаимодействие с серпентинитами. Влияние состава вмещающих пород на развитие низкотемпературного магнезиального метасоматоза хорошо показано на примере колчеданных месторождений [Дистанов, Ковалев, 1968]. Изотопный состав карбоната ($\delta^{18}\text{O}=+15,1\%$, $\delta^{13}\text{C} = -1,6\%$) из сульфидно-тальк-кальцит-анкеритового метасоматита (скв. 3660, гл. 378,5 м) свидетельствует о низкой роли ювенильной углекислоты во флюиде при образовании данного типа метасоматитов. В то же время для пирита фиксируется близметеоритный состав серы.

Таким образом, на Гумешевском месторождении широкое распространение имеют разнообразные талькосодержащие метасомати-

ты, сформировавшиеся по мрамору при низкотемпературном магнезиальном метасоматозе. Источником магния во флюиде могли служить, нередко наблюдающиеся будины серпентинитов. Активности железа, меди и серы резко возросли во флюиде в заключительный период преобразования метасоматитов, когда они подверглись интенсивному замещению сульфидами. Вместе с тем, местами тальк и сульфиды могли сформироваться одновременно. Данный тип метасоматитов характерен для многих других скарново-медно-порфировых месторождений, но не свойственен собственно медно-скарновым и медьсодержащим магнетит-скарновым месторождениям.

Авторы признательны В.И. Сотникову, Н.С. Бородиной, С.В. Прибавкину, В.Г. Крживицкой и Д.Д. Штейнбергу за помощь в работе.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект 03-05-64206)

Список литературы

- Грабежеев А.И., Сотников В.И., Боровиков А.А. и др. Генетическая типизация Гумешевского медно-скарнового месторождения (Средний Урал) // Докл. РАН. 2001. Т. 380. № 2. С. 242-244
- Дистанов Э.Г., Ковалев К.Р. О магнезиальном метасоматозе на колчеданно-полиметаллических месторождениях (на примере Восточной Тувы) // Геол. рудн. месторожд. 1968. № 6. С. 37-48.
- Мошев С.И. Морфология рудных тел и условия формирования Гумешевского полигенного медно-рудного месторождения. Дис.... канд. геол.-мин.-наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 1993. 203с.
- Сазонов В.Н. Березит-лиственитовая формация и сопутствующее ей оруденение (на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 206 с.
- Спиридонов Э.М., Жернаков В.И., Бакишев И.А. и др. // Типоморфизм талька апогипербазитовых метасоматитов Урала // Докл. РАН. 2000. Т. 372. № 3. С. 378-780.