

УДК 552.11

Сульфидное оруденение доломитовых мраморов Шабровского месторождения талък-магнезитового камня

*Ерохин Ю.В. *, Прибавкин С.В. *, Кабалина М.А. ***

** – Институт геологии и геохимии УрО РАН (ИГиГ УрО РАН),*

*** – Уральская государственная горно-геологическая академия (УГГА)*

Шабровское месторождение талък-магнезитового камня расположено в моноклиальной структуре между Шабровским и Осиновским гранитными массивами, где наблюдается переслаивание и будинах альпинотипных ультрамафитов со сланцами различного состава. Исследованный нами карьер «Старая линза» представлен телом измененных ультраосновных пород, залегающих в метаморфизированной осадочной толще нижнего палеозоя. Ультрамафиты, слагающие тело «Старой линзы», представлены антигоритовыми серпентинитами и талък-карбонатными породами, контакты между которыми, как правило, резкие. Вмещающие породы в основном сложены филлитовыми сланцами с маломощными прослоями мраморизованных известняков, слюдисто-кварцевых, серицит-хлоритовых и хлоритовых сланцев, с тонкими кварцевыми прожилками и будинками. Среди талък-карбонатных пород отмечаются дайки диабазов и гранитоидов, местами сильно будинированные и метаморфизованные [Огородников и др., 2000]. Будины мраморов наблюдаются в северо-западном борту карьера «Старая линза» среди тонко-рассланцованных талък-карбонатных пород. Нами детально изучено самое крупное тело мраморов, размер которого в видимой части достигает 2.5 x 2 метра. Карбонат мраморов представлен доломитом, а второстепенные минералы - кальцитом, гидроксилпатитом, талъком, клинохлором, кварцем и малахитом. Среди рудных минералов обнаружены магнетит, гематит, хромшпинелид и медные сульфиды. В настоящей статье мы приводим описание сульфидной минерализации мраморов представленной дигенитом, джарлеитом, ковеллином и халькозином.

Первое описание медных сульфидов на Шабровском месторождении выполнено Д.Н. Савиной в 1998 году. Она изучала гипергенные прожилки халькозина и джарлеита в талък-карбонатных породах [Савина, 1998], кроме того, она обнаружила микровростки борнита в халькозине. В 2000 году нами приведено исследование гидротермального халькозина и джарлеита из мраморных будин карьера «Старая линза» [Кабалина и др., 2000]. Необычность этих медных сульфидов заключалась в высоком содержании селена (до 3,3 мас.%).

Сульфиды наблюдаются вблизи контакта мраморов с тальк-карбонатными породами, где слагают прожилки до 5 см, при мощности 2–3 мм. Кроме того, в минерализованных полостях встречаются плохо образованные кристаллы. Цвет сульфидов на свежем сколе стальнo-серый, на окисленных поверхностях – индигово-синий (за счет развития пленок ковеллина). Прожилки выполнены исключительно сульфидами, имеют четкие границы и простираются под некоторым углом по отношению к общей слоистости породы, которая совпадает с ограничениями будины. В зальбандах прожилков обычно наблюдается окантовка из железистого доломита и никелистого талька (NiO до 15-16 мас.%) [Бакшеев, Савина, 1999г.]. В раздувах прожилков количество талька возрастает, появляется небольшое количество кварца, и образуются спутанно-чешуйчатые агрегаты с обильной вкрапленностью сульфидов. В ранних полостях сульфиды встречаются в виде плохо образованных изометричных индивидов размером 0,5–0,8 см. В отраженном свете такие индивиды представляют собой структуры распада (рис.1), где светлый фон состоит из халькозина с джарлеитом, а темный сложен дигенитом. Подобные структуры возникают при распаде высокотемпературного β -дигенита [Рамдор, 1962], нижний предел устойчивости которого лежит в области 76-103°C [Roseboom, 1966г.]. В некоторых случаях структуры распада слагают центральную часть зерен, а внешняя кайма состоит из чистого халькозина. Такие кристаллы ассоциируют с гидроксилapatитом, пинакоидальным доломитом и сферолитами малахита. Причем агрегаты малахита нарастают на доломит и даже имеют с ним совместные индукционные поверхности, это говорит в пользу гидротермального происхождения карбоната меди.

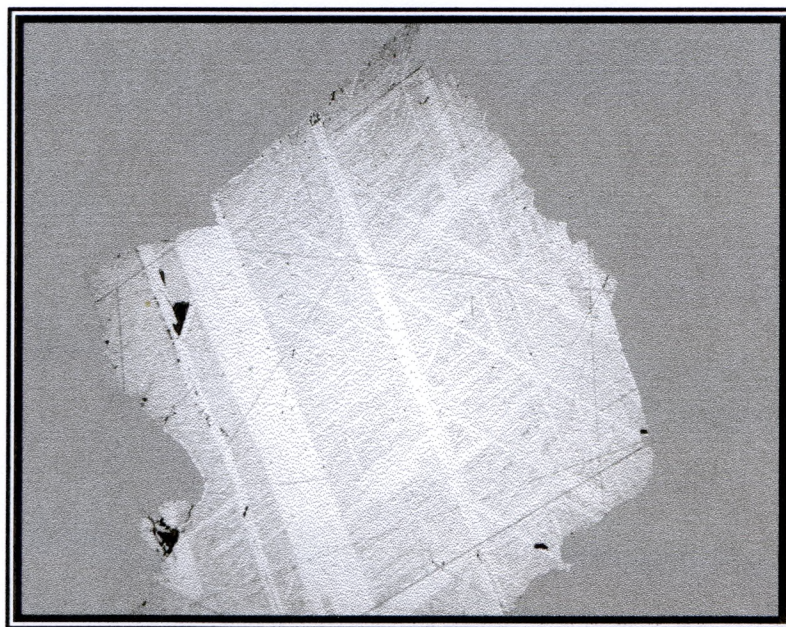


Рис.1 Структуры распада халькозина в дигените в сульфидах первой генерации (аншлиф, ув.100^x).

В поздних гидротермальных полостях выполненных ромбоэдрами кальцита и пластинчатым гематитом изредка встречаются мелкие кристаллики халькозина, которые можно отнести ко второй генерации сульфидов. Индивиды халькозина имеют слабо вытянутую по оси *b* клиновидную форму (рис.2), наиболее крупные из них достигают 2-3 мм в длину. Хорошо образованные кристаллы нарастают на первичные скопления сульфидов в местах их рассеяния поздними полостями.

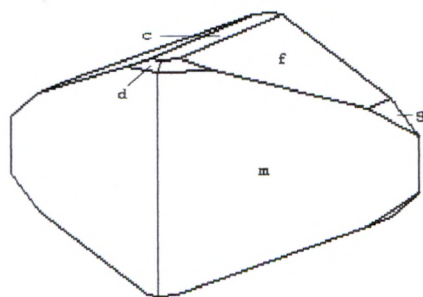


Рис.2 Кристалл халькозина из поздних гидротермальных полостей (2 генерация сульфидов).

Халькозин огранен комбинацией пинакоида - $c\{001\}$ с ромбическими призмами - $m\{210\}$, $g\{011\}$, $f\{012\}$, $d\{211\}$. Грани кристаллов немного окисленные, но блестящие. На призме горизонтального кольца наблюдается комбинационная штриховка, вызванная совместным ростом плоскости $[210]$ с первым или вторым пинакоидом (грани которых не проявились вследствие быстрого роста).

В рентгеноструктурной лаборатории УГГГА (аналитик С.Г. Сустанов, УРС-2.0) с плохо образованных кристаллов сульфида была снята дебаеграмма, расчет которой показал близкие значения межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки халькозину ромбической сингонии (табл.1). Расчет параметров элементарной ячейки производился с помощью программы «Kristall».

В дигените Шабровского месторождения наблюдается большое содержание железа (до 4,61 мас.%), что может объясняться присутствием растворенного борнита. Твердые растворы дигенита с борнитом широко распространены в природе [Рамдор, 1962], кроме того, дигенит всегда содержит примеси железа (1,2-1,4 ат.%), которые стабилизируют его структуру при низких температурах [Годовиков, 1983]. Джарлеит с халькозином практически не содержат железа (до 0,18 мас.%). В зернах наблюдается зональное распределение железа от дигенита (2,88-4,61%) через джарлеит (0,18%) к халькозину (до 0,08%). Джарлеит располагается на контакте структур распада халькозина с основной матрицей дигенита. Для всех сульфидов меди характерно повышенное содержание селена (2,53-3,27%), что говорит о наличии твердых растворов серии Cu_2S-Cu_2Se .

В лаборатории микронзондового анализа УГГГА (аналитик В.Н. Ослоповских, Самеса) получены рентгено-спектральные анализы, которые показали присутствие в исследованных зернах трех минеральных фаз: дигенита, халькозина и джарлеита (табл. 2). В Институте Металлургии УрО РАН на SPECORD-M80 (аналитик О.Б. Яковлев) был снят инфракрасный спектр с зерен сульфидов, в которых наблюдались структуры распада халькозина в дигените, в результате были получены следующие полосы поглощения: 665, 385, 460, 440, 330 cm^{-1} (рис.3).

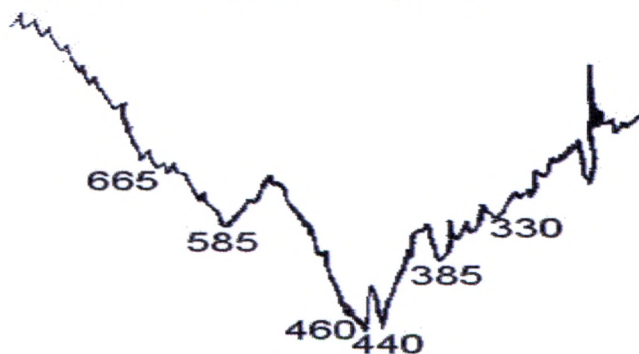


Рис. 3 ИК-спектр смеси сульфидов

Таблица 1

Данные рентгеноструктурного анализа сульфида

ASTM 23-961 Халькозин			Исследуемый образец		ASTM 23-959 Джарлеит		
d, А	I/I ₀	hkl	d, А	I/I ₀	d, А	I/I ₀	hkl
4,27	6	222	-	-	4,29	6	613
3,73	20	240	3,76	10	3,76	12	623
3,59	16	162,203	-	-	3,60	10	433
3,41	6	080, 340	3,37	20	3,39	35	804, 434
3,31	25	322	-	-	3,35	14	008
3,28	25	024, 104	3,29	30	3,28	14	042, 241
3,18	40	262	3,17	40	3,19	16	633, 216
3,15	30	124	-	-	3,11	6	243
3,05	20	342	3,06	20	3,04	18	824
-	-	-	-	-	3,02	16	028
2,942	45	182	2,96	30	-	-	-
-	-	-	2,88	30	2,89	16	1013
2,873	16	411, 191	2,88	30	2,87	14	635, 219
-	-	-	2,83	30	2,836	16	1021
-	-	-	-	-	2,819	16	813, 245
2,755	16	431, 362	2,77	50	2,78	6	1022, 1014
2,718	55	440, 371	-	-	2,710	6	046, 826
-	-	-	-	-	2,693	12	0010
2,659	25	422	2,67	10	2,656	16	251, 1015
2,609	16	155, 353	-	-	2,605	8	835, 252
2,55	12	451, 314	-	-	2,561	14	1210
2,524	40	0102	2,54	20	2,519	16	1812
2,469	45	11021	2,49	20	2,47	12	1213
2,396	85	314, 084	2,40	50	2,389	85	814, 454
2,325	40	2102, 471	2,31	30	2,288	6	1027, 647
2,207	30	106, 522	-	-	-	-	-
2,117	12	444, 085	-	-	2,144	6	1027, 647
2,093	10	513, 473	-	-	2,067	8	1405
-	-	-	-	-	2,047	10	1415
2,005	14	562	2,00	30	-	-	-
1,977	100	-	1,974	100	-	-	-
-	-	-	-	-	1,966	40	860
-	-	-	-	-	1,959	95	1600
1,949	30	-	1,944	90	-	-	-
1,908	14	-	-	-	-	-	-
1,892	12	-	-	-	-	-	-
1,876	90	-	1,880	80	1,870	100	0412,821
1,797	14	-	-	-	-	-	-
1,787	14	-	-	-	-	-	-
1,704	35	-	1,698	30	-	-	-
a ₀ 11,92 А b ₀ 27,33 А c ₀ 13,44 А			a ₀ 13,25±0,78 А b ₀ 27,59±0,08 А c ₀ 13,41±0,03 А		a ₀ 26,92 А b ₀ 15,71 А c ₀ 13,56 А		

Примечание: проба анализировалась в рентгеноструктурной лаборатории УТГГА, УРС-2.0, аналитик С.Г. Сустанов.

Химический состав дигенита, джарлеита и халькозина

Компоненты	1	2	3	4	5	6
S	20,72	19,06	18,18	20,45	20,86	20,90
Fe	4,61	0,18	0,08	2,88	3,12	3,46
Cu	72,15	78,18	80,07	74,65	69,89	72,03
Se	2,53	3,27	3,01	2,97	3,24	3,10
Pb	0,18	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01
Сумма	100,19	100,79	101,35	100,95	97,11	99,50
Формульные единицы на 47 атомов						
S	16,15	14,88	14,18	15,95	16,69	16,30
Fe	2,08	0,08	---	1,30	1,44	1,55
Cu	28,4	30,75	31,50	29,38	28,21	28,33
Se	0,8	1,03	0,95	0,95	1,05	0,98
Формульные единицы на 3 атома						
S	1.02	0.96	0.91	1.01	1.06	1.04
Fe	0.13	---	---	0.08	0.09	0.10
Cu	1.80	1.97	2.03	1.85	1.79	1.80
Se	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06

Примечание: анализы 1, 4, 5, 6 – дигенит, 2 – джарлеит, 3 – халькозин; анализы даны в мас. %.

Выводы: Сульфидная минерализация доломитовых мраморов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня относится к системе Cu-S. Она четко разделяется на две генерации: 1. прожилки и плохо образованные кристаллы со структурами распада в парагенезисе с железистым доломитом и Ni-тальком 2. хорошо образованные кристаллы халькозина на регенерированной поверхности сульфидов 1 генерации (в парагенезисе с кальцитом и гематитом). Образование сульфидов 1 генерации происходило при температуре 315-250°C (определено по флюидным включениям в кварце, который парагенетичен Ni-тальку [Бакшеев, Савина, 1999]). В таком интервале температур могли кристаллизоваться только высокотемпературный дигенит и гексагональный халькозин [Roseboom, 1966], при охлаждении гидротермальных растворов на границе 103-76°C они развалились на обычный дигенит, ромбический халькозин и джарлеит. Дальнейшее охлаждение растворов привело к обрастанию (или замещению) ранних индивидов чистым ромбическим халькозином. Халькозин второй генерации скорее всего относится к гипергенной стадии развития доломитовых мраморов. Образование сульфидов генетически связано с мраморами, так как они являются меланжированной и метасоматически-измененной частью известковистых мраморов с экзоконтакта Шабровского гранитного массива.

Работа выполнена при финансовой поддержке молодежного гранта УрО РАН и РФФИ (грант 01-05-06180, «Школа Коротева»).

Литература

1. Бакшеев И.А., Савина Д.Н. Ni-тальк – типоморфный минерал тальк-карбонатных метасоматитов пропилитовой формации Шабровского и Березовского месторождений, Средний Урал// Материалы Уральской летней минералогической школы – 99, Екатеринбург, 1999. С.271-274.

-
2. *Годовиков А.А.* Минералогия М.: Недра, 1983. 647 с.
 3. *Кабалина М.А., Ослоповских В.Н., Ерохин Ю.В., Пономарев В.С.* Гидротермальный джарлеит в ксенолитах мрамора (Шабровское тальк-магнезитовое месторождение)// *Материалы Международной конференции «Минералогические музеи», 2000. С.53.*
 4. *Рамдор П.* Рудные минералы и их сростания. М.: Иностранной литературы, 1962. 1132 с.
 5. *Савина Д.Н.* Гипергенные халькозин и джарлеит в тальк-карбонатных породах Шабровского месторождения талька, Средний Урал// *Материалы Уральской летней минералогической школы – 98, Екатеринбург, 1998. С.134-135.*
 6. *Огородников В.Н., В.Н. Сазонов, Ю.А. Поленов, В.В. Григорьев.* Шабровский рудный район (геологическая позиция, продуктивные вещественные комплексы, оруденение-минерализация). Путеводитель геологической экскурсии. Екатеринбург, 2000. 16 с.
 7. *Roseboom E.H.* An investigation of the system Cu-S and some natural copper sulfides between 25° and 700°C// *Economic Geology. 61. 1966. P.641-672.*