

УДК 549+553.411.071 (470.5)

МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ АНТИГОРИТ-ТАЛЬК-КАРБОНАТНЫХ ПОРОД КИРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

В.В. Мурзин¹, Д.А. Варламов²

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН

²Институт экспериментальной минералогии РАН

ВВЕДЕНИЕ

По современным представлениям тальк-карбонатные метасоматиты не обладают формационной самостоятельностью. Они выделяются в составе пород березит-лиственитовой, пропилитовой и гумбеитовой метасоматических формаций [1].

На золоторудных месторождениях тальк-карбонатные породы являются промежуточным членом зональной колонки процесса лиственитизации [2]. Химизм процесса лиственитизации ультраосновных пород сводится к постепенному замещению силикатных минералов карбонатом в направлении от внешних зон к внутренним и фиксации освободившегося кремнезема во внутренней зоне в виде кварца. Сами по себе тальк-карбонатные породы в колонках лиственитизации на месторождениях золота, типовым объектом которых является Березовское месторождение на Среднем Урале, слабо золотоносны. Золото в процессе лиственитизации привносится магматогенными растворами и фиксируется в наиболее поздних прожилках и жилах кварца.

На месторождениях талька тальк-карбонатные породы формируются в более глубинных условиях по отношению к их проявлению в золоторудных месторождениях. В этом случае тальк-карбонатные породы являются более ранними, нежели березиты-листвениты и генетически с ними не связанными. Вследствие этого пространственно они могут быть совмещенными с лиственитами и обуславливать появление в них золота или же разобщенными [3].

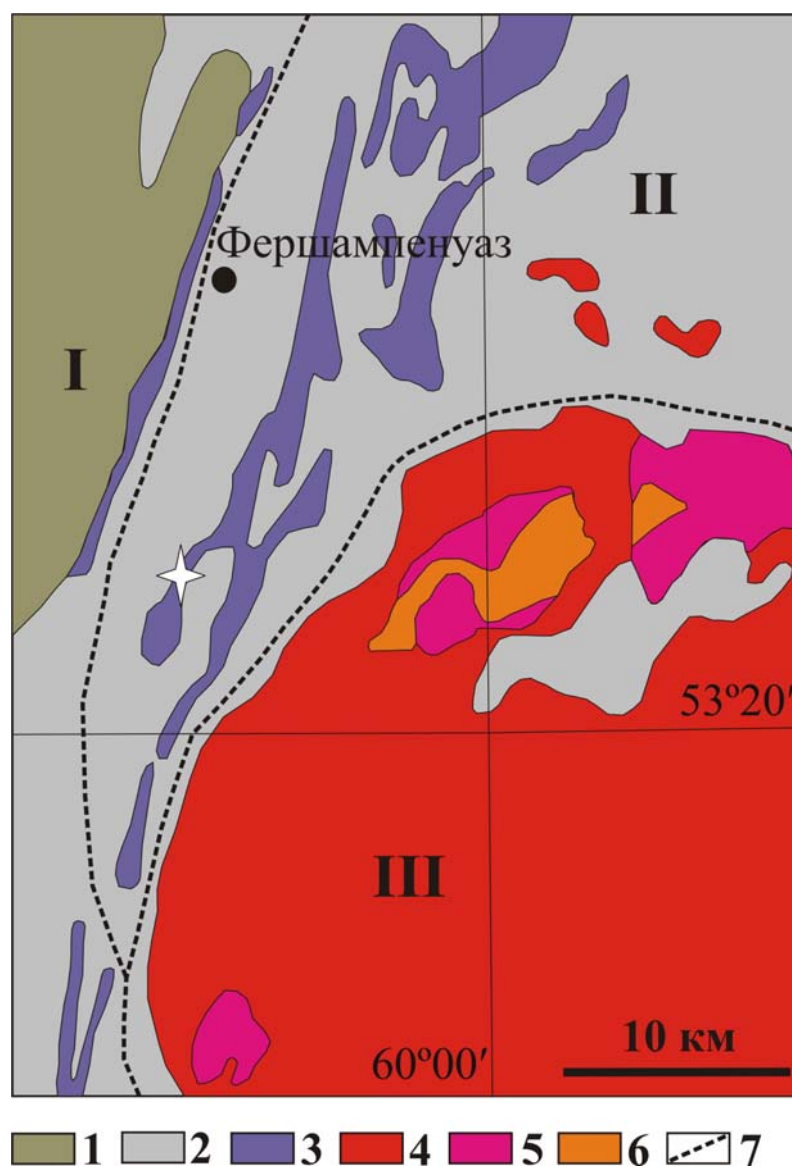
Объект данного исследования - Кировское золоторудное месторождение находится в северо-западном экзоконтакте позднепалеозойской Джабык-Карагайской гранитной интрузии. Связь золотого оруденения с лиственитизированными тальк-карбонатными породами в этом месторождении не очевидна, хотя слабозолотоносные листвениты здесь отмечались [3].

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кировское месторождение размещается среди серпентинитов небольшого линзообразного массива, вытянутого в северо-восточном направлении согласно с общим простиранием вмещающих сланцевых толщ, представленных метаморфизованными и

рассланцованными осадочными и эффузивно-туфовыми породами D_2-C_1 (кремнисто-серицитовыми, кремнисто-глинистыми, кремнисто-углистыми, хлорит-биотитовыми) (рис. 1).

Рис. 1. Геологическая схема района Кировского золоторудного месторождения (на основе геологической карты Урала масштаба 1:500000, под ред. И.Д. Соболева). Условные обозначения: 1 – вулканогенно-осадочные породы верхнего силура – среднего девона; 2 – терригенно-осадочная толща среднего девона – нижнего карбона; 3 – серпентиниты; 4-6 – магматический породы Джабык-Карагайской интрузии (4 – граниты; 5 – гранодиориты, кварцевые диориты; 6 – граносиениты); 7 – границы зон тектонического районирования: I – Магнитогорский мегасинклиорий, II – Арамилско-Сухтелинский мегасинклиорий, III – Челябинско-Суундукский мегантиклинорий. Звездочка – расположение месторождения.



Месторождение обрабатывалось от момента его открытия в 1934 г. до 1950 г. Глубина отработки достигала 70 м. Золотоносные метасоматиты (т.н. "змеевичные жилы") мощностью от 0,2 до 2 м и протяженностью до 280 м локализуются в пределах двух зон рассланцевания – наиболее мощной северо-западного направления в осевой части массива гипербазитов и оперяющей ее северо-западной (рис. 2). Содержания золота в рудах достигали 60 г/т, в среднем 10 г/т [4].

Серпентиниты массива сильно брекчированы, смяты, рассланцованы и неоднократно метасоматически изменены. Метасоматически измененные породы в различной степени золотоносные ранее изучались В.Н. Сазоновым и В.Н. Огородниковым [3, 4]. Ими установлены основные особенности минерального состава метасоматитов и степень их

золотоносности. Общая схема преобразования исходных ультраосновных пород укладывает в следующую последовательность:

1. Хризотиловая серпентинизация;
2. Оталькование и карбонатизация (магнезит, брейнерит, иногда анкерит) под воздействием гранитизирующих растворов;

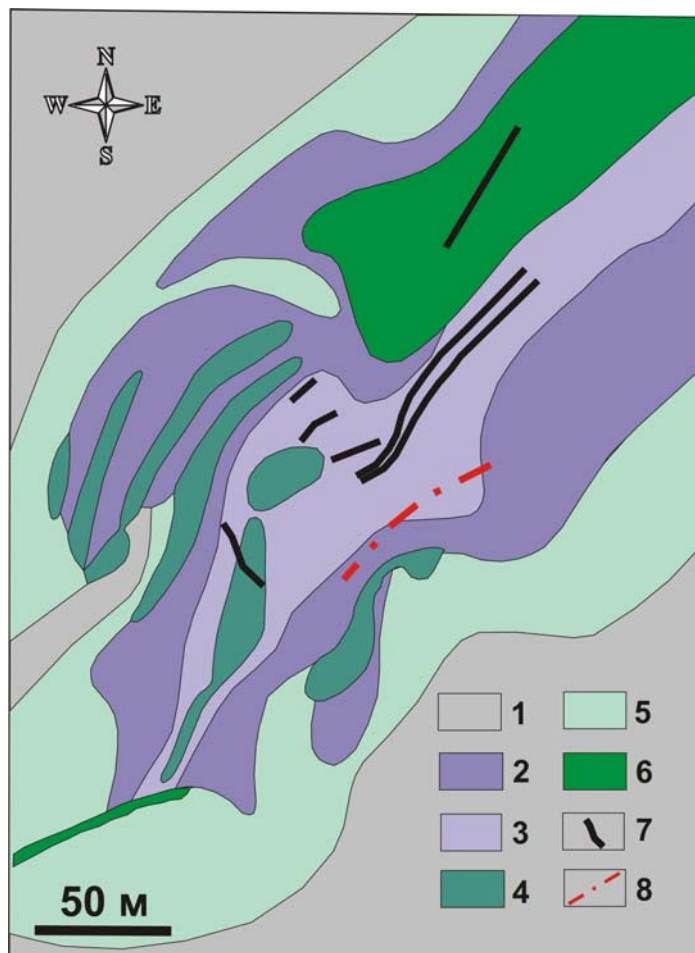


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Кировского месторождения золота (по М.Б. Бородаевской и А.С. Жуковой, 1942). Условные обозначения: 1 – метаморфизованные осадочные породы, 2 – серпентиниты, 3 – рассланцованные, брекчированные и хлоритизированные серпентиниты, 4 – амфиболовые, биотитовые и хлоритовые породы, 5 – тальковые и тальк-карбонатные породы, 6 – актинолитовые породы, 7 – золотоносные жилы, выходящие на поверхность, 8 – разрывное нарушение – сместитель "Вертикалка".

3. Антигоритизация (крупночешуйчатый антигорит), накладывающаяся на ранние тальк-карбонатные породы с образованием "шнуровидного" магнетита и низкопробного самородного золота;

4. Формирование поздних золотоносных метасоматитов различного состава: а) амфиболовых (тремолит-актинолитовых) в виде узких линейных зон, обычно в контакте с антигоритовыми серпентинитами, содержащих до 0,8 г/т золота; б) хлоритовых, сложенных мелкочешуйчатым агрегатом мелкого сфероидального пеннина и прожилками крупночешуйчатого клинохлора, содержащих 0,2-4,4 г/т золота (наиболее богаты породы с крупночешуйчатым хлоритом); в) слабозолотоносных тальковых, тальк-хлоритовых, тальк-карбонатных (доломит); г) лиственитов (карбонат, кварц, фуксит) в виде зонков в местах рассланцевания тальк-хлоритовых и тальк-карбонатных пород (в лиственитах содержание золота не превышает 0,1 г/т);

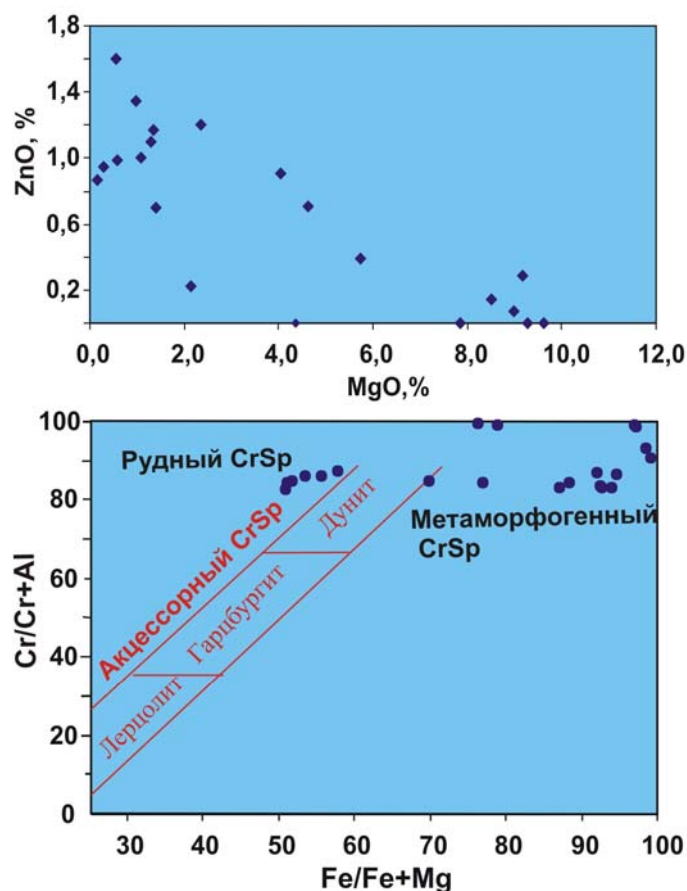
5. Появление низкотемпературного халцедона в пустотках выщелачивания в зонах интенсивного дробления пород (по неопубликованным данным В.Н. Огородникова содержат до 69 г/т золота).

Одна из наиболее характерных изученных золотоносных пород – очень низкие содержания в них рудных минералов. При отработке месторождения отмечены реликтовые и вторичные минералы серпентинитов (хромшпинелид, магнетит, гематит), а также самородное золото, халькозин, миллерит и никелин. Частицы самородного золота обнаруживались часто, в том числе видимые глазом (до 5-7 мм). Они заключены среди массы нерудных минералов метасоматитов (серпентин, хлорит, тальк, актинолит, реже карбонат и кальцит), часто приурочены к трещинкам расщепления в них. Химический состав минералов руд ранее не изучался.

ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ ЗОЛОТОНОСНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ

Наши исследования проводились на базе образцов, собранных из остатков отвалов, а также из небольшого щебеночного карьера на территории центральной части месторождения. Среди них присутствуют практически все разновидности перечисленных выше пород, за исключением амфиболовых метасоматитов и лиственитов.

Рис. 3. Состав хромшпинелида из оталькованных и карбонати-зированных серпентинитов Кировского месторождения: а – соотношения содержаний магния и цинка; б – диаграмма "железистость" ($Fe/Fe+Mg$) и "хромистость" ($Cr/Cr+Al$) с нанесенными типовыми полями состава акцессорного хромшпинелида офиолитовых гипербазитов по [5].



Исходные ультраосновные породы на месторождении практически не сохранены, однако широко распространены за его пределами. В качестве таковых описываются

мелкозернистые безмагнетитовые аподунитовые хризотилловые серпентиниты [4]. Зерна хромшпинелида из оталькованных и карбонатизированных серпентинитов в краевых частях метаморфически изменены с выносом из них Mg и Al и привнесом Zn (до 1,6 мас.%). Наименее измененные центральные участки зерен отвечают составу акцессорного хромшпинелида из дунита (рис. 3).

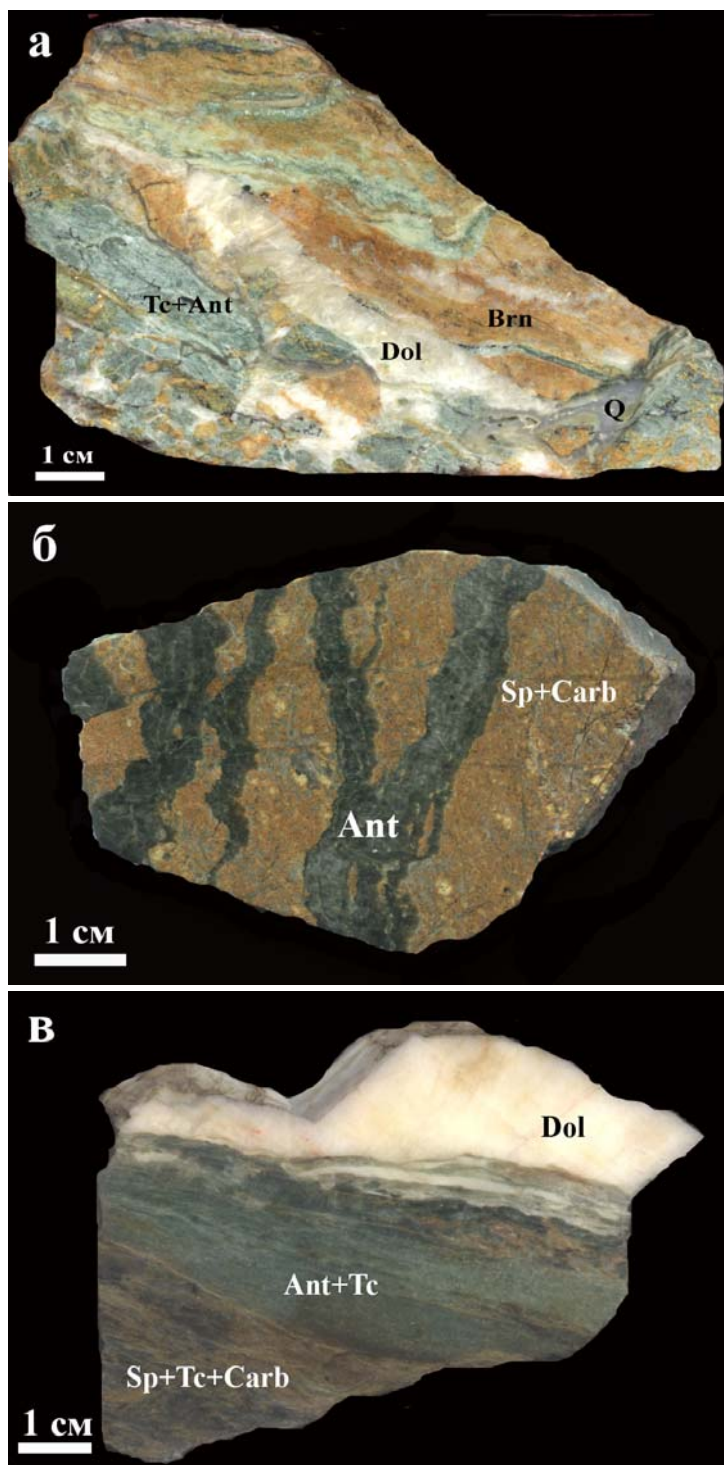


Рис. 4. Текстуры руд: а) брекчиевидная, б) прожилковая, в) сланцеватая (полосчатая). Tc – тальк, Ant – антигорит, Dol – доломит, Brn – брейнерит, Q – халцедон, Sp – серпентинит оталькованный и карбонатизированный, carb – карбонат.

Последующие изменения пород выразились в их массовой ранней хлоритизации во внешних зонах и антигоритизации – во внутренних. Хлоритовые породы внешней зоны

(хлоритолиты) имеют массивную текстуру и по данным рентгенофазового анализа сложены агрегатом тонкозернистого моноклинного магнезиально-железистого хлорита. Внутренние зоны метасоматической колонки сложены массой тонкопластинчатого антигорита, которая в той или иной степени замещается тальком и карбонатом раннего тальк-карбонатного парагенезиса. Карбонат этого парагенезиса (магнезит, брейнерит) как рассеян в массе метасоматита, так и образует в нем тонкие прожилки. В дальнейшем тальк-карбонатные породы локально деформированы, рассланцованы и рассечены сетью преимущественно мономинеральных прожилков крупнопластинчатого антигорита, талька с небольшим количеством Cr-хлорита, доломита (поздний антигорит-тальк-карбонатный парагенезис) мощностью до 5 см (рис. 4).

Процесс изменения гипербазитов завершается образованием сети тонких микротрещин, выполненных халцедоном и пересекающих тальк-карбонатные породы, в том числе прожилковый доломит. Эти прожилки мы отнесли к гипергенному этапу. Мощность прожилков халцедона, как правило, менее 1 мм, однако иногда достигает нескольких сантиметров. Зафиксированная ранее высокая их золотоносность связана, по-видимому, с развитием гипергенных процессов по исходно золотоносным породам.

Таблица 1

Химический состав типовых зерен силикатов Кировского месторождения, мас. %

№ обр.	Name	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	ZnO	Total
917/31	Ant 1	43,14	0,50	0,36	5,96	0,08	35,76	0,00	0,05	0,00	85,95
917/59	То же	43,59	0,34	0,12	5,15	0,20	36,56	0,00	0,51	0,14	86,80
917/60	"-	43,37	0,74	0,65	3,89	0,00	36,29	0,22	0,19	0,04	85,50
924/25	Ant 2	42,95	1,13	0,50	6,36	0,10	34,49	0,19	0,26	0,15	86,13
919/45	То же	44,48	0,34	0,07	7,03	0,05	36,06	0,05	0,07	0,00	88,15
919/60	"-	44,08	0,42	0,00	6,55	0,00	34,96	0,08	0,27	0,16	86,52
1327/16	"-	41,53	1,05	0,09	7,41	0,10	33,57	0,12	0,33	0,00	84,20
1327/28	Tc 1	63,70	0,06	0,00	2,05	0,15	29,38	0,09	0,17	0,07	95,67
1327/38	То же	60,57	0,55	0,19	2,71	0,00	29,64	0,01	0,48	0,00	94,15
1327/44	"-	62,16	0,53	0,98	2,99	0,00	28,42	0,00	0,12	0,21	95,41
924/44	Tc 2	61,00	0,17	0,43	2,05	0,00	30,75	0,00	0,26	0,00	94,77
919/34	То же	60,69	0,24	0,00	2,58	0,14	31,31	0,03	0,10	0,00	95,09
919/54	"-	63,24	0,26	0,07	2,32	0,03	28,03	0,16	0,00	0,00	94,11
917/12	"-	59,79	0,01	0,30	2,21	0,26	30,61	0,04	0,13	0,07	93,85
1327/36	Cr-Chl	33,77	11,02	6,38	6,67	0,06	30,84	0,00	0,39	0,00	89,13
1327/37	То же	33,05	11,38	6,39	6,36	0,00	30,79	0,04	0,31	0,04	88,36
1327/51	"-	32,50	11,14	5,25	6,49	0,14	31,00	0,00	0,10	0,00	86,62

Примечание: Здесь и далее, анализы выполнены в ИЭМ РАН на СЭМ Tescan VEGA-II XMU с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450. Курсивом выделены определения со значениями концентрации элемента ниже среднеквадратичной ошибки анализа. Ant – антигорит, Tc – тальк, Cr-Chl – хромсодержащий хлорит.

МИНЕРАЛЫ АНТИГОРИТ-ТАЛЬК-КАРБОНАТНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ

Серпентин. Ранний тонкопластинчатый антигорит по отношению к более позднему прожилковому крупнопластинчатому антигориту немного богаче железом, соответственно 3,9-6,3 мас.% и 5,9-7,4 мас.% FeO. В качестве малых примесей значимо определяются Al, Cr и Ni (табл. 1). Прожилки крупнопластинчатого антигорита сложены материалом с хорошо выраженным на термограмме эндотермическим пиком при 753°C, связанным с потерей 10,3 мас.% воды.

Тальк. По химическому составу тальк раннего и позднего антигорит-тальк-карбонатного парагенезисов практически не различаются (см. табл. 1). Наиболее существенная примесь в нем – железо, содержание которого варьирует от 2 до 3,3 мас.% FeO. В отдельных зернах талька раннего парагенезиса фиксируются повышенные содержания алюминия (до 0,55 мас.% Al₂O₃), хрома (до 1,4 мас.% Cr₂O₃) и никеля (до 0,5 мас.% NiO).

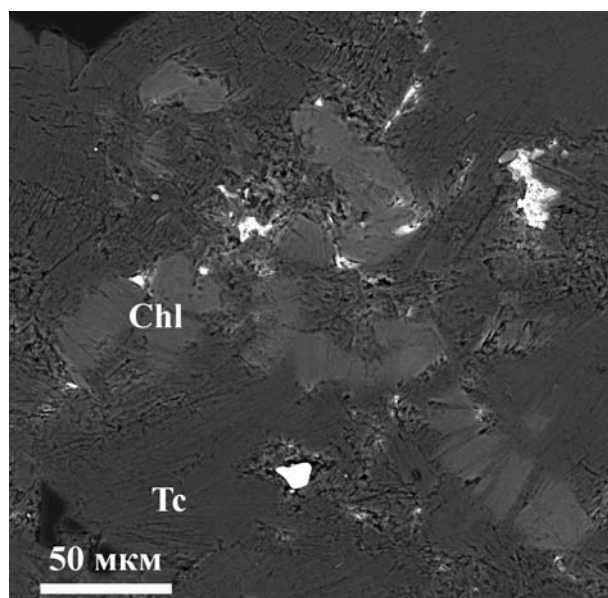


Рис. 5. Фестончатый хлорит (Chl) в крупночешуйчатом тальке (Tc). Здесь и далее, на рис. 6-10, снимки выполнены на СЭМ Tescan VEGAII XMU в режиме BSE в ИЭМ РАН.

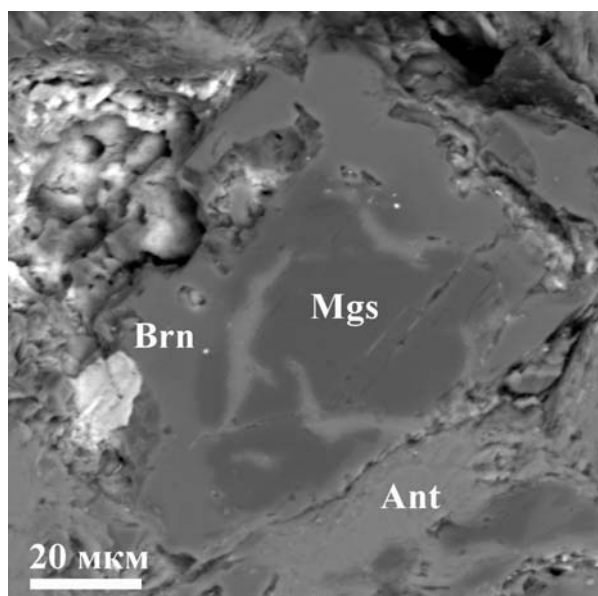


Рис. 6. Замещение магнетита (Mgs) брейнеритом (Brn) в антигоритовой массе (Ant).

Хлорит. Присутствует в небольших количествах, преимущественно в тальке позднего тальк-карбонатного парагенезиса в виде фестончатых агрегатов (рис. 5). Характерной особенностью химического состава хлорита является присутствие в нем примесей хрома (см. табл. 1). По соотношению железистости ($Fe+Mn/Fe+Mn+Mg = 0,10-0,11$) и содержанию кремнезема (3,3-3,26 ф.е.) хлорит отвечает Cr-пеннину.

Карбонат. Карбонат раннего тальк-карбонатного парагенезиса представлен магнетитом (1,3-4,7 мас.% FeO), а позднего, антигорит-тальк-карбонатного парагенезиса, брейнеритом (до 13 мас.% FeO) и прожилковым доломитом (не более 3 мас.% FeO) (табл.

2). Брейнерит замещает магнезит (рис. 6), выполняет интерстиции в агрегатах антигорита и талька. Его кристаллы формируют также собственную рассеянно-прожилковую вкрапленность в антигорит-тальковой породе. Прожилковый доломит всегда крупнозернистый, часто ассоциирует с крупными лейстами талька, который обычно выполняет зальбанды тальк-доломитовых прожилков.

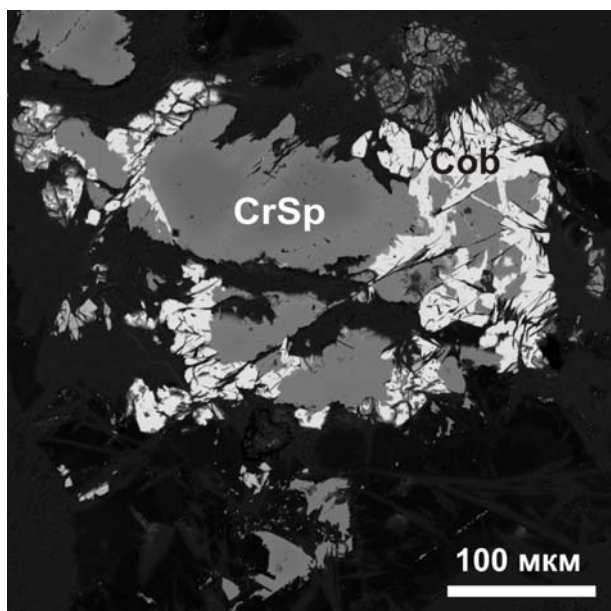


Рис. 7. Раздробленный кристалл хромшпинелида (CrSp) цементируется кобальтином (Cob), который замещается антигоритом (черные пластинки) и кальциевыми арсенатами кобальта (серое).

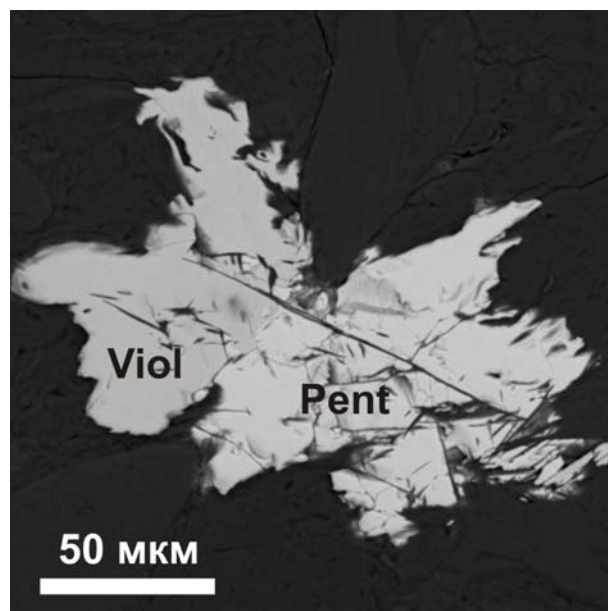


Рис. 8. Замещение пентландита (Pent) виоларитом (Viol) и антигоритом (черные пластинки).

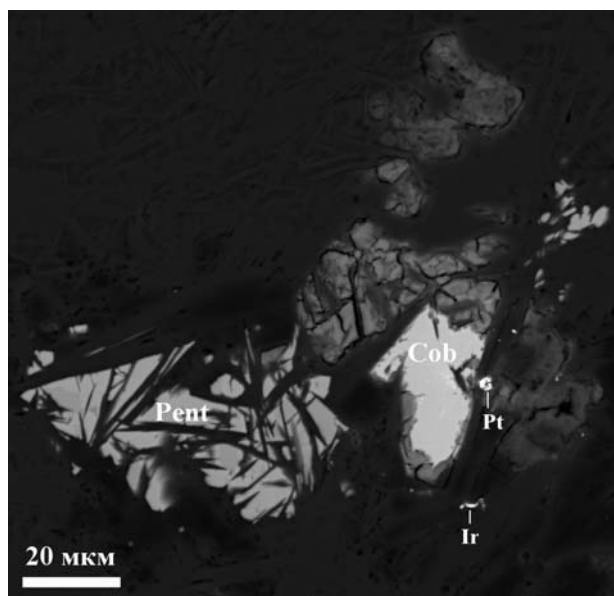


Рис. 9. Срастание пентландита (Pent) и кобальтина (Cob). По пентландиту развиваются пластинки антигорита, кобальтин замещается трещиноватыми и пористыми продуктами гипергенного окисления (кальциевые арсенаты и сульфоарсенаты кобальта). Видны мелкие зерна сперрилита (Pt) и ирарсита (Ir).

Рудные минералы. Как было указано выше, содержание рудных минералов в изученных породах чрезвычайно мало. За исключением реликтового хромшпинелида и

продуктов его замещения хроммагнетитом рудные минералы представлены редкой вкрапленностью сульфидов и сульфоарсенидов Cu, Ni, Co, Fe (пентландит, халькопирит, виоларит, ульманит, миллерит, герсдорфит-кобальтин), а также частицами минералов благородных металлов – самородного золота, сперрилита и ирарсита.

Таблица 2

Химический состав карбонатов из метасоматитов Кировского месторождения, мас. %

№ обр/зер.	Минерал	MgO	FeO	CaO	MnO	SrO	NiO	Сумма
917/54	Mgs	39,22	2,66	0,46	1,02	-	0,22	43,58
917/9	То же	36,80	3,59	0,28	0,49	-	0,00	41,16
924/21	"-	36,56	1,83	0,33	1,13	-	0,00	39,85
924/29	"-	36,99	3,40	0,45	0,90	-	0,17	41,91
924/6	"-	37,55	4,70	0,34	0,67	-	0,00	43,26
917/30	Brn	36,22	9,12	0,09	0,41	-	0,16	46,00
917/40	То же	37,54	7,81	0,52	0,50	-	0,20	46,57
919/37	"-	35,65	9,07	0,27	0,55	0,15	0,16	45,85
919/42	"-	37,12	9,66	0,15	0,52	0,13	0,00	47,58
924/49	"-	37,06	8,48	0,00	0,66	-	0,00	46,20
924/8	"-	37,20	10,18	0,22	0,81	-	0,03	48,44
1327/10	"-	35,17	9,17	0,38	0,30	-	0,00	45,02
1327/8	"-	35,62	10,79	0,69	0,00	-	0,01	47,11
919/17	Dol	19,74	0,74	29,75	0,11	0,38	0,00	50,72
919/58	То же	18,56	1,56	29,23	0,37	0,18	0,00	49,90
919/5	"-	18,84	2,95	29,44	0,28	0,29	0,00	51,80
919/6	"-	19,32	3,15	29,52	0,08	0,56	0,00	52,63

Примечание. Mgs – магнезит, Brn – брейнерит, Dol – доломит. Прочерк – элемент не определялся

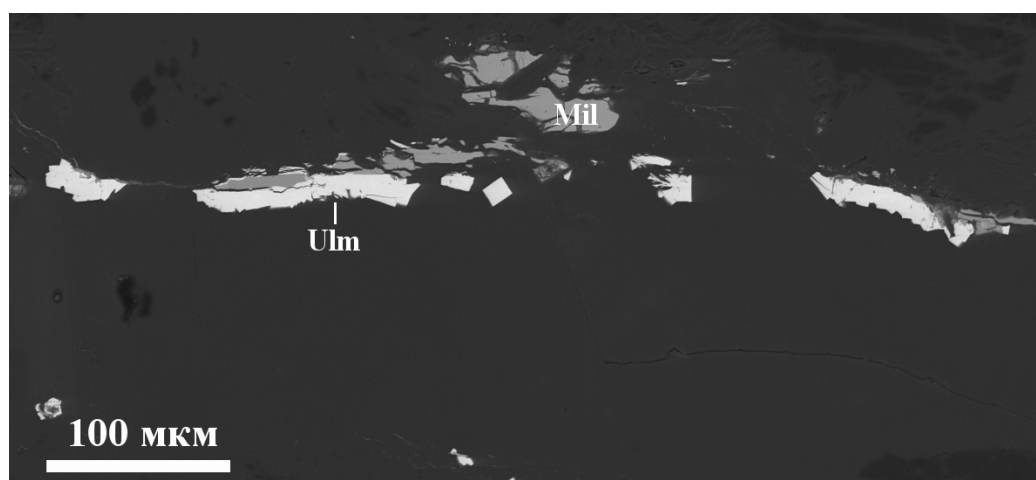


Рис. 10. Выделения ульманита (Ulm, белый) и миллерита (Mil, серый) вдоль микротрещины в тальк-антигоритовой породе.

Таблица 3

Химический состав сульфидов Кировского месторождения, мас.%

№ обр./зер	Name	Ni	Co	Fe	Cr	Cu	Zn	As	Sb	S	Сумма
917/4	Pn	41,84	0,00	21,61	0,58	0,14	0,20	0,28	0,00	32,70	97,35
917/6	Pn	42,19	0,29	21,63	0,49	0,00	0,13	0,01	0,19	33,10	98,03
917/21	Pn	42,94	0,09	21,84	0,04	0,00	0,07	0,00	0,06	32,81	97,85
917/58	Pn	42,74	0,40	22,42	0,06	0,00	0,09	0,22	0,01	33,59	99,53
917/22	Viol	38,43	2,20	14,15	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	41,32	96,21
917/56	Viol	39,34	0,77	15,00	0,62	0,00	0,00	0,21	0,00	42,32	98,26
917/57	Viol	39,94	2,49	15,13	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	43,51	101,33
917/24	Viol	37,34	1,65	14,80	0,00	0,00	0,20	0,17	0,05	42,29	96,50
917/14	Cob	10,30	21,98	2,60	0,15	0,00	0,00	45,66	0,00	19,63	100,32
917/15	Cob	14,89	17,21	3,32	0,29	0,00	0,00	43,86	0,00	18,94	98,51
917/25	Cob	8,94	22,90	3,35	0,19	0,00	0,07	45,77	0,06	19,84	101,12
917/49	Cob	18,63	13,23	2,91	0,28	0,10	0,35	46,24	0,00	19,37	101,11
917/33	Ulm	27,66	0,00	0,21	0,00	0,21	0,11	7,70	47,82	15,80	99,51
917/35	Ulm	27,65	0,19	0,61	0,11	0,00	0,00	6,82	49,29	15,57	100,24
917/37	Ulm	27,25	0,19	0,39	0,10	0,00	0,08	6,70	48,62	15,84	99,17
917/38	Ulm	27,97	0,00	0,39	0,06	0,00	0,00	6,13	50,89	15,38	100,82
917/34	Mil	62,58	0,10	1,12	0,02	0,00	0,00	0,06	0,00	35,59	99,47
917/61	Mil	60,50	0,40	1,06	0,14	0,00	0,00	0,13	0,21	35,39	97,83

Примечание: Pn – пентландит, Viol – виоларит, Cob – кобальтин, Ulm – ульманит, Mil – миллерит.

Таблица 4

Химический состав самородного золота Кировского месторождения, мас.%

№ обр./зер.	Fe	Cu	Ag	Au	Hg	Сумма	Проба
919/22	0,15	0,06	8,22	92,09	0,00	100,52	916
919/23	0,31	0,12	6,00	93,31	0,00	99,74	936
919/47	0,13	0,02	7,35	91,28	0,00	98,78	924
919/48	0,37	0,00	7,01	92,10	0,38	99,86	922
919/61	0,23	0,13	7,85	92,04	0,00	100,25	918

Наиболее крупные выделения сульфидов и сульфоарсенидов металлов (до 0,5 мм) образуют рассеянную вкрапленность в массе карбонатизированного (магнезит) серпентинита и связаны, по-видимому, с ранней антигоритизацией. Для нее характерен парагенезис пентландита и кобальтина. В этом случае сульфиды часто цементируют раздробленные зерна хромшпинелида и при развитии метасоматического процесса замещаются крупнопластинчатым антигоритом (рис. 7), а при понижении температуры – виоларитом (рис. 8). Видимо к этому парагенезису можно отнести и диарсенид платины

(сперрилит $PtAs_2$) и ирарсит ($IrAsS$), мельчайшие зерна которых обнаружены в породе. Размер зерен минералов платиновой группы не превышает первых микрон (рис. 9), что затрудняет количественное определение их химического состава. Идентификация этих минералов проведена лишь качественно по набору основных компонентов в спектрах. Также представляют интерес продукты гипергенного (?) замещения кобальтина, представленные водными кальциевыми арсенатами (кобальтлотармейерит $Ca(Co,Fe^{3+},Ni)_2(AsO_4)_2 \times 2(H_2O,OH)$?) и сульфоарсенатами кобальта (рис. 7 и 9).

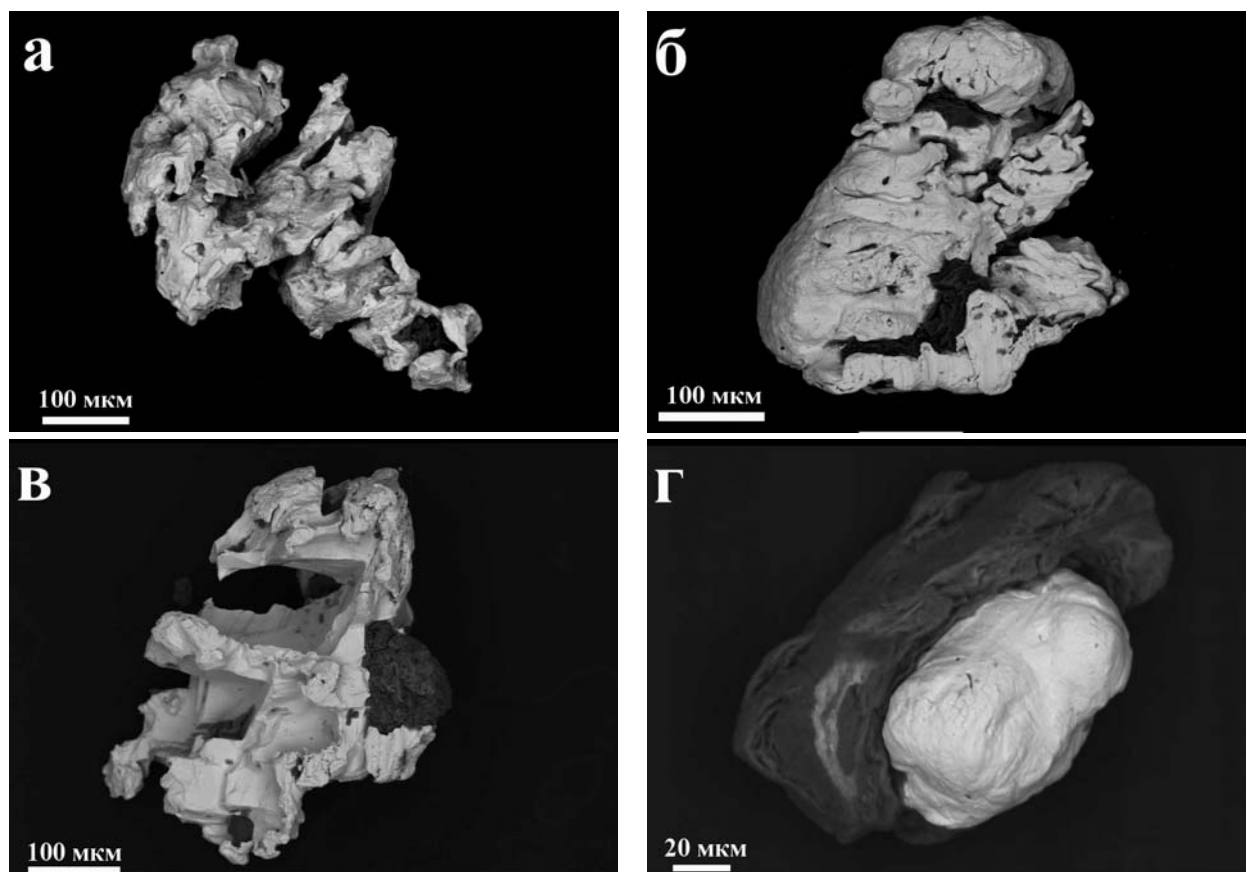


Рис. 11. Частицы самородного золота: а, б – дендритовидные, в – интерстициальная с отпечатками зерен карбоната, в – изометричная в сростании с антигоритом (серый). Снимки выполнены на СЭМ JEOL-JSM-6390LV в ИГГ УрО РАН (С.П. Главатских).

Для антигорит-талек-карбонатного метасоматита характерен парагенезис халькопирита, ульманита ($NiSbS$), миллерита (NiS) и самородного золота. Химический состав этих минералов приведен в таблицах (см. табл. 3 и 4). Агрегаты мелких кристаллов сульфидов размерами менее 0,05 мм локализируются в зонах микротрещиноватости в породе (рис. 10). К этим же микротрещинам приурочены частицы самородного золота, которые, тем не менее, не образуют сростаний с указанными сульфидами. Размер золотинок, как правило, менее 0,1 мм, однако в протолочках проб обнаружены и более крупные частицы (до 1 мм). Морфология золотинок различна. Преобладают интерстициальные неправильные формы, реже это изометричные частицы с элементами огранки, уплощенные, дендриты (рис. 11). Скульптура поверхности золотинок несет отпечатки

листоватых минералов, карбоната. Часты сростания их с антигоритом. Химический состав золота, независимо от морфологии частиц, отвечает высокопробной его разновидности (более 910), относящейся к ряду золото-серебро (табл. 2).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Наличие антигорита в составе продуктивного антигорит-тальк-карбонатного парагенезиса Кировского месторождения не дает основания для отнесения метасоматоза к листовитовому типу, характерному для золоторудных месторождений магматогенно-гидротермального происхождения. Узкий геохимический спектр рудных минералов Cu, Fe, Ni, Co, Pt, Ir, характерный для пород ультраосновного состава, а также очень низкое содержание сульфидов в рудах наводят на мысль о том, что рудные компоненты могли быть извлечены из этих пород углекислотными гидротермальными растворами метаморфического происхождения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-00734-а.

Литература

1. *Бакшеев И.А., Савина Д.Н.* Минералогия и условия формирования тальк-карбонатных метасоматитов пропилитовой, гумбеитовой и березит-лиственитовой формаций Среднего Урала // Минералогия Урала. Материалы 3-го Регионального совещания. Т. 1. Миасс, 1998. С. 24-27.
2. *Сазонов В.Н., Коротеев В.А.* Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала (геологическая позиция, зональность, минералогическая, химическая и текстурно-структурная трансформация эдуктов и прогностическое значение). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. 161 с.
3. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А.* Метасоматиты золоторудных и тальковых месторождений Урала, локализующихся в ультрабазитах, их теоретическая и практическая значимость // Труды ИГГ УрО РАН. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. Вып. 156. С. 109-111.
4. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 622 с.
5. *Чащухин И.С., Мамина В.М., Сурганов А.В. и др.* Закономерности состава аксессуарной и рудообразующей хромшпинели в ультрамафитах Первомайского массива // Ежегодник-2003. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2004. С. 206-217.