НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ ЗОЛОТОКВАРЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЙСКОГО (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)

Калинин А.А., Карпов С.М., Калачева А.Б., Савченко Е.Э.

Геологический институт КНЦ РАН, Анатумы, kalinin@geoksc.apatity.ru

Жильное поле Майское расположено в центральной части Куоляярвинской зоны в верхнем течении р. Вуоснайоки, приблизительно в 1 километре к югу от границы Республики Карелия и Мурманской области. Месторождение образовано двумя жильными зонами (жилы #1 и #40), приуроченными к двум параллельным тектоническим нарушениям северо-северо-восточного простирания на расстоянии около 250 м друг от друга. Вмещающие породы – метабазальты апарьярвинской свиты людиковия, силлы и дайки габбродолеритов, силлы габбро-пироксенитов. Мощность жил – первые метры, жильные зоны прослежены по простиранию на 1600-1700 м. Распределено золото неравномерно, в пределах жил оконтурены рудные столбы длиной 110 м в жиле #1 и 80 м в жиле #40, содержание золота в рудных столбах составляет 13.1 и 10.5 г/т соответственно [6].

Ранее проведенные на месторождении исследования рудной минерализации жил [1-6] показали, что сульфиды и самородные металлы составляют менее 1 % объема жильной массы. Текстура минерализации вкрапленная, реже прожилково-вкрапленная, гнездовая. Прожилки по мощности не превышают 1 см и по протяженности 10-20 см. Гнезда сульфидов в зальбандах жил могут достигать нескольких сантиметров. В составе минерализации преобладает халькопирит, присутствуют также (в порядке распространенности): пирротин, сфалерит, галенит, пирит, самородное золото. Второстепенные и редкие минералы – магнетит, марказит, кобальтин, макинавит, борнит, кубанит, кобальтовая разновидность пентландита, алтаит, цумоит, теллуrowисмутит, клаусталит, галеноклаусталит, костибит, клокманит, гессит, гринокит, тетрадимит, теллуриды никеля, теллуриды золота, висмутин, серебро самородное, арсенопирит, вавжинит, ковеллин, зигенит, глаукодот, штютцит.

Месторождение Майское в последние три года прошлого столетия отрабатывалось артелью старателей «Вуосна», был добыт 51 кг золота [2], но затем заброшено, карьер затоплен. В ходе полевых работ 2016 г. из заброшенного рудного склада месторождения для минералогических исследований нами отобраны образцы кварцевых жил с сульфидной минерализацией, а из хвостов обогащения взята шлиховая проба песков.

Сульфидная минерализация в аншлифах жильного материала карбонат-кварцевого состава, отобранного на рудном складе, по минеральному составу и текстуре оруденения близка к описанной для жил месторождения в литературе [1-6]. Аншлифы были исследованы на сканирующем микроскопе Leo-1450 с предварительной оценкой состава минералов на энергодисперсионном спектрометре Bruker XFlash-5010 методом бесстандартного анализа при помощи программного обеспечения QUANTAX 200 (авторы глубоко благодарны А.А. Тележкину, выполнившему часть исследований минерализации на электронном микроскопе).

Установлено, что в халькопирите нередко присутствуют ксеноморфные включения аргенто-пентландита размером менее 10 мкм. Многие зерна галенита содержат микровключения алтаита и цумоита размером до 15 мкм, эти же минералы часто тяготеют к границе галенита с халькопиритом. На границе алтаита и галенита выявлены самородный теллур, штютцит и воынскит (микровыведения размером в несколько микрон). В одном случае включение теллуридов алтаита и раклиджита отмечено в пирротине.

В сростаниях с пирротинном часто встречается богатый кобальтом пентландит, при этом по границе пирротина с пентландитом или с халькопиритом развиваются виоларит и зигенит. Состав виоларита отличается от стехиометрического избытком катионов (табл. 1).

Для минералогической характеристики отходов обогащения нами была отобрана проба из лежащих хвостов верхнего отстойника обогатительной установки. Глубина отбора 0 – 0.5 м. Исходный вес пробы ~ 30 кг (15÷20л).

Таблица 1. Химический состав минералов Ni и Co месторождения Майского по данным микрозондового исследования на CAMECA MS-46, мас. %.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Fe	3.04	5.17	3.59	8.38	14.647	12.86	27.88	4.36
Co	28.10	24.07	26.84	8.25	14.637	16.01	9.17	33.43
Ni	4.58	7.24	5.77	18.52	40.271	41.64	31.56	19.94
Cu	0.00	0.00	0.00	0.09	н/опр.	н/опр.	н/опр.	0.71
As	44.69	44.96	44.75	44.85	н/опр.	н/опр.	н/опр.	н/опр.
S	19.32	18.72	18.99	19.73	31.54	30.24	32.32	41.56
Сумма	99.74	100.15	99.93	99.82	101.095	100.75	100.93	100.00
Коэффициенты кристаллохимической формулы								
Fe	0.091	0.156	0.108	0.247	0.835	0.709	3.963	0.241
Co	0.795	0.690	0.766	0.231	0.791	0.837	1.235	1.751
Ni	0.130	0.208	0.165	0.520	1.711	1.587	4.269	1.048
Cu	0.000	0.000	0.000	0.002	н/опр.	н/опр.	н/опр.	0.034
As	0.995	1.014	1.004	0.986	н/опр.	н/опр.	н/опр.	н/опр.
S	1.005	0.986	0.996	1.014	4.000	4.000	8.000	4.000

Примечание: 1-3 – кобальтин, 4 – герсдорфит, 5-6 – виоларит, 7 – пентландит, 8 – зигенит (по [4]). Формулы кобальтина и герсдорфита рассчитаны на сумму As+S=2, формулы виоларита и зигенита – на S=4, пентландита – на S=8. Минералы ряда кобальтин-герсдорфит анализировались также на Ag и Au, которые не обнаружены.

В полевых условиях проба была отмучена и отмыта в лотке в озере до шлиха весом ~ 0.89 кг. Далее шлик был расситован на классы «+1» и «-1». Материал класса «+1» (28,6 г) просмотрен под биноклем и обнаружен 1 знак золота. Подготовка класса «-1» к полному минералогическому анализу проведена по следующей схеме:

1. Доводка пробы до получения «серого» шлиха.
2. Разделение материала по удельному весу в бромформе с удельным весом 2.9 г/см³, в результате чего получена тяжелая фракция весом 61.5 г (без сохранения легкой фракции).
3. Магнитная и электромагнитная сепарация тяжелой фракции магнитом Сочнева на сильно-электромагнитную, слабоэлектромагнитную и неэлектромагнитную фракции.
4. Полуколичественный анализ тяжелой фракции под биноклем с диагностикой всех минералов; визуальная оценка их содержаний в каждой фракции в объемных %. В ряде случаев для диагностики применен рентгеноструктурный анализ.

Результаты минералогического анализа тяжелой фракции в шлихе представлены в таблице 2.

Золото в шлиховой пробе хвостов ярко-желтого цвета, образует чешуйчатые, округлые и лепешкообразные зерна, редко - дендриты, тетраэдрические кристаллы. Размер золотинок преимущественно до ~0.1÷0.2 мм, единично встречаются чешуйки размером 1.0-1.5 мм. Частично золотинок покрыты легким красновато-бурым налетом. Микрозондовый анализ показал, что состав золота достаточно однороден и не зависит от морфологии зерен: пробность золота варьирует в пределах 900-970, постоянно присутствуют примеси серебра (первые проценты) и меди (до 0.3 мас. %, обычно менее 0.12 %), часто – железа (до 0.13 мас. %), другие элементы-примеси не отмечались (табл. 3).

Из тяжелой фракции шлиха были выделены немагнитный и слабоэлектромагнитный концентраты сульфидов, затем из материала фракции крупности 0.1-0.25 мм изготовлены искусственные аншлифы. «Основу» обеих фракций составили пирит и кобальтин в соотношении по объему примерно 2/1, то есть содержание кобальтина оказалось в концентратах значительно выше, чем показал минералогический анализ. Самородное золото установлено в немагнитной фракции в количестве десятков знаков, в слабоэлектромагнитной – знаки. Из нерудных минералов-оксидов в аншлифах концентратов присутствуют рутил и шеелит (содержание каждого около 1 об.%), выявлены знаки миметита.

Таблица 2. Результаты минералогического анализа тяжелой фракции песков из хвостов обогащения руды месторождения Майского.

Минералы	Содержание, об. %	Минералы	Содержание
гр. амфибола	34.5	апатит	десятки знаков
слюда (биотит и мусковит)	13.7	дистен	десятки знаков
гр. пироксена	8.7	титанит	десятки знаков
гетит+лимонит	7.4	турмалин	знаки
халькопирит	4.4	перовскит*	знаки
магнетит	3.3	барит*	знаки
гр. эпидота + гр. цоизита	3.2	хлорит	знаки
ильменит	1.4	корунд	редкие знаки
гематит, гематит-мартит	1.4	шпинель	редкие знаки
гр. карбоната	1.3	арсенопирит*	редкие знаки
рутил	0.7	сфалерит	редкие знаки
пирит*	0.5	окислы меди	редкие знаки
пирротин	0.4	клаусталит*	единичные знаки
гр. граната	0.1	кобальтин*	единичные знаки
сростки минералов	19.0	галенит	единичные знаки
Сумма	100	молибденит*	единичные знаки
золото	десятки знаков	куприт*	единичные знаки
циркон	десятки знаков	сферолиты (?)	десятки знаков

Примечание: * – диагностика минерала подтверждена рентгеновским анализом.

Таблица 3. Химический состав самородного золота месторождения Майского, мас. %.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fe	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.08	0.13	0.11	0.10	н/опр.	н/опр.
Cu	0.06	0.06	0.19	0.09	0.06	0.15	0.22	0.07	0.29	н/опр.	н/опр.
Ag	5.53	5.88	2.86	6.71	4.09	5.95	3.52	3.91	4.84	3.34	2.97
Au	91.10	90.92	94.30	90.62	92.96	92.82	96.76	95.79	94.67	97.37	94.74
Сумма	96.69	96.87	97.43	97.42	97.19	99.00	100.62	99.88	99.90	100.71	97.70
Коэффициенты кристаллохимической формулы											
Fe	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	н/опр.	н/опр.
Cu	0.002	0.002	0.006	0.003	0.002	0.004	0.006	0.002	0.009	н/опр.	н/опр.
Ag	0.100	0.105	0.052	0.119	0.074	0.104	0.062	0.069	0.084	0.059	0.054
Au	0.898	0.893	0.940	0.878	0.921	0.889	0.928	0.925	0.904	0.941	0.946

В составе кобальтина доля кобальтинового минала варьирует от 65 до 80 %, второй по значимости металл – никель (табл. 1). Кроме кобальтина установлен герсдорфит (52 % герсдорфитового и 23 % кобальтинового миналов).

В искусственном аншлифе отмечены также знаки теллуридов и селенидов. Это, в основном, пластинчатые мономинеральные выделения, только клаусталит встречен в сростаниях с халькопиритом и галенитом и содержит включения гессита. Нами установлены поубаит с разным соотношением Se и Te, теллуrowисмутит со значительной примесью Pb, минерал ряда кавацулит-скиппенит, где доля скиппенитового минала 49 % (табл. 4).

В целом, проведенные исследования показали, что на месторождении Майском значительно большую роль, чем считалось ранее, играют минералы никеля и кобальта. Впервые в составе минерализации месторождения установлены герсдорфит, кавацулит, поубаит, волинскит, виоларит, раклиджит, аргентопентландит, самородный теллур.

Работа выполнена в рамках Госзадания 0231-2015-0001.

Таблица 4. Химический состав теллуридов, селенидов и галенита по данным микрозондового исследования на CAMECA MS-46, мас. %.

	1	2	3	4	5	6	7
Fe	0.18	0.12	0.10	0.23	0.08	0.06	н/опр.
Pb	34.93	18.80	27.44	4.63	8.86	69.54	86.63
Ag	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	н/опр.
Bi	28.41	39.62	31.57	52.91	47.44	1.56	н/опр.
Sb	0.33	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	н/опр.
S	0.67	0.29	0.13	0.09	0.07	0.68	12.54
Se	15.92	13.52	7.19	15.86	1.09	25.30	1.45
Te	19.14	27.03	33.48	26.24	42.78	2.61	н/опр.
Сумма	99.58	99.71	99.90	99.95	100.32	100.18	100.62
Коэффициенты кристаллохимической формулы							
Fe	0.043	0.021	0.020	0.030	0.013	0.003	н/опр.
Pb	2.262	0.926	1.482	0.164	0.365	0.927	1.021
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	н/опр.
Bi	1.825	1.934	1.690	1.855	1.938	0.021	н/опр.
Sb	0.036	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	н/опр.
S	0.282	0.092	0.045	0.021	0.019	0.058	0.956
Se	2.705	1.747	1.019	1.472	0.118	0.885	0.044
Te	2.013	2.161	2.936	1.507	2.863	0.056	н/опр.

Примечание: 1 – фаза $Pb_2Bi_2(S,Se)_3Te_2$, коэффициенты формулы рассчитаны на $S+Se+Te=5$; 2-3 – поубаит, 4 – кавачуллит, 5 – теллуrowисмутит, 6 – клаусталит. 7 – галенит. Коэффициенты формулы поубаита рассчитаны на $S+Se+Te=4$, кавачулит и теллуrowисмутита на $S+Se+Te=3$, галенита и клаусталита на $S+Se+Te=1$.

Литература

1. Гавриленко Б.В., Реженева С.А. Рудные минералы золотосодержащих кварцевожильных зон / Минеральные парагенезисы метаморфических и метасоматических пород. Апатиты: изд. Кольского филиала АН СССР. 1987. С. 58-67.
2. Гавриленко Б.В. Минерагения благородных металлов и алмазов северо-восточной части Балтийского щита. Автореф. дисс. д.г.-м.н. М. 2003. 59 С.
3. Иващенко В.И., Голубев А.И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2011. 369 с.
4. Нерадовский Ю.Н. Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций. условия образования месторождений. задачи прикладных исследований / Матер. Всеросс. конф. посвященной 100 – летию Нины Васильевны Петровской. М.. ИГЕМ. 29-31 марта 2010 г. Т. II. С. 88-91.
5. Порицкий М.С., Буйко А.К., Котов Н.В., Порицкая Л.Г. Геологическая позиция и условия формирования золоторудных метасоматитов месторождения Майское (Северная Карелия) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Вып. 1. 1993. С. 15- 21.
6. Сафонов Ю.Г., Волков А.В., Вольфсон А.А., Генкин А.Д., Крылова Т.Л., Чугаев А.В. Золото-кварцевое месторождение Майское (Северная Карелия): геологические и минералого-геохимические особенности. вопросы генезиса // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 5. С. 429-451.