

РАДИОАКТИВНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ГИПОГЕННЫХ РУД КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА (НА ПРИМЕРЕ ТАРНЬЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

© 2015 г. В. П. Молошаг

Несколько десятилетий тому назад началось применение гамма-каротажа скважин наряду с другими методами геофизическими методами поиска и разведки колчеданных месторождений. Одним из перспективных направлений в плане повышения эффективности этого метода является исследование минеральных форм нахождения радиоактивных элементов в рудах и околорудных метасоматитах. На данный момент приходится констатировать, что минералогия радиоактивных элементов в гипогенных рудах изучена пока недостаточно. Первым проявлением радиоактивности, на что обратили внимание предыдущие исследователи, было обнаружение радиоактивных дворики в сульфидных минералах, которые обусловлены воздействием альфа-частиц, образующихся при распаде радиоизотопов, заключенных в субмикро- (возможно и нано-) частицах их минералов. Какой именно из минералов радиоактивных элементов является источником альфа-частиц, пока не установлено. Радиоактивные дворики чаще всего отмечались в минералах борнитовых и других колчеданных руд с повышенными содержаниями благородных металлов. В качестве примеров можно назвать месторождения Гайское, Дзержинское, им. III Интернационала и др. [10].

Известные в литературе находки минералов радиоактивных элементов в гипогенных рудах колчеданных месторождений России и за рубежом представлены уранинитом. Данный минерал известен на Пышминско-Ключевском месторождении [8], которое ряд исследователей рассматривает как колчеданное, хотя высказывается и другая точка зрения [2, 3]. В последнее время уранинит детально описан на зарубежных проявлениях колчеданных руд [11]. Предлагаемое сообщение касается браннерита UTi_2O_6 , впервые обнаруженного в рудах Тарньерского месторождения и пока неизвестного на других колчеданных месторождениях. В зоне окисления колчеданных месторождений возможности минералогической “реализации” радиоактивных элементов, в первую очередь урана, благодаря его мобильности в кислотных растворах, формирующихся при окислении сульфидов, практически не ограничены. В связи с этим в настоящей статье эти вопросы не рассматриваются.

Тарньерское месторождение находится в Ивдельском рудном районе, расположенном на вос-

точном склоне Северного Урала в западном крыле Тагильского погружения. Отличительной особенностью данного месторождения является его локализация в экзоконтактовой зоне Помурской доритовой интрузии, под воздействием которой ранее отложенные руды и вмещающие породы были охвачены интенсивным контактовым метаморфизмом, который выражен в ороговикании. Процесс ороговикания наложен на продукты более ранних метаморфических преобразований – околорудного метасоматоза и зеленокаменного метаморфизма. По характеру минеральных ассоциаций роговики отвечают амфиболитовой и пироксен-роговиковой ступеням метаморфизма [1].

Условиям метаморфизма, вмещающих рассматриваемое месторождение пород, соответствует ранее нами выделенная для колчеданных руд пирротиновая фация метаморфизма [7]. В отличие от большей части колчеданных месторождений Урала Тарньерское месторождение характеризуется повышенными содержаниями золота, а также наличием самородного висмута, теллуридов и молибденита [6]. Особо следует отметить установленное предыдущими исследователями наличие радиоактивных дворики в зернах пирита, сопровождающих микровключения минералов радиоактивных элементов [1].

Радиоактивная минерализация Тарньерского месторождения представлена браннеритом, который обнаружен в сплошных сульфидных рудах (скв. 1120, глубина 31, 5 м, профиль 26). Состав руд – пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит. Размер зерен браннерита до 0.25 мм. По структурным взаимоотношениям кристаллизация браннерита происходила одновременно с образованием упомянутых сульфидов. Состав минерала исследован на микроанализаторе (установка Cameca SX 100, аналитик В.Г. Гмыра, ИГГ УрО РАН; табл. 1). По нашим и литературным данным, браннерит содержит примеси тория, кальция, редких земель и свинца, которые замещают уран [13, 14]. Распределение содержаний основных элементов и примесей неравномерное, что, предположительно, связано с метамиктным состоянием кристаллической структуры минерала за счет тепловой энергии, выделяемой при радиоактивном распаде урана и тория. Марганец и железо замещают титан, в

Таблица 1. Химический состав браннерита (мас. %)

Номер анализа	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	Y ₂ O ₃	PbO	ThO ₂	U ₂ O ₃	Сумма
1	4.80	35.64	0.52	0.91	2.79	1.87	4.65	46.91	98.08
2	4.77	33.27	0.60	1.20	1.79	1.82	16.78	39.44	99.67
3	5.51	36.06	0.44	1.52	1.92	1.29	16.19	37.79	100.73
4	5.40	33.48	0.48	1.26	1.91	1.17	16.39	39.90	100.00
5	5.07	34.71	0.48	1.36	2.05	1.92	16.35	37.11	99.04
6	5.34	32.64	0.43	1.70	1.95	2.07	14.96	39.70	98.79
7	5.32	34.68	0.40	1.39	1.94	2.65	17.65	34.23	98.27
8	3.82	34.10	0.58	1.64	3.28	1.96	1.26	52.02	98.67
9	5.12	33.37	0.37	1.02	1.77	1.05	18.30	38.39	99.41
Среднее	5.02	34.22	0.47	1.33	2.15	1.76	13.47	40.61	99.03

связи с чем эмпирическая формула минерала близка: (U,Th,Ca,Y,Pb)(Ti,Mn,Fe)₂O₆ [15]. На большей части собственно урановых и золото-урановых месторождений браннерит всегда содержит примеси тория в количестве до первых процентов [5, 13–15]. В нашем случае концентрация примеси тория значительно выше (см. табл. 1). Не исключено, что высокие содержания тория в исследуемом образце связаны с реализацией в природе твердых растворов браннерит UTi₂O₆ – торутит ThTi₂O₆, тем более что торутит и браннерит изоструктурны [12]. Состав рассматриваемого браннерита соответствует ранее выделенной высокотемпературной его разновидности [4]. Полученные с помощью арсенипиритового и хлоритового значения температуры золотосодержащих руд Тарньерского месторождения составляют 440–455°C, что соответствует геологической обстановке их формирования [6].

Состав рассматриваемой находки браннерита отвечает его высокотемпературной разновидности, которая содержит повышенные концентрации примесей иттрия и тория. Подавляющая часть находок браннерита в золотосодержащих уран-ториевых рудах Эльконского рудного района относится к низкотемпературной разновидности, формировавшейся при 200–230°C [9]. Особый интерес представляет находка браннерита в россыпях, источником которых являются золотосодержащие руды Озернинского рудного узла, Бурятия [5]. В данном случае браннерит также содержит незначительное количество примесей тория и редких земель, что может свидетельствовать о низкотемпературных условиях образования рассматриваемого минерала. Для нас важно то, что по условиям образования сульфидные месторождения Озернинского рудного узла, в том числе и золотоносных, соответствуют колчеданным месторождениям других регионов.

Находка браннерита в золотосодержащих рудах колчеданных месторождений свидетельствует о широком диапазоне проявлений минералов урана и тория в различных генетических типах сульфидных руд, что в перспективе делает возможным их использование для изотопного датирования рудообразующих процессов. Особенно важно, что

она подтверждает необходимость применения радиометрических методов поисков колчеданных руд и анализа результатов ранее выполненного гаммакаротажа поисковых и разведочных скважин с привлечением современных методов исследований вещественного состава руд.

Автор искренне признателен В.Г. Гмыра за проведение анализов минералов.

Исследования выполнялись при финансовой поддержке РФФИ (проект 13-05-95036) и президиума УрО РАН (проект 13-5-024 НДР).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буслаев Ф.П., Ярош П.Я., Еришова В.Г., Семенова Н.Н. Тарньерское месторождение // Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение. Свердловск: УрО РАН СССР, 1988. С. 171–182.
2. Викентьев И.В., Мурзин В.В., Прокофьев В.Ю., Дубинина Е.О., Еремин Н.И. РТ- условия минералообразования на Пышминско-Ключевском медно-кобальтовом месторождении (Средний Урал) // Докл. АН. 2010. Т. 430, № 5. С. 671–674.
3. Еремин Н.И., Сергеева Н.Е., Шишаков В.Б. О находке палладийсодержащего мелонита в медноколчеданных рудах Пышминско-Ключевского месторождения на Урале // Докл. АН. 1997. Т. 355, № 6. С. 795–797.
4. Мигута А.К. Состав и парагенетические минеральные ассоциации урановых руд Эльконского района (Алданский щит, Россия) // Геология руд. месторождений. 1997. Т. 38, № 4. С. 323–343.
5. Миронов А.Г., Карманов Н.С., Миронов А.А., Ходырева Е.В. Золото-браннеритовые самородки Озернинского рудного узла (Бурятия) // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 10. С. 984–989.
6. Молошаг В.П. Теллуридная минерализация колчеданных месторождений Урала: новые данные // Литосфера. 2011. № 6. С. 91–102.
7. Молошаг В.П., Грабежев А.И., Викентьев И.В., Гуляева Т.Я. Фации рудообразования сульфидных руд колчеданных месторождений и медно-золото-порфириковых месторождений Урала // Литосфера. 2004. № 2. С. 30–51.
8. Мурзин В.В., Варламов Д.А., Викентьев И.В. Медно-

- кобальтовое оруденение Пышминско-Ключевского месторождения на Среднем Урале: минеральный состав руд и метасоматитов, стадийность и *P-T* условия образования // Литосфера. 2011. № 6. 103–122.
9. Наумов С.С., Шумилин М.В. Урановые месторождения Алдана // Отеч. геология. 1994. № 11-12. С. 20–23.
 10. Ярош П.Я. Диагенез и метаморфизм колчеданных руд на Урале. М.: Наука, 1973. 237 с.
 11. Garuti G., Zaccarini F. Minerals of Au, Ag and U in volcanic-rock-associated massive sulfide deposits of the Northern Apennine ophiolite, Italy // Can. Mineralog. 2005. V. 43. P. 935–950.
 12. Run R., Wadsley A.D. The crystal structure of ThTi_2O_6 (brannerite) // Acta Crystallogr. 1966. V. 21. P. 974–978.
 13. Saager R., Stupp H.D. U-Ti Phases from Precambrian Quartz-Pebble Conglomerates of the Elliot Lake Area, Canada, and the Pongola Basin, South Africa // Tschermarks Min. Petr. Mitt. V. 32, P. 83–102 (1983)
 14. Stacey H.R., Plant A.G., Boyle R.W. Brannerite associated with native gold at the Richardson mine, Ontario // Can. Mineralog. 1974. V. 12. P. 360–363.
 15. Szymański J.T. A crystal structure refinement of synthetic brannerite, UTi_2O_6 , and its bearing of alkaline-carbonate leaching of brannerite in ore // Can. Mineralog. 1982. V. 20. P. 271–279.