

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КАРБОНАТИТАХ ТЕПЛОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2014 г. В. А. Попов, В. А. Котляров

Институт минералогии УрО РАН
456317, г. Миасс Челябинской обл.
E-mail: popov@mineralogy.ru

Поступила в редакцию 04.04.2013 г.

Карбонатные тела Теплогорского месторождения имеют отчетливые признаки магматического происхождения: резкие (рвущие) контакты с вмещающими породами, наличие магматической дифференциации (расслоения), сокристаллизация всех присутствующих минералов (эвтектика), отсутствие метакристаллов и псевдоморфоз. Кальцит имеет стронциевую специфику ($\text{SrO} - 0.4-0.7 \text{ мас. } \%$), циркон и андрадит – иттриевую ($\text{Y}_2\text{O}_3 - 1.7 \text{ мас. } \%$), эпидот – редкоземельную ($\text{Ce}_2\text{O}_3 - \text{до } 0.7 \text{ мас. } \%$).

Ключевые слова: карбонатиты, Теплогорское месторождение, Южный Урал, Sr-содержащий кальцит, Y-содержащий андрадит, Ce-La-содержащий эпидот.

Небольшое Теплогорское месторождение железных руд расположено в седловине между горами Теплой и Лохматой, в 8 км юго-западнее поселка Слюдорудник (рис. 1). Л.Н. Овчинников [3, с. 25] отнес его к рудопроявлениям: “В южной периклинали Кизильской куполовидной антиклинали рудное тело магнетитовых кварцитов сечет под острым углом ($10-15^\circ$) плагиомигматиты и плагиогнейсы. ... При этом кварциты зубчато вдаются в плагиомигматиты, а в плагиомигматитах, особенно в полосках амфиболитов, вблизи контакта наблюдаются многочисленные скопления крупных зерен магнетита и кварца”. Из этой работы следует модель образования руды за счет магнетит-кварцевого метасоматоза плагиомигматитов.



Рис. 1. Местоположение Теплогорского месторождения (его координаты: $55^\circ 38' 46''$ с.ш. и $60^\circ 15' 59''$ в.д.). Сетка 1 км.

И.Н. Локтина и А.И. Белковский [2] в обзоре о “железистых кварцитах” Уфалейского метаморфического комплекса пришли к выводу, что магнетит-кварцевые и гематит-кварцевые руды – продукт разрушения эндогенных железо-титановых месторождений кусинского типа, т. е. возникли в результате замещения рудного габбро или клинопироксенита. В их статье даны история исследований и описание рудного тела Теплогорского месторождения, а также качественные или количественные характеристики минералов руд – магнетита, гематита, ильменита, шпинели, пирита, кальцита, кварца, апатита, эпидота, ортита, сфена, биотита, арфведсонита, эгирина-авгита, полевых шпатов. Некоторые важные для генетических построений наблюдения этих авторов необходимо воспроизвести.

“Теплогорское месторождение, залегающее в той же, что и Маукское, геологической обстановке, характеризуется аналогичной морфологией рудного тела и близким минеральным составом руд, отличается от него лишь внутренним строением продуктивного пласта, присутствием массивных магнетитовых руд и широким развитием процессов карбонатизации. Мощность рудного пласта 3 м. Кровля пласта (0.2–0.3 м) сложена сплошными магнетитовыми рудами, ниже располагаются аналогичные маукским магнетит-кварцевые руды (1.25–1.4 м), содержащие примесь карбоната; в подошве пласта залегают магнетит-карбонатные руды, в которых наблюдаются согласные прожилки кварца. ... Изучение взаимоотношений кальцита и кварца в магнетит-карбонат-кварцевых рудах позволило установить, что карбонатизация руд предшествовала их окварцеванию. ... Магнетитовые агрегаты катаклазированы, раз-

линзованы и корродируются гранобластовым кварцем. ...Гидротермальный метаморфизм проявился в карбонатизации и окварцевании вмещающих пород и руд...” [2, с. 74]. В этой работе специально рассмотрены морфологические признаки окварцевания руд, но ничего не сказано о признаках карбонатизации пород и руд. Обращает на себя внимание указанная расслоенность рудного тела и неоднородность пластических деформаций в нем.

Совсем недавно руды Теплогорского месторождения приведены как пример железорудных метасоматитов метаморфических комплексов Урала [1]. В данной монографии впервые приведены цветные фотографии стенки карьера и образцов руд Теплогорского месторождения, что позволяет читателю участвовать в интерпретации наблюдений. Авторами монографии отмечены следующие важные признаки: “Магнетит-карбонатные руды отличаются средне-крупнозернистой структурой и массивной текстурой. ...Магнетит и кальцит имеют индукционные грани совместного роста. ...Ранние магнетитовые агрегаты дробятся и по трещинам замещаются метасоматическим кварцем во время ранней коллизии. ...Магнетит, сингенетичный с мелкозернистым метасоматическим кварцем, представлен уже хорошо окристаллизованными октаэдрическими кристаллами в виде равномерной вкрапленности в мелкозернистом кварце. Тела и дайки раннеколлизионных гранитоидов и плагиигранитов занимают секущее положение относительно магнетит-кальцитовых метасоматитов так же, как и метасоматические кварциты, и магнетит-кварцевые прожилки” [1, с. 104–107].

Таким образом, разные исследователи привели признаки более позднего развития кварца (окварцевания) и еще более позднего – жил и даек гранитоидов по отношению к магнетит-кальцитовым телам. Однако совсем не представлены признаки кальцитизации по неизвестным магнетитовым рудам предположительно кусинского типа. Есть только соображения геохимического характера о возможных аналогиях.

В связи с этим, нами предпринята попытка найти какие-либо морфологические признаки образования магнетит-кальцитовых тел в небольшом карьере и отвалах Теплогорского месторождения. Хорошо видно, что при пластических деформациях пород заложился кливаж разной интенсивности, по плоскостям которого произошли смещения частей минеральных индивидов и активизация трещин, по которым двигались флюиды, производя окварцевание. Некоторые “слои” (участки) тел магнетит-карбонатных пород деформированы очень слабо, в них сохранилась первичная структура (рис. 2). В таких участках среди “слоев” карбонатных пород есть пироксен-биотит-эпидот-кальцитовый парагенезис без магнетита (рис. 3), не отмеченный предшественниками. Случаев развития кальцита вдоль кливажных трещин (подобно кварцу) не отмечено.

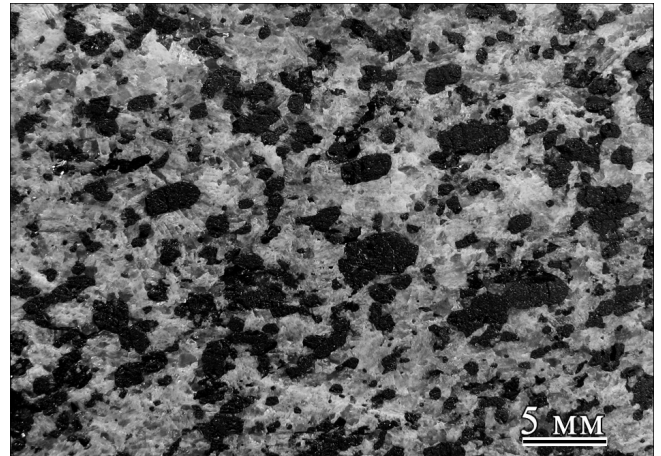


Рис. 2. Неравнозернистая структура магнетит-кальцитового карбонатита.

Штуф, косое освещение.

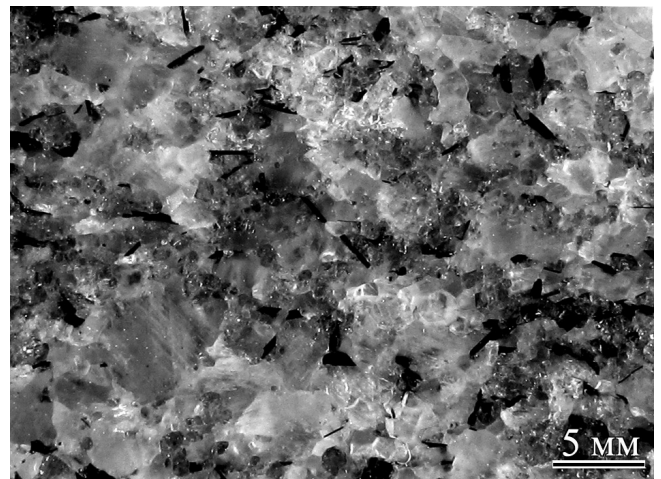


Рис. 3. Биотит-эпидот-кальцитовый карбонатит.

Аншлиф, косое освещение.

Жилки гранулированного кварца параллельны кливажным трещинам и полосчатости в рудном теле (рис. 4). В мелкозернистых изометричнозернистых агрегатах пластические деформации иногда мало заметны, но образование “птигматитов” из гранитных жилок проявляет (визуализирует) их (рис. 4).

Итак, рудное тело имеет первичную расслоенность по количеству магнетита, биотита и эпидота в преимущественно кальцитовой массе. Все перечисленные минералы имеют друг с другом индукционные поверхности одновременного роста (рис. 5). В рудном теле есть участки с весьма слабым проявлением деформаций, в них уцелела первичная структура минеральных агрегатов. Наложенная полосчатость сечет под острым углом карбонатное тело. Она подчеркнута агрегатами кварца с таблитчатым гематитом, ориентировкой разбитых трещинами и растащенных зерен раннего

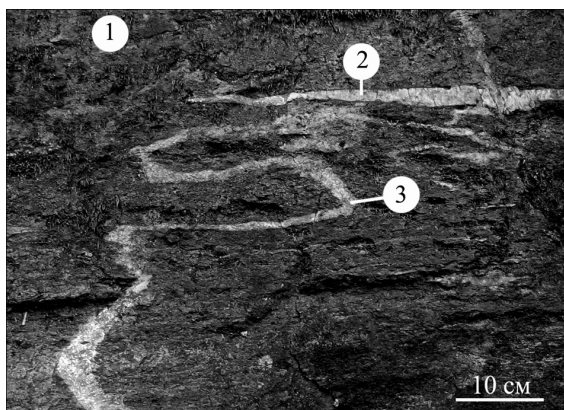


Рис. 4. Жилы гранулированного кварца (2) и гранита (3) в верхней кварц-магнетитовой части рудного тела (1).

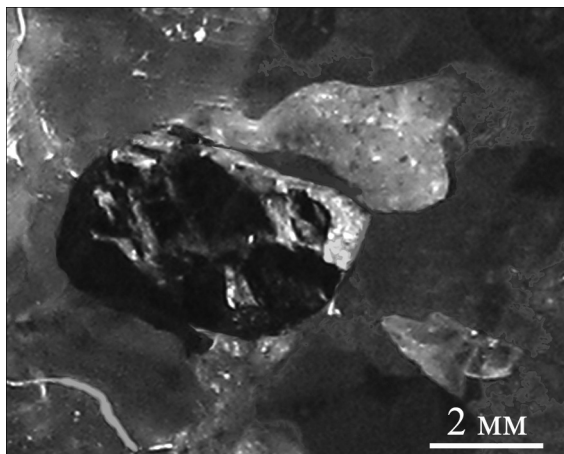


Рис. 5. Индукционные поверхности на магнетите в кальцитовом агрегате, частично растворенном в соляной кислоте.

Штуф, косое освещение.

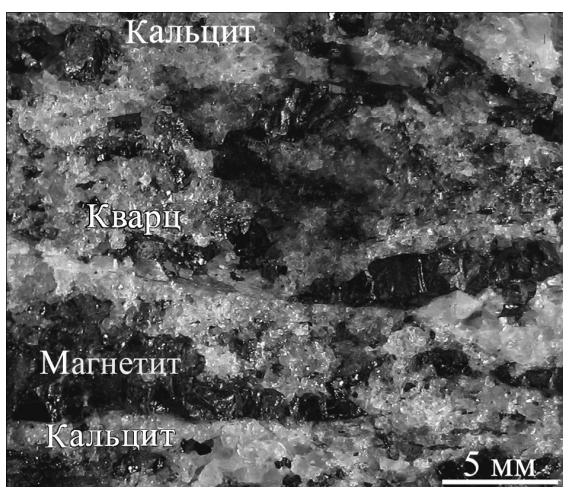


Рис. 6. Метасоматический кварц вдоль полосы деформации в магнетит-кальцитовом карбонате.

Штуф, косое освещение.

магнетита (рис. 6). Кварцем замещался преимущественно кальцит. Магнетит сохранился как индифферентный минерал, на нем местами остались унаследованные от кальцита индукционные поверхности. Их унаследованность определяется по величине псевдограней, не соответствующих более мелким зернам кварца. В обследованном карьере не встречено признаков метасоматического развития кальцита по каким-либо минеральным телам, контакты рудного тела с вмещающими породами резкие. Приведенные признаки не соответствуют метасоматическому происхождению кальцита в рудах Теплогорского месторождения. Он кристаллизовался, судя по структуре агрегата, из эвтектического расплава-раствора одновременно с магнетитом, биотитом, альбитом, ортоклазом, редкоземельным эпидотом, эгирином, фторапатитом и цирконом. По этим признакам расслоенное карбонатное тело Теплогорского железорудного проявления следует отнести к карбонатитам.

Минералы теплогорских карбонатитов изучены в Институте минералогии на микронзонде РЭММА-202М с энергодисперсионным спектрометром Link LZ-5 В.А. Котляровым. Они имеют определенную химическую специфику (табл. 1), которая видна из расчетных формул минералов (катионный метод).

По объему самым распространенным минералом является **кальцит**. В разных “слоях” величина зерен кальцита варьирует от 0.3 мм до 8 мм. Они изометричны, поверхность преимущественно индукционная с разными минералами, содержат вросстки фторапатита, циркона, магнетита, полевых шпатов, кварца (рис. 7). Состав сравнительно постоянный, примеси FeO – 0.2–1.2, MnO – 0.5–0.7, MgO – 0.2–0.6, SrO – 0.4–0.7 мас. %. Очевидна стронциевая специфика минерала.

Вторым по распространенности в карбонатитах является **магнетит**. Величина зерен магнетита варьирует от 0.05 мм до 10 мм. По оптическим и микронзондовым исследованиям карбонатитового магнетита установлена его однородность, состав почти стехиометричен, есть небольшие примеси хрома, марганца, ванадия и цинка, очень мало титана, что подтверждает более ранние данные [2]. При растворении карбонатита в соляной кислоте весьма наглядно выявляются индукционные поверхности одновременного роста его с кальцитом (рис. 5). В процессе пластических деформаций в индивидах магнетита был заложен кливаж, по плоскостям которого зерна впоследствии растащены и превращены в линзы и полоски (рис. 6). Мелкие изометричные зерна магнетита при пластических деформациях вращало, они сохранились во вторичном кварце, и кажутся новообразованными в кварцевом агрегате. В кровле рудного тела есть слой, где магнетит преобладает, но в нем нет кальцита, сильно выражены явления пластической деформации и окварцевания.

Таблица 1. Состав силикатов из карбонатитов Теплогорского месторождения (мас. %)

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	38.78	38.54	38.58	36.48	67.76	62.80	44.31	45.64	51.55	27.42	33.40
TiO ₂	—	—	—	2.58	—	—	0.07	0.11	—	—	—
Al ₂ O ₃	22.52	22.79	23.38	15.46	19.77	18.53	8.59	7.08	2.36	19.90	1.30
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	55.73	—	31.49
FeO	14.09	13.25	12.88	25.95	—	0.08	23.52	22.22	—	18.65	—
MnO	—	—	—	—	—	—	0.01	0.13	0.05	0.08	0.45
MgO	0.33	0.37	—	7.80	—	—	8.90	9.49	2.65	22.12	0.25
CaO	22.86	21.99	21.22	—	0.47	—	10.08	10.61	9.99	0.35	32.15
K ₂ O	—	—	—	9.21	0.23	14.71	1.22	0.95	0.09	—	—
Na ₂ O	—	—	—	—	11.28	0.42	1.75	1.84	7.35	—	—
BaO	—	—	—	—	—	2.70	—	—	—	—	—
Ce ₂ O ₃	—	1.29	1.53	—	—	—	—	—	—	—	—
La ₂ O ₃	—	0.02	0.35	—	—	—	—	—	—	—	—
Y ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.77
Сумма	98.59	98.25	97.93	97.48	99.58	99.27	98.45	98.08	99.79	88.52	99.81

Примечание. 1–3 – зоны в зерне эпидота от центра к периферии, 4 – аннит (биотит), 5 – альбит, 6 – калишпат, 7–8 – феррибарруазит, 9 – эгирин, 10 – клинохлор, 11 – андрадит. Прочерк – ниже предела обнаружения. Микросонд РЭММА-202М, Институт минералогии УрО РАН, аналитик В.А. Котляров.

В некоторых карбонатитовых слоях до 15–20% их объема занимает зеленовато-желтый **эпидот**. Зерна его изометричны, величина индивидов 0.5–3.0 мм. Эпидот замечателен тем, что в поздних зонах его кристаллов появляются редкие земли (рис. 8; табл. 1, ан. 1–3): $(Ca_{1.95}Mg_{0.05})_2(Al_{2.16}Fe_{0.84})_3(SiO_4)_3(OH)$ – центральная зона; $(Ca_{1.91}Ce_{0.05}Mg_{0.04})_2(Al_{2.15}Fe_{0.85})_3(SiO_4)_3(OH)$ – промежуточная зона; $(Ca_{1.93}Ce_{0.06}La_{0.01})_2(Al_{2.22}Fe_{0.78})_3(SiO_4)_3(OH)$ – периферическая зона. Зерна эпидота имеют индукционные поверхности одновременного роста со всеми минералами карбонатитов в конкретных слоях, в том числе – с андрадитом и магнетитом.

Аннит (биотит) встречается не во всех слоях карбонатитов. Количество его достигает нескольких процентов объема минерального агрегата (рис. 3). Величина черных таблитчатых индивидов 0.5–3.0 мм. Аннит кристаллизовался одновременно с кальцитом. По составу аннит – глиноземистый и титанистый (табл. 1, ан. 4): $K(Fe_{1.76}Mg_{0.91}Al_{0.18}Ti_{0.15})_3(Si_{2.79}Al_{1.21})_4O_{10}(OH)_2$.

Альбит образовал мелкие вrostки в карбонате (рис. 7). Несмотря на высококальциевую среду, вместе с кальцитом кристаллизовался альбит № 1 и 2 $(Na_{0.97}Ca_{0.02}K_{0.01})_1Al_{1.02}Si_{2.98}O_8$ (табл. 1, ан. 5). Нередко вместе с альбитом можно наблюдать **калишпат** $(K_{0.91}Ba_{0.05}Na_{0.04})_1Al_{1.02}Si_{2.98}O_8$, мелкие зерна которого обогащены барием, иногда до 2.8 мас. % BaO. Альбита и калишпата в породе всего около 1% объема. Иногда вместе с калишпатом и альбитом встречаются мелкие вrostки **кварца**. Кварц этот имеет отчетливые индукционные поверхности с кальцитом, альбитом и калишпатом и является первичным минералом карбонатитов, не имеющим отношения к более позднему наложенному кварцу. С физико-химических позиций сокристаллизация

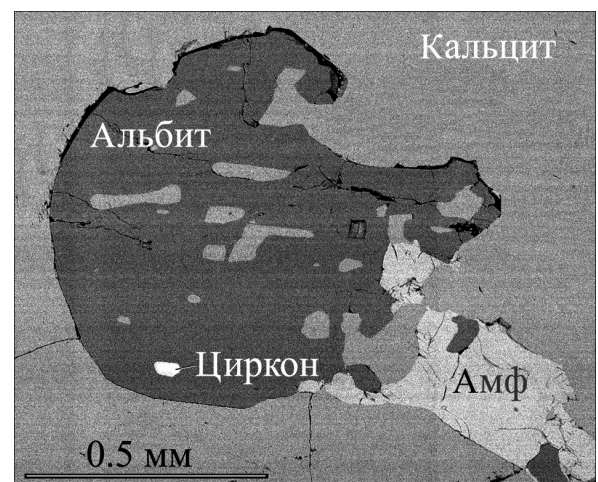


Рис. 7. Вrostки циркона, альбита и феррибарруазита (амф) в кальците.

BSE-снимок.

кварца и карбонатов в карбонатитовых магмах кажется маловероятной, но она есть, и этому надо искать объяснение в критическом отношении к диаграммам состояния.

Среди темноцветных минералов встречаются редкие зерна амфибола, пироксена и хлорита. Состав амфибола несколько различен в разных точках (табл. 1, ан. 7, 8): $(K_{0.23}Na_{0.11})(Ca_{1.61}Na_{0.39})_2(Mg_{1.97}Fe_{1.57}Fe_{1.35}Al_{0.09}Ti_{0.01})_5(Si_{6.59}Al_{1.41})_8O_{22}(OH)_2$; $(K_{0.18}Na_{0.23})(Ca_{1.7}Na_{0.3})_2(Mg_{2.12}Fe_{1.82}Fe_{0.96}Al_{0.08}Mn_{0.02}Ti_{0.01})_5(Si_{6.59}Al_{1.41})_8O_{22}(OH)_2$. Такие амфиболы ближе всего соответствуют калийсодержащему **феррибарруазиту**.

Редкий темно-зеленый пироксен (табл. 1, ан. 9) по расчетной кристаллохимической формуле

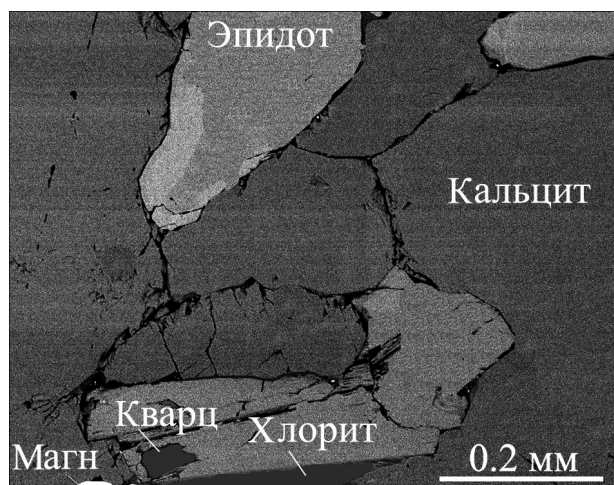


Рис. 8. Кварц, хлорит, магнетит, биотит и зональный эпидот в кальцитовом агрегате.

BSE-снимок.

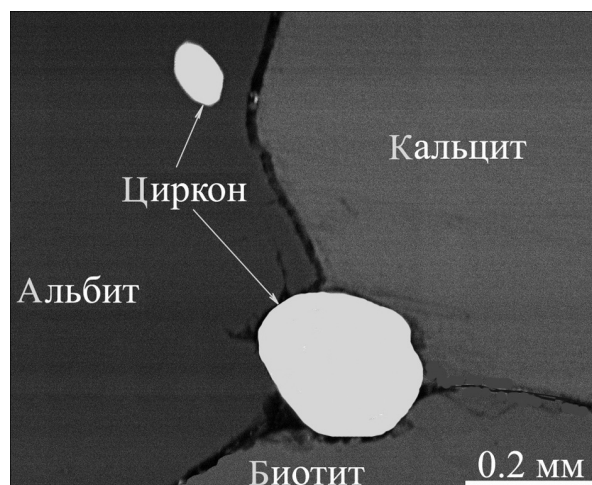


Рис. 9. Зерна циркона в сростке кальцита, альбита и биотита.

BSE-снимок.

$(\text{Na}_{0.55}\text{K}_{0.01}\text{Ca}_{0.44})_1(\text{Fe}_{0.75}\text{Mg}_{0.14}\text{Al}_{0.1})\text{Si}_2\text{O}_6$ относится к **эгирину**. Малоаметные редкие зерна хлорита, как и другие минералы, кристаллизовались совместно с кальцитом, они относятся к **клинохлору** $\text{Mg}_{3.3}\text{Fe}_{1.56}\text{Al}_{1.1}\text{Ca}_{0.03}\text{Mn}_{0.01}(\text{Al}_{1.25}\text{Si}_{2.75})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ (табл. 1, ан. 10).

Редкие зерна коричневого граната встречены в слоях карбонатита вместе с эпидотом. Поверхности между минералами индукционные. По составу (табл. 1, ан. 11) это иттрийсодержащий **андрадит** $(\text{Ca}_{2.9}\text{Y}_{0.06}\text{Mn}_{0.03}\text{Mg}_{0.01})_3(\text{Fe}_{2.9}\text{Al}_{0.1})_2(\text{SiO}_4)_3$.

Фторапатит распространен широко, но в небольших количествах. Его мелкие округлые зерна бесцветны и имеют практически стехиометрический состав, иногда с небольшой примесью хлора.

Циркон в виде очень мелких округлых бесцветных зерен (рис. 9) встречается редко, но иногда образует скопления в отдельных слоях карбонатитов. Кристаллизовался одновременно с кальцитом и другими минералами карбонатитов. По составу он близок к стехиометричному циркону, примесь HfO_2 до 2.7 и Y_2O_3 до 1.7 мас. %.

Таким образом, карбонатиты Теплогорского месторождения относятся к типу железорудных. Редкометаллическая и редкоземельная специфика в изученном материале слабо выражена, что не исключает возможной встречи локальных обогащенных участков или тел в виде карбонатит-пегматитов. Необходимо отметить стронциевую специфику кальцита. Примесь бария в калишпате почти не отражается на общем анализе руд, поскольку минерала всего около 1%. Иттрий обнаружен в гранате и цирконе, которых тоже очень мало в балансе руд. Весьма низка титанистость карбонатитов: часть титана находится в биотите, которого всего 1–2% объема, а в магнетите TiO_2 около 0.05 мас. %.

Магнетит-карбонатные тела Теплогорского месторождения ранее отнесены к карбонатитам в рамках железорудных *метасоматитов* метаморфических комплексов [1]. Нами не обнаружено признаков метасоматического происхождения кальцита, но найдены, вслед за предшественниками, признаки метасоматического развития кварца. Карбонатные тела Теплогорского месторождения имеют только признаки *магматического генезиса*: резкие (рвущие) контакты с вмещающими породами, наличие магматической дифференциации (расслоения), сокристаллизация всех присутствующих минералов (эвтектика), отсутствие метакристаллов и псевдоморфоз.

Подобные магнетитовые карбонатиты встречаются не только в железорудных провинциях докембрия Урала (Теплогорское, Маукское проявления), отдельные тела в районе Слюдорудника), но и в других регионах, например, в районе Курской магнитной аномалии [4]. Практически на всех объектах мира карбонатиты имеют полосчатые текстуры, указывающие на явления дифференциации в магмах. Можно повторить тезис наших предшественников: “Представления о повсеместном аномальном обогащении карбонатитов редкими элементами в целом не соответствуют действительности” [4, с. 116]. Магнетитовые карбонатиты Теплогорского месторождения находятся среди пород метаморфического комплекса, в котором преобладают метаморфизованные магматические породы и метасоматиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коротеев В.А., Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А.* Минерогения шовных зон Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 415 с.

2. Локтина И.Н., Белковский А.И. “Железистые кварциты” Уфалейского метаморфического комплекса // Вулканизм, метаморфизм и железистые кварциты обрамления Тараташского комплекса. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 68–89.
3. Овчинников Л.Н. Полезные ископаемые и металлогения Урала. М.: Геоинформмарк, 1998. 413 с.
4. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л. Апатитовые руды в докембрийских карбонатитах Курской магнитной аномалии // Литосфера. 2012. № 6. С. 112–118.

Рецензент Ю.А. Поленов

New data on carbonatites of the Teplaya Gora iron deposit (Southern Ural)

V. A. Popov, V. A. Kotlyarov

Institute of Mineralogy, Urals Branch of RAS

Magnetite-carbonate bodies of the Teplaya Gora deposit are characterized by features of magmatic origin: sharp contacts, layering, eutectic crystallization of minerals, and absence of metacrystals and pseudomorphoses. Calcite is Sr-bearing (SrO – 0.4–0.7 wt.%), zircon and andradite are Y-bearing (Y₂O₃ – 1.7 wt.%), and epidote is Ce-La-bearing (Ce₂O₃ – to 0.7 wt.%).

Key words: carbonatites, Teplaya Gora deposit, Southern Ural, Sr-bearing calcite, Y-bearing andradite, Ce-La-bearing epidote.