

РТХ-ПАРАМЕТРЫ ОТЛОЖЕНИЯ РУД ЭГИТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФЛЮОРИТА (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Анкушева Н.Н.^{1,2}, Бадмацыренова Р.А.^{3,4}, Цыдыпова С.Б.⁵

¹Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, ankusheva@mail.ru

²Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе

³Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, brose@ginst.ru

⁴Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

⁵Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, brose@ginst.ru

Флюоритовые месторождения эпitherмального типа наиболее широко представлены в Забайкалье, Восточной Монголии и Северо-Западном Китае. Одним из наиболее богатых по содержанию CaF_2 является Эгитинское месторождение флюорита, которое относится к кварц-карбонат-флюоритовому типу с содержанием флюорита от 5 до 95 % (среднее 52.09). Содержание CaCO_3 изменяется от 1.77 до 43 % (среднее 6.9); SiO_2 – от 7.96 до 53.54 % (среднее 26.42). Целью исследования было определение РТ условий формирования флюоритовых руд месторождения для реконструкции рудообразующих процессов и выявления роли различных факторов в формировании руд.

Для решения задач использовались методы оптической микроскопии на поляризационном микроскопе OLYMPUS BX-52 с цифровой фотокамерой.

Химический состав минералов определен в ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) методом сканирующей электронной микроскопии (SEM-EDS) на установке LEO 1430 VP с энергодисперсионным спектрометром INCA-Energy 300.

Термометрические исследования проведены в микротермокамере TMS-600 (Linkam) с микроскопом Olympus BX-51, позволяющей измерять температуры фазовых переходов в интервале $-196...+600$ °С, в лаборатории термобарогеохимии ЮУрГУ (г. Миасс). Солевой состав растворов оценен по температурам эвтектик [Борисенко, 1977]. Концентрации солей в растворах рассчитаны по температурам плавления последних кристаллических фаз включений [Vodnar, Vityk, 1994].

Эгитинское месторождение открыто в 1974 г., в этом же году на месторождении были начаты поисковые работы, которые продолжались с небольшими перерывами до 1977 г. [Булнаев, 1981; Ласточкин и др., 2018]. В 1978–86 гг. на нем проведены разведочные работы с подсчетом запасов, утвержденных в ГКЗ СССР. Лицензия на добычу УДЭ 14292 ТЭ выдана ООО «Рос-Шпат» 30.10.2007 г., срок действия до 18.12.2012 г. На Эгитинское месторождение приходится 8.4 % добычи флюорита РФ.

Эгитинское рудное поле представлено ксенолитом нижнекембрийских вулканогенно-осадочных пород, залегающим в позднепалеозойских гранитоидах. На месторождении широко развиты разные по составу дайки палеозойского и мезозойского возраста. В восточной его части установлены верхнемеловые грубообломочные отложения, которые перекрывают все перечисленные образования, включая рудные залежи, сложены галечными и валунно-галечными конгломератами. Мощность отложений варьирует от 5 до 50 м.

В процессе разведочных работ на Эгитинском месторождении выявлены и оценены 23 рудных тела и серия мелких линз, объединенных в три рудные зоны. Наиболее крупная I рудная зона расположена в центральной части месторождения. Протяженность ее по простиранию достигает 940 м, ширина – до 400 м, прослежена на глубину до 270 м. Вторая зона с промышленной минерализацией располагается в 400 м к югу от I рудной зоны, протяженность ее достигает 1 км при ширине около 100 м. На глубину зона прослежена на 250 м. Рудная зона III расположена севернее зоны I на расстоянии 200 м. Протяженность ее 600 м, ширина – 100–150 м, прослежена на глубину до 230 м.

В I рудной зоне выявлено более 10 отдельных рудных тел, из которых тела № 1 и 3 содержат балансовые руды, а тела № 2, 7 и 8 – забалансовые. Остальные рудные тела (№ 4, 6, 9, 21, 22, 23) представлены мелкими линзами.

В составе II зоны только рудное тело № 15 характеризуется наличием балансовых руд, а тела № 17, 18, 24 и 61 содержат забалансовые руды. Еще менее значительны размеры III рудной зоны, состоящей из 7 отдельных тел, из которых только два (№ 10 и 55) содержат забалансовые руды.

Морфология рудных тел также сложная: наиболее крупные из них имеют форму пластообразных залежей, мелкие – представлены линзами.

Рудные тела Эгитинского месторождения сложены брекчиями, в которых обломки известняков и

аргиллизированных пород сцементированы кварц-флюоритовым агрегатом. Наряду с брекчиями отмечаются плотные массивные руды. Прожилково-вкрапленные руды ограниченно распространены и развиты, главным образом, по породам алюмосиликатного состава. В зонах интенсивной трещиноватости и широкого развития прожилков текстура таких руд переходит в брекчиевидную. Главными рудообразующими минералами являются флюорит, кварц и кальцит, второстепенными – глинистые минералы, полевые шпаты, гидроокислы железа, фторапатит. В единичных зернах установлены также магнетит, гематит, гетит, ильменит, рутил, сфен, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, монацит, циркон, торит, амфибол, пироксен, биотит, хлорит, гранат, везувиан, турмалин.

Химический состав руд Эгитинского месторождения характеризуется повышенным содержанием CaF_2 , меньшей концентрацией SiO_2 , CaCO_3 и Al_2O_3 . Другие компоненты фиксируются как примеси. По данным фазового анализа, CaF_2 практически полностью связан с флюоритом. Среднее содержание его в рудах главных рудных тел примерно одинаковое. Коэффициент вариации содержаний по сечениям характеризует распределение флюорита в рудах как неравномерное. Кремнезем, судя по тем же данным, наполовину представлен рудным кварцем. Остальная часть его связана с обломками присутствующих в рудах алюмосиликатных пород и минералов. Углекислый кальций характерен для брекчиевых руд приконтактных частей рудных тел, где процессы метасоматоза были фрагментированы. Содержание его в центральных частях тел не превышает 5–10 %. Основным источником CaCO_3 в рудах являются обломки «недозамещенных» известняков. Глинозем связан с присутствием в рудах глинистых минералов, слюд и полевых шпатов. Содержание его колеблется от 0.37 до 14.70 %, составляя, в среднем, 5.4 %. Фосфор, относящийся к вредным примесям руд, отмечается в десятых и сотых долях процента, в западной части I рудной зоны содержание его повышается до 2.8 %. В целом, концентрация P_2O_5 в рудных залежах месторождения не превышает 0.7 %. Минералогическими исследованиями установлено, что появление фосфора в рудах связано с присутствием в них фторапатита и развивающегося по нему в виде тонких пленок редкого алюмофосфата – берлинита [Булнаев, 1981].

Методами термометрии проанализированы первичные и первично-вторичные двухфазные (VL) флюидные включения во флюорите из флюоритовых и кварц-флюоритовых жил Эгитинского месторождения размером до 20–30 мкм ($n=250$).

Включения во флюорите из собственно флюоритовой жилы, согласно температурам эвтектики $-33...-24$ °C, содержат флюиды с хлоридами Na, K, Mg. Соленость флюидов варьирует от 9 до 12 мас. %, NaCl-экв. Включения гомогенизировались в жидкую фазу при 360–380 °C.

Во флюорите из кварц-флюоритовых жил включения также содержат хлориды Na, K, Mg ($T_{\text{эвт}} = -33...-21$ °C) и имеют соленость 8–11 мас. %, NaCl-экв. Температуры гомогенизации составили 300–330 °C.

Флюорит в жилах разбит множеством трещин, которые трассируются двухфазными (VL) вторичными флюидными включениями размером около 5 мкм с температурами гомогенизации 290–300 °C; состав и соленость флюидов в этих включениях измерить не удалось ввиду их мелкого размера. Температуры вторичных флюидных включений свидетельствуют о том, что заполнение трещин происходило одновременно с ростом более поздних зон флюоритовых агрегатов. Кроме того, были обнаружены сингенетичные двухфазным, однофазные (V и L) включения размером до 5 мкм.

Процесс формирования Эгитинского месторождения включает множество стадий и подстадий [Коротаяев и др., 1986]. Рудный процесс на месторождении связан с поступлением в зону разлома кремнисто-фтористых гидротермальных растворов, обогащенных F, Ca, Si, Na, K, Al, Fe и отложивших фиолетовый или мелко-, среднезернистый флюорит главных рудных тел. Возобновившиеся на месторождении тектонические движения вызвали частичное дробление сформировавшихся рудных тел и околорудных аргиллизированных и окварцованных пород. Вторая кварц-флюоритовая стадия начинается с выпадения небольшого количества мелкозернистого фарфоровидного кварца, а после него – бесцветного грубошестоватого флюорита в виде маломощных (около 1–2 см) прожилков. После этого начинается завершающая рудный процесс карбонат-кремнистая стадия. Для нее характерно отложение продуктов кремнистой кислоты. Образовавшиеся в эту стадию халцедоновидный кварц и опал слагают в рудной массе и вмещающих породах тонкие прожилки, небольшие гнезда, линзы и желваки.

Наличие кальцита в минеральном составе руд указывает на то, что содержание CaCl_2 в растворе могло достигать значительных величин (0.1 моль на 1 кг воды). По данным [Моргунов, 2006], ассоциация минералов кальцит-флюорит устойчива, начиная с концентраций CaCl_2 10^{-2} моль/кг H_2O и выше. Кальций и фтор, необходимые для образования флюорита привносились магматогенным флюидом (флюорито-

вые руды) и экзогенными кальциевыми растворами (флюорит-кремнисто-карбонатные руды).

Приведенная последовательность минералообразования хорошо согласуется с данными термометрических исследований, которые показали, что формирование руд происходило при понижении температур от 380 до 300 °С из водных Na-K-Mg-хлоридных растворов. Окончанию каждой стадии и началу последующей соответствует определенная температурная ступень. Узкий диапазон изменения температур и солености растворов свидетельствует о стабильности условий минералообразования и/или малом поступлении новых порций гидротермальных растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-31204).

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко А.С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1997. № 8. С. 16–28.
2. Булнаев К.Б. Особенности образования и размещения флюоритовых формаций Забайкалья // Эволюция эндогенных процессов и оруденения в Забайкалье. Улан-Удэ: БФ СО АН СССР, 1981. С 101–109.
3. Коротаев И.П., Дивина Л.В., Виноградов П.К. и др. Эгитинское месторождение флюорита // Геология и генезис флюоритовых месторождений. Владивосток. 1986. С 108–117.
4. Ласточкин Е.И., Рипп Г.С., Цыденова. С.Д., Посохов В.Ф. Эпитермальные флюоритовые месторождения Западного Забайкалья // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. 2018. Т. 41. № 2 (63). С. 41–53.
5. Моргунов К.Г. Развитие программного обеспечения и термодинамических баз данных для моделирования геохимических процессов с участием микрокомпонентов: Автореф. дис. к.г.-м.н. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 2006, 16 с.
6. Bodnar R.J., Vityk M.O. Interpretation of microthermometric data for H₂O–NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. Pontignana-Siena. P. 117–130.