

А. С. НАЗАРОВА, Л. С. СОЛНЦЕВА, К. В. ЮРКИНА

О БАБЕФФИТЕ

В 1962 г. в элювиальных отложениях одного флюорит-редкометалльного месторождения Сибири был обнаружен и изучен новый бериллиевый минерал-бариево-бериллиевый фторид-фосфат (бабеффит) (Назарова и др., 1966; Шашкин и др., 1967). Позднее удалось найти этот минерал в коренных рудах, дополнительно исследовать и выяснить основные черты его генезиса, чему и посвящена статья.

Месторождение, в рудах которого встречен бабеффит, располагается в ядре антиклинальной складки, сложенной известняками, переслаиваемыми с маломощными пропластками карбонато-углестослюдистых сланцев верхнепротерозойского возраста. Осадочные породы прорваны штокообразными и дайкообразными телами лейкократовых кварцевых сиенитов и сиенит-порфиров, относящихся к формации субщелочных малых интрузий мезозойского возраста. Типичными контактными изменениями вмещающих пород является сканирование известняков, приводящее к образованию скарноидов актинолит-диопсидвезувианового состава, и ороговикование сланцев (Назарова, 1970).

Рудные тела залегают, главным образом, в карбонатных породах в экзоконтакте интрузивных образований. Они представляют собой линейновытянутые минерализованные зоны дробления и жильные тела, приуроченные к сериям субпараллельных тектонических нарушений, оперяющих крупный локальный разлом.

Внутреннее строение рудных тел весьма неоднородно, находится в зависимости от состава вмещающих пород и характеризуется чередованием по простиранию и падению прожилково-вкрапленных образований и гнезд с участками брекчиевой и полосчатой текстуры.

Наиболее распространенными минералами в рудах являются флюорит, микролин, альбит, кварц, кальцит, сидерит; в небольших количествах присутствуют циркон, ферриторит, касситерит, шеелит, апатит, ильменорутил, сульфиды, а из бериллиевых минералов — фенакит, берtrandит и бабеффит.

Бабеффит обнаружен в незначительных количествах, причем чаще наблюдается в рудах брекчиевой текстуры в виде скоплений около обломков слабо измененных карбонатных пород, пространственно ассоциируя с микролином, флюоритом и апатитом. Выделения его обычно имеют форму тетрагональных призматических кристаллов длиной 0,1—0,5 мм (чаще до 0,3 мм) при ширине 0,05—0,2 мм. В шлифе кристаллы образуют прямоугольные и квадратные сечения с реликтовыми включениями кальцита, флюорита и калиевого полевого шпата (рис. 1). В крупнокристаллических скоплениях этих минералов бабеффит иногда присутствует в виде цепочек мелких кристалликов, приуроченных к трещи-

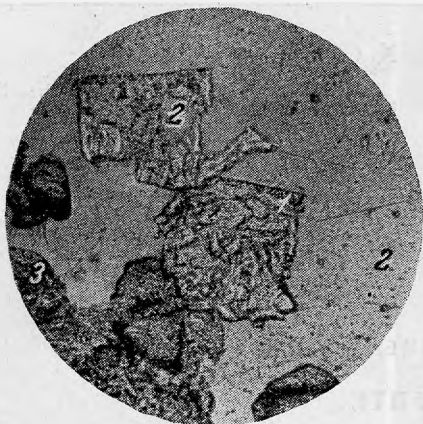


Рис. 1. Бабеффит (2) сверху, слева) в микроклине (2) с реликтовыми включениями последнего; 3 — флюорит. Увел. 72

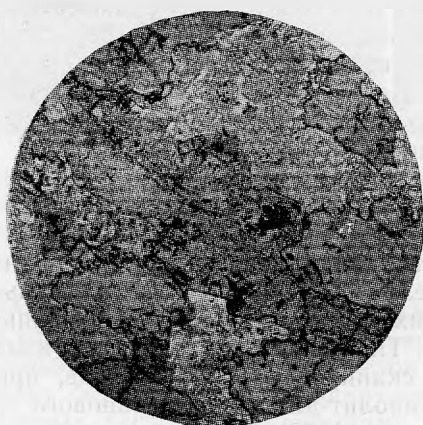


Рис. 2. Включение бабеффита (1) в берtrandите (2); 3 — флюорит; 4 — кварц. Увел. 72

Рис. 3. Замещение бабеффита (1) апатитом (2) 3 — флюорит, 4 — агрегат микроклина и кварца. Увел. 30

пам. По отношению к бабеффиту апатит, кварц, фенакит, берtrandит, альбит и другие минералы являются более поздними (рис. 2). Интересны агрегативные и зональные образования апатита (до 1,5—2 мм длиной) с реликтовыми включениями бабеффита, кальцита, флюорита, которые обычно встречаются в рудах вблизи ксенолитов известняков (рис. 3). Изучение состава включений в таких образованиях апатита методом электронного микрозондирования¹ подтвердило данные микроскопического исследования. В частности оно показало, что интенсивность аналитических линий бария в исследуемых барийсодержащих включениях и в эталонном бабеффите одинаковы (с точностью 2—4%). Из этого следует, что наблюдаемые субмикроскопические включения, которые практически нельзя диагностировать оптическим методом, являются бабеффитом (рис. 4). Неровные контуры изученных в апатите включений свидетельствуют о метасоматическом замещении им бабеффита, кальцита и флюорита.

Бабеффит макроскопически белого цвета, прозрачен; блеск его стеклянный до жирного. Удельный вес равен 4,31. Оптически одноосный, положительный; удлинение по таблитчатости отрицательное. Показатели преломления: $N_o = 1,629 \pm 0,002$; $N_e = 1,632 \pm 0,002$; $N_e - N_o = 0,004 - 0,003$. Отмечается нечеткая спайность в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Иногда наблюдается неровное пятнистое угасание, вероятно,

¹ Исследования производились на рентгеновском микроанализаторе УХА-3А.

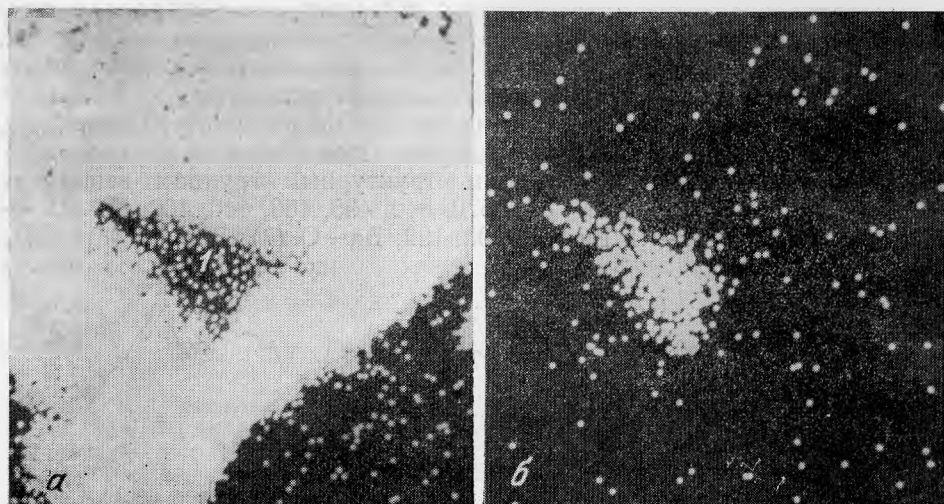


Рис. 4. Зерно апатита с реликтовыми включениями бабеффита (1). Фото в рентгеновском излучении. Увел. 1200

a — распределение кальция; *b* — распределения бария

вследствие зонального строения кристаллов и присутствия мельчайших реликтовых включений более ранних минералов, что отражает неоднородность строения некоторых выделений. В образовании этого минерала принимали участие элементы, заимствованные из вмещающих осадочных пород (барий и фосфор), концентрация которых в рудных телах с увеличением интенсивности метасоматоза уменьшалась или оставалась на уровне первичных пород (первые десятые доли процента). Кроме этих элементов, в состав бабеффита входят фтор и бериллий, которые привносились гидротермальными растворами, ибо концентрация их возрастала по мере развития продуктивных стадий рудоотложения. По данным химического анализа, выполненного Н. Н. Кузнецовой (табл. 1), бабеффит является бариево-бериллиевым фторид-фосфатом (Назарова и др., 1966).

Таблица 1

Компоненты	Содержание вес. %	Компоненты	Содержание, вес. %
BeO	11,63	P ₂ O ₅	26,55
BaO	56,50	F	7,27
Fe ₂ O ₃	0,3	H ₂ O ₁₁₀ ⁺	0,64
CaO	Не обн.	H ₂ O ₁₁₀ ⁻	Не обн.
		С у м м а	102,89
		— O = F ₂	3,05
		С у м м а	99,84

В результате пересчета химического анализа формула минерала была написана следующим образом: Be₃Ba₄(PO₄)₄OF · *n*H₂O, где *n*=0,3—0,4.

Исследование бабеффита методом ИК-спектроскопии обнаружило некоторые детали уточняющие структуру этого минерала (Шашкин, 1967): 1) следы воды в формуле H_2O , по-видимому, адсорбционного типа, о чем свидетельствует широкая полоса поглощения $\sim 3470\text{ см}^{-1}$ и узкая — 1650 см^{-1} (рис. 5); 2) гидроксил OH в структуре минерала не установлен; 3) ИК-спектр бабеффита имеет полосы поглощения (в см^{-1}), относящиеся к следующим структурным группам вещества: $P-O_4$ — 1120, 1100, 1030, 615, 595, 570, 540, 495, 463, 440, 400; $Be-O_4$ — 760, 295, 265, 240; $Ba-O$, $Ba-F$ — 208, 192; $Ba-O$ (?); $Ba-Fe$ (?) — 125,

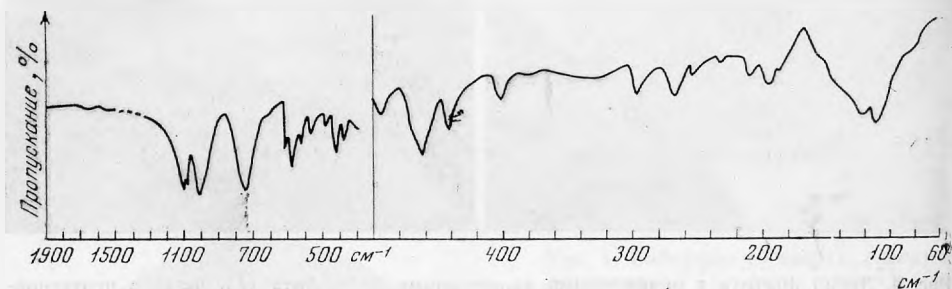


Рис. 5. ИК-спектры поглощения бабеффита

110; 4) Положение и количество полос, относящихся к колебаниям $P-O_4$, свидетельствуют о том, что тетраэдры PO_4 соединены между собой (в цепочки). Количество и характер полос, относящихся к колебаниям $Be-O_4$, позволяют предполагать, что бериллий занимает позиции, не равноценные положению фосфора, то есть в структурных цепочках Be и P занимают позиции не статически, а упорядоченно.

Положение бабеффита в рудном процессе и распределение его определяется особенностями формирования месторождения.

Судя по взаимоотношениям минералов и их ассоциаций, образование руд происходило, в основном, в три стадии в результате воздействия на карбонатные породы существенно фтористых растворов.

Первая стадия фиксировалась образованием микроклин-флюоритовой породы с бабеффитом, кварцем и фенакитом, причем микроклин не обогащен барием, хотя спектральным анализом фиксируется в нем около 0,03% бария. Вторая стадия выразилась выделением альбит-кварц-берtrandитовой минеральной ассоциации и третья — образованием карбонато-кварцевых прожилков с сульфидами. При этом более поздние минеральные ассоциации накладывались на ранние при широком развитии метасоматического замещения.

Бабеффит в процессе формирования рудных тел является самым ранним бериллиевым минералом, чем отличается от известных гипогенных фосфатов бериллия (бериллонит, харлбутит, гердерит и другие), выделявшихся позднее силикатов бериллия. Это можно объяснить некоторыми особенностями метасоматического рудоотложения в карбонатных породах. Вероятно, имело значение то обстоятельство, что выделение рудных минералов в карбонатной среде начинается с момента окончания замещения кальцита флюоритом (при дефиците объема около 30%), то есть с момента нейтрализации первично кислых растворов и отложения остаточными растворами избыточного продукта — микроклина, компенсировавшего дефицит объема (Назарова, 1970). Таким образом, формирование микроклин-флюоритовой минеральной ассоциации обусловило повышение концентрации бария и фосфора (остаточных элементов первичных осадочных пород) и резкую смену геохимических условий, необходимую для выделения собственных минералов бария

(Щербина, 1972), а слабокислая -- нейтральная реакция остаточного раствора благоприятствовала осаждению бария и бериллия что, вероятно, и привело к образованию двойного фосфата-бабеффита.

Ограниченность распространения в рудах бабеффита определяется, главным образом, количеством бария и фосфора, а распределение его -- характером проявления микроклин-флюоритовой минеральной ассоциации. Раннее выделение бабеффита в рудах интересно в геохимическом плане. Оно позволяет предположить, что в гидротермальном процессе при определенных условиях барий может отлагаться в раннюю стадию, а не только в поздние -- в виде барита и бариевых цеолитов.

ЛИТЕРАТУРА

- Назарова А. С., Кузнецова Н. Н., Шашкин Д. П. Бабеффит-бариево-бериллиевый фторид-фосфат. -- Докл. АН СССР, 1966, т. 167, № 4.
- Назарова А. С. Особенности метасоматоза при образовании флюорит-фенакит-берtrandитовой минерализации. -- Сб. «Проблемы метасоматоза» (Труды II конференции по окolorудному метасоматизму). «Недра», 1970.
- Назарова А. С. О генетической связи бериллиевой минерализации с субщелочными гранитоидами. -- Минеральное сырье, вып. 20. «Недра», 1970.
- Шашкин Д. П., Смирнов М. А., Белов Н. В. Кристаллическая структура бабеффита. -- Докл. АН СССР, 1967, т. 176, № 6.
- Щербина В. В. Геохимия элементов средней распространенности. -- Сб. «Очерки современной геохимии и аналит. химии». «Наука», 1972.