

А. Ф. ЕФИМОВ, Е. М. ЕСЬКОВА, З. Т. КАТАЕВА

О НАХОДКЕ БЕРБАНКИТА
В ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАСОМАТИТАХ УРАЛА

Бербанкит относится к наиболее редким и сравнительно «молодым» минералам. Он был обнаружен впервые лишь в 1953 г. Пекора и Кером (Pecora, Kerr, 1953) в поздних карбонатитах массива Бирпо Маунтинз, США. Как обычно, вскоре после первой находки бербанкит был обнаружен еще в ряде карбонатитовых комплексов преимущественно в СССР (Бородин, Капустин, 1962; Здорик, 1966; Жабин, 1966), причем во всех случаях — в генетической позиции, аналогичной Бирпо Маунтинз. Поэтому складывалось представление, что бербанкит является типоморфным минералом поздних кальцитовых, доломитовых и анкеритовых карбонатитов. Однако в 1964 г. Р. П. Тихоненковой и другими (1964) бербанкит был найден в зоне фенитизации Ловозерского щелочного массива, что расширило представление минералогов об условиях образования этого минерала.

Находка авторами бербанкита в щелочных метасоматитах западного склона Южного Урала, кратко охарактеризованных А. И. Лисициным (1965), подтверждает предположение о довольно широком диапазоне колебаний генетических условий формирования этого минерала.

Указанные метасоматиты слагают локальную зону. Предварительно нами выделяется несколько типов метасоматитов в зависимости от замещаемых пород и щелочности растворов: апотуфовые (актинолит-эцидотовые, рибекит-полевошпатовые и эгирин-полевошпатовые, гематит полевошпатовые), аподолломитовые (тремолит-диопсидовые и эгирин-полевошпатовые), апосланцевые (биотитовые, биотит-полевошпатовые и рибекит-полевошпатовые) и др.

Для аподолломитовых эгирин-полевошпатовых метасоматитов характерно наличие более поздних по времени формирования и наиболее щелочных для указанной зоны метасоматоза замещающих комплексов (расположенных во временной последовательности):

- 1) биотит-альбитового с цирконом, широхлором, родохрозитом, стронционитом, содалитом, ильменитом и др.;
- 2) содалит-анальцим-канкринитового с нейборитом и бербанкитом;
- 3) кальцитового с сульфидами, анкилитом и рамзаитом.

Замещающие комплексы развиваются как отчетливо метасоматически, так и выполняют трещины в породе. При этом в отдельных прожилках происходит наложение различных комплексов друг на друга с образованием многоэтапных прожилков сложного состава.

Бербанкит в содалит-анальцим-канкринитовых прожилках обычно образует монокристаллические выделения неправильной и округлой форм размером до $1 \times 0,6 \times 0,8$ см; реже встречается в виде мономинеральных прожилков до 5 см мощности, сложенных зернистым агрегатом. Цвет минерала для свежих разностей бледно-зеленый и зеленовато-желтый; для

разрушенных, замещенных вторичными продуктами зерен — желтовато-розовый и буровато-красный. Физические и оптические свойства уральского бербанкита близки к свойствам этого минерала из массивов Вуориярви, Бирпо Маунтинз, Ловозера (табл. 1).

Рентгенограмма порошка уральского бербанкита идентична рентгенограмме бербанкита из карбонатитов Вуориярви. Термограмма минерала также весьма сходна с термограммой бербанкита этого массива (характерны два эндотермических эффекта при температурах 635 и 695°).

Пересчет химического анализа бербанкита (табл. 2) приводит к формуле $(\text{Na}_{2,5}\text{Ca}_{0,5})_3(\text{Ca}_{0,3}\text{Sr}_{1,21}\text{Ba}_{0,44}\text{TR}_{0,62})_{2,67}(\text{CO}_3)_5\text{H}_2\text{O}$, которая близка к теоретической формуле: $\text{Na}_3(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{TR})_3 \cdot (\text{CO}_3)_5$. Отличительной особенностью уральского бербанкита по сравнению с теоретическим составом являются присутствие в нем значительного количества воды и небольшой дефицит в катионной части, что, вероятно, взаимосвязано и объясняется выщелачиванием части катионов при гидратации минерала. Следует отметить, что анализы бербанкитов из Вуориярви также показывают наличие воды до 2,6% и тот или иной дефицит катионов; это, видимо, подтверждает предположение о подверженности бербанкита процессам гидратации.

Таблица 1

Сравнительная характеристика физических свойств бербанкита из щелочных метасоматитов и карбонатитов

Свойство	Щелочные метасоматиты Урала	Фениты Ловозерский массив (Тихонова, 1964)	Кальцитовые и анкерит-доломитовые карбонатиты Вуориярви (Боронин, Капустин, 1962)	Кальцитовые карбонатиты Бирпо, Маунтинз, США (Рейсера, Кегг, 1953)	Кальцитовые, доломитовые и анкеритовые карбонатиты Восточная Сибирь (Энрикс, 1966)
Форма выделений	Прожилки, зернистые выделения неправильной и округлой форм	Выделения неправильной формы до 2 см, реже мелкие призматические кристаллы	Прожилки, сплошные массы неправильной формы, реже удлиненные призматические и мелкие гексагонально-дипирамидальные кристаллы	Призматические кристаллы до 3 см	Одиночные кристаллы до 7 см длиной, овальные, веерообразные и прожилковые выделения и розетки
Цвет	Бледно-зеленый, зеленовато-желтый, в разрушенных разностях желтовато-розовый, красно-бурый	Желтый, желтовато-розовый	Желтый, зеленовато-желтый, розовый	Желтый	Лимонно-желтый
Блеск			Стеклообразный		
Излом			Неровный		
Спайность	Нет	Плохо выражена	Отсутствует или ясная по {001}	Нет	Наясная спайность по удлинению
Уд. вес	3,50	3,60	3,54—3,58	3,50	3,58—3,60
Оптическая характеристика			Одноосный отрицательный		
Показатели преломления					
N_o	1,629	1,618	1,632—1,635	1,627	1,629
N_e	1,621	1,606	1,620—1,623	1,615	1,617
$N_o - N_e$	0,008	0,012	0,012	0,012	0,012
a_o	10,57 ± 0,03		10,41—10,46	10,46	10,43
c_o	6,43		6,48	6,48	6,38

Таблица 2

Химический состав бербанкита из различных месторождений

Компоненты	Щелочные метасоматиты Урала		Фениты, Ловозерский массив (Тихоненкова, Казакова, 1964)	Кальцитовые карбонаты, Бирло Маунтинз, США (Ресога, Керг, 1953)	Анкеритовые карбонаты, Вуориярви (Бородин, Капустин, 1962)	Кальцитовые, доломитовые и анкеритовые карбонаты, Восточная Сибирь (Здорик, 1966)
	вес. %	атомные количества				
вес. %						
SiO ₂	—	—	—	0,16	0,19	0,16
TR ₂ O ₃	14,81	902	18,95	9,48	15,12	20,0
ThO ₂	0,50	19	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0,19	24	—	0,03	0,48	0,24
Al ₂ O ₃	0,37	72	—	0,25	1,05	0,41
MgO	0,32	79	—	0,14	0,35	0,14
BaO	9,97	650	2,33	13,56	11,62	5,49
SrO	18,45	1780	26,35	19,42	12,86	16,60
CaO	6,76	1205	7,09	13,46	10,86	12,38
Na ₂ O	9,81	3194	14,52	9,69	11,44	11,62
K ₂ O	2,35	499	—	0,15	0,99	0,03
P ₂ O ₅	—	—	—	0,12	—	—
CO ₂	32,55	7381	30,77	32,55	34,30	32,40
H ₂ O ⁺	3,94	2189	—	0,18	0,86	0,023
H ₂ O ⁻	—	—	—			
F	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	0,24	0,11	—
Сумма	100,03	—	100,31	99,43	100,23	99,55
—O=S	—	—	—	0,12	—	—
Сумма	—	—	—	99,31	—	—
Аналитики	З. Т. Катаева		М. Е. Казакова	М. Керрон	Т. А. Капитонова	К. А. Дорофеева

Анализ уральского бербанкита еще раз доказывает возможность широких изоморфных вариаций катионов в этом минерале. Имеющиеся анализы бербанкита показывают следующие колебания компонентов: 2,3—14,6% BaO; 10—26,4% SrO; 6,7—13,5% Ca; 9,5—19% TR₂O₃. Подтверждается также изоморфизм для редких земель по схеме NaTR → 2Ca, что следует из симбатного увеличения содержаний атомов редких земель и натрия для всех проанализированных образцов бербанкита.

Уральский бербанкит характеризуется следующим составом редкоземельных элементов: La_{30,5}Ce_{41,9}Pr_{3,4}Nd_{22,9}Sm_{0,6}Eu_{0,1} и не обнаруживает существенных различий в их составе по сравнению с бербанкитом из других месторождений.

Интерпретация зависимости физических свойств минерала от химического состава, по-видимому, довольно затруднительна прежде всего потому, что бербанкит является многокомпонентным соединением, в котором увеличение содержания одного из компонентов, как правило, влечет за собой уменьшение содержания другого или сразу нескольких других. Кроме того, проявленная в некоторых образцах гидратация минерала, несомненно, влияет на его физические свойства и еще более затрудняет выяснение зависимости этих свойств от количества того или иного элемента.

Авторы считают, что выведенная Л. С. Бородиным и Ю. Л. Капустиным (1962) зависимость удельного веса бербанкита от содержания одних редких земель без учета содержаний стронция и бария не отвечает действительности, так как последние также (и в значительно большей степени) влияют на увеличение удельного веса минерала. Теоретически удельный вес бербанкита должен быть прямо пропорционален содержанию суммы стронция, бария и редких земель, что было подтверждено на примере минералов группы апатита и томсонита (Ефимов и др., 1966; Ефимов, 1967). Однако эмпирические данные, как видно из табл. 1 и 2, не подчиняются указанной закономерности, что, вероятно, обусловлено разной степенью гидратации минерала из различных месторождений.

Еще более сложным является вопрос о зависимости показателей преломления бербанкита от содержания в нем основных элементов. Для минералов группы томсонита было показано (Неу, 1932), что увеличение показателей преломления зависит от роста содержания кальция при изоморфном замещении $\text{NaSi} \rightarrow \text{CaAl}$ и не зависит или зависит очень незначительно от содержания стронция. Отсутствие зависимости показателей преломления от содержания стронция было проиллюстрировано и на примере минералов группы апатита (Ефимов, 1967).

При замещении $\text{NaTR} \rightarrow 2\text{Ca}$, вероятно, имеющем место в бербанките, следует учитывать как возможное уменьшение показателей преломления при замещении кальция натрием, так и их возможное увеличение при замещении кальция редкоземельными элементами, что также показано на примере минералов группы апатита. При замещении стронция барием, если судить по минералам ряда барит — целестин, следует ожидать увеличения показателей преломления.

Следовательно, на увеличение показателей преломления бербанкита, по-видимому, может влиять увеличение содержаний кальция (по сравнению с натрием), редкоземельных элементов и бария. Кроме того, не исключено, что гидратация минерала также влияет на эти константы.

Вполне естественно, что при недостаточном представительном материале можно принять частную эмпирическую зависимость за общую закономерность; это, по всей вероятности, и имело место в работе Л. С. Бородина и Ю. Л. Капустина (1962), которыми был предложен график зависимости показателей преломления бербанкита только от содержания редкоземельных элементов. Обнаружение Р. П. Тихоненковой бербанкита с наиболее высоким из всех известных образцов содержанием суммы редкоземельных элементов, имеющего наименьшие показатели преломления, показало несостоятельность этой зависимости. Однако взамен одной частной зависимости Р. П. Тихоненковой были предложены две другие (Тихоненкова, Казакова, 1964): 1) прямая зависимость показателей преломления от содержания бария, 2) обратная — от содержания стронция. Обратная зависимость показателей преломления от содержания стронция не отмечалась ни для минералов группы апатита, ни для минералов группы томсонита и, вероятно, объясняется в бербанките чисто механическим уменьшением содержания стронция при возрастании бария и редких земель, с которыми стронций в этом минерале находится в изоморфных соотношениях.

При обсуждении генетической специфики образования бербанкита необходимо учитывать почти одинаковый набор катионов (Na , TR , Sr , Ba , Ca) в бербанките и апатите из щелочных пород. Принимая во внимание широкое развитие обогащенного Sr и TR апатита в щелочных породах и карбонатитах и довольно незначительное распространение бербанкита в этих образованиях, можно предположить, что указанные выше элементы в большинстве своем рассеиваются в апатите и только специфические локальные условия недостаточности фосфора при большой активности углекислоты приводят к образованию бербанкита.

Таким образом, для образования бербанкита, вероятно, необходимы фильтрация щелочных растворов, насыщенных специфическими для них

редкими элементами — TR, Sr, Ba, а также отмеченные выше локальные условия.

Находка бербанкита в метасоматитах Урала показывает, что этот минерал может образовываться не только из щелочно-карбонатных растворов послемагматической стадии формирования карбонатитов, но и при воздействии щелочных растворов на осадочные карбонатные породы.

ЛИТЕРАТУРА

- Б о р о д и н Л. С., К а п у с т и н Ю. Л. Бербанкит — первая находка в СССР.— Докл. АН СССР, 1962, 147, № 2.
- Е ф и м о в А. Ф. О зависимости некоторых физических констант апатитов из щелочных пегматитов от их состава.— В кн. «Минералогия пегматитов и гидротермалитов некоторых щелочных массивов». Изд-во «Наука», 1967.
- Е ф и м о в А. Ф., Г а н з е е в А. А., К а т а е в а З. Т. О находке стронциевого томсовита в СССР.— Докл. АН СССР, 1966, 169, № 5.
- З д о р и к Т. Б. Бербанкит и продукты его изменения.— В кн. «Новые данные о минералах СССР», вып. 17. Изд-во «Наука», 1966.
- Л и с и ц и н А. И. Редкометальное оруденение в древних толщах Урала.— Разведка и охрана недр., 1965, № 12.
- Л и с и ц и н А. И., Т а л а н ц е в А. С. Новые данные о металлогении западного склона Урала.— Сов. геол., 1965, № 2.
- Т и х о н е н к о в а Р. П., К а з а к о в а М. Е. Первая находка бербанкита в массиве нефелиновых снейптов.— В кн. «Минералогия и генетические особенности щелочных массивов». Изд-во «Наука», 1964.
- Н е у М. Н. — Min. Mag., 1932, N 23.
- Р е с о г а W. T., К е р р J. H. Burbankit and calkinsit, two new carbonate minerals from Montana.— Amer. Min., 1953, 38, N 11—12.