

ЛИТЕРАТУРА

1. *Симонов В.И.* Баотит—минерал с метасиликатными кольцами $[Si_4O_{12}]$. — Кристаллография, 1960, т. 5, вып. 4.
2. *Ефимов А.Ф., Еськова Е.М.* Минералогия щелочных метасоматитов Западного склона Урала. — В кн.: Новые данные по геологии, минералогии и геохимии щелочных пород. М.: Наука, 1973.
3. *Семснор Е.И., Дун-Вен-син, Капитонова Т.А.* О новом ниобиевом минерале баотите. — Докл. АН СССР, 1961, т. 136, № 4.
4. *Heinrich H.W., Bayer W.H., Crowley F.A.* Baotite from Ravalli counti, Montana. — Amer. Miner., 1962, vol. 47, N 78.
5. *Лебедева С.И.* Микротвердость минералов. М.: Недра, 1977.
6. *Боровский И.Б., Рыдник В.И.* К методике количественного локального рентгеноспектрального анализа. — Заводская лаборат., 1967, № 8.
7. *Пятенко Ю.Я., Воронков А.А., Пудовкина З.В.* Минералогическая кристаллохимия титана. М.: Наука, 1976.
8. *Еськова Е.М.* Щелочные редкометалльные метасоматиты Урала. М.: Наука, 1976.

УДК 549.531

Ю.Л. КАПУСТИН

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ РИНКОЛИТА ИЗ НЕФЕЛИН-СИЕНИТОВЫХ МАССИВОВ ТУВЫ

В Восточной Туве известно около 30 отдельных щелочных массивов площадью от 1 до 40 км², множество полей щелочных даек и проявлений интенсивной фенитизации с появлением фельдшпатоидов. Почти все массивы сложены типичными миаскитовыми породами, с коэффициентом агпаитности ≤ 1 . В качестве основных темноцветных минералов в них присутствуют биотит, гастингсит и геденбергит, реже — эгиригеденбергит и лепидомелан. Однако в наиболее крупных штоках нефелиновых сиенитов или вблизи от них известны мелкие тела типичных фойяитов, пегматитовые жилы и метасоматиты с эгирином и арфведсонитом или лепидомеланом. Коэффициент агпаитности фойяитов и таких пегматитов — 1,1–1,3, а в меланократовых биотит-эгириновых метасоматитах, бедных полевыми шпатами, он достигает 2–3 при содержании (%) Na_2O — до 6, K_2O — 0,5–2 и Al_2O_3 — 2–4.

На примере тувинских массивов наглядно иллюстрируется влияние коэффициента агпаитности на состав редкометальной минерализации. Этот фактор, на который постоянно обращал внимание исследователей академик А.Е. Ферсман, является решающим в распределении редкометальной минерализации и полностью определяет минеральные формы таких типоморфных для щелочных пород металлов, так Ti, Zr, TR и в меньшей степени — Sr, Nb и Ta. При коэффициенте агпаитности пород < 1 в них встречаются акцессорные минералы: сфен, циркон, пирохлор, ильменит; при коэффициенте агпаитности > 1 акцессорные минералы: эвдиалит, ринколит, лампрофиллит, нептунит, лопарит, катаплеит, вадеит. В породах с коэффициентом агпаитности ~ 1 часто присутствуют и те и другие минералы, но встречаются также астрофиллит, велерит, ловенит, гетценит, лейкофан и бритолит [1].

Ринколит встречен в фойяитах Коргеретабинского и Дугдинского массивов, нефелин-сиенитовых пегматитах, альбититах и биотит-эгириновых метасоматитах. Пегматиты и альбититы с акцессорным ринколитом находят вне массивов (Коргеретаба, Пичехоль, Дугду), среди вмещающих сланцев и известняков, или внутри массивов (Пичехоль, Сайлык, Тарбагатай). Биотит-эгириновые метасоматиты развиты только среди вмещающих слюдястых сланцев, обогащенных графитом, пиритом и ильменитом (Дугду).

В пегматитах ринколит образует три генерации. Ринколит I генерации встречен в краевых зонах жильных и шпировых пегматитов (Коргеретаба) вместе с первичными породообразующими минералами—микроклинном, нефелином, эгирином и арфведсонитом и акцессорными минералами — эвдиалитом, астрофиллитом или ловенитом. Этот ринколит образует характерные шестоватые или шестовато-улощенные кристаллы размером до 5x0,5x0,2 мм, врастающие в прочие минералы. Кристаллы ринколита с неровной поверхностью, без концевых граней, прозрачны и чисты.

Ринколит II генерации встречается в центральных зонах пегматитов в ассоциации с анальцимом, содалитом, катаплеитом и образует вытянуто-пластинчатые выделения размером до 1x0,5x0,2 см. Ринколит III генерации обнаружен в альбитизированных участках пегматитов и образует в массе пластинчатого или сахаровидного альбита от-

Т а б л и ц а 1

Минеральные ассоциации и внешний облик ринколита

Порода (генерация)	Сопутствующие минералы		Облик выделений	Массивы
	Породообразующие	Акцессорные		
Фойяиты	Нефелин, микроклин, альбит, эгирин, арфведсонит	Эвдиалит, лопарит	Уплощенные кристаллы, желтые прозрачные	Коргередаба, Дугду
Пегматит, I генерация	Нефелин, микроклин, эгирин I, арфведсонит, астрофиллит I	Эвдиалит	То же	Те же
Пегматит, II генерация	Микроклин, нефелин, анальцит I, астрофиллит II	Эвдиалит, бриллиолит	То же	Те же
Пегматит, III генерация	Альбит, лепидомелан, флюорит, анальцит II	Катаплеит, бриллиолит, мелинофан	Шестовато-уплощенные, желтые, непрозрачные, измененные	Пичехоль, Коргоредаба, Улан-Эрге
Альбитит	Альбит, лепидомелан, эгирин-авгит, флюорит	Магнетит, сульфиды, бастнезит	Игольчатые кристаллы, желтые, оранжевые, непрозрачные	Пичехоль
Биотит-эгириновый метасоматит	Биотит, эгирин, флюорит, альбит	Энигматит, лопарит, гетценит, эвдиалит	Зернистые массы; желтый прозрачный	Дугду

дельные тонкие игольчатые или уплощенно-игольчатые кристаллы размером до 5x0,5x0,1 см (Пичехоль). Встречаются лучистые или радиально-лучистые сростки этих кристаллов. Ринколит II и III генераций постоянно непрозрачен, замутнен, изменен и часто рентгеноаморфен.

В альбититах, альбитизированных и биотитизированных фенитах и сланцах ринколита встречается редко и в ничтожных количествах, образуя тонкие игольчатые и уплощенно-игольчатые кристаллы до 1 см по оси *c* (Пичехоль). Этот ринколит содержит тончайшие микроворстки сопутствующих минералов, непрозрачен, замутнен и изменен.

В Дугдинском массиве среди окружающих его черных филлитовидных биотитовых сланцев развиты специфические биотит-эгириновые метасоматиты с флюоритом, эвдиалитом, энигматитом, гетценитом. В участках с черно-фиолетовым флюоритом и энигматитом встречены зернистые скопления и вкрапленность игольчатых кристаллов ринколита размером 0,1–2 мм. Кристаллы плохо образованы, шестовато-уплощенной формы, совершенно свежие и чистые, но постоянно содержат тончайшую микровкрапленность флюорита, чрезвычайно трудно отделяемого при отборке.

Минералы ассоциации ринколита в каждом из рассмотренных образований специфичны (табл. 1). Только наиболее ранний ринколит из фойяитов и пегматитов (I генерация), а также из биотит-эгириновых метасоматитов чист, свеж и имеет четкое кристаллическое строение. Дебаграммы этого ринколита относительно хорошего качества и аналогичны дебаграммам ринколита из Хибинского и Ловозерского массивов. Во всех других случаях ринколит изменен, рентгеноаморфен и изотропен, реже содержит отдельные реликтовые анизотропные блоки в изотропной массе. Показатели преломления измененного минерала понижены (табл. 2).

Химический анализ показал значительные различия в составе первичного и измененного ринколита (табл. 2). Первичный ринколит характеризуется практическим отсутствием воды при высоком содержании CaO (27–30%) и Na₂O (6–7%), а измененный содержит до 22% H₂O и всего 8–11% CaO и 1–2% Na₂O при значительном уменьшении количества SiO₂, SrO, F и увеличении TiO₂, Fe₂O₃, TR₂O₃.

Результаты химического анализа первичного ринколита пересчитываются на следующие формулы:

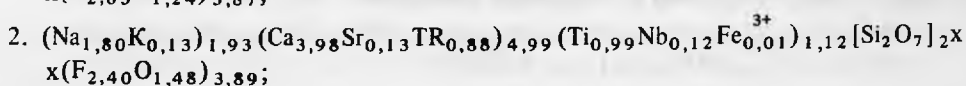
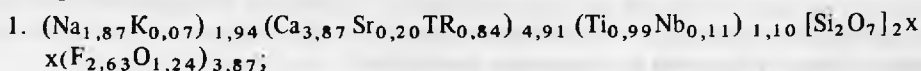
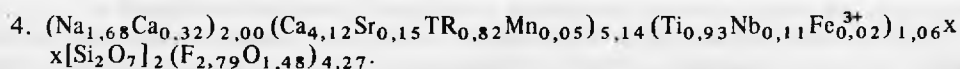


Таблица 2

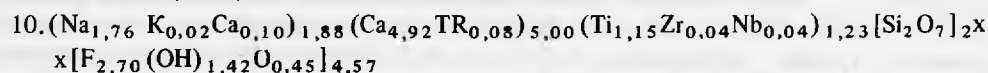
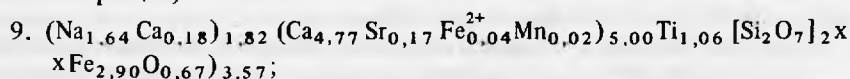
Химический состав (в вес.%) и свойства минералов группы ринколита

Компоненты	Коргередаба				Терехоль		Дугду	
	фойяит		пегматит		альбитит		метасоматит	
	1		2		3		4	
Nb ₂ O ₅	1,80	(0,0136)	2,10	(0,0157)	2,15	(0,0162)	1,75	(0,0132)
ZrO ₂	—	—	—	—	2,48	(0,02017)	—	—
SiO ₂	29,80	(0,4967)	30,12	(0,5020)	25,24	(0,4207)	29,11	(0,4851)
TiO ₂	9,73	(0,1216)	9,80	(0,1225)	11,88	(0,1485)	9,00	(0,1125)
TR ₂ O ₃	17,25	(0,1046)	17,93	(0,1087)	25,96	(0,1578)	16,40	(0,0994)
Al ₂ O ₃	He обн.	—	He обн.	—	—	—	He обн.	—
Fe ₂ O ₃	0,14	(0,0017)	0,20	(0,0025)	1,24	(0,0155)	0,33	(0,0041)
MnO	Сл.	—	Сл.	—	0,47	(0,0067)	0,43	(0,0061)
CaO	26,93	(0,4809)	27,45	(0,4902)	10,28	(0,1836)	30,00	(0,5357)
SrO	2,50	(0,0244)	1,70	(0,0161)	0,02	(0,0002)	2,00	(0,0192)
Na ₂ O	7,20	(0,2322)	6,81	(0,2197)	0,96	(0,0309)	6,29	(0,2029)
K ₂ O	0,40	(0,0085)	0,74	(0,0157)	0,25	(0,0053)	—	—
H ₂ O ⁺	0,56	(0,0622)	0,40	(0,0444)	—	—	0,61	(0,0678)
H ₂ O ⁻	—	—	He обн.	—	18,09	(2,0100)	—	—
F	6,20	(0,3263)	5,30	(0,2788)	1,72	(0,0905)	6,41	(0,3374)
-O-F ₂	2,54	—	2,29	—	0,71	—	2,70	—
Сумма	99,97	—	100,26	—	100,03	—	99,63	—
Аналитик	А.В. Быкова				В.Н. Архангельская		В.А. Быкова	
Цвет	желтый		темно-желтый		Темно-желтый		Желтый	
Плотность	3,32		3,28		2,75		3,29	
N _g	1,668		1,665		—		1,660	
N _p	1,663		1,660		1,630		1,658	
2V	+ 65°		+65°		—		+67°	

Примечание: * включая ThO₂; ** включая FeO; анализы приведены по данным: 1–6 и 9 – автора; 7 – по К.А. Власову и др. [2], 8 – по Е.И. Семенову [3], 10 – А.Г. Булаху и Ю.Л. Капустину [4], 11 – по [5]; 1–8 – ринколит, 9–11 – гетценит.



Эти формулы чрезвычайно близки к общему виду $\text{Na}_2(\text{Ca}_4\text{TR}_1)_5\text{Ti}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 \times (\text{F}, \text{O})_{3,5-4}$, типичному для титаносиликатов группы гетценита. Собственно гетценит, также обнаруженный нами в Туве, имеет следующие формулы (у двух проанализированных образцов):

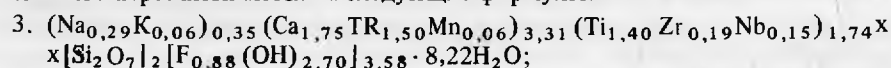


(см. в табл. 2). В общем случае его формула имеет вид: $\text{Na}_2\text{Ca}_5\text{Ti}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 (\text{F}, \text{O})_{3,5-4}$.

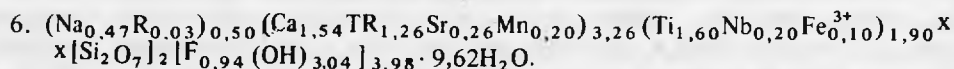
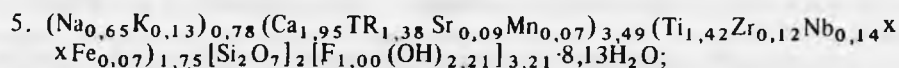
Таким образом, формулы ринколита и гетценита имеют большое сходство. При соотношении в ринколите $\text{Ca}/\text{TR} = 4$ можно предполагать, что TR занимают самостоятельную структурную позицию и общая формула ринколита может иметь вид: $\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{TRTi} \times [\text{Si}_2\text{O}_7]_2 (\text{F}, \text{O})_{3,5-4}$. В этой форме она идеально сходна с общей формулой гетценита – $\text{Na}_2\text{Ca}_5\text{Ti}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2 (\text{F}, \text{O})_{3,5-4}$.

Вероятно, гетценит представляет собой крайний кальциевый член этой группы титаносиликатов, а ринколит известен как крайний редкоземельный член, хотя количество в нем TR в 4 раза ниже, чем CaO (в ат. %), и можно было бы ожидать и дальнейшего замещения Ca на TR.

Ринколит поздних генераций из Тувы значительно отличается от первичного не только по физическим свойствам, но и по химическому составу. Результаты химического анализа его пересчитываются на следующие формулы:

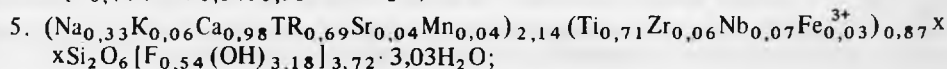
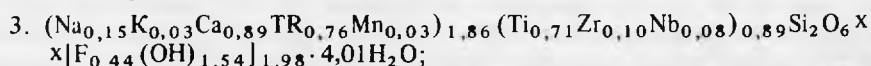


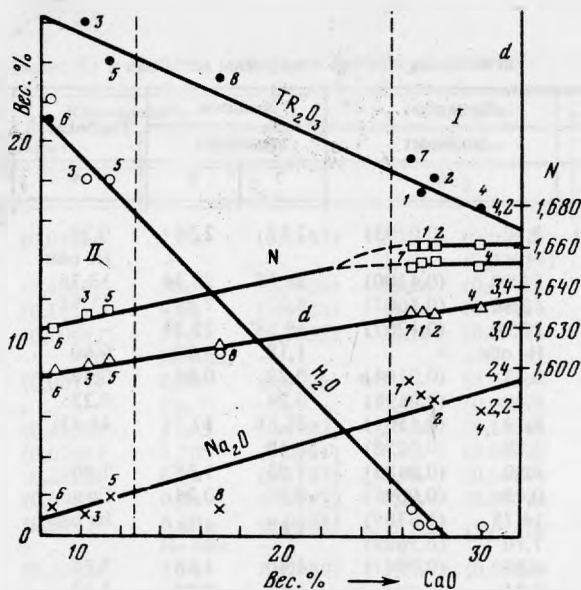
Коргередаба		Пичехоль		Хибины		Тарбагатай	Кольский п-ов	Африка
альбитит		альбитит		пегматит				
5		6		7	8	9	10	11
1,90	(0,01504)	2,70	(0,0203)	2,57	2,34	0,20	0,86	Не обн.
1,61	(0,0130)	—	—	—	—	Не обн.	1,76	—
25,30	(0,4217)	24,60	(0,4100)	28,38	29,34	33,78	32,43	32,50
12,04	(0,1505)	12,86	(0,1607)	8,27	7,86	11,98	12,45	9,72
24,10	(0,1464)	20,90	(0,1267)	19,18*	23,24	—	2,06	Не обн.
—	—	Не обн.	—	1,18	4,29	0,60	—	4,26
0,62	(0,0077)	0,83	(0,0104)	0,27	0,84	0,40*	Сл.	0,80**
0,60	(0,0075)	1,40	(0,0198)	0,24	—	0,22	0,18	0,07
11,59	(0,2069)	8,74	(0,1561)	26,68	17,11	41,43	36,00	41,89
1,07	(0,0103)	2,70	(0,0258)	0,40	—	—	2,00	—
2,12	(0,0684)	1,50	(0,0483)	7,83	1,38	7,00	6,35	4,85
0,63	(0,0134)	0,45	(0,0096)	0,36	0,24	Сл.	0,12	0,14
13,48	(1,4978)	14,75	(1,6389)	1,62	8,66	Не обн.	1,74	0,26
4,14	(0,4600)	7,10	(0,7889)	—	—	—	Не обн.	0,14
1,93	(0,1016)	1,80	(0,0947)	4,40	1,68	7,70	6,91	8,33
0,78	—	0,74	—	1,85	0,70	3,23	2,83	3,54
100,35	—	99,59	—	99,53	96,28	100,08	100,03	100,42
Г.В. Любомилова		М.Е. Казакова				А.В. Быкова		
Красный		Оранжевый		Желтый		Светло-желтый		
2,78		2,70		3,3		3,25		—
—		—		1,667		1,658		1,661
1,635		1,625		1,655		1,650		1,652
—		—		+70°		-80°		-82°



По сравнению с ранним ринколитом в этих образцах в 3–7 раз меньше количество Na_2O , в 2–3 раза ниже содержание CaO , F и повышено количество TR_2O_3 на 25–50%; содержание воды достигает 22% (обр. 6 в табл. 2). Аналогичный минерал из пегматитов щелочных массивов Кольского полуострова был ранее назван гидроринколитом [3]. Вероятно, вынос катионов и интенсивная гидратация ринколита приводят к разрушению первичной кристаллической структуры его, что обуславливает обычную рентгеноаморфность и изотропность этого вещества. Однако под обычным и электронным микроскопом гидроринколит прозрачен, однороден и однофазен. Процесс образования аморфного гидроринколита аналогичен процессу метамиктизации сложных минералов Ta, Nb, TR, Ti, но происходит вне зависимости от радиоактивного излучения (содержание Th+U в ринколите обычно невелико), а при воздействии на первичный кристаллический ринколит гидротермальных растворов и выносе из него значительной части основных компонентов (образование "дефектности"). Однако, возможно, что гидроринколит представляет собой иной, самостоятельный минерал с другим кремнекислородным радикалом, а иногда, возможно, тонкодисперсную смесь остаточных окислов SiO_2 , TiO_2 , TR_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 (рис.).

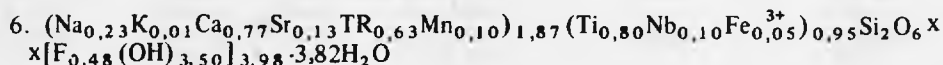
Если принять минимальный коэффициент при Si = 2, то результаты анализов гидроринколита пересчитываются на формулы:





Содержание некоторых компонентов в ринколите в зависимости от содержания в нем CaO и изменение его свойств

Хорошо заметно наличие двух разновидностей минерала: первичного ринколита (I) и гидроринколита (II), с разрывом между полями этих разновидностей



или в общем виде — $(\text{Ca}, \text{TR})_2(\text{Ti}, \text{Nb})\text{Si}_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH})_{3-4} \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$, с достаточной близостью формульных коэффициентов к целым числам при объединении Na, Ca, TR, Mn, Sr в одну группу. Однако эти формулы условны, так как тип кремнекислородного радикала в гидроринколите не установлен и он может оказаться иным. Радикал Si_2O_6 более свойствен высокотемпературным силикатам типа пироксена и для поздних минералов не типичен.

Таким образом, для агапитовых нефелиновых сиенитов и их пегматитов в Туве типичен свежий ринколит, обычно лишь слабо затронутый гипергенным изменением (табл. 3). Он неустойчив в щелочных метасоматитах в гидротермальных условиях и, образуясь в них на начальной стадии, затем легко изменяется с выщелачиванием Na, Ca, F и накоплением Ti, Nb, Zr, TR, Fe^{3+} и вероятным изменением типа кремнекислородного радикала при значительной гидратации. Метамиктизация ринколита приводит к превращению его в новое вещество.

Таблица 3

Соотношение редкоземельных элементов в ринколите ($\Sigma\text{TR}_2\text{O}_3=100\%$)

Порода	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tu	Yb	Lu	Y	Массив
Фойяит	24	47	4	17	1,7	—	1,6	0,1	0,2	0,2	0,3	1,1	—	0,1	2,7	
Пегматит:																
I генерация	27	49	3	13	1,7	—	1,6	0,2	0,2	0,3	1,1	—	0,8	0,1	2	Коргередаба
II генерация	28	51	3	12	2,2	0,5	1,5	—	0,4	—	0,2	—	0,2	—	1,5	Дугду
III генерация	24	45	4	18	2,1	0,2	2,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	3,3	Коргередаба
Альбитит	31	49	3	12	1,8	—	2	—	—	—	—	—	0,2	—	1	Дугду
"	26	48	4	16	1,8	0,2	1,9	0,2	0,2	—	0,2	—	0,2	—	1,3	Пичехоль
"	24	46	4	17	2	0,3	2,1	0,2	0,3	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	3	"
"	29	51	3	12	1,3	0,2	1,2	0,1	0,2	—	0,3	—	0,1	—	1,4	Дугду
"	25	49	4	17	1,8	0,2	1,7	0,1	0,2	0,1	0,7	0,2	0,2	0,1	1,3	Коргередаба
Биотит-эгириновая	32	50	3	12	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	Дугду
То же	30	50	3	13	1,5	—	0,8	—	0,3	—	0,2	—	0,1	—	1,1	"
Эгири-флюоритовая	26	48	4	17	2	0,2	1,6	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1,1	"

Примечание: Анализы выполнены спектральным методом из осадков TR_2O_3 , выделенных химическим методом (1-9), и из минерала (10-12). Аналитик Л.Г. Логинова.

В гипергенных условиях ринколит также неустойчив и слабо изменяется, покрываясь желтыми порошковатыми продуктами. В этих продуктах в двух образцах из Пичехоля и Коргердабы химическим анализом М.В. Кухарчик установлено содержание TR_2O_3 — 39,05 и 32,01%; Nb_2O_5 — 4,23 и 3,16% и TiO_2 — 20,00 и 15,33%. Рентгенографическим анализом в них фиксирована фаза анатаза и в единичном случае (Пичехоль) — также бастнезита. При воздействии на эти продукты HCl они иногда слабо вскипают, подтверждая наличие карбоната. Под микроскопом в иммерсионных препаратах в порошковатых продуктах изменения ринколита обычно устанавливается основная дисперсная неопределенная масса (60–80%), бесцветная и изотропная; лимонит (до 10%), гидроокислы Mn, часто — непрозрачный тончайший агрегат анатаза (до 10%) и иногда — тонкодисперсная агрегатно поляризирующая фаза с высоким двупреломлением, напоминающая карбонат. Возможно, среди продуктов разложения ринколита присутствует не только бастнезит, но и анкилит, так как в двух случаях для этих продуктов из Дугдинского массива установлено высокое содержание SrO — 2,90 и 3,26% (Е.А. Фабриковой, методом фотометрии пламени).

ЛИТЕРАТУРА

1. Капустин Ю.Л. Особенности строения, состав и распределение редкометалльных минералов в пегматитах нефелиновых сиенитов Восточной Тувы. — В кн.: Закономерности распределения редкометалльной минерализации в пегматитах. М.: Наука, 1969.
2. Власов К.А., Кузьменко М.В., Еськова Е.М. Ловозерский щелочной массив. М.: 1959.
3. Семенов Е.И. Минералогия Ловозерского щелочного массива. М.: Наука, 1972.
4. Булах А.Г., Капустин Ю.Л. Гетценит из щелочных пород Турьего полуострова (Кольский полуостров). — Зап. Всес. минер. об-ва, ч. 102, вып. 4, 1973.
5. Минералы. Т. 3. М.: Наука.

УДК 549.0

В.А. КОРНЕТОВА, С.Е. БОРИСОВСКИЙ, Р.В. БОЯРСКАЯ, В.С. МАЛОВ

О ПРИРОДЕ "ВОЛЬФРАМОИКСИОЛИТА"

В 1969 г. группой исследователей ВИМС во главе с А.И. Гинзбургом впервые был описан минерал под названием "вольфрамоиксиолит" [1], который квалифицировался этими авторами как разновидность иксиолита — оловянного тантало-ниобата с наименьшими в этой группе параметрами элементарной ячейки, у которого вместо олова оказался вольфрам. Генетическая принадлежность минерала не была установлена, так как не было известно само месторождение.

Описанный "вольфрамоиксиолит" оказался в тесном сростании с другими минералами, причем от некоторых из них авторы при отборе материала для химического анализа не могли освободиться. Такими минералами оказались ильменит, микроклин, флюорит, кварц и неизвестный, развивающийся по "вольфрамоиксиолиту" ближе не установленный минерал со структурой вольфрамита лимонно-желтого цвета.

Химический состав минерала помимо главных элементов — Nb, Ta и W, отличался содержанием более 1% TiO_2 , ZrO_2 , UO_2 и H_2O .

К сожалению, при описании "вольфрамоиксиолита" как нового минерала авторы допустили ряд неточностей и ошибок, на которые им было указано И.Д. Борнеман-Старынкевич [2].

В 1976 г. И.Д. Борнеман-Старынкевич [3] вновь исследовала тот же образец, который изучался А.И. Гинзбургом в 1969 г. с целью устранения ошибок и уяснения природы минерала. Был установлен правильный удельный вес (6,7), совпадающий с рентгеновской плотностью (6,71). Показано наличие в минерале молекулярной (не структурной воды), механической примеси микроклина, ильменита, циркона, рутила, урано-калиевого минерала, фазы без вольфрама, содержащей Nb, Ta, Mn, а также отсутствие в основном составе U, Zr, Al, Si и K. На кривых профилирования показано синхронное колебание Fe и W, изоморфное замещение Nb—Ta, W—Ta (или включение $\text{Mn}(\text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ в основном составе), отсутствие закономерности в колебаниях содержаний W и Nb [3]. По мнению авторов, основной состав складывается элементами Nb, Ta, W, Fe, Mn, Ti, но у них не было уверенности в существовании одной фазы. Напротив, расчет анализа после вычитания примесей хорошо укладывался в состав 60% $\text{Fe}(\text{Mn})\text{WO}_4$ и 40% $\text{Mn}(\text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$. Авторы высказали предположение, что ми-