

А. П. ХОМЯКОВ, В. Д. ДУСМАТОВ, Г. Е. ЧЕРЕПИВСКАЯ

ЭВКОЛИТ ИЗ ПАРАГЕНЕЗИСА С КВАРЦЕМ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 18 IV 1975)

Силикаты циркония ряда эвдиалит — эвколит, характерные для агпаитовых нефелиновых сиенитов, изредка отмечались и в некоторых типах пород, пересыщенных кремнеземом ⁽¹⁻⁴⁾. Одним из ярких примеров такой необычной ассоциации может служить парагенезис эвколита с кварцем в пегматитах массива Дараниоз (Северный Таджикистан) ⁽⁵⁾.

Жильные и шпировые тела пегматитов размером до 2—3×200—300 м залегают в кварцевых сиенитах. От контакта с вмещающими породами в них наблюдается последовательная смена зон от мелапократовой эгириновой

Таблица 1

№ линии	№ 1		№ 2		№ 3		№ линии	№ 1		№ 2		№ 3	
	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å		I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å
1	1	11,28	1	11,12	—	—	29	3	1,823	4	1,833	3	1,826
2	1	9,51	1	9,61	—	—	30	4	1,774	6	1,780	6	1,771
3	—	—	1	7,20	1	7,20	31	2	1,704	2	1,714	2	1,700
4	1	6,31	1	6,35	1	6,35	32	2	1,667	2	1,671	2	1,668
5	1	5,93	3	5,78	—	—	33	2	1,637	1	1,639	—	—
6	1	5,57	—	—	2	5,59	34	3	1,593	3	1,598	2	1,590
7	—	—	—	—	1ш	4,85	35	1	1,542	3	1,543	2	1,542
8	1	4,22	3	4,33	3	4,29	36	3	1,473	4	1,477	3	1,473
9	1	4,04	3	4,02	2	4,00	37	1	1,427	2	1,432	1	1,425
10	1	3,90	—	—	—	—	38	2	1,398	2	1,403	1	1,398
11	1	3,75	1	3,75	—	—	39	2	1,367	2	1,373	2	1,365
12(2240)	3	3,49	4	3,50	4	3,53	40	2	1,345	2	1,346	2	1,341
13	2	3,37	3	3,36	2	3,36	41	1	1,293	1	1,296	—	—
14	1	3,27	—	—	—	—	42	1	1,267	1	1,266	1	1,266
15	10	3,15	10	3,17	10	3,16	43	—	—	1	1,236	—	—
16	10	2,95	10	2,98	10	2,98	44	—	—	1	1,209	—	—
17	10	2,82	9	2,87	10	2,83	45	—	—	1	1,179	—	—
18(1450)	1	2,68	1	2,69	1	2,68	46	2	1,138	2	1,139	1	1,135
19	2	2,56	2	2,59	2	2,57	47	1	1,117	1	1,118	1	1,112
20(0.0.0.12)	1	2,51	1	2,52	1	2,52	48	—	—	—	—	2ш	1,076
21(3360)	2	2,37	4	2,38	4	2,39	49	—	—	—	—	1	1,057
22	1	2,30	—	—	—	—							
23	1	2,25	—	—	—	—							
24	1	2,18	—	—	—	—							
25	4	2,12	6	2,14	6	2,13	$a_0, \text{Å}$	14,28±	14,29±	14,30±0,005			
26	2	2,05	1	2,05	1	2,04		±0,005	0,005				
27	3	1,967	3	1,973	2	1,967	$c_0, \text{Å}$	30,12±	30,22±	30,22±0,01			
28	2	1,892	1	1,899	2	1,894		±0,01	0,01				

Примечание. Условия съемки: неотфильтрованное Си-излучение, $D_{\text{кам}} = 57,3$ мм. Аналитик Л. А. Хорошилова. Параметр c_0 определен по линии (0.0. 0.12), для a_0 принято среднее из трех значений, вычисленных по (2240), (1450) и (3360.)

через эгирин-кварц-полевошпатовую к зоне блокового микроклина и, наконец, к кварцевому ядру. Широко проявлены комплексы замещения — альбит-арфведсонитовый и кварц-полилит-ионитовый. Среди аксессуарных минералов наряду с эвколитом отмечены апатит, сфен, эканит, торит, циркон, стивелит, ридмерджнерит, YBe-датолит, пестунит, ринколит, астрофил-

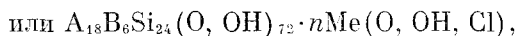
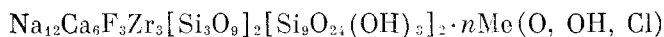
лит, Cs-куплетскит, бафертисит, пироклор, таджикит, тяньшанит, согдианит, дарapiозит, баратовит и др.

Эвколит — сравнительно широко распространенный минерал пегматитовых тел — приурочен к зонам блокового микроклина и кварца. Образует хорошо ограниченные кристаллы размером от 0,5 до 10 см в диаметре и их сростки. На всех кристаллах развиты грани ромбоэдров $\{10\bar{1}1\}$ и $\{0112\}$. Реже отмечаются грани базопинакоида $\{0001\}$ и призмы $\{11\bar{2}0\}$. Для минерала, не затронутого процессами изменения, характерна желтовато-коричневая или малиновая окраска, высокая степень прозрачности, сильный стеклянный блеск. Оптически одноосный, отрицательный, плеохроирует от бесцветного (N_e) до коричневатого (N_o). Основная часть выделений минерала замещена тонкозернистым агрегатом продуктов изменения, не поддающихся надежной диагностике. Измененный эвколит непрозрачен, имеет пеструю красноватую или желтоватую окраску, матовый блеск.

Детальному исследованию подвергнуты образцы свежего желтовато-коричневого эвколита из пегматитовых тел с аксессуарным стилвелитом, эканитом, флюоритом (№ 1), ридмерджнеритом, стилвелитом, сфеном, бетафитом, шизолитом, полилитнионитом (№ 2), торитом, эканитом, флюоритом, нептунитом, сфеном, апатитом (№ 3). Для каждого образца по рентгенограммам порошка рассчитаны параметры элементарной ячейки (табл. 1), определены плотность (метод гидростатического взвешивания, точность $\pm 0,02$) и показатели преломления (метод фокального экранирования, точность $\pm 0,002$).

Состав и свойства изученных образцов сопоставлены в табл. 2. По сравнению со «средним» эвколитом (№ 4) все они содержат несколько больше CaO (11,4—11,5%), существенно обогащены примесями Nb_2O_5 (3,0—3,4%), TR_2O_3 (5,2—6,5%), MnO (4,8—6,8%). Суммарное содержание указанных примесей последовательно увеличивается от обр. № 1 (14,9%) к обр. № 3 (16,6%), сопровождаясь возрастанием плотности, показателей преломления, а также небольшим увеличением объема элементарной ячейки. Значения рентгеновской плотности (№ 1 3,06, № 2 3,09, № 3 3,14) и плотности, вычисленной по формуле Гладстона (№ 1 3,02, № 2 3,12, № 3 3,14), несколько ниже экспериментальных. Однако и они последовательно увеличиваются от № 1 к № 3.

Как известно (^{7, 8}), ромбоэдрическая ячейка эвдиалита — эвколита содержит 1 форм. ед. состава:



где Me=Si, K(Ba, Sr), Na(Ca, TR), n варьирует от 0 до 5. Левая часть этой формулы отвечает каркасу структуры с 48 катионами, а правая — «боковой цепи», за счет которой содержание ячейки может увеличиваться вплоть до $\Sigma \text{кат.} = 53$. Выполненные Борнеман-Старынкевич (⁶) пересчеты нескольких десятков химических анализов показали, что количество катионов в ячейке большинства образцов эвдиалита — эвколита составляет от 50 до 53, причем один или два из добавочных катионов представлены атомами Si. Однако из-за крайней малочисленности рентгенографических данных указанные пересчеты производились в основном на «стандартную» ячейку ($V_0 = 1760 \text{ \AA}^3$) *.

В этой связи приводимые в настоящей работе данные о параметрах ячейки трех новых химически проанализированных образцов представляют несомненный интерес. Как установлено расчетом по методу (^{9, 10}), ромбо-

* Среди рентгенографически изученных эвдиалитов — эвколитов значения V_0 колеблются в пределах 1691—1793 $\text{\AA}^3$.

Таблица 2

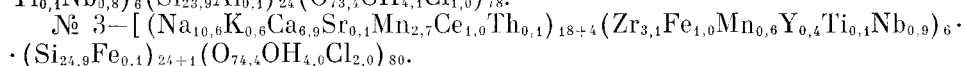
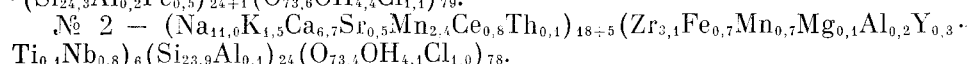
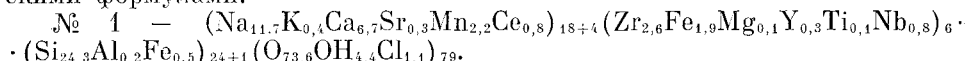
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4			№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
	Состав, вес.% (ат. колич.)								Содержание атомов в ячейке								
Nb ₂ O ₅	3,08	(0,0232)	3,01	(0,0226)	3,35	(0,0252)	1,99		Nb	0,76	0,76	0,86	0,5				
TiO ₂	0,35	(0,0044)	0,19	(0,0024)	0,30	(0,0038)	0,31		Ti	0,14	0,08	0,13	0,2				
ZrO ₂	9,78	(0,0794)	11,68	(0,0948)	11,30	(0,0917)	12,78		Zr	2,61	3,19	3,14	3,3				
SiO ₂	44,61	(0,7424)	43,54	(0,7246)	43,80	(0,7289)	47,06		Si	24,42	24,40	24,99	24,9				
ThO ₂	—		0,44	(0,0017)	0,50	(0,0019)	—		Th	—	0,06	0,06	—				
TR ₂ O ₃	5,51 *	(0,0346)	5,24 **	(0,0330)	6,50	(0,0409)	3,21		TR	1,14	1,11	1,40	0,6				
Al ₂ O ₃	0,31	(0,0061)	0,42	(0,0084)	0,00	(—)	0,75		Al	0,20	0,28	—	0,4				
Fe ₂ O ₃	3,28	(0,0411)	1,03	(0,0129)	0,00	(—)	—		Fe ³⁺	1,35	0,43	—	—				
FeO	2,26	(0,0314)	0,69	(0,0096)	2,26	(0,0314)	4,94		Fe ²⁺	1,03	0,32	1,08	2,2				
MgO	0,07	(0,0017)	0,11	(0,0027)	Сл.	(—)	0,31		Mg	0,06	0,09	—	0,2				
MnO	4,82	(0,0679)	6,62	(0,0939)	6,80	(0,0959)	3,56		Mn	2,23	3,14	3,29	1,6				
CaO	11,48	(0,2047)	11,36	(0,2026)	11,40	(0,2033)	13,06		Ca	6,73	6,82	6,97	5,7				
SrO	0,86	(0,0083)	1,64	(0,0158)	0,23	(0,0022)	0,95		Sr	0,27	0,53	0,08	0,3				
BaO	0,20	(0,0013)	0,20	(0,0013)	—		—		Ba	0,04	0,04	—	—				
Na ₂ O	11,08	(0,3575)	10,35	(0,3340)	9,60	(0,3098)	11,19		Na	11,76	11,25	10,62	11,5				
K ₂ O	0,59	(0,0125)	2,09	(0,0444)	0,85	(0,0180)	0,70		K	0,41	1,50	0,62	0,5				
H ₂ O	1,21	(0,1343)	1,12	(0,1243)	1,05	(0,1166)	1,38										
Hl	1,24	(0,0350)	1,03	(0,0290)	2,08	(0,0587)	1,01		Σ кат	53,15	53,95	53,23	52,0				
—O=Cl ₂	0,28		0,23		0,47		0,25		OH	4,42	4,19	4,00	4,9				
									Cl	1,15	0,98	2,01	0,9				
Сумма	100,45		100,53		99,55		100,0										
Аналитик	Г. Е. Черешневская				М. Е. Казакова		—										
Некоторые свойства																	
Плотность	3,08		3,14		3,19		3,00										
n ₀	1,642		1,650		1,653		—										
n _e	1,632		1,640		1,642		—										
V ₀ , Å ³	1773		1781		1784		—										

Примечание. №№ 1—3 — массив Даратноз; № 4 — «средний» эвколит по данным 20 анализов (6). Количественный спектральный анализ, при пересчете анализов №№ 1—3 принят средний атомный вес 135.

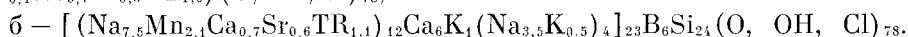
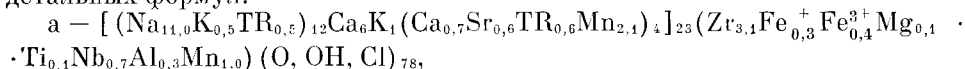
* La₂₃Ce₄₈Pr_{1,8}Nd_{8,7}Sm_{1,2}Eu_{0,11}Gd_{2,6}Tb_{0,26}Dy_{1,6}Ho_{0,35}Er_{0,76}Tu_{0,15}Yb_{0,70}Lu_{0,09}Y₁₂.

** La₂₃Ce₄₈Pr_{2,2}Nd_{8,8}Sm_{1,2}Eu_{0,23}Gd_{2,5}Tb_{0,22}Dy_{1,6}Ho_{0,36}Er_{0,72}Tu_{0,20}Yb_{0,75}Lu_{0,06}Y₁₀.

эдрическая ячейка дарапиозских эвколитов содержит в среднем $53,44 \approx 53$ катиона ($53,15$; $53,95$ и $53,23$), что соответствует каркасу с полностью заселенными полостями «боковой цепи». При $\Sigma \text{кат.} = 53,0$ количество атомов кремния в ячейке варьирует от $23,9 \approx 24,0$ (№ 2) до $24,9 \approx 25,0$ (№ 3), и результаты анализов могут быть представлены следующими эмпирическими формулами:



Для обр. № 2 И. Д. Борнеман-Старынкевич предложила варианты более детальных формул:



К сожалению, однозначно решить вопрос о группировке изоморфных примесей в образцах столь сложного состава не представляется возможным, тем более что ряд элементов занимают в рассматриваемой структуре одновременно несколько неэквивалентных позиций. Это относится, прежде всего, к редким землям (¹¹, ¹²), часть которых (ΣCe) отнесена нами к катионам группы А, а другая часть (ΣY) — к катионам группы В.

Проведенным исследованием установлено, что для массива Дарапиоз характерны разновидности эвколита с полностью заселенными полостями каркаса, без добавочных или с одним добавочным Si. Эти «максимальные» эвколиты, обогащенные ниобием, марганцем, редкими землями, обладают предельно высокими значениями удельного веса, показателей преломления, двупреломления и несколько увеличенными параметрами элементарной ячейки. Образование эвколита в необычной кремнекислой среде следует связывать с резким обогащением остаточного расплава щелочами, летучими и редкими элементами.

Авторы благодарят М. Е. Казакову и А. А. Хорошилову за помощь в работе, И. Д. Борнеман-Старынкевич — за консультации и ознакомление с работой (⁶) до ее опубликования.

Институт минералогии, геохимии и
кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
17 IV 1975.

Институт геологии
Академии наук ТаджССР
Душанбе

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. Lacroix, Mineralogie de Madagascar, v. 1, Geologie, Mineralogie descriptive, Paris, 1922.
- ² O. B. Bøggild, Medd. Grønland., v. 149, № 3 (1953).
- ³ С. М. Кравченко, Е. Г. Проценко, Минерал. сб. Львовск. ун-та, № 20, в. 2 (1966).
- ⁴ Е. И. Семенов, Е. М. Еськова и др., Минералогия щелочных массивов и их месторождений, «Наука», 1974.
- ⁵ В. Д. Дусматов, Докл. АН ТаджССР, т. 7, № 12 (1964).
- ⁶ И. Д. Борнеман-Старынкевич, В сб.: Вопросы изоморфизма в минералах, «Наука», 1975.
- ⁷ В. М. Голышев, В. И. Симонов, Н. В. Белов, Кристаллография, т. 16, № 1 (1971).
- ⁸ Н. В. Белов, Минерал. сб. Львовск. ун-та, № 25, в. 2 (1971).
- ⁹ М. Н. Ней, Mineral. Mag., v. 25, № 166 (1939).
- ¹⁰ И. Д. Борнеман-Старынкевич, Руководство по расчету формул минералов, «Наука», 1964.
- ¹¹ А. П. Хомяков, В сб.: Минералогические исследования, в. 2, ротапринт ИМГРЭ, 1972.
- ¹² А. П. Хомяков, Е. И. Семсенов, В сб.: Минералогические исследования, в. 2, ротапринт ИМГРЭ, 1972.