

УДК 549.655(470.21)

В. Н. Яковенчук, Я. А. Пахомовский, А. Н. Богданова

**Кукисвумит — новый минерал из щелочных пегматитов  
Хибинского массива (Кольский полуостров) \***

Минерал, названный по горе Кукисвумчорр в Хибинском массиве, обнаружен в пустотах растворения пегматитовой жилы арфведсонит-микроклин-натролитового состава. Образует скопления призматически-уплощенных кристаллов, вытянутых по [001] и уплощенных по [100]. Размер отдельных кристаллов до 7 мм в длину при поперечном размере до 1,0×0,1 мм. Кристаллы прозрачные, бесцветные, с серебристым оттенком. Блеск стеклянный. Упругий. Излом неровный, занозистый. Черта белая. Флюоресцирует. Под электронным зондом свечение зеленовато-белое. Твердость по шкале Мооса 5,5—6. Спайность не обнаружена. Наблюдается отдельность по (010). Плотность 2,95 (1) г/см<sup>3</sup>. Оптически двуосный, отрицательный.  $2V=11$  град/выч,  $n_p=1,676$  (3),  $n_m=1,746$  (3),  $n_g=1,795$  (3). Не плеохроитует. Формула минерала, рассчитанная на 28 атомов кислорода, имеет вид  $Na_{5,96}(Zn_{0,84}Mn_{0,10})_{20,94} \times (Ti_{3,85}Nb_{0,01}Fe_{0,04})_{23,96}Si_{8,08}O_{28} \cdot 4,03H_2O$ . Идеальная формула —  $Na_6ZnTi_4Si_8O_{28} \cdot 4H_2O$ . Ромбический, пространственная группа  $D_{2h}^{10} = R_{32}$ .

Параметры элементарной ячейки:  $a=2,8889$  (4) нм,  $b=0,8604$  (4),  $c=0,5215$  (3) нм,  $V=1,296$  (1) нм<sup>3</sup>.  $Z=2$ .

До недавнего времени в Хибинском массиве был известен один минерал цинка — сфалерит, широко распространенный среди поздних гидротермальных образований. В 1988 г. в натролитовой жиле в пустотах растворения сфалерита обнаружены сростки тонкопризматических кристаллов гемиморфита, позже — новый водный силикат Na, Zn, Ti кукисвумит.

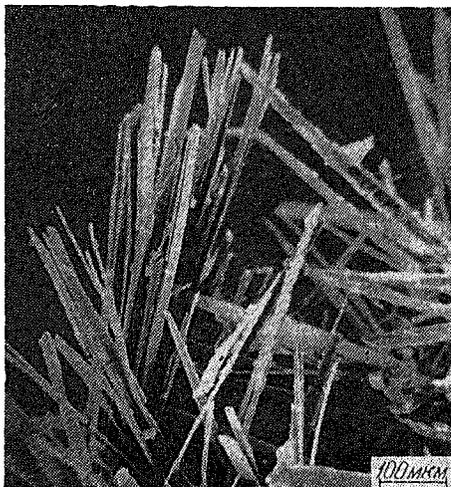
Кукисвумит обнаружен в пустотах растворения пегматитовой жилы арфведсонит-микроклинового состава, секущей толщину ийолит-уртитов в подземной горной выработке месторождения Кукисвумчорр. Мощность жилы 0,20—0,30 м, в местах раздува — 1,0×1,5 м. В приконтактной зоне пегматита, сложенной крупнокристаллическими агрегатами арфведсонита, микроклина, реже нефелина, лампрофиллита и натролита наблюдаются участки, где минерал образует как частичные, так и полные псевдоморфозы по лампрофиллиту, включая реликты последнего. Центральная часть жилы отличается более богатой минерализацией и широким развитием поздних гидротермальных минералов: эвдиалита, альбита, сфалерита, молибденита, фтор-апатита, ненадквечита, флюорита, анальцима, кальцита, доннейита и стронцианита. Часто минералы в полостях растворения покрыты светло-желтой пленкой органического вещества.

Кукисвумит образует веерообразные сростки призматически-уплощенных кристаллов, вытянутых по [001] и уплощенных по [100]

\* Минерал рассмотрен и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 27 июля 1989 г. и Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 1 января 1990 г.

(рис. 1). Размеры отдельных кристаллов достигают 7 мм в длину при поперечном размере 1,0 — 0,5 мм и толщине 0,05 — 0,1 мм.

Кристаллы белые или бесцветные, иногда с серебристым оттенком, прозрачные. Блеск стеклянный. Минерал упругий. При раздавливании расщепляется на тонкие волокна вдоль удлинения. Излом неровный, занозистый. Черта белая. Флюоресцирует. Свечение под электронным зондом зеленовато-желтое. Твердость 517 — 571 кГ/мм<sup>2</sup> при нагрузке 20 г (среднее значение 544 кГ/мм<sup>2</sup>). Твердость по шкале Мооса 5,5—6.



Спайность не обнаружена. Наблюдается отдельность по (010). Плотность, измеренная в растворах жидкости Клеричи, — 2,90 (1) г/см<sup>3</sup>, вычисленная по эмпирической формуле — 2,95 (1), по правилу Гладстоуна — Дэйла — 2,82 г/см<sup>3</sup>, что соответствует сходности  $1 - (Kp/Kc) = 0,27$ .

В иммерсионных препаратах минерал бесцветный, без плеохроизма, оптически двуосный, отрицательный. Показатели пре-

Рис. 1. Морфология и агрегаты выделения кристаллов кукисвумита. РЭМ фото, ув. 70.

ломления:  $n_g = 1,795$  (3),  $n_m = 1,746$  (3),  $n_p = 1,676$  (3), измерены в свете с длиной волны 589 нм,  $n_g$  параллельно удлинению,  $n_p$  перпендикулярно к уплощению. Погасание прямое.  $2V_{\text{выч}} = 77$  град (6).

Химический состав минерала приведен в табл. 1. Другие элементы с атомным номером больше 11, кроме указанных в таблице, в минерале не обнаружены. С помощью лазерного микроспектрального анализа обнаружено 0,00 п % бериллия и подтверждено отсутствие в минерале

Таблица 1. Химический состав кукисвумита

Компоненты	1	2	3	4			5
				мас. %	А Кк	Кк	
Na <sub>2</sub> O	15,98	16,10	15,57	16,27	0,5250	5,96	16,32
K <sub>2</sub> O	—	—	0,08	—	—	—	—
ZnO	5,79	5,88	6,30	5,99	0,0736	0,84	7,14
MnO	1,69	0,74	0,38	0,61	0,0086	0,10	—
FeO	0,24	0,25	0,86	0,23	0,0032	0,04	—
TiO <sub>2</sub>	26,77	26,86	26,24	27,03	0,3383	3,85	28,04
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,79	0,86	0,86	0,83	0,0062	0,07	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	—	0,10	—	—	—	—
SiO <sub>2</sub>	42,74	42,75	43,13	42,66	0,7100	8,08	42,17
H <sub>2</sub> O*	5,90	6,56	6,48	6,38	0,7083	8,06	6,32
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	—	—	99,99

Примечание. 1—3 — анализы различных частей одного кристалла из пустот (1 — «корни» кристаллов, 2 — центральная часть, 3 — вершины кристаллов); 4 — кукисвумит, образующий псевдоморфозы по лампрофиллиту; 5 — теоретический состав для Na<sub>6</sub>ZnTi<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>38</sub>·4H<sub>2</sub>O. Состав катионов определен на электронно-зондовом микроанализаторе MS-46 «Сатеса» при ускоряющем напряжении 15—20 кВ и токе зонда 10—20 нА, с использованием в качестве эталонов лоренценита (для Na, Ti, Si), ваденита (К), синтетических ZnO и MnCO<sub>3</sub>, гематита (Fe), пиропа (Al), металлического ниобия. \* H<sub>2</sub>O указана по разности. Содержание воды, определенное методом Пенфильда, — 6,5 (±0,2) мас. %.

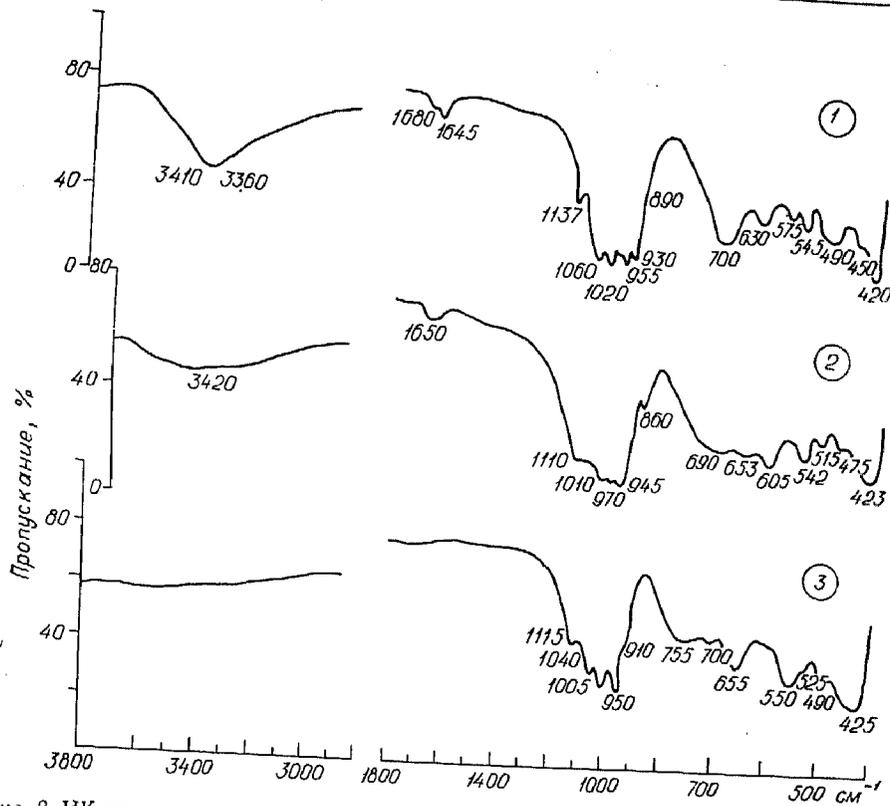


Рис. 2. ИК-спектры кукисвумита (1), виноградовита (2), лоренценита (3).

Таблица 2. Межплоскостные расстояния кукисвумита

<i>l</i>	<i>d</i> <sub>изм</sub>	<i>d</i> <sub>выч</sub>	hkl	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>изм</sub>	<i>d</i> <sub>выч</sub>	hkl
90	1,449	1,4445	200	2	0,1984	0,1984	141
13	0,825	0,8246	110	3	0,1976	0,1979	931
3	0,724	0,7222	400	3	0,1934	0,1937	11.3.0.
60	0,642	0,6416	310			0,1936	10.0.2.
80	0,4815	0,4815	600	10	0,1880	0,1880	541
47	0,4302	0,4302	020			0,1879	15.1.0.
65	0,3722	0,3721	710	5	0,1848	0,1848	840
28	0,3614	0,3611	800	25	0,1806	0,1806	16.0.6.
100	0,3009	0,3007	910	5	0,1725	0,1725	404
25	0,2878	0,2878	521	4	0,1718	0,1711	150
10	0,2855	0,2854	130	8	0,1691	0,1691	13.0.2.
5	0,2758	0,2766	820	6	0,1655	0,1655	16.2.0.
		0,2749	330				13.3.1.
3	0,2584	0,2586	721	8	0,1648	0,1648	442
5	0,2567	0,2566	202			0,1605	18.0.0.
5	0,2511	0,2512	11.1.0	35	0,1604	0,1604	10.3.2.
12	0,2406	0,2407	12.0.0			0,1604	12.4.0.
12	0,2139	0,2139	930	4	0,1514	0,1515	14.2.2.
6	0,2102	0,2101	12.2.0	5	0,1485	0,1485	133
6	0,2061	0,2062	440			0,1484	16.0.2.
3	0,2026	0,2024	902	3	0,1358	0,1358	2.1.10.
		0,2023	622				461

Условия съемки: дифрактометр. Си-излучение, монохроматор.

бора и лития. Из двух отдельных навесок выполнено определение фтора, содержание которого 0,22 и 0,18 мас. %.

Формула минерала, рассчитанная на 28 атомов кислорода, имеет следующий вид:  $\text{Na}_{5,96}(\text{Zn}_{0,84}\text{Mn}_{0,10})_{\Sigma 0,94}(\text{Ti}_{3,85}\text{Nb}_{0,07}\text{Fe}_{0,04})_{\Sigma 3,96}\text{Si}_{8,08}\text{O}_{28} \cdot 4,03\text{H}_2\text{O}$ . Идеальная формула минерала —  $\text{Na}_6\text{ZnTi}_4\text{Si}_8\text{O}_{28} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

ИК-спектр кукисвумита содержит характерные для водных титановых силикатов полосы поглощения с максимумами 3410  $\text{cm}^{-1}$ , 3360, 1680, 1645, соответствующими деформационным колебаниям молекулярной воды, и максимумами 1137  $\text{cm}^{-1}$ , 1060, 1020, 955, 930, 895, 700, 600, 575, 545, 495, 450 и 420  $\text{cm}^{-1}$ , обусловленными валентными и деформационными колебаниями кремнийкислородных радикалов (рис. 2).

Термические исследования кукисвумита проводились дифференциально-термическим методом с параллельным изучением ИК-спектров продуктов прокалкивания.

Вода в минерале выделяется ступенчато в интервале 160 —

430 °C с четко проявленным эндотермическим эффектом в области 170 °C (5 % потери массы) и в интервале 540 — 570 °C с эндотермическим эффектом с максимумом при 560 °C (около 2 % потери массы). При дальнейшем нагревании на термограмме кукисвумита регистрируется эндотермический эффект в области 735 °C и серия ступенчатых эффектов в области 885 °C, 905, 925, 970 °C, связанных со структурными изменениями, т. е. не сопровождающихся изменением вещества (рис. 3).

Монокристалльным рентгеновским исследованием определена ромбическая симметрия, пространственная группа  $D_{2h}^{10} = Pccn$ ,  $a = 2,89$  (1),  $b = 0,86$  (1),  $c = 0,52$  (1) нм. По рентгенограмме порошка (дифрактометр ДРОН-2, монохроматизированное Си-излучение, табл. 2) пара-

Таблица 3. Сравнительная характеристика кукисвумита, линтисита, виноградита и лоренценита

Параметры	Кукисвумит	Линтисит, по данным работы [3]	Виноградит, по данным работы [2]	Лоренценит, по данным работы [1]
Сингония	Ромбическая	Моноклиная	Моноклиная	Ромбическая
Пространственная группа	$D_{2h}^{10} - Pccn$	$C2/c$	$C_{2h}^6 - C2/c$	$D_{2h}^{14} - Pnca$
$a$ , нм	2,8889	2,8583	0,535	1,4518
$b$ , нм	0,8604	0,8600	0,856	0,8978
$c$ , нм	0,5215	0,5219	2,422	0,5081
$\beta$ , град		91,03	101	
$Z$	2	4	2	4
Плотность, $\text{г/см}^3$	2,905	2,77	2,88—2,99	3,391
Оптические свойства				
Знак	(—)	(—)	(—)	(—)
$2V$ , град	77	85	41	25—49
$n_p$	1,676	1,672	1,734	1,92
$n_m$	1,746	1,739	1,770	2,01
$n_g$	1,795	1,803	1,773	2,02
$n_g - n_p$	0,12	0,13	0,04	0,10
Кукисвумит	$\text{Na}_6\text{ZnTi}_4\text{Si}_8\text{O}_{28} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$			
Линтисит	$\text{Na}_6\text{Li}_2\text{Ti}_4\text{Si}_8\text{O}_{28} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ [3]			
Виноградит	$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_4\text{Ti}_4\text{AlSi}_6\text{O}_{28}\text{OH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [4]			
Лоренценит	$\text{Na}_2\text{Ti}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ [1]			

метры элементарной ячейки уточнены методом наименьших квадратов:  $a=2,8889$  (4),  $b=0,8604$  (4),  $c=0,5215$  (3) нм,  $V=1,296$  (1) нм<sup>3</sup>,  $Z=2$ .

Наиболее близкими по составу, ИК-спектроскопии и рентгеновским данным являются виноградит и лоренценит.

В пегматитах Ловозерского массива обнаружен литиевый аналог кукисвумита линтисит [3]. Соотношение этих минералов определяется замещением по схеме  $2\text{Li}^+ \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + \square$  и изменением симметрии. В табл. 3 приведены сравнительные характеристики кукисвумита, линтисита, виноградита и лоренценита. Рентгенограммы порошка линтисита и кукисвумита близки, однако рентгенограмма порошка последнего не индицируется в моноклинной сингонии с параметрами линтисита.

По нашим данным, кристаллизация кукисвумита, а также отмечаемых в ассоциации других поздних минералов происходила в результате многостадийного воздействия растворов на первичные минеральные ассоциации. При этом образование кукисвумита характеризовалось важной особенностью — наличием цинка в поздних растворах, источником которого в данном случае был сфалерит, сохранившийся в образцах в виде мелких реликтовых зерен. В сходных условиях при отсутствии в растворах цинка, вероятно, кристаллизуется виноградит.

Минерал назван кукисвумит (kukisvumite) по названию горы Кукисвумчорр, где обнаружен. Типовые образцы минерала переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР (г. Москва) и Горный музей Ленинградского горного института (г. Ленинград).

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам Геологического института Кольского научного центра АН СССР С. Н. Бритвину, В. И. Скибе, А. Ю. Бахчисарайцеву за помощь при исследовании минерала.

Геол. ин-т Кол. науч. центра АН СССР, Апатиты

Поступила 29.08.90

**SUMMARY.** The new hydrous silicate of Na, Zn and Ti is found in arfvedsonite-microcline-natrolite vein, Khibiny alkaline massif, Kola Peninsula, USSR. Associated minerals are natrolite, eudialite, albite, aegerine, sphalerite, molybdenite, fluorapatite, nenadkevichite, analcime, fluorite, calcite, donnayite and strontianite. It forms fan-structured aggregates of needle flattened crystals. The crystals are white or colourless with a silver hue. Streak is white. Lustre vitreous. Transparent. No cleavage. Parting on (100). Elastic. Fracture splintary. The mineral has no UV-luminescence but yellow-green cathodoluminescence. Hardness 5.5-6. Density (g/cm<sup>3</sup>) 2.90 (1). Biaxial, negative, 1.795 (3) 1.746 (3), 1.676 (3). Not pleochroic. Composition, mas %: Na<sub>2</sub>O 16.27, ZnO 5.99, MnO 0.61, FeO 0.23, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.83, SiO<sub>2</sub> 42.56, H<sub>2</sub>O (added to sum 100 %) 6.38, total 100 wt. %. The ideal formula is Na<sub>6</sub>ZnTi<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>28</sub>·4H<sub>2</sub>O.

It is orthorhombic Pccn — D<sup>10</sup><sub>2h</sub>.  $V=1.296$  (1) нм<sup>3</sup>,  $Z=2$ . Least-squares refinement of X-ray powder diffraction data gives the following parameters for this mineral:  $a=2.8889$  (4),  $b=0.8604$  (4),  $c=0.5215$  (1) нм. The mineral is named kukisvumite after the type locality at the mount Kukisvunchorr.