

Ю. Л. КАПУСТИН

О ПЕРВОЙ НАХОДКЕ АМИНОВИТА В СССР И СООТНОШЕНИЯХ МИНЕРАЛОВ В ГРУППЕ ЛЕЙКОФАНА — АМИНОВИТА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 17 VIII 1971)

Аминовит — редчайший силикат Be и Ca — впервые встречен в месторождении Лонгбан (Швеция) ⁽¹⁾. Затем сходный минерал описан в КНР под названием «гугианит» ⁽²⁾. Нами аминовит обнаружен в Дугдинском массиве и Баянкольском дайковом поле (Тува).

Дугдинский массив (Северо-Восточная Тува) сложен гастингситовыми нефелиновыми сиенитами. В Баянкольском поле (Юго-Восточная Тува, к востоку от одноименного массива) щелочные дайки представлены тингуаитами, нефелинитами, нефелиновыми и сиенит-порфирами. Интрузивные щелочные породы здесь относятся к средненалеозойской щелочной формации и прорывают рифейскую сланцево-карбонатную толщу. Акцессорный аминовит встречен в обоих случаях в флюоритовых жилах. Поблизости от Дугдинского массива они залегают на контакте мраморов с роговообманковыми гранитами. Вмещающие граниты альбитизированы, мраморы перекристаллизованы, местами — скарнированы. По гранитам развит везувиан-гранат-диопсидовый скарн, а по мраморам — везувиан-волластонитовый. Жилы на 70—90% сложены темно-фиолетовым флюоритом, содержат везувиан, анальцим, натролит, канкринит, пренит, галенит.

В Баянкольском поле флюоритовые жилы приурочены к контактам даек нефелиновых сиенитов и сложены флюоритом с примесью кальцита, канкринита, пирита, анальцима и аминовита.

Аминовит образует вкрашенность и сплошные зернистые скопления в массе флюорита. Агрегаты аминовита представляют собой сростки пластинчатых кристаллов, сноповидные, веерообразные, радиально-лучистые или отдельные пластинчатые кристаллы, резко уплощенные по (001), с узкими гранями (110) и (111) (рис. 1). Большая часть пластин полисинтетически sdвойникова на параллельно (001). Аминовит светло-желтоватого цвета; в тонких пластинках чист и прозрачен, с редкими тончайшими вростками флюорита и плохо выраженной спайностью по тетрагональной призме и хорошей отдельностью по (001), вероятно обусловленной постоянным двойникованием по ней. Для тувинского аминовита установлен сильный пьезоэффект; свойства его близки к свойствам минерала из Лонгбана (табл. 1). Дебаеграмма аминовита из Тувы аналогична дебаеграммам мелинофана, гугианита и лейкофана (табл. 2), но отлична от таковой для шведского аминовита. Для последней характерно изменение межплоскостных расстояний, их интенсивностей, индексов отдельных линий и присутствие ряда линий, неизвестных для перечисленных минералов (6,97 Å; 4,40 Å; 1,590 Å). В дебаеграмме шведского минерала преобладают индексы сложных форм и отсутствуют индексы простых форм, отмеченных и в виде граней на кристаллах: (001), (100), (110), (111) и фиксированных для всех минералов группы мелилита — лейкофана, что заставляет усомниться в правильности расчета и индиферировки дебаеграммы шведского аминовита.

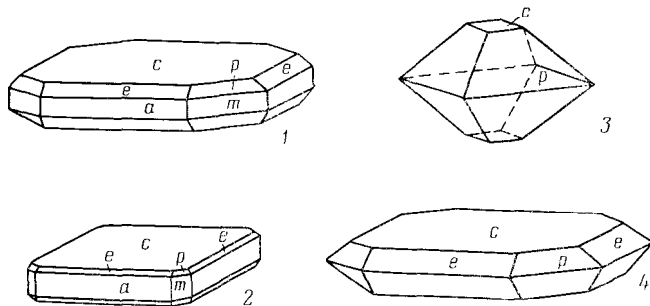


Рис. 1. Кристаллы минералов группы аминовита: 1 и 2 — аминовит (Тува), 3 — аминовит (Швеция), 4 — гугиант. а — (011); с — (001); е — (011); m — (110); p — (111)

Данные анализа изученных образцов пересчитываются на формулы:

- 1) $\text{Ca}_{1,94}\text{Na}_{0,09}\text{Be}_{0,95}\text{Si}_2\text{O}_6[\text{F}_{0,12}(\text{OH})_{0,35}\text{O}_{0,20}]_{0,67}$;
- 2) $\text{Ca}_{1,98}\text{Na}_{0,10}\text{Be}_{1,04}\text{Si}_2\text{O}_6[\text{F}_{0,18}(\text{OH})_{0,62}\text{O}_{0,67}]_{1,47}$;
- 3) $\text{Ca}_{1,92}\text{Na}_{0,27}\text{Be}_{1,03}\text{Si}_2\text{O}_6[\text{F}_{0,35}(\text{OH})_{0,74}\text{O}_{0,55}]_{1,62}$.

В рассматриваемой группе свойства и состав минералов близки. Аминовит, гугиант и мелинофан — тетрагональные с формулой $(\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x)_2 \times \text{BeSi}_2\text{O}_6[\text{F}, (\text{OH}), \text{O}]_{1-2}$, при вероятном замещении $\text{Be} \rightarrow \text{Al}$ (шведском образце). Оптические свойства аминовита из Тувы и Швеции близки. Значения их n_o и n_e хорошо сопоставляются с вычисленными теоретически (по формуле Гладстона и Дэли). Показатели преломления гугианта из Китая завышены, отличаются от теоретически вычисленного показателя преломления соединения $\text{Ca}_2\text{BeSi}_2\text{O}_7$ (1,6423) и не совпадают с вычисленными по той же формуле $n_{\text{ср}}$ изученных китайских образцов (см. табл. 1). В целом значения n_o и n_e минералов группы лейкофана возрастают при увеличении содержания Са и О и уменьшении Na и F (рис. 2). Минералы группы лейкофана — мелинофана относятся к структурной группе мелилита (⁴⁻⁶), при замене в структуре мелилита Si на Be и Mg на Si (⁹).

Таблица 1

Химический состав в (вес. %) и свойства минералов группы аминовита — лейкофана

Компоненты	Аминовит *				Гугиант, Китай		Мелинофан, Норвегия	
	Тува		Швеция					
SiO_2	45,91 (0,7651) *	44,67 (0,7445)	43,47 (0,7245)	42,49	45,26	44,90	43,60	43,66
Al_2O_3	Нет	Нет	Нет	4,41	1,08	2,17	4,61	1,57
Fe_2O_3	Нет	0,71	Нет	0,31	0,03	0,11	—	—
$\text{MnO} + \text{MgO}$	Нет	Нет	0,10	0,19	0,50	0,45	0,16	0,11
BeO	9,67 (0,3868)	9,70 (0,3880)	9,35 (0,3740)	6,20	8,89	9,49	9,80	11,74
CaO	41,52 (0,7415)	41,27 (0,7370)	39,60 (0,7071)	40,27	42,84	40,09	29,56	26,74
Na_2O	1,02 (0,0329)	1,20 (0,0387)	3,12 (0,1007)	—	—	0,72	7,98	8,55
K_2O	—	—	0,19 (0,0040)	—	—	0,20	0,23	1,40
H_2O	1,20 (0,1333)	2,09 (0,2322)	2,42 (0,2600)	6,45	0,42	1,26	—	1,30
F	0,86 (0,0452)	1,26 (0,0663)	2,20 (0,1212)	—	—	0,25	5,43	5,73
Cl	0,35 (0,0452)	—	—	—	0,73	0,18	—	—
$-\text{O}=(\text{F}, \text{Cl})_2$	0,35	1,51	0,94	—	0,17	0,15	2,29	2,40
Сумма	99,83	99,68	99,51	100,32	99,68	99,67	99,08	97,40
Аналитик	Н. Г. Шумкова	М. Е. Казакова	Н. Г. Шумкова	Gouyer	Чан Лен-чан	Rammelsberg		
Уд. вес	3,00	2,98	2,98	2,94	3,03	3,03		
$n_g (n_o)$	1,654	1,653	1,650	1,647	1,672	1,612		
$n_p (n_e)$	1,632	1,632	1,628	1,637	1,664	1,593		
$n_{\text{ср.}} (\text{вычисл.})$	1,657	1,655	1,646	1,649	1,661	1,618		

* В скобках везде атомные количества.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния минералов группы аминовита — лейкофана и мелилита

Аминовит (?), Швеция			Гуггаит (?), Китай			Аминовит, Тува			Мелинофан, Норвегия		Лейкофан, Тува	
I	d (Å)	hkl	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)	hkl	I	d (Å)	I	d (Å)
70	6,97	200	4	5,250	110	2	5,38	110	1	5,78	1	5,98
40	4,90	002; 200	2	5,040	001	1	5,00	001	1	4,80	1,5	4,96
70	4,40	112; 310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	4,02	202	3	3,700	200	—	—	—	—	—	—	—
70	3,48	222; 400	3	3,610	111	2	3,40	111	3	3,56	2,5	3,62
5	3,30	312; 300	3	3,310	210	3	3,39	210	1	3,25	1	3,30
70	3,11	411; 420	4	2,970	210	5	2,97	201	2	3,00	2,5	2,96
90	2,840	402	10	2,765	211	10	2,76	211	10	2,76	10	2,75
100	2,614	442	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2,62
20	2,445	004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	2,380	114	4	2,359	310	4	2,36	102	2	2,33	4,5	2,33
—	—	—	3	2,341	221	—	—	—	—	—	—	—
10	2,315	204	4	2,315	112	1	2,32	111	1	2,32	1	2,32
—	—	—	3	2,242	301	1	2,25	302	2	2,22	2,5	2,20
—	—	—	4	2,208	311	2	2,22	311	1	2,216	—	—
80	2,141	314; 502	3	2,115	320	—	—	—	—	—	—	—
10	2,094	541; 602	3	2,066	202	—	—	—	—	—	—	—
60	2,002	404; 622	4	1,900	212	2	1,983	—	2	1,959	2,5	1,992
60	1,926	701; 424	1	1,900	311	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	2	1,851	400	1	1,854	—	1	1,845	1	1,845
10	1,791	543; 642	1	1,794	222	1	1,802	—	—	—	—	—
—	—	—	2	1,747	302	1	1,750	—	1	1,745	1	1,745
50	1,734	651; 444	7	1,709	411	6	1,704	—	6	1,712	1	1,702
70	1,681	741; 811	4	1,695	003	2	1,664	—	3	1,700	2	1,652
70	1,590	831; 206	1	1,580	322	1	1,583	—	1	1,580	2	1,582
5	1,480	101; 244	7	1,485	402	2	1,488	—	5	1,483	2,5	1,481
10	1,447	57; 230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	1	1,431	332	1	1,435	—	—	—	—	—
—	—	—	2	1,420	223	1	1,404	—	1	1,408	1	1,411
20	1,404	51; 208	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,397
20	1,388	301; 191	—	—	—	1	1,383	—	—	—	1	1,375
10	1,359	301; 174	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,350
50	1,334	101; 157	1	1,327	521	2	1,329	—	—	—	2	1,323
—	—	—	1	1,311	440	1	1,300	—	1	1,300	—	—
10	1,288	101; 141	—	—	—	1	1,276	—	—	—	—	—
10	1,244	613	2	1,256	004	1	1,239	—	1	1,243	1	1,234
5	1,230	721	2	1,220	104	1	1,223	—	1	1,220	1	1,216
5	1,208	514	—	—	—	1	1,206	—	1	1,211	—	—
30	1,191	552	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	1,174	712	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,171
10	1,157	730	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	1,141	305	3	1,128	541	1	1,131	—	1	1,125	1	1,124
40	1,112	543	1	1,110	104	1	1,110	—	—	—	—	—
20	1,092	642	1	1,101	602	1	1,096	—	—	—	1	1,094
5	1,072	325	3	1,064	324	1	1,064	—	—	—	—	—
10	1,059	633	3	1,054	542	1	1,053	—	—	—	—	—

Таблица 3

Характеристики минералов группы мелилита — лейкофана

	a_0 , Å	b_0 , Å	c_0 , Å	c_0/a_0	Пространств. группа	z
Тетрагональные						
Мелилит (?)	7,74	—	5,02	0,648	$D_{2d}^3 - P\bar{4}2_1m$	2
Оксерманит (?)	7,84	—	5,01	0,639	$D_{2d}^3 - P\bar{4}2_1m$	2
Ве-оксерманит (?)	7,501	—	4,931	0,656	$D_{2d}^3 - P\bar{4}2_1m$	—
Силикат Са, Ве, Mg (?)	7,613	—	4,995	0,656	—	2
Аминовит (?)	13,8	—	9,8	0,7	$D_{4h}^{17} - I 4/mmm$	12
» » (Тува)	10,57	—	9,80	0,937	$I 4$	8
Гуггаит (?)	7,48	—	5,014	0,674	$D_{2d}^3 - P\bar{4}2_1m$	2
Мелинофан (?)	7,47	—	4,92	0,658	—	—
» » (?)	10,00	—	9,90	0,934	$D_{2d}^3 - P\bar{4}2_1m$	8
» » (?)	10,62	—	9,94	0,933	$I 4$	8
» » (Тува)	10,61	—	9,90	0,934	$I 4$	8
» » (Норвегия)	10,59	—	9,90	0,934	$I 4$	8
Ромбические						
Лейкофан (?)	7,39	7,39	9,98	1,350	$D_2^3 - P2_12_1$	4
» » (Тува)	7,38	7,38	9,99	1,350	$D_2^3 - P2_12_1$	4

При всех колебаниях хорошо заметна постоянная связь величин a_0 и c_0 рассматриваемых минералов. Для мелилита $a_{0(\text{мел})} = 77, \text{ \AA}$ и $c_0 = 5 \text{ \AA}$. Для тувинского аминовита $a_{0(\text{амин})} = 10,56 \text{ \AA} = a_{0(\text{мел})} \cdot 2$ и $c_{0(\text{амин})} = 9,89 \text{ \AA} = c_{0(\text{мел})} \cdot 2$ (аналогично мелинофану). У шведского аминовита c_0 одинаково с тувинским и $a_0 = a_{0(\text{мелин})} \cdot 2$. У гугианта из Китая a_0 и c_0 аналогичны таковым для мелилита. Для лейкофана $a_{0(\text{лейк})} = a_{0(\text{мел})} = a_{0(\text{мелин})} \cdot 1/2$ и $c_{0(\text{лейк})} = 2c_{0(\text{мел})} = c_{0(\text{мелин})}$. Исследования рассматриваемых минералов, проведенное Т. А. Куровой, показало полную аналогию структуры тувинского аминовита со структурой мелинофана. Отсутствие в нашем распоряжении оригинала образцов аминовита из Швеции и гугианта из Китая не позволило произвести изучение их. Однако близость их основных характеристик позволяет предположить, что аминовит и гугиант представляют собой один минеральный вид: $\text{Ca}_2\text{BeSi}_2\text{O}_5(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$, являющийся крайним кальциевым аналогом мелинофана и аналогичный ему по структуре. Между аминовитом и мелинофаном, вероятно, существует непрерывный изоморфный ряд с замещением $\text{CaO} \rightarrow \text{NaF}$ (см. рис. 2) и статистическим распределением Ca и Na. Однако при этом допустимо замещение не более половины всех атомов Ca. При соотношении $\text{Na}/\text{Ca} = 1,2 \div 1,0$ кристаллизуется лейкофан, с резко ограниченными пределами замещения $\text{Ca} \leftrightarrow \text{Na}$, а соединений с $\text{Na} > \text{Ca}$ не известно.

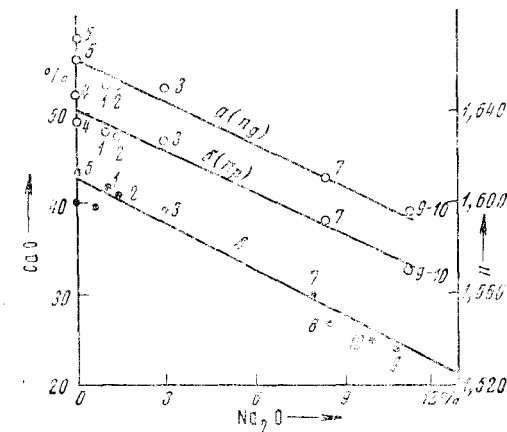


Рис. 2. График изменения показателей преломления (a , b) и соотношение $\text{Ca}:\text{Na}$ (a) минералов группы аминовита — лейкофана

Параметры a_0 и c_0 гугианта, вероятно, занижены вдвое, хотя также связаны кратными отношениями с параметрами мелинофана. Наименования «гугиант» и «аминовит» являются синонимами, и за соединением $\text{Ca}_2\text{BeSi}_2\text{O}_5(\text{O}, \text{F}, \text{OH})$ — кальциевым аналогом мелинофана — можно сохранить название более раннее: «аминовит», а наименование «гугиант» изъять. В группе аминовита — лейкофана выделяются 3 минеральных вида: аминовит, мелинофан и лейкофан. При $\text{Na}:\text{Ca} < 1:3$ тетрагональный минерал можно относить к аминовиту, а при $\text{Na}:\text{Ca} = 1:3 - 1:1,25$ — к мелинофану. При соотношении $\text{Na}:\text{Ca}$ от $1:1,25$ до $1:1$ минерал представлен лейкофаном формулой $\text{CaNaBeSi}_2\text{O}_5\text{F}$.

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
17 VIII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ C. S. Hurlbut, Geol. Fören. Forh., 59, 290 (1937).
- ² Peng Chi-jui, Tsao Rung-lung, Zou zu-rung, Sci. Sinica, 11, 7 (1962).
- ³ J. A. Mandarino, Am. Min., 49, 212 (1964).
- ⁴ H. Christie, Norsk. Geol. Toddskr., 42, 1 (1962).
- ⁵ C. Gorla, Atti. Accad. Sci. Torino, 88, 1 (1954).
- ⁶ H. Strunz, Mineralogische Tabellen, Leipzig, 1957.
- ⁷ A. Dal Negro, G. Rossi, L. Ungaretti, Acta crystallogr., 23, 2 (1967).
- ⁸ E. Canillo, G. Giusepetti, V. Tazzoli, Acta crystallogr., 23, 2 (1967).
- ⁹ W. C. Brögger, Zs. Krystallogr., 16 (1890).