

УДК 549.752.22+552.313

АЛАРСИТ $AlAsO_4$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЭКСГАЛЯЦИЙ*

© 1994 г. Т. Ф. Семенова, Л. П. Вергасова, С. К. Филатов, В. В. Ананьев

Представлено академиком В.А. Жариковым 18.11.93 г.

Поступило 19.11.93 г.

Новый природный арсенат алюминия является продуктом деятельности фумарол Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ, Камчатка, 1975 - 1976 гг. [1]). Обнаружен на втором конусе Северного прорыва (СП).

В пределах второго конуса наблюдается широкое развитие концентрических, радиальных и линейных (вдоль оси прорыва) зон деформаций, контролируемых глубокими (более 1 м) трещинами. Отмечается связь деформаций с фумаролопроявлением. По наибольшей интенсивности фумарол выделяется участок конуса на внутреннем склоне вблизи юго-восточной кромки кратера. С фумаролами, расположенными на пересечении линейных и радиальных зон деформаций, связаны наиболее мощные центры минералообразования, характеризующие эксгальационную минерализацию конуса. В первом приближении отложения фумарол представлены следующими классами соединений (разрез от поверхности в глубь отложений): фториды, хлориды и оксихлориды, сульфаты и окисульфаты, арсенаты. Границы между отложениями разного состава нечеткие. По положению в этом разрезе температура осаждения арсенатов составляет, вероятнее всего, 400 - 500°C. Известные данные по температуре и составу газов ряда фумарол II конуса СП БТТИ относятся к 1976 - 1978 гг. [2] и 1980 г. [3]. Содержание мышьяка в пробах газов в 1976 г. составило 1.1 мг/м³, в 1977 - от 2.7 · 10⁻⁵ до 0.22 мг/м³ [2].

Новый минерал установлен в ассоциации с федотовитом $K_2Cu_3O(SO_4)_3$ [4], обогащенным натрием, ключевскитом $K_3Cu_3Fe^{3+}O_2(SO_4)_4$ [5], обогащенным алюминием (атомные отношения Al : Fe до 1)

(рис. 1), а также с ламмеритом $Cu_3[(As, P)O_4]_2$ [6], гематитом Fe_2O_3 , теноритом CuO . Здесь же встречались редкие таблички набокоита $Cu_7Te^{4+}O_4(SO_4)_5 \cdot KCl$ и атласовита $Cu_6Fe^{3+}Bi^{3+}O_4(SO_4)_5 \cdot KCl$ [7]. В тесном сростании с новым минералом обнаружены отдельные бесцветные зерна или псевдооктаэдрические кристаллы лангбейнита $K_2Mg(SO_4)_2$ и бесцветные псевдогексагональные таблички, отвечающие по составу сульфату алюминия и калия. Эта находка лангбейнита является первой на вулканах Курило-Камчатской гряды.

Путем сопоставления свойств показана тождественность аларсита синтетическому соединению $AlAsO_4$ [8, 9].

Кристаллохимические параметры. Рентгенографическое исследование минерала осуществлено на дифрактометре ДРОН-2 в $CuK\alpha$ -излучении с графитовым монохроматором при скоростях движения счетчика 1 град/мин и диаграммной ленты 2400 мм/ч на шкалах 100 - 200 имп/с с отметкой через $2\theta = 0.1^\circ$ при напряжении 35 кВ, токе 5 - 20 мА с германием в качестве внутреннего эталона. Результаты измерений представлены в табл. 1 в сопоставлении с дебаеграммой его синтетического аналога. Основные диагностические линии на дебаеграмме аларсита ($I/I_0-d-hkl$): 20-4.36-100; 31-4.06-101; 100-3.442-102; 8-2.514-110; 15-2.359-104; 8-2.294-112; 16-1.873-114.006; 11-1.4202-214.206. Непроиндцированные линии дебаеграммы отнесены к микропримесям (I/I_0-d): 2-7.97 и 3-2.656-K, Al-сульфата, а 3-3.134 и 1-2.985 - лангбейнита, которые находятся в тесном парагенезисе с аларситом. Все три минерала являются бесцветными и образуют тесные сростания друг с другом, что значительно затрудняет отбор их монофракций.

Параметры элементарной ячейки вычислялись методом наименьших квадратов. По дебаеграмме и кристаллохимической характеристике (табл. 2) аларсит БТТИ оказался тождественным синтетическому соединению $AlAsO_4$ [9], карточка 31-2). Сингония тригональная, вид симметрии 32, возможные пространственные группы $P3_121$ или $P3_221$, $Z = 3$.

*Утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 26 V 1993 г.

Таблица 1. Дебаграммы аларсита БТТИ и его синтетического аналога AlAsO_4 ([9], карточка 31-2)

Аларсит БТТИ				AlAsO_4 [9]		
I/I_1	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	hkl	I/I_1	$d, \text{Å}$	hkl
20	4.36	4.37	100	45	4.36	100
31	4.06	4.06	101	30	4.06	101
4	3.739	3.742	003	2	3.743	003
100	3.442	3.442	102	100	3.442	102
2	2.836	2.839	103	2	2.839	103
8	2.514	2.515	110	7	2.515	110
2	2.454	2.455	111	4	2.454	111
15	2.359	2.359	104	12	2.360	104
8	2.294	2.295	112	6	2.295	112
7	2.178	2.178	200	9	2.178	200
2	2.087	2.088	113	2	2.088	113
2	2.030	2.031	202	—	—	—
3	1.995	1.996	105	1	1.996	105
4	1.882	1.883	203	4	1.883	203
16	1.873	1.873	114	10	1.872	114, 006
		1.871	006			
8	1.7207	1.7209	204	5	1.7202	204, 106
	—	1.7204	106			
1	1.6749	1.6750	115	1	1.6752	115
1	1.6292	1.6293	211	4	1.6290	211
5	1.5797	1.5802	212	15	1.5799	212
3	1.5010	1.5013	116	3	1.5015	116
—	—	—	—	3	1.4401	301
11	1.4202	1.4203	214			
		1.4194	206	12	1.4195	206
3	1.4060	1.4060	302	13	1.4058	302
1	1.3357	1.3357	108	2	1.3360	108
1	1.3282	1.3279	215	1	1.3279	215
4	1.2902	1.2899	304	4	1.2897	304
1	1.2573	1.2578	220	1	1.2575	220
—	—	—	—	1	1.2497	221
2	1.2360	1.2362	216	1	1.2362	216
1	1.2268	1.2273	222	1	1.2271	222
1	1.2083	1.2084	310	6	1.2082	310
1	1.1807	1.1813	312	1	1.1811	312
		1.1797	208			
—	—	—	—	1	1.1490	217
—	—	—	—	1	1.1476	224
2	1.1101	1.1099	314	4	1.1098	314



Рис. 1. Аларсит (изометричные светло-серые выделения) в сростании с ключевским (удлиненные темно-серые выделения). Микроанализатор "Самбах", 170х.

Изоструктурен берлиниту AlPO_4 . Кристаллическая структура подобна структуре низкотемпературного кварца за тем исключением, что атомы Al и As поочередно занимают место атомов Si, в результате чего удваивается параметр c . Межатомные расстояния: Al–O = 1.70 Å, As–O = 1.62 Å и O–O = 2.61 – 2.75 Å [10].

Химический состав. Изучен на микрозонде "Самбах"¹. Анализировали аншлиф, приготовленный из зерен минерала, залитых эпоксидной смолой. Химический состав вычислен как среднее из 20 анализов (мас. %): Al_2O_3 31.98 (32.00 – 33.36); Fe_2O_3 0.60 (0.03 – 2.61); CuO 0.54 (0.00 – 1.47); As_2O_5 66.71 (64.54 – 69.61); сумма 99.83 (98.09 – 101.86). Химический состав минерала варьирует

¹ Условия съемки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток образца 30 нА, экспозиция 5 с, эталоны – ганит ZnAlO_4 (на Al), магнезиоферрит $\text{MgFe}_2^{3+}\text{O}_4$ (на Fe), долерофанит Cu_2OSO_4 (на Cu), ламмерит $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$ (на As); аналитические линии для As – L_{α} , для остальных элементов – K_{α} ; пересчет относительных интенсивностей на концентрации по программе "МВХСОР" с массовыми коэффициентами поглощения по Риду [11].

Таблица 2. Кристаллохимические и оптические характеристики аларсита БТТИ и синтетического соединения AlAsO_4 (кристаллохимические данные взяты из [9], карточка 31-2; кристаллооптические из [8], карточка 3-1159)

Параметр	Аларсит БТТИ	AlAsO_4
Сингония	Тригональная	Тригональная
Пространственная группа	$P3_121$ или $P3_221$	$P3_121$ или $P3_221$
a , Å	5.031(1)	5.030
c , Å	11.226(6)	11.23
c/a	2.231	2.233
V , Å ³	246.1(2)	246.1
Z	3	3
D_x , г/см ³	3.34	3.36
D_z , г/см ³	3.32(1)	
Оптический знак	+	+
n_o	1.596(1)	1.596
n_e	1.608(1)	1.607
$n_g - n_p$	0.012	0.011

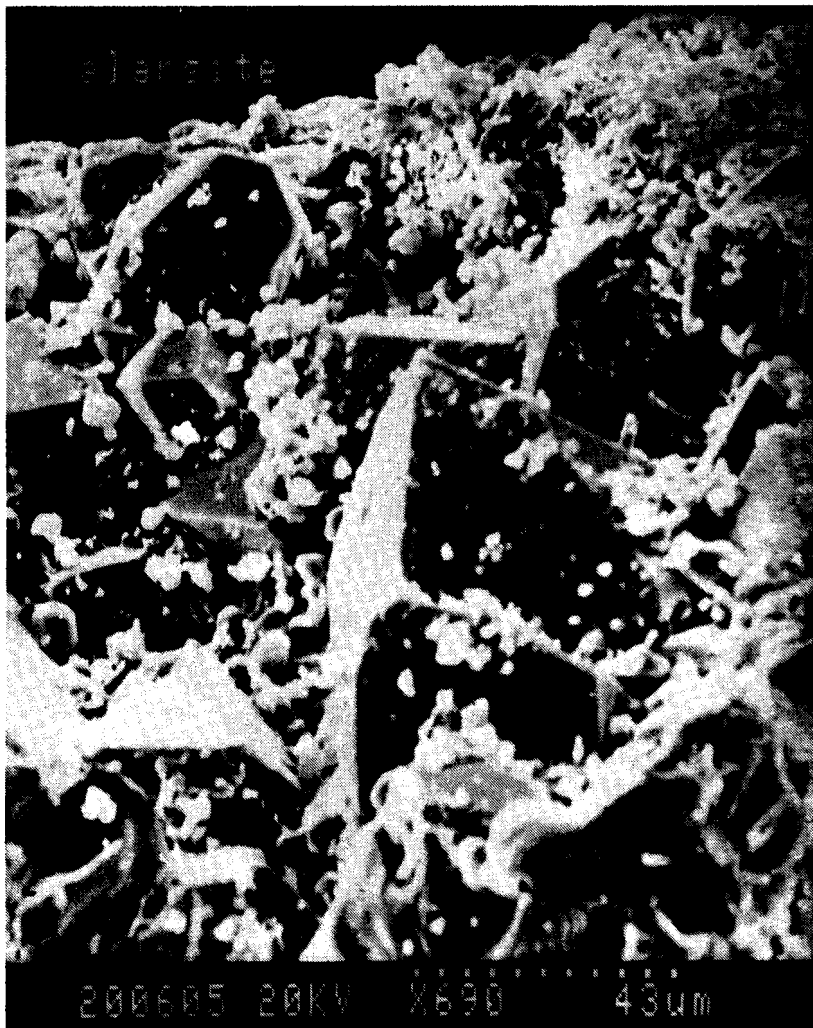
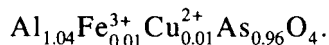


Рис. 2. Кристаллы аларсита. Изображение во вторичных электронах. Электронный микроскоп "Hitachi" S-520, 690x.

слабо. В пределах индивидов распределение минералообразующих элементов практически равномерное. Постоянными незначительными примесями в составе минерала являются железо и медь. Формула, рассчитанная на $\Sigma O = 4$, имеет вид



Идеальная формула $AlAsO_4$, согласно которой Al_2O_3 30.73, As_2O_5 69.27, сумма 100.00 мас. %.

Растворяется в разбавленных кислотах.

Кристаллооптические свойства. Под микроскопом в аларсите часто наблюдаются газовые включения. В проходящем свете бесцветен, имеет слабый рельеф и низкое двупреломление. Минерал одноосный, оптически положительный, удлинение положительное. Показатели преломления $n_o = 1.596(1)$, $n_e = 1.608(1)$ и двупреломление $n_g - n_p = 0.012$ хорошо согласуются с данными для синтетического соединения $AlAsO_4$ $n_o = 1.596$, $n_e = 1.607$ ([8], карточка 3-1159).

Морфология. Агрегатная форма выделений - сращения индивидов в виде корочек мелкозернистого облика. Корочки бесцветные с желтоватым, бледно-зеленым и голубоватым оттенками; часто загрязнены красноватой или черной тончайшей сыпью гематита и тенорита, включениями газов. Облик индивидов изометричный с редкими фрагментами граней (рис. 2). Размер зерен не превышает 0.1 - 0.3 мм в диаметре.

Физические и прочие свойства. Цвет белый, кремоватый, бесцветный. Блеск стеклянный. Цвет черты белый. Спайность не наблюдается. Микротвердость (ПМТ-3, $P = 0.020$ кг, $n = 15$) 336 - 480 кг/мм², $H_{cp} = 400$ (класс твердости 5.0). Минерал хрупкий.

Плотность, вычисленная в соответствии с эмпирической химической формулой для $Z = 3$, равна 3.34 г/см³. Плотность экспериментальная 3.32(1) г/см³ определена методом уравнивания зерен в смеси жидкости Клеричи с дистиллированной водой с последующим определением плотности жидкости способом, основанным на

рефрактометрическом измерении ее показателя преломления [12]. Небольшая разница в значениях может быть связана с наличием газовых включений в зернах аларсита.

В атмосферных условиях аларсит относительно устойчив. По данным терморентгенографии [13] при нагревании в атмосфере воздуха он разрушается при температуре более 1400°C : $2AlAsO_4 \rightarrow Al_2O_3 + As_2O_5$.

Минерал назван аларситом (alarsite) в соответствии с его химическим составом: алюминия арсенат.

Образец передан в Горный музей Санкт-Петербургского горного института (технический университет).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка 1975 - 1976/Под. ред. Федотова С.А. М.: Наука, 1984. 637 с.
2. *Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н.* Геохимические особенности эксгаляций Большого трещинного Толбачинского извержения. М.: Наука, 1980. 233 с.
3. *Набоко С.И., Главатских С.Ф.* Постэруптивный метасоматоз и рудообразование. М.: Наука, 1983. 164 с.
4. *Вергасова Л.П., Филатов С.К., Серафимова Е.К., Старова Г.Л.* // ДАН. 1988. Т. 299. № 4. С. 961 - 964.
5. *Вергасова Л.П., Филатов С.К., Горская М.Г. и др.* // Зап. ВМО. 1989. Ч. 118. В. 1. С. 70
6. *Филатов С.К., Гайдамако И.М., Главатских С.Ф., Сорокин Н.Д.* // ДАН. 1984. Т. 279. № 1. С. 197 - 200.
7. *Попова В.И., Попов В.А., Рудашевский Н.С. и др.* // Зап. ВМО. 1987. Ч. 116. В. 3. С. 358 - 367.
8. ASTM. Diffraction Data Cards and Alphabetical and Grouped Numerical Index of X-ray Diffraction Data. Amer. Soc. Testing and Materials. Philadelphia, 1946 - 1969.
9. JCPDS. Powder Diffraction File. 1601, Park Line, Swarthmore, Pensilvania 19081, USA, 1981.
10. *Wyckoff R.W.* Crystal Structures. N.Y.; L.; Sidney: Wiley, 1963. V. 3. P. 30 - 31.
11. *Рид С.* Электронно-зондовый микроанализ. М.: Мир, 1979. 327 с.
12. *Ильинский Г.А.* Определение плотности минералов. Л.: Недра, 1975. 120 с.
13. *Kosten K., Arnold H.* // Z. Kristallogr. 1980. В. 152. S. 119 - 133.