

ПУНИНИТ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЭКСГАЛЯЦИЙ  
(КАМЧАТКА, РОССИЯ)

**Лукина Е.А.<sup>1</sup> (eugenialukina@mail.ru), Сийдра О.И.<sup>1</sup> (o.siidra@spbu.ru),  
Назарчук Е.В.<sup>1</sup>, Зайцев А.Н.<sup>1</sup>, Авдонцева Е.Ю.<sup>1</sup>, Вергасова Л.П.<sup>2</sup>,  
Филатов С.К.<sup>1</sup>, Власенко Н.С.<sup>3</sup>, Тёрнер Р.<sup>3</sup>, Карпов Г.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургское отделение. Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; <sup>3</sup> Ресурсный центр Геомодель, научный парк СПбГУ; <sup>4</sup> The Drey, Allington Track, Allington, Salisbury SP4 0DD, Wiltshire, UK

PUNINITE - A NEW MINERAL FROM VOLCANIC EXHALATION  
(KAMCHATKA PENINSULA, RUSSIA)

**Lukina E.A.<sup>1</sup>, Siidra O.I.<sup>1</sup>, Nazarchuk E.V.<sup>1</sup>, Zaitsev A.N.<sup>1</sup>, Avdontseva E.Y.<sup>1</sup>,  
Vergasova L.P.<sup>2</sup>, Filatov S.K.<sup>1</sup>, Vlasenko N.S.<sup>3</sup>, Turner R.<sup>4</sup>, Karpov G.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Saint Petersburg branch. Saint Petersburg State University; <sup>2</sup> Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern branch of RAS; <sup>3</sup> Research Park, Resource Centre Geomodel, St. Petersburg State University; <sup>4</sup> The Drey, Allington Track, Allington, Salisbury SP4 0DD, Wiltshire, UK

Пунинит (2015-012),  $\text{Na}_2\text{Cu}_3\text{O}(\text{SO}_4)_3$ , является новым минералом, найденным на Главной Теноритовой фумароле (Пеков и др., 2015), Второго шлакового конуса (Северный прорыв, БТТИ, Толбачик, Камчатка). Минерал встречается в виде корок, сферолитовых агрегатов, отдельных изометричных кристаллов от зеленого до изумрудно-зеленого цвета и размерами до  $10 \times 30 \times 50 \text{ }\mu\text{m}$ , а также зерен неправильной формы. Пунинит встречается в ассоциации с  $\beta$ -ламмеритом, теноритом, гематитом и гипсом. Минерал назван в честь профессора Юрия Олеговича Пунина (1941-2014), работавшего на кафедре кристаллографии СПбГУ.

Пунинит имеет стеклянный блеск, твердость, приблизительно равную 2-3 по шкале Мооса, и совершенную спайность по {100}. Расчетная плотность равна  $3.284 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ . Минерал оптически двуосный (+);  $\alpha = 1.562(2)$ ,  $\beta = 1.591(2)$ ,  $\gamma = 1.634(2)$  (589 nm);  $2V$  (изм.) =  $2V$  (расч.) =  $80.7^\circ$ . Под поляризационным микроскопом цвет минерала бледно-зеленый, плеохроизм проявляется очень слабо.

Электронно-микроскопическое исследование зерен минерала проводилось на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N, оснащенный энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments INCA.:  $\text{Na}_2\text{O}$  9.98,  $\text{K}_2\text{O}$  0.63,  $\text{CuO}$  43.21,  $\text{ZnO}$  0.66,  $\text{SO}_3$  44.33, в общей сумме 98.81 %. Эмпирическая формула минерала:  $(\text{Na}_{1.76}\text{K}_{0.07})_{\Sigma 1.83}(\text{Cu}_{2.97}\text{Zn}_{0.04})_{\Sigma 3.01}(\text{SO}_4)_{3.02}\text{O}_{0.92}$  (расчет на 13 атомов O). Упрощенная формула:  $\text{Na}_2\text{Cu}_3(\text{SO}_4)_3\text{O}$ . Минерал растворим в воде.

Параметры элементарной ячейки, рассчитанные по данным порошковой рентгеновской дифракции с использованием дифрактометра Rigaku R-AXIS Rapid II:  $C2/c$ ,  $a = 17.41(1) \text{ \AA}$ ,  $b = 9.39(1) \text{ \AA}$ ,  $c = 14.40(1) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 112.04(7)^\circ$ ,  $V = 2183(2) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 8$ .

Изучение кристаллической структуры пуинита выполнено на монокристаллическом дифрактометре Bruker Smart Apex II:  $C2/c$ ,  $a = 17.3885(13)$ ,  $b = 9.4009(8)$ ,  $c = 14.4045(11) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 112.039(2)^\circ$ ,  $V = 2182.6(3) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 8$ . Структура уточнена до  $R_1 = 0.034$  для 1923 независимых рефлексов с  $F_o > 4\sigma(F)$  с использованием программного комплекса SHELX и начальных координат атомов из работы Scordari&Stasi (1990) для кристаллической структуры эвхлорина,  $\text{KNaCu}_3\text{O}(\text{SO}_4)_3$ .

Кристаллическая структура пуинита относится к группе минералов и синтетических соединений со структурами, в основе, которых лежат димеры  $(\text{O}_2\text{Cu}_6)^{8+}$ , сложенные из оксоцентрированных тетраэдров  $(\text{OCu}_4)^{6+}$  [3] (Рис. 1). Пуинит изоструктурен эвхлорину и федотовиту. Структуры этих минералов построены на основе димеров  $[\text{O}_2\text{Cu}_6]^{8+}$ , объединяющихся через сульфатные тетраэдры в трехмерный каркас. В минералах группы эвхлорина катионы щелочных металлов могут занимать две позиции,  $A(1)$  и  $A(2)$ , где  $A = \text{K}, \text{Na}$ . Структурная формула этих минералов может быть записана в виде  $A(1)A(2)[\text{Cu}_3\text{O}](\text{SO}_4)_3$ . В обеих позициях в федотовите доминируют катионы  $\text{K}$ , а в эвхлорине позиции  $A(1)$  и  $A(2)$  заняты преимущественно катионами  $\text{Na}$  и  $\text{K}$ , соответственно. В кристаллической структуре пуинита в обеих позициях преобладают катионы  $\text{Na}^+$ . Незначительное количество калия присутствует в позиции  $A(1)$ . Структурная формула пуинита может быть записана как  $\text{NaNa}[\text{Cu}_3\text{O}](\text{SO}_4)_3$ .

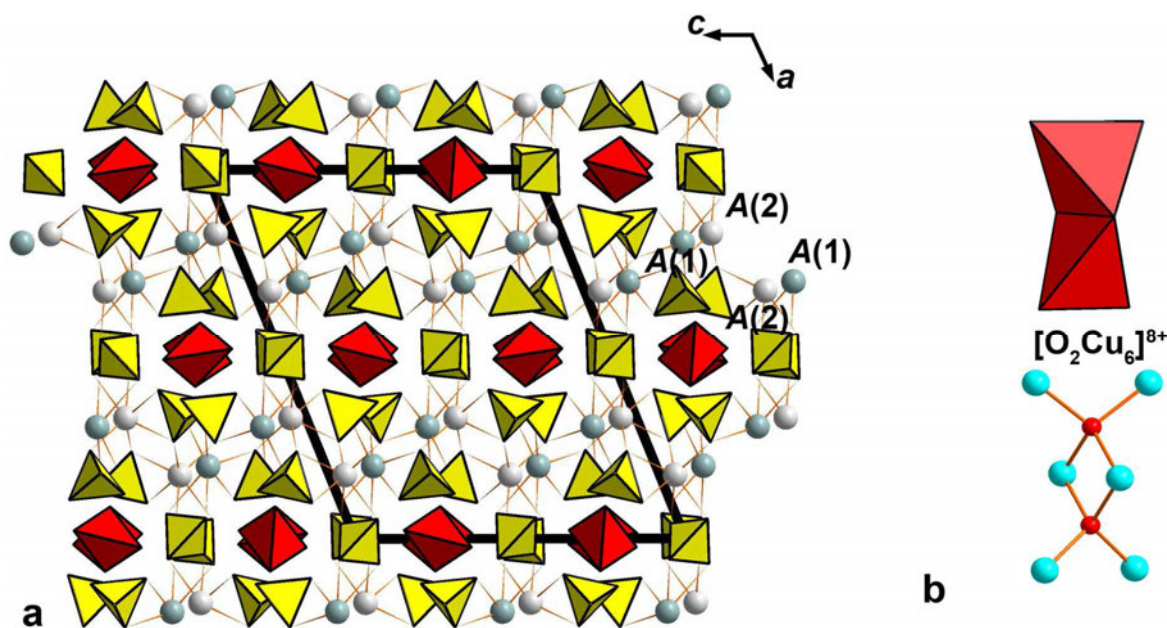


Рис. 1. Проекция кристаллической структуры пуинита ( $\text{SO}_4$  = желтый,  $\text{O}_2\text{Cu}_6$  = красный). Позиции щелочных катионов  $A(1)$  и  $A(2)$  отмечены на рис. 1 (а). На рис. 1 (б) представлена проекция димеров  $[\text{O}_2\text{Cu}_6]^{8+}$  в структуре пуинита.

Различия в радиусах катионов  $K^+$  и  $Na^+$  отражаются в увеличении параметра  $a$  и объема элементарной ячейки с 2182.6 до 2396.8 Å<sup>3</sup> в пунините и федотовите, соответственно.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ XXXXX (экспериментальные исследования и характеристика свойств) и РФФИ 3.15.885.2013 (полевые работы на вулкане Толбачик).*

*Pekov, I.V., Zubkova, N.V., Yapaskurt, V.O., Lykova, I.S., Belakovskiy, D.I., Vigasina, M.F., Sidorov, E.G., Britvin, S.N., Pushcharovsky, D. Yu. New zinc and potassium chlorides from fumaroles of the Tolbachik volcano, Kamchatka, Russia: mineral data and crystal chemistry. I. Mellizinkalite,  $K_3Zn_2Cl_7$ . *European Journal of Mineralogy*, in press.*

*Scordari, F. and Stasi, F. The crystal structure of euchlorine,  $NaKCu_3O(SO_4)_3$ . *Neues Jahrbuch fuer Mineralogie*, 1990, 161, 241-253.*

*Krivovichev, S.V., Mentré, O., Siidra, O.I., Colmont, M. and Filatov, S.K. Anioncentered tetrahedra in inorganic compounds. *Chemical Reviews*, 2013. 113, 6459–6535.*