

АРСЕНАТЫ ГРУППЫ АЛЛЮОДИТА В ОТЛОЖЕНИЯХ ФУМАРОЛ
ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1975-76 ГГ. (КАМЧАТКА)

Рыбин Д.С.¹ (rybin86@yandex.ru), **Кривовичев С.В.**¹, **Филатов С.К.**¹,
Вергасова Л.П.²

¹ Санкт-Петербургское отделение. Санкт-Петербургский государственный университет

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

ARSENATES OF THE ALLUAUDITE GROUP FROM TOLBACHIK
FUMAROLS, KAMCHATKA PENINSULA, RUSSIA

Rybin D.S.¹ (rybin86@yandex.ru), **Krivovichev S.V.**¹, **Filatov S.K.**¹,
Vergasova L.P.²

¹ Saint Petersburg branch. Saint Petersburg State University

² Institute of Volcanology and Seismology, Russian Academy of Sciences

Группа аллюодита объединяет около 20 изотипных минералов, из которых большинство составляют фосфаты. Общая формула минералов этой группы выглядит следующим образом: $A(1)A(2)M(1)M(2)_2[T(1,2)O_4]_3$. Позиции M(1) и M(2) обладают октаэдрической координацией. Октаэдры $[MO_6]$ соединяются между собой по ребрам в зигзагообразные цепочки, которые тетраэдрами $[T(1)O_4]$ связываются в слои, параллельные плоскости (010). Окта-тетраэдрические слои через тетраэдры формируют трехмерный каркас, в пустотах которого находятся позиции крупных катионов A(1) и A(2). Среди арсенатов группы аллюодита известны следующие минералы: йохиллерит $Na(Mg,Zn)_3Cu(AsO_4)_3$, арсениоплеит $CaNaMnMn_2(AsO_4)_3$, оданиелит $NaZn_3H_2(AsO_4)_3$, никенихит $NaCaCuMg_3(AsO_4)_3$, брадачекит $NaCu_4(AsO_4)_3$, кейит $Cu_3(Zn,Cu)_4Cd_2(AsO_4)_6(H_2O)_2$, яцганит $Na(Mg,Mn)Fe_2(AsO_4)_3(H_2O)$, и кариинит $NaCa_2Mn_2(AsO_4)_3$. В последнее время в отложениях фумарол Толбачинского извержения было обнаружено четыре природных арсената, кристаллизующихся в структурном типе аллюодита: йохиллерит, никенихит, брадачекит и предположительно новый минерал желтого-оранжевого цвета.

Йохиллерит был открыт на полиметаллическом месторождении Цумеб в Намибии в 1982 году, позже он был найден и в отложениях фумарол Толбачинского извержения (Tait, Hawthorne, 2004). В его кристаллической структуре аллюодитовая позиция A(1) не заселена, но присутствует дополнительная позиция A(1)', заселенная атомами Cu, находящимися в квадратной координации.

Никенихит впервые был найден близ деревни Никених (Германия) в палеофумаролах вулканической области Айфель (Auernhammer e.a., 1993). Находка никенихита на Камчатке стала второй находкой этого минерала, подтверждающей его эксгаляционный генезис. В отложениях фумарол Толбачинского извержения никенихит образует разноокрашенные (от

желтого до фиолетого) индивиды призматического облика размером 0.2-0.3 мм. Его идеализированная формула - $\text{NaCaMgMg}_2[\text{AsO}_4]_3$. Октаэдрические позиции его кристаллической структуры заняты атомами Mg, Na и Ca располагаются в пустотах аллюодитового каркаса. Образцы никенихита из эксгальционных отложений Толбачинского извержения отличаются от образцов найденных в Германии отсутствием в составе Cu, занимающей в аллюодитовой структуре дополнительную позицию A(1)ʹ.

Брадачекит впервые был обнаружен в отложениях фумарол Толбачинского извержения. Он образует скопления темно-синих пластинок с алмазным блеском. Брадачекит – существенно медный арсенат, в его кристаллической структуре атомы Cu находятся в октаэдрическом окружении с характерным для этого элемента искажением октаэдров за счет эффекта Яна-Теллера (Кривовичев и др., 2001), что сказывается на его физических свойствах, например, на анизотропии теплового расширения (Филатов и др., 2009). Брадачекит имеет синтетический аналог $\text{NaCu}_4(\text{AsO}_4)_3$, полученный Ф. Пертликом (Pertlik, 1987) методом гидротермального синтеза.

Желто-оранжевый арсенат представлен изометричными зернами от желто-оранжевого до медово-красного цвета. Для минерала установлены две рановидности (медистая и магниевая): $\text{NaNa}(\text{Fe,Cu})_2\text{Ca}[\text{AsO}_4]_3$ и $\text{NaNa}(\text{Fe,Mg})_2\text{Ca}[\text{AsO}_4]_3$. В его кристаллической структуре октаэдрические позиции M(1,2) заняты атомами Fe и Ca. Атомы Ca образуют крупные, сильно искаженные октаэдры. Пустоты аллюодитового каркаса заселены атомами Na. В настоящее время желто-оранжевый арсенат проходит процедуру оформления как новый минеральный вид.

Многообразие замещений в кристаллохимических позициях структурного типа аллюодита дает основания прогнозировать обнаружение целого ряда новых природных соединений, относящихся к этой минеральной группе. Примечательно то, что минералы этой группы имеют разнообразный генезис, от зон гипергенеза до вулканических эксгальций в условиях повышенных температур.

Кривовичев, С.В., Филатов, С.К. & Burns, P.C. (2001): Ян-Теллеровское искажение полиэдров меди в структурном типе аллюодита: кристаллическая структура брадачекита, $\text{NaCu}_4(\text{AsO}_4)_3$ // Записки РМО. Т. 130. С. 1-8.

Филатов С.К., Рыбин Д.С., Кривовичев С.В., Вергасова Л.П. (2009): Тепловое расширение новых минералов – арсенатов брадачекита $\text{NaCu}_4(\text{AsO}_4)_3$ и урусовита $\text{Cu}(\text{AsAlO}_5)$ // Записки РМО. Т. 138. № 1. С. 136-143

Auernhammer M., Effenberger H., Hentschel G., Reinecke T., Tillmanns E. (1993): Nickenichite, a new arsenate from the Eifel, Germany // Mineral. Petrol. Vol. 48. P. 153-166.

Pertlik F. (1987): Hydrothermal synthesis and structure of sodiumtetracopper(II) triarsenate(V) // Acta Crystallogr. Vol. C43. P. 381-383.

Tait K.T., Hawthorne F.C. (2004): Johillerite from Tolbachik, Kamchatka Peninsula, Russia: Crystal-structure refinement and chemical composition // Can. Mineral. Vol. 42. P. 717-722.