

**Характеристика шлэссмахерита из отложений фумарол вулкана Шивелуч**  
**Вергасова Л.П.<sup>1</sup>, Филатов С.К.<sup>2</sup>, Шаблинский А.П.<sup>3</sup>, Назарова М.А.<sup>1</sup>**  
**Characteristics of schlossmacherite from fumarole deposits of the Shiveluch volcano**  
**Vergasova L.P., Filatov S.K., Shablinskii A.P., Nazarova M.A.**

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;  
e-mail: vlp@kscnet.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург

Представлены результаты исследования первой находки на Камчатке минерала шлэссмахерита. Определен химический состав, проведены порошковая рентгенография и инфракрасная спектроскопия.

В работе представлены результаты исследования минерала шлэссмахерита  $(\text{H}_3\text{O})\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  из фумарольных отложений эксплозивного кратера вулкана Молодой Шивелуч, обнаруженного в 1970 г., во время длительного покоя вулкана после катастрофического извержения в 1964 г. Предварительно был охарактеризован как оксониевый аналог группы минералов алунита с рабочим названием оксониаалунит [1]. Минерал встречается в ассоциации с галитом, пиритом, ангидритом, бледитом, тамаругитом, старкиитом, натроалунитом и гематитом. Как минеральный вид шлэссмахерит был впервые обнаружен в Чили, утвержден ММА и опубликован в 1980 г. [5]. Номенклатура минералов супергруппы алунита приведена в [3].

Для исследования минерала были привлечены методы аналитической химии, рентгеноспектральный анализ на волновом детекторе, порошковая рентгенография и ИК-спектроскопия. Были изучены две скрытокристаллические тонкодисперсные, местами с большим количеством газовых включений, пробы минеральных новообразований донной фумаролы Активной воронки-бокки (Ш-1/70) и Западной воронки-бокки (Ш-2/70).

Полученная расчетная формула по данным микрозондового анализа –  $(\text{H}_{2.95}\text{Na}_{0.15}\text{K}_{0.06})_{\Sigma 3.16}\text{Al}_{3.02}\text{S}_{1.96}\text{O}_8(\text{OH})_6$  – не противоречит приведенному выше синтетическому соединению и формуле известного минерала группы алунита шлэссмахерит. На микрозондовый рентгеноспектральный микроанализ (Камебакс, напыление угольное) был использован обломок обеленного измененного андезита с термальной площадки Центрального купола Активной воронки-бокки [2]. Полностью данные химического анализа приведены в [1]. Тонкодисперсные пенистые агрегаты исследуемых проб были не пригодны для этого вида анализа из-за невозможности приготовления аншлифов с чистотой обработки поверхности, равной оптической. Присутствие в анализах незначительных содержаний натрия и калия наиболее вероятно связано с изоморфным замещением ионов оксония.

Порошковая рентгенография минерала на дифрактометре ДРОН 2 (CoK $\alpha$ ) выявила сходство с рентгенограммой синтетического соединения  $(\text{H}_3\text{O})\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  (табл. 1) [1]. Минерал кристаллизуется в пространственной группе  $R\text{-}3m$ , рассчитанные параметры элементарной ячейки:  $a=7.016(5)$ ,  $c=17.12(1)$  Å,  $V=730(1)$  Å<sup>3</sup>. Получены инфракрасные спектры этих проб (табл. 2), интерпретация выполнена на основе данных из работы [4].

Таблица 1. Данные порошковой рентгеновской дифракции для шлэссмахерита с вулкана Шивелуч

Шлэссмахерит		$(\text{H}_3\text{O})\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$		
Проба Ш-1/70		ICDD-16-0409		
$I/I_0$	$d, \text{Å}$	$I/I_0$	$d, \text{Å}$	$hkl$
44	4.96	70	4.95	102
26	3.511	15	3.51	110
100	2.977	100	2.99	113
20	2.220	25	2.27	122
18	1.9019	30	1.909	009
		20	1.905	027
15	1.7507	15	1.755	208
4	1.6533	5	1.654	312

Таблица 2. Полосы инфракрасных спектров ( $\text{см}^{-1}$ ) шлэссмахерита с литературными данными

Проба		Ссылка	Интерпретация*
Ш-1/70	Ш-2-1/70	[2]	
432	416, 447	450	$\nu_2 (\delta) (\text{SO}_4)$
	486	465	
		480	
		490	
		510	$\delta \text{ OH}, \nu \text{ Al-O}$
528	5166 555, 586	530	
		565	
594	609	585	$\nu_4 (\delta) (\text{SO}_4)$
624	632	620	
678	671		$\delta \text{ OH}$
	702		
	817, 887		
		970	$\nu_1 (\text{SO}_4)$
1031	995	1015	$\nu_3 (\text{SO}_4)$
1080	1111	1085	
1111	1126	1120	
1146	1165	1164	$\nu_3 \text{ H}_3\text{O}^{+?}$
		1190	
1219		1245	$\delta \text{ OH}$
	1303	1300	
	1327		
1400			
		1550	$(\text{SO}_4)$
1635	1635, 1651	1640	$\text{H}_3\text{O}^+$ и/или $\text{H}_2\text{O}$
		1715	
		2030	
2183			
		2500	$(\text{SO}_4)$
		2940	О-Н растяжения
		3190	
3448	3224-3456	3410	
		3680	

Примечание. \* – по данным [4].

На рисунке показано изображение шлэссмахерита в отраженных электронах. Выделения минерала в обломке измененного андезита развиты по трещинкам, макро и микропорам, маркируя каналы флюидного теплопереноса, являясь продуктами локального метасоматоза.

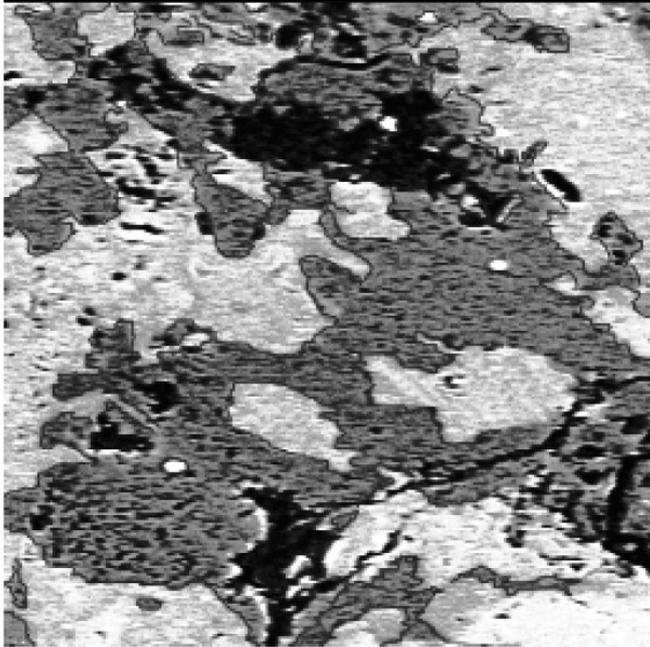


Рисунок. Изображение шлессмахерита (темной-серый цвет) в отраженных электронах. Фото Т.М. Философовой.

Исследования проведены в рамках гранта РФФ 23-77-10066 (<https://rscf.ru/project/23-77-10066/>) и поддержаны Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках бюджетной темы Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (№ FWME-2024-0006).

#### Список литературы

1. *Вегасова Л.П., Курсанова Т.П., Философова Т.М. и др.* Об алунизации в кратере вулкана Молодой Шивелуч (Северная группа вулканов, Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 1. Вып. 9. С. 51-60.
2. *Курсанова Т.П.* Результаты режимных наблюдений на вулкане Шивелуч в 1965-1970 гг. Отчет. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 1971. 200 с.
3. *Bayliss P., Kolitsch U., Nickel E.N., Pring A.* Alunite supergroup: recommended nomenclature // Mineralogical Magazine. 2010. V. 74. № 5. P. 919-927. <https://doi.org/10.1180/minmag.2010.074.5.919>
4. *Plasil J., Skoda R., Fejfarova K., Sejka J et al.* Hydroniumjarosite,  $(\text{H}_3\text{O})+\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ , from Cerros Pintados, Chile: Single-crystal X-ray diffraction and vibrational spectroscopic study // Mineralogical Magazine. 2014. V. 78. № 3. P. 535-547. <https://doi.org/10.1180/minmag.2014.078.3.04>
5. *Schmetzer K., Otterman J., Bank H.* Schlossmacherite, a new mineral of the alunite-jarosite group // Neues Jahrbuch für Mineralogie. 1980. № 3. P. 215-222.