

А. А. ЧЕРНИКОВ, Д. П. ШАШКИН, П. Н. ГАВРИЛОВА

НАТРИЕВЫЙ БОЛТВУДИТ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 17 I 1973)

В аридных районах СССР авторы неоднократно обнаруживали силикат уранила, обладающий по рентгеновским данным структурой болтвудита, но содержащей в своем составе натрий*. Этот минерал развивается в приповерхностных частях рудопроявлений и точек минерализации урана, где циркулируют натриевые сульфатно-хлоридные, слабощелочные (рН 7,5–8,5) воды.

Натриевый болтвудит встречается главным образом в виде порошковатых тонкозернистых палетов светло-желтого и белесого цвета. Реже отмечаются пластинчатые радиально-лучистые агрегаты. Пластинки обладают совершенной спайностью по 010 и несовершенной по 001. Во всех случаях минерал встречался в крайне ограниченных количествах, в тесной смеси с глинистым материалом, кальцитом, лимонитом, окислами и гидроокислами марганца. Поэтому выделить натриевый болтвудит в чистом виде в достаточном количестве для детальных исследований практически не всегда возможно. В большинстве случаев приходилось ограничиваться замерами показателей преломления и спектральным анализом минерала.

Натриевый болтвудит двуосный, отрицательный, $2V$ большой, с аномальными цветами интерференции, погасание прямое относительно оси a . Плеохроизм — от бесцветного по N_p' до слабо-желтого по N_g' . $N_p' = 1,613-1,645$; $N_g' = 1,645-1,672$.

По данным спектрального анализа, в минерале всегда обнаруживается в количестве 1–10% только уран и кремний. Натрий, кальций, алюминий и магний иногда устанавливаются в целых долях процента, иногда в десятых; фосфор, мышьяк, железо, марганец, реже ванадий — в десятых, до сотых долей процента. Остальные элементы (цинк, таллий, медь, иттрий, гафний, олово, скандий, молибден, иттербий) спектральным анализом устанавливаются в тысячных и десятитысячных долях процента и не всегда.

Химический анализ удалось произвести для двух образцов (табл. 1). Обр. № 1 — натриевый болтвудит в виде землистых выделений находится в тесной смеси с каолинитом и кварцем. В небольших количествах установлены: гипс, кальцит и полевой шпат. Результаты этого анализа довольно трудно интерпретировать. За вычетом примесей каолинита, кальцита и кварца выводится формула $(Na_{0,7}K_{0,3})_2O(UO_2)_{1,6}(SiO_2)_{2,69}H_2O$. Как видно, натрий в анализируемом минерале преобладает над калием более чем в 2 раза. Для соотношения окислов, установленных ранее в болтвудите⁽²⁾, в анализируемом образце урана не хватает. Последнее, возможно, связано с тем, что при расчете формулы не учитывалась примесь полевого шпата.

Второй анализ (обр. № 2) проведен для натриевого болтвудита, встречающегося в виде радиально-лучистых агрегатов. Материал достаточно чисто отобран под бинокулярной лупой. В небольшом количестве здесь в качестве примеси присутствовал (главным образом) кальцит. За вычетом

* Природные натриевые разновидности болтвудита в литературе не описаны. Искусственно были получены натриевый болтвудит и натриевый аналог болтвудита⁽²⁾.

Таблица 1

Химический анализ натриевого болтвудита

Окисел	Обр. № 1							Обр. № 2				
	содержание		расчет анализа				остаток, МОЛ. КОЛИЧ.	содержание		расчет анализа		остаток, МОЛ. КОЛИЧ.
	вес. %	МОЛ. КОЛИЧ.	болтвудит		каолинит			вес. %	МОЛ. КОЛИЧ.	болтвудит		
			МОЛ. КОЛИЧ.	ОТН. МОЛ. КОЛИЧ.	МОЛ. КОЛИЧ.	ОТН. МОЛ. КОЛИЧ.				МОЛ. КОЛИЧ.	ОТН. МОЛ. КОЛИЧ.	
UO ₃	44,00	1540	1540	1,62	—	—	—	59,57	2083	2083	2,08	—
P ₂ O ₅	0,40	28	—	—	—	—	28	Не анал.	—	—	—	—
SiO ₂	29,70	4950	1872	2,00	1460	2	1690 (кварц)	14,70	2450	2020	2,00	430 (кварц)
Al ₂ O ₃	7,50	730	—	—	730	*1	—	0,1	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0,50	31	—	—	—	—	31	0,45	—	—	—	—
SrO	0,09	—	—	—	—	—	—	Не анал.	—	—	—	—
CaO	0,90	160	—	—	—	—	160 (гипс и кальцит)	4,35	775	—	—	775 (кальцит)
MgO	Не обн.	—	—	—	—	—	—	Не обн.	—	—	—	—
PbO	0,51	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—
K ₂ O	2,60	276	276	0,30	—	—	—	3,10	330	330	0,3	—
Na ₂ O	4,07	660	660	0,70	—	—	—	4,21	680	680	0,7	—
H ₂ O±	10,50	5850	4390	4,69	1460	2	—	8,70	4833	4833	4,78	—
П.п.п.	Не анал.	—	—	—	—	—	—	14,23	—	—	—	775 (CO ₂ кальцита)
Σ	100,77		(H ₃ O)(Na _{0,7} K _{0,3})(UO ₂)· (SiO ₄)·0,9H ₂ O		Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O			100,71		(H ₃ O)(Na _{0,7} K _{0,3})(UO ₂)· (SiO ₄)·0,9H ₂ O		

Примечание. Аналитик — Н. Н. Кузнецова.

Порошкограмма натриевого болтвудита

$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{расч.}, \text{Å}$	I	hkl	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{расч.}, \text{Å}$	I	hkl
6,92	6,85	7	400	2,033	2,031	3	11.2.0
6,71	6,65	10	001;110	1,979	1,973	2	822
6,37	6,46	5	101	1,920	1,923	7	731
5,39	5,37	6	301	1,828	1,835	2	323
4,70	4,75	8	111	1,755	1,755	5	040
4,24	4,26	5	311	1,693	1,694	3	141
3,68	3,69	3	511	1,617	1,614	2	16.11; 15.2.0
3,56	3,51	5	020	1,573	1,571	2	17.1.0; 15.2.1
3,49	3,48	8	120	1,559	1,561	2	15.1.2
3,37	3,37	8	701	1,515	1,514	2	442
3,10	3,10	8	021	1,504	1,502	4	024
2,92	2,94	10	212	1,358	1,358	2	351
2,47	2,45	3	820	1,312	1,315	5	651
2,43	2,43	4	721	1,243	1,243	4	15.4.1
2,314	2,306	2	230	1,207	1,206	2	22.1.1
2,267	2,267	4	330	1,182	1,182	2	20.3.0; 18.2.3
2,202	2,207	6	031	1,156	1,159	2	553
2,098	2,101	3	431	1,133	1,131	2	535
				1,091	1,092	3	960

примеси кальцита и кварца из результатов анализа (табл. 1) выводится формула $(\text{H}_2\text{O})(\text{Na}_{0,7}\text{K}_{0,3})(\text{UO}_2)(\text{SiO}_2)\text{H}_2\text{O}$. Она отличается от формулы болтвудита, описанного в литературе ^(1, 2), практически только значительным преобладанием натрия над калием: в нашем образце Na_2O 4,21% против 0,4% из ⁽²⁾.

Рентгеноструктурное исследование образцов болтвудита (обр. № 2) проведено для определения констант элементарной ячейки, рентгеновской плотности, числа формульных единиц и пространственной группы минерала, которые для болтвудитов неизвестны.

Было отобрано несколько кристаллических обломков болтвудита таблитчатого габитуса, размером в тысячные доли кубического миллиметра. По лауэграммам, рентгенограммам качения и вращения впервые установлена ромбическая сингония минерала, лауэвский класс mmm , параметры элементарной ячейки $a=27,40\pm 0,05$, $b=7,02\pm 0,02$, $c=6,65\pm 0,02$ Å. В данной элементарной ячейке содержится 8 формульных единиц состава: $(\text{H}_2\text{O})\text{Na}_{0,7}\text{K}_{0,3}[\text{UO}_2\cdot\text{SiO}_4]\cdot\text{H}_2\text{O}$. Эта формула получена из пересчета химического анализа обр. № 2. Плотность, измеренная рентгенографически ($4,4$ г/см³), близка к измеренной методом поплавок ($4,1$ г/см³).

Пространственная группа симметрии выведена из анализа закономерных погасаний на развертках (вейсенбергограммах) слоевых линий, снятых вдоль основных кристаллографических направлений a , b и c .

Так, на развертке слоевых линий $Ok\bar{l}$ присутствуют узловые отражения только с $K=2n$ и на $h0l$ — $ch=2$. Этот комплекс погасания однозначно приводит к пространственной группе $D_2^3=P2_12_12_1$. На основе полученных параметров элементарной ячейки и пространственной группы симметрии проведено индентирование дебаеграммы болтвудита, снятой, в камере РКУ, $D=114$ мм, Fe-излучение без фильтра (табл. 2).

Таким образом, изученный образец, в отличие от описанных в литературе, характеризуется высоким содержанием натрия и является разновидностью собственно болтвудита.

Поступило
17 XI 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ C. Frondel, J. Sto, Science, v. 124, № 3228, 931 (1956). ² R. M. Honea, Am. Mineral., v. 46, № 1-2, 12 (1961).