

В. В. Кондратьева

## РЕНТГЕНОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ХИЛЬГАРДИТА

(Ленинградский государственный университет)

Среди кальциево-стронциевых боратов отчетливо выделяются своим структурным сходством минералы группы хильгардита. К этой группе относятся хильгардит (Hurlbut, Taylor, 1937; Braitsch, 1959), парахильгардит (Hurlbut, 1938; Braitsch, 1959) и стронциохильгардит (Braitsch, 1959). Метрика решеток хильгардита и парахильгардита была установлена Херлбутом (Hurlbut, 1937; Hurlbut, 1938). Брайтш (Braitsch, 1959) уточнил данные Херлбата и вывел новые ячейки парахильгардита и стронциохильгардита.

Нами было проведено рентгеновское исследование трех кальциево-стронциевых боратов — тыретскита, кургантаита и стронциохильгардита, близких по своим свойствам к группе хильгардита. Рентгеновские данные для тыретскита и кургантаита до настоящего времени в литературе не приводились. Правда, Я. Я. Яржемский (Яржемский, 1952) отмечал, что для кургантаита была получена порошковая рентгенограмма, на основании которой наряду с другими данными и был установлен этот новый минерал, но сама рентгенограмма в его работе отсутствует.

В настоящей заметке приводятся эталонные дебаеграммы для кургантаита, стронциохильгардита и тыретскита, а для последнего также и монокристалльные данные. Полученные результаты позволили установить принадлежность перечисленных минералов к группе хильгардита и дать рекомендации по их рентгеновской диагностике. Минералогические исследования этих боратов выполнены сотрудниками ВНИИГалургии Я. Я. Яржемским (Иванов, Яржемский, 1954; Яржемский, 1952) и В. В. Лобановой, которые передали автору образцы для рентгеновского изучения.

Кургантаит впервые был описан Я. Я. Яржемским (Яржемский, 1952). Он встречается в гипсово-ангидритовой породе в виде желваков размером до 1—2 см, состоящих из мелких зерен неправильной формы и разной величины (преобладают зерна размером 0,01—0,05 мм). По данным химического анализа (Яржемский, 1952), приведенного в табл. 1, кургантаит содержит 37,48% окиси стронция. Из пересчета химического анализа для кургантаита получается следующая формула:  $2(\text{Sr}, \text{Ca})\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Однако из-за большого количества примесей формулу нельзя считать окончательной.

По генетической классификации А. Ф. Горбова (Горбов, 1960) этот минерал относится к группе пироборатов, в которой плоские полиионы построены из борокислородных треугольников. Структурная формула кургантаита по А. Ф. Горбову следующая:  $(\text{Ca}, \text{Sr})_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2]$ . Экспериментальный удельный вес равен приблизительно 2,8—2,9 (Яржемский, 1952).

Таблица 1

## Химический состав минералов группы хильгардита

Компоненты	Тыретскит <sup>1</sup>			Кургантаит <sup>2</sup>			Стронциохильгардит*		Стронциохильгардит, Ca <sub>1,08</sub> Sr <sub>0,92</sub> · [B <sub>5</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>2</sub> Cl] <sup>3</sup>	Хильгардит, парахильгардит, Ca <sub>2</sub> [B <sub>5</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>2</sub> Cl] <sup>3</sup>
	содержание, вес. %	теоретический состав после исключения примесей	молекулярные количества	содержание, вес. %	теоретический состав после исключения примесей	молекулярные количества	содержание, вес. %	молекулярные количества		
CaO	29,77	31,88	592	17,64	15,37	274	14,70	260	16,13	32,82
SrO	1,94	2,53		32,66	37,48	362	23,80	230	25,39	
MgO	2,14									
Na <sub>2</sub> O	3,50									
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,36	56,64	813	36,08	41,41	595	42,10	605	46,37	52,49
SO <sub>3</sub>	2,38			6,07						
Cl	5,13						15,46	220	9,44	10,68
CO <sub>2</sub>	4,73									
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,36									
Нерастворимый остаток	0,54									
П. п.п				7,5						
H <sub>2</sub> O	6,85	8,95	497		5,74	319	4,00	220	4,80	5,43
Сумма	100,70	100,00		99,95	100,00		100,06		102,13—2,13 (О за счет Cl) 100,00	102,42—2,42 (О за счет Cl) 100,00

\* Анализ выполнен химиком — аналитиком М. М. Вильнером (ВНИИГ).

<sup>1</sup> По А. А. Иванову и Я. Я. Яржемскому, 1954;<sup>2</sup> По Я. Я. Яржемскому, 1952;<sup>3</sup> По Braitsch, 1958.

В образцах кургантаита, имевшихся в нашем распоряжении, монокристаллы не обнаружены. Поэтому рентгеновское исследование пришлось ограничить только съемкой порошковой рентгенограммы и расчетом межплоскостных расстояний. Дебаеграмма снималась в камере РКД с диаметром кассеты 57,3 мм. Использовалось железное излучение и Мп-фильтр ( $\lambda_{FeK\alpha} = 1,9373 \text{ \AA}$ ) при напряжении 35 кВ и силе тока 14 мА; экспозиция 2 ч 30 мин, диаметр столбика образца 0,30 мм. Межплоскостные расстояния исправлены по особому снимку смеси с NaCl, применявшейся в качестве внутреннего стандарта. Интенсивность линий оценивалась визуально по десятибалльной шкале. Межплоскостные расстояния и интенсивности отражений кургантаита приведены в табл. 2, где видно, что этот минерал сходен с минералами группы хильгардита. Но дебаеграмма кургантаита имеет и свои отличительные особенности, связанные с его химическим составом.

Стронциохильгардит был обнаружен В. В. Лобановой в каменной соли и в ангидритовой породе. Он образует сферолиты, в центре которых находится галит; размеры сферолитов обычно не превышают 1 мм в диаметре. Отдельные кристаллы, из которых состоят сферолиты, слишком малы и выделить их для монокристалльного исследования не удалось. Дебаеграмма стронциохильгардита снималась при условиях, аналогичных описанным выше для кургантаита, экспозиция 5 часов. Результаты расчета дебаеграммы помещены в табл. 2, где для сравнения приводятся также межплоскостные расстояния, интенсивности и индексы отражений для основных линий стронциохильгардита, полученных Брайтшем (Braitsch, 1959).

Из сравнения рентгеновских данных, указанных в табл. 2, видно, что дебаеграммы нашего образца и стронциохильгардита, исследованного Брайтшем, очень близки. Однако значения межплоскостных расстояний для первых линий нашего стронциохильгардита несколько меньше по сравнению с данными Брайтша. Незначительная разница в интенсивностях и межплоскостных расстояниях этих двух стронциохильгардитов, вероятно, связана с некоторыми различиями в химическом составе.

Химический анализ стронциохильгардита, выполненный химиком-аналитиком М. М. Вильнером (ВНИИГ), приведен в табл. 1; там же указан теоретический состав стронциохильгардита для формулы  $Ca_{1,08}Sr_{0,92}[B_5O_8(OH)_2Cl]$ , хильгардита и парохильгардита для формулы  $Ca_2[B_5O_8(OH)_2Cl]$  (Braitsch, 1959). Из пересчета химического анализа для нашего стронциохильгардита получается следующая формула:  $5(Ca, Sr)O \cdot 6B_2O_3 \cdot 2Cl \cdot 2H_2O$ . Эта формула не согласуется с данными Брайтша и, вероятно, еще нуждается в уточнении.

Тыретскит — кальциево-стронциевый борат с содержанием 2,53% окиси стронция, т. е. SrO в нем в 14 раз меньше, чем в кургантаите. Он встречается в засоленной доломитовой породе в виде агрегата сферолитов радиально-лучистого строения (Иванов, Яржемский, 1952). Кристаллы тыретскита имеют пластинчатую форму. Размеры пластинок достигают 3—4 мм в длину, 1—2 мм в ширину и 0,1—0,2 мм в толщину. Тыретскит исследовался методом порошка и монокристалльными методами. Условия съемки дебаеграммы те же, что и для кургантаита, экспозиция 6 час. Межплоскостные расстояния и интенсивности линий тыретскита приведены в табл. 2. Монокристалльное исследование производилось в камере КРОН-2 с цилиндрической кассетой диаметром 57,3 мм на трубке БСВ-1 с медным анодом при напряжении 35 кВ и силе тока 18 мА, экспозиции 1—3 часов. вайсенбергограммы снимались на рентгенгонометре РГНС типа Вайсенберга на отфильтрованном медном излучении, экспозиция 15—20 часов.

На лауэграммах, рентгенограммах колебания и вайсенбергограммах нулевой и первой слоевых линий, снятых вдоль осей [100] и [010],

Межплоскостные расстояния и интенсивности отражений минералов  
группы хильгардита

Кургантаит		Тыретскит		Стронциохильгардит		Стронциохильгардит (по Braitsch)		
$\frac{d_a}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_a}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_a}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_a}{n}$	<i>I</i>	<i>hkl</i> *
6,46	2p							
		5,82	3			5,788	} <i>m</i>	002
/5,61	2			5,54	5	5,64		020
5,06	5	5,12	2p	4,97	4	5,01	<i>ms</i>	111
4,46	2p							
4,08	3	4,19	4	/4,03	3	4,04	<i>ms</i>	022
				3,69	5			
3,30	1	3,39	5					
		/3,23	6			3,19	} <i>m(br)</i>	200
3,17	10			/3,17	7	3,169		113
		(3,11)	3	/3,10	7	3,12		131
/2,89	3	2,93	10	2,89	9	2,89	<i>st</i>	004
2,82	9	2,86	10	2,81	10	2,82	<i>st</i>	040
		2,80	7	2,76	8	2,775	<i>st</i>	220
		2,66	3p					
						2,578	} <i>s</i>	024
		2,53	4p	2,54	2	2,535		042
2,51	8			2,49	5	2,504	<i>m</i>	222
2,46	<1			2,44	2	2,482	<i>s</i>	133
2,14	8	2,14	9			2,142	} <i>mst</i>	204
				2,13	8	2,137		115
						2,113	?	/240/
2,099	1	2,104	<1	2,091	7	2,092	<i>ms</i>	151
2,065	4							
		2,055	8	2,055	7	2,053	} <i>m</i>	311
		/2,020	2			2,004		<i>mst</i> } ( <i>br</i> )
1,999	7	1,985	6	1,988	8p	1,986		242
		1,940	5					
1,890	2			1,892	3	1,882	} <i>s(sh)</i>	060
						1,880		134
				1,864	4	1,863	} <i>ms(sh)</i>	153
1,840	3	1,846	9	1,832	5	1,839		313
						1,829	} <i>mst(br)</i>	331
						1,827		026
1,769	<1p	1,760	5	1,775	<1			
(1,715	1			1,715	4			
1,678	<1	1,685	4	1,688	1			
				1,646	1			
		1,625	4	1,616	2p			

Кургантаит		Тыретскит		Стронциохильгардит		Стронциохильгардит (по Braitsch)		
$\frac{d\alpha}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d\alpha}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d\alpha}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d\alpha}{n}$	<i>I</i>	<i>hkl</i> *
1,584	2p			1,580	4 p			
1,550	4p	1,555	4	1,551	4			
		1,531	3	1,539	4			
		1,474	1	1,484	2p			
1,444	1p	1,454	3	1,454	3p			
1,429	1p	1,427	3	1,409	4			
		1,400	4	1,395	1			
		1,387	4	1,376	<1			
1,358	2p	1,365	1	1,357	3p			
		/1,344	2	1,316	2			
				1,296	2			
1,284	2p			1,285	1			
		1,266	4p	1,275	3			
			2					
1,254	3			1,259	2			
				1,252	3			
1,228	2p	1,222	4	1,221	3p			
1,202	4	/1,197	3p	1,202	4p			
1,888	1			1,188	2p			
		1,176	4	1,165	1			
1,155	<1	1,159	3	1,154	1			
1,146	<1	1,148	3	1,146	1			
1,128	2p	1,128	3	1,127	3p			
1,108	1p	1,106	5p	1,107	3p			
1,095	2p	1,083	4	1,094	3p			
		1,077	1	1,072	5			
1,063	1p	1,068	1	1,061	4			
		1,057	2	1,054	1			
1,047	<1	1,050	1	1,046	2p			
		1,0390	4p	1,0403	1p			
1,0319	1p			1,0358	3p			
1,0206	2p	1,0172	4p	1,0204	3p			
1,0080	1p							
		1,0036	2p					
0,9940	2p	0,9995	3p					

Примечания: / — наложение β линий.

p — размытая линия.

st st, st, mst, m, ms, s — шкала интенсивностей (*stst* ≫ *s*)

br — широкая линия.

sh — четкая резкая линия.

x — индексирование в установке хильгардита (*a* < *c*).

Переход к ячейке стронциохильгардита —  $\left(100 \left| \frac{1}{2} \ 1 \ 0 \right| \frac{1}{2} \ 0 \ \frac{1}{2} \right)$ .

симметрии в расположении дифракционных пятен не обнаружено. Следовательно этот минерал относится к триклинной сингонии, что очевидно также из гномостереографической проекции, построенной по лауэ-грамме тыретскита. Параметры элементарной ячейки, определенные по рентгенограммам вращения и колебания, имеют следующие значения (структурная установка  $c < a < b$ ; Doppau, Nawacki, 1954):  $a = 6,44 \pm 0,02 \text{ \AA}$ ;  $b = 6,45 \pm 0,02 \text{ \AA}$ ;  $c = 6,41 \pm 0,02 \text{ \AA}$ ;  $\alpha = 61^\circ 46' \pm 3'$ ;  $\beta = 60^\circ 15' \pm 6'$ ;  $\gamma = 73^\circ 30' \pm 8'$ . Углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  вычислены аналитически по методу треугольника. Пространственная группа P1 или P $\bar{1}$ . Параметры элементарной ячейки тыретскита оказались близкими к параметрам элементарной ячейки стронциохильгардита, установленным Брайтшем (Braitsch, 1959). В табл. 3 приведена характеристика элементарной ячейки тыретскита, а также стронциохильгардита, хильгардита и парохильгардита в установке, принятой Брайтшем ( $a < b < c$ ).

Таблица 3

Характеристика элементарных ячеек минералов группы хильгардита

Параметры ячейки	Тыретскит*	Стронциохильгардит*	Хильгардит*	Парохильгардит <sup>1</sup>
Сингония	Триклинная	Триклинная	Моноклинная	Триклинная
Пространственная группа	P1	P1	Cc	P1
$a(\text{Å})$	6,41	6,38	6,31	6,31
$b(\text{Å})$	6,44	6,480	11,33	6,484
$c(\text{Å})$	6,45	6,608	11,44	17,50
$\alpha$	$73^\circ 30'$	$75,4^\circ$	$90^\circ$	$84,0^\circ$
$\beta$	$61^\circ 46'$	$61,2^\circ$	$90^\circ$	$79,6^\circ$
$\gamma$	$60^\circ 15'$	$60,5^\circ$	$90^\circ$	$60,9^\circ$
$v(\text{Å})$	202,32	208	817	615
$z$	1	1	4	3

\* В установке, принятой Брайтшем (Braitsch, 1959),  $a < b < c$ .

<sup>1</sup> По Braitsch, 1959.

Стронциохильгардит, описанный Брайтшем, обнаруживает пьезоэлектрические свойства, его пространственная группа определяется однозначно, как P1. Испытание тыретскита на пьезоэлектрический эффект не производилось. Однако, принимая во внимание его несомненное структурное сходство со стронциохильгардитом, можно считать, что тыретскит также относится к пространственной группе P1.

Из пересчета химического анализа тыретскита (см. табл. 1), после исключения примесей, получается следующая формула:  $3\text{CaO} \cdot 4\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ . Возможно, что некоторая часть молекул воды находится в гигроскопической форме, поэтому в тыретските могут содержаться две молекулы воды. Тогда структурную формулу тыретскита можно представить в виде:  $\text{Ca}_3[\text{B}_8\text{O}_{13}(\text{OH})_4]$ , где полиион  $[\text{B}_8\text{O}_{13}(\text{OH})_4]$ , по-видимому, состоит из борокислородных тетраэдров и треугольников, объединенных в бесконечные цепочки подобно керниту (Christ, 1960).

Однако эта формула не согласуется с размерами элементарной ячейки и экспериментальным удельным весом<sup>1</sup> ( $\rho_{\text{эксп}} = 2,189$ ) тыретскита, так как число формульных единиц  $z$  получается равным 0,5. Несоот-

<sup>1</sup> Удельный вес тыретскита определила химик-аналитик А. И. Соколова (ВНИИГ), которой автор выражает благодарность.

ветствие формулы тыретскита рентгеновским данным, вероятно, объясняется неточностью химического анализа из-за большого количества примесей в анализируемом образе. Это же обстоятельство мешает однозначно вывести формулу для кургантаита и стронциохильгардита.

А. Ф. Горбов (Горбов, 1960) относит тыретскит к группе борацита. В бораците борокислородный полиион имеет каркасное строение и состоит из чередующихся борокислородных тетраэдров и треугольников. Однако А. Ф. Горбов отмечает, что приведенную им структурную формулу тыретскита  $\text{Ca}_3[\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  нельзя считать окончательной.

Таким образом, вопрос о структурных формулах исследованных нами минералов пока не ясен, так как нет надежных данных об их химическом составе и удельной весе. Вероятно, наиболее правильной для группы хильгардита является структурная формула  $\text{X}_3[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})_2\text{Cl}]_4$  с полиионом  $[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})_2\text{Cl}]$ , не выясненного строения. Эта формула достаточно хорошо согласуется с нашими рентгеновскими данными для тыретскита.

Таблица 4

Оптические свойства минералов группы хильгардита

Минерал	$n_g$	$n_m$	$n_p$	$2V$	Оптический знак
Тыретскит <sup>1</sup> . . . . .	1,670( $ng'$ )			1,637( $np'$ ) $\approx 46^\circ$	+
Кургантаит <sup>2*</sup> . . . . .	1,672	1,645	1,641	малый	+
Стронциохильгардит <sup>**</sup> . . . . .	1,670	1,640	1,638	малый	+
Стронциохильгардит <sup>3</sup> . . . . .	1,670	1,639	1,638	$19^\circ$	+
Хильгардит <sup>4</sup> . . . . .	1,664	1,636	1,630	$35^\circ$	+
Парахильгардит <sup>5</sup> . . . . .	1,664	1,636	1,630	$35^\circ$	+

\* В статье Я. Я. Яржемского (1952) ошибочно приводится  $n'_g = 1,682$ . Показатели преломления уточнены В. Евстреевым (ЛГУ).

\*\* Определено В. В. Лобановой (ВНИИГ).

Данные заимствованы из работ различных авторов:

- <sup>1</sup> А. А. Иванова и Я. Я. Яржемского, 1954;
- <sup>2</sup> Я. Я. Яржемского, 1952;
- <sup>3</sup> О. Braltsch, 1959;
- <sup>4</sup> Hurlbut and Taylor, 1937;
- <sup>5</sup> Hurlbut 1938.

Оптические свойства тыретскита, кургантаита и стронциохильгардита, приведенные в табл. 4, показывают их сходство с минералами группы хильгардита. Эти три минерала близки также по своим термическим свойствам. На кривых нагревания, полученных К. В. Кострюковой (ВНИИГ), отчетливо проявляется эндотермический эффект при близких температурах:  $464^\circ$  у стронциохильгардита,  $480^\circ$  — кургантаита,  $520^\circ$  — тыретскита.

По результатам рентгеновского изучения кургантаита, стронциохильгардита и тыретскита установлена их принадлежность к группе хильгардита. Дебаеграммы<sup>1</sup> исследованных нами образцов близки по значениям межплоскостных расстояний и интенсивностям отражений. Несмотря на это, для каждого из минералов выделяется несколько диаг-

<sup>1</sup> Материал для рентгеновского исследования тщательно отбирался под бинокулярной лупой и микроскопом; поэтому влияние посторонних примесей не должно было существенно сказаться на полученных данных.

ностических линий, по которым они могут быть определены. Диагностическими для указанных минералов являются линии, у которых отношение  $\frac{d_a}{n} I$  достигает следующих величин:

Тыретскит	2,93/10;	2,055/8;	1,846/9;
Кургантаит	3,17/10;	2,52/8;	1,999/7;
Стронциохильгардит	2,81/10;	2,76/7;	2,091/7.

Приведенные сведения о химическом составе и оптических свойствах, а также рентгеновские данные показывают, что хильгардит и стронциохильгардит можно различать по химическому составу и оптическим свойствам; остальные минералы этой группы надежнее распознаются по рентгеновским данным. Брайтш указывает, что хорошим ключом для определения минералов группы хильгардита является объем элементарной ячейки (см. табл. 3). Кроме того, чтобы различить хильгардит, парахильгардит и стронциохильгардит достаточно одной вайсенбергограммы О-слоевой линии, снятой вдоль оси [100]. Самое густое расположение пятен на U-образных кривых будет наблюдаться на вайсенбергограммах парахильгардита, самое редкое — у стронциохильгардита.

Эти минералы имеют различные, но родственные кристаллические решетки. По мнению Брайтша (1959), они представляют ряд полиморфных модификаций, связь между которыми отчетливо проявляется в форме особого типа политропии. Брайтш показал, что решетки хильгардита и парахильгардита получаются путем наложения вдоль оси с элементарных ячеек левого и правого кристаллов стронциохильгардита. Путем изменения числа формульных единиц и способа наложения можно вывести и другие типы решеток, возможные в группе хильгардита. Сходство рентгеновских, оптических и термических данных указывает на то, что исследованные нами минералы являются, вероятно, членами одного изоморфного ряда с разным соотношением стронция и кальция.

В заключение автор приносит глубокую благодарность Я. Я. Яржемскому и В. В. Лобановой за предоставление материала для рентгеновского изучения и содействие в работе, М. М. Вильнеру и К. В. Кострюковой за выполнение химического и термического анализа образцов, В. А. Франк-Каменецкому, А. И. Комкову и В. Б. Татарскому за обсуждение полученных результатов, за ряд ценных советов и замечаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Горбов А. Ф. Основы генетической классификации боратов. Тр. ВНИИГ, вып. XII, 1960, стр. 392—46.
- Иванов А. А., Яржемский Я. Я. Боропроявление в соленосной толще Лено-Ангарского бассейна. Тр. ВНИИГ, вып. 29, 1954, стр. 210—214.
- Яржемский Я. Я. Кургантаит — новый боратовый минерал. Минералогич. сб. Львовск. геол. об-ва, № 6, 1952, стр. 169—174.
- Braitsch O. Itc—Strontiohilgardit  $(Ca, Sr)_2 [B_5O_8(OH)_2Cl]$  und seine Stellung in der Hilgarditgruppe  $X_2'' [B_5O_8(OH)_2Cl]$ . Beiter. zur Mineralogie und Petrographie, Bd. 6, 1959, pp. 233—247.
- Christ C. L. Crystal chemistry and systematic classification of hydrated borate minerals. Am. Mineral., v. 45, No. 3—4, 1960, pp. 334—340.
- Donnay J. D. H., Nawacki W. Crystal data, Geol. Soc. Amer., Memoir 60, 1954, p. 138.
- Hurlbut jr., C. S., Taylor R. E. Hilgardite, a new mineral species, from Choctaw salt dome, Louisiana, Am. Mineral., v. 22, No. 10, 1937, pp. 1052—1057.
- Hurlbut jr., C. S. Parahilgardite, a new triclinic—pedial mineral. Am Mineral., v. 23, No. 11, 1938, pp. 765—771.



В сб. 3 „Рентгенография минерального сырья“, вышедшем в 1963 г. в статье В. В. Кондратьевой „Рентгеновские исследования сульфобарита“, требуются следующие исправления:

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
8	9, 10 и 11 снизу	из Вестергельна (Лобанова и Хуршудян, 1959) и сульфобарита, исследованного Брайтшем (1961)	из Вестергельна (Braltsch, 1961) и сульфобарита, исследованного Лобановой и Хуршудян (1959)
9	2 и 3 сверху	Прикаспийского и Южноуральского месторождений,	из Прикаспия и сульфобарита, исследованного Лобановой и Хуршудян (1959),
9	19 сверху	после исключения примесей,	Пропущена ссылка: (Лобанова и Хуршудян, 1959)
9	Табл. 3	2 — пирамидальные	2 — дипирамидальные