

Н. А. ГРИГОРЬЕВ

## УРАЛОЛИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ

На Урале в рудопроявлении слюдисто-флюоритового типа обнаружен новый минерал — уралолит, основной водный фосфат кальция и бериллия.

Уралолит встречен в каолин-гидромусковитовых породах, содержащих флюорит, берилл, апатит, крадаллит (Покровский, Григорьев, 1963), даллит, мораэсит (Покровский и др., 1963) и глюцин (Григорьев, 1963). Эти породы образовались в результате воздействия среднетемпературных послемагматических и гипергенных растворов на тектонически нарушенную толщу известняков, филлитов и карбонатно-сланцев. Уралолит так же, как и мораэсит, образует стяжения, состоящие из радиальнолучистых сферолитов диаметром в 2—3 мм и сноповидных сростков, измеряемых первыми миллиметрами в длину и десятими долями миллиметра в поперечнике. Вес стяжений до 540 г. Некоторые стяжения с поверхности покрыты рыхлыми агрегатами мораэсита. Сферолиты и сноповидные сростки сложены волокнами (рис. 1). Поверхности сферолитов, покрывающих полости в стяжениях, усеяны массой хорошо огранных игл. Местами иглы бесцветны, а агрегаты волокон белые, но обычно волокна и иглы покрыты тончайшими пленками гидроокислов железа. Поэтому стяжения уралолита желтоватые или коричневатые. Примесей в стяжениях не более 10%; преобладает гидромусковит, встречаются угловатые зерна флюорита.

Блеск волокнистых агрегатов шелковистый, игл — стеклянный. Хорошо огранные участки игл достигают  $0.2 \times 0.04 \times 0.01$  мм, несут продольную штриховку и по внешнему виду напоминают кристаллики мораэсита (Lindberg и др., 1953). Тонкие фракции порошка представлены обломками призматической (рис. 2) и неправильной формы. Вероятно, имеется спайность поперек удлинения и по крайней мере по двум плоскостям вдоль удлинения. Показатели преломления и удельный вес уралолита (табл. 1) больше, чем у мораэсита, но значительно меньше, чем у остальных бериллиевых фосфатов. Удельный вес наиболее чистых зерен минерала, рассчитанный по объему и весу микронавесок, колеблется от 2.05 до 2.14. Последнее значение принято за истинное, так как при измерении объема возможно некоторое завышение его из-за значительной пористости волокнистых образований. Минерал медленно реагирует с тяжелой жидкостью М-45, что видно по изменению окраски последней. При делении в этой жидкости в результате наличия тонкодисперсных примесей зерна уралолита концентрируются, в основном, во фракциях с удельным весом от 2.19 до 2.34.

Химический состав минерала определялся по четырем пробам (табл. 2). Проба 1 — не очищенное от примесей стяжение. Проба 2 — фракция с удельным весом 2.22—2.29 из другого стяжения. Пробы 3 и 3а — фракция с удельным весом 2.24—2.26 из третьего стяжения. Химический состав минерала (табл. 2), за исключением  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , F и потерь при прокаливании, определялся из раствора минерала в 5—10%-й HCl. Потери летучих при прокаливании определялись из отдельных навесок. Железо в пробах 1 и 3а обусловлено частично растворившимися

пленками гидроокислов. Фтор в пробе 1 — гидромусковитом и флюоритом. Спектральным анализом, выполненным Л. И. Коленко, обнару-

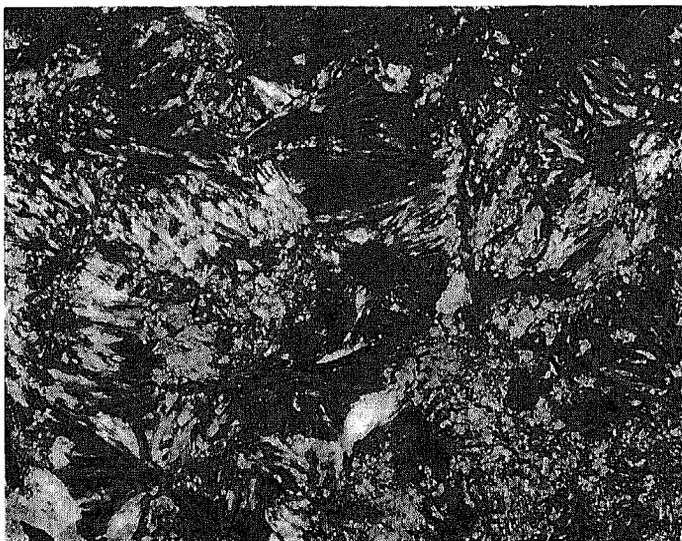


Рис. 1. Волокнистое строение стяжения уралолита. (Николи скрещены, увел. 25).

жены в %: Mo 0.1, Ba, Sr 0.03—0.1, Y 0.01, Yb 0.003, Cu, Ti, Mn 0.001, Na следы. Химический состав уралолита — промежуточный между составами гидроксил-гердерита и морэсита (табл. 3).

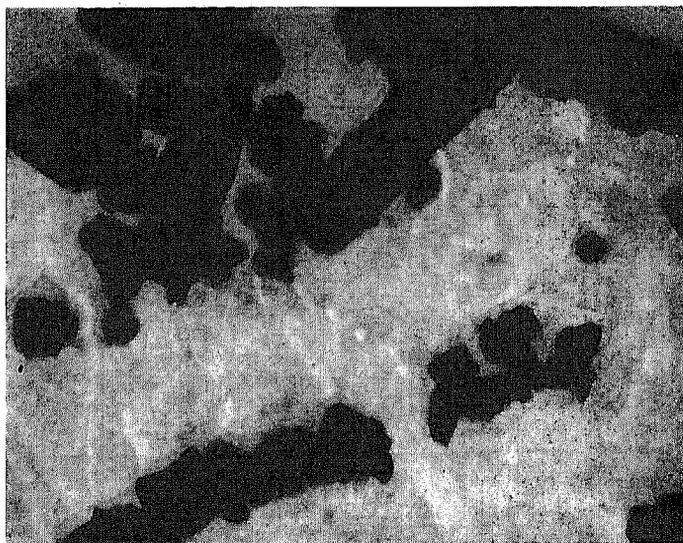


Рис. 2. Призматическая форма тонких частичек уралолита под электронным микроскопом. (Увел. 15 000).

При непрерывном нагревании основная масса воды выделяется в двух температурных интервалах (рис. 3); около 14% веса пробы теряется до 300° и 8—10% от 400—500 до 600°. Около 5%  $H_2O^{+300}$  улетучивается равномерно до 200°. При нагревании еще на 50° вес проб уменьшается на

Таблица 1

## Физические свойства уралолита и моразита

Свойства	Уралолит	Моразит <sup>1</sup>
Сингония	Моноклиная.	Моноклиная.
Параметры элементарной ячейки	$a = 8.43 \text{ \AA}$ $b = 39.50 \text{ \AA}$ $c = 7.12 \text{ \AA}$ $\beta = 94^{\circ}58'$	$a = 8.46 - 8.55 \text{ \AA}$ $b = 36.70 - 36.90 \text{ \AA}$ $c = 7.09 - 7.13 \text{ \AA}$ $\beta = 97^{\circ}41' - 98^{\circ}15'$
Оптический знак	(—)	(—)
$N_g$	1.536	1.486—1.491
$N_m$	1.525	1.482—1.483
$N_p$	1.510	1.462—1.463
Удлинение	Положительное.	По $N_m$ .
Угол погасания	20°	11—23°
Твердость	2 $\frac{1}{2}$	—
Удельный вес	2.14	1.77—1.805

4.5%, затем после незначительного по времени замедления потери веса в интервале 250—300° теряется еще 4.5%. Вода, потерянная до этого замедления, за сутки почти полностью восстанавливается. Кривая потери веса, полученная при повторном нагревании пробы, восстановившей эту воду, аналогична полученной при первом нагревании. Пробы, пол-

Таблица 2

## Химический состав проб уралолита (в %)

Компоненты	Пробы			
	1	2	3	За
BeO	18.07	19.28	18.94	—
CaO	15.16	18.02	18.71	—
MgO	Следы	—	Следы	—
PbO	—	—	0.09	—
ZnO	—	—	0.88	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.27	—	1.65	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.87	0.95	Нет	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		39.57	37.57	37.48
SiO <sub>2</sub>	1.36	—	0.02	—
F	0.06	—	—	—
CO <sub>2</sub>	0.61	—	0.12	—
H <sub>2</sub> O	21.03	—	21.46	—
П. п. п.	—	24.10	—	22.60
Нерастворимый остаток	—	0.11	0.37	0.01
Сумма	94.43	102.05	99.81	—

Примечание. Анализ пробы 1 и определения MgO, PbO, ZnO, CO<sub>2</sub> в пробе 3 выполнены в химической лаборатории Уральского геологического управления. Проба 2 анализировалась в химической лаборатории Института металлургии УФАИ СССР. В пробе 3 BeO, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и SiO<sub>2</sub> определены в Институте электрохимии УФАИ СССР К. М. Борисенко и И. А. Шеретобитовой; H<sub>2</sub>O — в лаборатории геохимии и минералогии Института геологии УФАИ СССР Н. М. Махмутиной; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в пробе За — там же В. А. Рудницкой. Потери при прокаливании в пробах 2 и За, а также нерастворимый остаток в последней определены автором.

<sup>1</sup> См. Lindberg и др., 1953; Корнетова, 1959; Покровский и др., 1963.

Таблица 3

## Химический состав гидроксил-гердерита, уралолита, херлбатита, морасита и глюцина (в %)

Компоненты	Гидроксил-гердерит		Уралолит			Херлбатит (Moose, 1952)	Морасит (Lindberg и др., 1953)	Глюцин (Григорьев, 1963)
	(Жорнетова, Гинзбург, 1961)	(Беус, 1960)	1	2	3			
BeO . . .	15.55	16.13	19.63	18.92	19.37	21.44	25.32	30.01
CaO . . .	34.54	34.04	16.45	17.68	19.14	21.99	Нет	14.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	43.25	44.05	38.96	38.86	38.43	56.57	34.82	38.28
F . . . .	3.04	Следы	—	—	—	—	—	0.13
H <sub>2</sub> O . . .	5.08	5.85	22.83	23.60	21.93	—	39.86	14.77
Прочее	-1.28 <sup>1</sup>	0.44 <sup>2</sup>	2.14 <sup>3</sup>	0.94 <sup>4</sup>	1.13 <sup>5</sup>	—	—	2.93 <sup>6</sup>
Сумма	100.18	100.51	100.00	100.00	100.0	100.00	100.00	100.00

Примечание. <sup>1</sup> F<sub>2</sub> = O. <sup>2</sup> Нерастворимый остаток. <sup>3</sup> SiO<sub>2</sub> 1.48, CO<sub>2</sub> 0.86. <sup>4</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. <sup>5</sup> PbO 0.09, ZnO 0.90, SiO<sub>2</sub> 0.02, CO<sub>2</sub> 0.12. <sup>6</sup> CO<sub>2</sub> 1.95, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.98.

ностью потерявшие H<sub>2</sub>O<sup>+300</sup>, так же, как и пробы, из которых улетучилась H<sub>2</sub>O<sup>+400-600</sup>, практически негигроскопичны.

На термограмме (рис. 3), полученной А. Н. Айзикович (Физико-химическая лаборатория Уральского геологического управления), выделе-

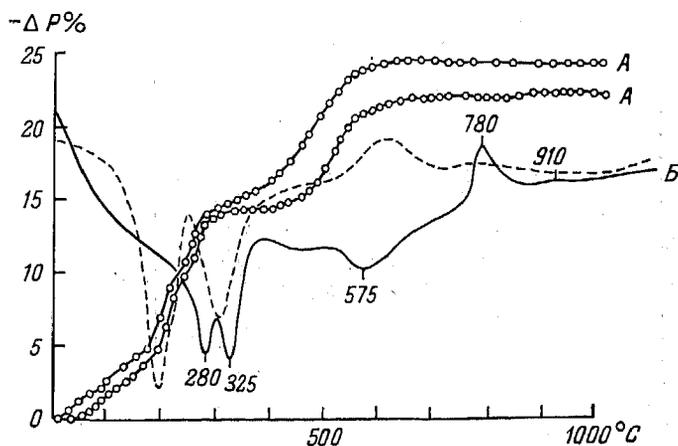


Рис. 3.

А — кривые потери веса уралолита при нагревании; кружки — точки отсчета, взятые через 2 мин. Б — термограмма уралолита, время нагрева 15 мин. Штриховая линия — термограмма морасита, время нагрева 15 мин.

ние H<sub>2</sub>O<sup>+300</sup> фиксируется в виде эндотермического эффекта с минимумами при 280 и 325°, соответствующими выделению H<sub>2</sub>O<sup>+200-250</sup> и H<sub>2</sub>O<sup>+250-300</sup>. Потере H<sub>2</sub>O<sup>+400-600</sup> отвечает эндотермический эффект при 575°. Кроме того, отмечаются два экзотермических эффекта: отчетливый при 780° и слабый при 910°. В целом термограмма напоминает термограмму морасита, но отличается от последней более высокотемпературным характером всех наиболее четко выраженных эффектов.

Непроиндцированные дебаграммы уралолита похожи на дебаграммы морасита (табл. 4) и отличаются от последних, в частности, отсутствием сильных линий  $d=2.81-2.82$ ,  $d=3.24-3.30$  и наличием сильных линий  $2.63-3.654$ ,  $d=3.56$ . При индцировании дебаграмм ура-

Дебаеграммы уралолита и мораэсита и главнейшие межплоскостные расстояния гидроксил-гердерита

Уралолит				Мораэсит (Покровский и др., 1963)		Гидроксил-гердерит (Корнетова, Гинзбург, 1961)	
проба 1		проба 3		I	d	I	d
I	d	I	d				
3—4	10.81 *	—	—	—	—	—	—
—	—	5	8.28	2	(8.38)	—	—
2—3	(7.81)	—	—	—	—	—	—
7	7.09	5	7.09	10	7.16	—	—
—	—	—	—	1	6.20	—	—
3	5.69	2	5.63	—	—	—	—
3	5.22	1	5.22	4	5.26	—	—
—	—	1	4.75	1 p	4.66	—	—
8	4.35	3	4.34	4 p	4.21	—	—
4—5	(3.95)	3 ш	(3.92)	1—2	(3.91)	—	—
—	—	—	—	—	—	4	3.736
10	3.56	10	3.56	6 p	3.57	—	—
1	(3.38)	2	(3.36)	10	3.30	6	3.405
8	3.21	7	3.20	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	10	3.121
9	3.07	8	3.04	9	3.02	—	—
2	(2.94)	3	(2.92)	1	2.92	4	2.985
2	(2.820)	3	(2.79)	9	2.82	6	2.855
—	—	—	—	1	2.73	—	—
10 ш	2.654	5 ш	2.63	1	(2.60)	—	—
5	2.516	—	—	1	2.47	4	2.538
—	—	—	—	1	2.42	—	—
6	2.412	7	2.39	6	2.34	—	—
2—3	(2.268)	2	(2.25)	—	—	6	2.206
4	(2.185)	5	(2.17)	3	2.14	—	—
3	2.113	5	2.10	2	2.10	—	—
9 ш	2.050	6 ш	2.03	10	2.04	—	—
8	1.972	6	1.970	2	1.986	—	—
—	—	—	—	4	(1.942)	—	—
4	1.930	6	1.916	3 p	1.922	—	—
3	1.879	6	1.861	4	1.863	—	—
3	1.839	6	1.833	2	(1.808)	—	—
1	1.770	2	1.758	7	1.758	—	—
9	1.728	6 ш	1.713	1	(1.732)	—	—
1	1.695	5	1.676	1	1.676	—	—
1	1.656	1	1.649	8	1.635	—	—
4 p	1.595	3	1.594	1	1.595	—	—
—	—	3	1.567	6	1.560	—	—
—	—	3	1.544	—	—	—	—
—	—	1	1.524	—	—	—	—
2—3	1.495	2	1.503	1	1.480	—	—
1	1.460	3	1.447	4	1.438	—	—
1	1.422	2	1.421	4	1.408	—	—
2	1.395	3	1.384	4	1.374	—	—
3	1.370	2	1.362	1	1.359	—	—
2	1.332	2	1.344	1	1.335	—	—
3	1.313	5p	1.311	3 p	(1.307)	—	—
—	—	2	1.273	2	1.276	—	—
1	1.264	2	1.257	1	1.262	—	—
—	—	2	1.244	5	1.247	—	—
—	—	2—3	1.228	3	1.220	—	—
2	1.206	3	1.199	2	1.205	—	—
4	1.191	3	1.186	7	1.182	—	—
3	1.178	5 ш	1.170	—	—	—	—
1	1.164	1	1.156	3	1.160	—	—
—	—	1	1.145	6	1.142	—	—
1 p	1.129	1	1.126	—	—	—	—
4	1.115	3	1.113	3	1.119	—	—
1	1.102	—	—	—	—	—	—

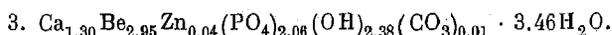
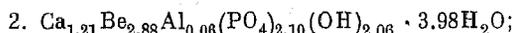
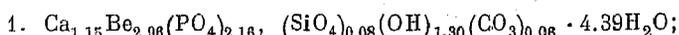
Таблица 4 (продолжение)

Уралолит				Моразит (Покровский и др., 1963)		Гидроксил-гердерит (Корнетова, Гинабург, 1961)	
проба 1		проба 3		I	d	I	d
I	d	I	d				
1—2	1.091	2	1.098	2	1.097		
3	1.080	1	1.080	2	1.092		
—	—	1	1.062	1	1.085		
1	1.055	1	1.051	3	1.052		
1	1.047	—	—	2	1.038		
3—4	1.026	—	—	—	—		

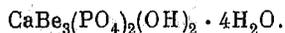
Примечания. Звездочкой обозначена вероятная линия гидромусовита. Дебаеграммы уралолита получены А. Н. Айвинович (Физико-химическая лаборатория Уральского геологического управления); условия съемки: Fe-антикатод,  $D = 57.3$  мм,  $d = 0.5$  мм.

лолита (табл. 5) предполагалось, что линии  $d=7.09$ ,  $d=5.22$  и  $d=3.56$  имеют по аналогии с моразитом индексы соответственно 130, 131, 002. Судя по вычисленным параметрам, минерал имеет моноклинную элементарную ячейку, похожую на элементарную ячейку моразита (табл. 1).

Формулы минерала, рассчитанные по анализам 1, 2 и 3 (табл. 3) на эту элементарную ячейку при удельном весе 2.14 и  $z=8$ , исходя из предположения, что минерал является ортофосфатом соответственно:



Идеализированная формула:



Однако, как и в случае моразита (Покровский и др., 1963) количественное соотношение конституционной и кристаллизационной воды по формулам не соответствует разделению воды по температуре дегидратации (рис. 3). Причины этого не ясны, но не исключена возможность, что минерал не является ортофосфатом.

Несмотря на то что химический состав уралолита промежуточный между составами моразита и гидроксил-гердерита, уралолит не является смесью последних. Такая смесь должна состоять примерно наполовину из гидроксил-гердерита, а его главнейшие линии не имеют аналогов среди наиболее интенсивных линий уралолита (табл. 4). Выделение воды и соответствующий эндотермический эффект на термограмме у гидроксил-гердерита имеют место при  $800^\circ$  (Корнетова, Гинзбург, 1961), что не находит отражения на кривых потери веса и термограмме уралолита. Удельный вес моразита 1.77—1.805, гердерита 2.85—3.01; должно было бы происходить обогащение тяжелых фракций кальцием и обеднение их водой за счет изменения количественного соотношения моразита и гидроксил-гердерита, чего не происходит. В пользу достаточной мономинеральности исследованных проб уралолита свидетельствует сопоставимость результатов химических анализов целого стяжения и ограниченных по удельному весу фракций, выделенных из других стяжений, индицируемость дебаеграмм, сопоставимость кривых потери веса при нагревании фракций разного удельного веса. Не исключена возможность, что уралолит входит в одну структурную группу с моразитом.

Образование уралолита обусловлено гипергенными процессами.

Таблица 5

## Индексирование дебаграммы уралолита

Экспериментальные значения				Вычисленные значения	hkl	Экспериментальные значения				Вычисленные значения	hkl						
проба 1		проба 3				проба 1		проба 3									
I	d	I	d			I	d	I	d			d					
7.	7.09	5	8.28	{	8.23	110	3	2.113	5	2.10	{	2.113	302				
		5	7.09		7.10							001		2.111	163		
					7.09							130		2.110	312		
3	5.69	2	5.63	{	5.67	101	3	2.113	5	2.10	{	2.109	183				
														5.64	070	2.102	400
														5.62	111	2.101	322
3	5.22	1	5.22	{	5.21	101	9	2.050	6	2.03	{	2.054	421				
														5.21	131	2.040	431
														5.18	160	2.041	352
8	4.35	3	4.34	{	4.39	090	9	2.050	6	2.03	{	2.037	592				
														4.35	151	2.032	450
														4.30	161	2.031	183
10	3.56	10	3.56	{	3.58	181	8	1.972	6	1.970	{	1.970	401				
														3.55	002	1.970	470
														3.54	260	1.968	461
8	3.21	7	3.20	{	3.20	142	4	1.930	6	1.916	{	1.932	841				
														3.20	280	1.930	254
																1.911	451
9	3.07	8	3.04	{	3.09	132	3	1.879	6	1.861	{	1.877	274				
														3.04	290	1.869	491
																1.839	353
10	2.654	5	2.63	{	2.642	350	3	1.839	6	1.833	{	1.769	104				
														2.633	331	1.769	024
																1.767	114
5	2.516	—	—	{	2.517	242	1	1.770	2	1.758	{	1.766	383				
														2.513	321	1.766	124
																1.760	034
2	2.412	7	2.39	{	2.382	390	9	1.728	6	1.713	{	1.726	154				
														2.412	361	1.714	064
																	и другие

Образцы минерала хранятся в лаборатории геохимии редких элементов Института геологии УФАН СССР (г. Свердловск), в геологических музеях Свердловского и Ленинградского горных институтов.

## Литература

- Григорьев Н. А. (1963). Глюцин — новый минерал бериллия. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 92, вып. 6.
- Корнетова В. А. (1959). Водный фосфат бериллия — мораезит в пегматитах Восточного Забайкалья. Докл. АН СССР, т. 120, № 2.
- Корнетова В. А. и А. И. Гинзбург. (1961). Гидроксил-гердерит из пегматитов Восточного Забайкалья. Тр. Минер. музея, вып. 11.
- Покровский П. В. и Н. А. Григорьев. (1963). Крапдаллит из гидротермально-пневматолитовой зоны. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 92, вып. 5.
- Покровский П. В., Н. А. Григорьев, К. А. Поташко и А. Н. Айзикович. (1963). Мораезит с Урала. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 92, вып. 2.
- Lindberg M. L., A. L. Pesson, de M. Barbosa. (1953). Moraesite a new hydrous beryllium phosphate from Minas Gerais, Brasil. Amer. miner., v. 38, №№ 11 and 12.