

УДК 549.5 : 546.791

БЕЛОВА Л. Н., РЫЖОВ Б. И., ФЕДОРОВ О. В., ЛЮБОМИЛОВА Г. В.

## ТИПОМОРФИЗМ И ИЗОМОРФИЗМ ГИДРООКИСЛОВ УРАНА ГРУППЫ ВЁЛСЕНДОРФИТА

Основным типом зоны окисления на гидротермальных месторождениях с собственно урановыми рудами является гидроокисно-силикатный, для которого характерен переход основной массы первичных настурановых руд в гидроокислы и силикаты урана *in situ*. Из части урана, выносящегося в процессе окисления, большая доля переотлагается здесь же в виде силикатов урана и в меньшей степени урановых слюдок. Впервые характеристика гидроокисно-силикатного типа зоны окисления была дана Г. С. Грицаенко с соавторами еще в 1959 г. в трудах Жевневской конференции [4].

Минеральный состав зон окисления гидроокисно-силикатного типа очень разнообразен. Наибольший интерес представляют гидроокислы урана, развивающиеся непосредственно по богатым первичным рудам в виде полных или частичных псевдоморфоз. На гидротермальных урановых месторождениях с гидроокисно-силикатной зоной окисления среди гидроокислов урана наиболее распространены три группы минералов с различным соотношением  $Me : U$ , где  $Me = Na, K, Ca, Ba, Pb$  и др. Это бескатионная группа скупита-янтинита, малокатионная группа беккерелита с  $Me : U = 1 : 6$  и наиболее богатая катионами группа вёлсендорфита с  $Me : U = 1 : 2$ . Кроме того, в различных месторождениях широко развиты такие гидроокислы, как ванденбрандеит, вандендрисшеит, кюрит, фурмарьерит и др. На уникальных месторождениях мира обычно встречаются минералы всех трех групп, но в различных количественных соотношениях. Так, на месторождении Шинколобве хотя и найдены практически все известные в минералогии гидроокислы урана, но преимущественно распространены бескатионные гидроокислы урана. Для месторождения Марньяк II наиболее характерны минералы группы беккерелита. На ряде месторождений СССР развиты главным образом минералы группы вёлсендорфита [6—8].

Отработка месторождений с богатыми урановыми рудами всегда приводила к открытию новых гидроокислов урана. Так, в 1920—1930 гг. при разведке и эксплуатации месторождения Шинколобве установлено десять новых гидроокислов урана. Отработка месторождения Марньяк II дала минералогии компреньясит, агриньерит, рамоит, и тем самым группа беккерелита увеличилась вдвое. Изучение месторождений с богатыми рудами в СССР привело к выявлению серии новых минералов из группы вёлсендорфита. На некоторых их особенностях мы остановимся подробнее.

Родоначальник группы — минерал вёлсендорфит открыт Дж. Прота сравнительно недавно, в 1957 г. [12]. До этого все красно-оранжевые гидроокислы урана с большим содержанием свинца относили либо к кюриту, либо к фурмарьериту, считавшимися очень распространенными минералами, хотя удельные веса, оптические константы, химический состав их далеко не всегда соответствовали эталонным кюриту и фурмарьериту. Пересмотр различными исследователями музейных образцов кюрита и фурмарьерита показал, что они чаще являются вёлсендорфитами или минералами, близкими к вёлсендорфиту [10].

К группе вёлсендорфита мы относим вёлсендорфит, баураноит, кальцураноит, метакальцураноит,  $K - Sr$ -кальцураноит (табл. 1). Для всех этих минералов характерен целый ряд общих черт, а именно однотипность химических формул, сходство порошкограмм, близость значений

Основные химические и физические свойства минералов

Минерал	Формула	U:Me, мол. кол.
Кальцуранит [7]	(Ca, Pb)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·4—5H <sub>2</sub> O	1,97—2,07
К—Sr-кальцуранит [8]	(Ca, K, Sr)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·4H <sub>2</sub> O	2,12
Метакальцуранит [6]	(Ca, Na, Ba, Pb)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O	2,10
Бауранит [6]	BaU <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·4H <sub>2</sub> O	1,75—2,02
Велсендорфит [2, 12]	(Pb, Ca)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1,55—2,3
Кларкент [11, 13]	(Ca, Pb, Na)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O	2,07—2,9

\* В таблице для сравнения приведены свойства кларкента, так как близость составов обогащенных в группу велсендорфита. Однако сопоставление физических свойств его с свойствами минералов группы

Химические анализы гидроокислов урана

Оксид	Номера					
	1 [6]	2 [6]	3 [6]	5 [6]	6 [7]	7 [8]
UO <sub>2</sub>	66,88	63,74	67,37	76,91	68,02	63,23
CaO	0,47	2,62	0,40	4,86	5,86	14,90
PbO	0,74	0,53	0,55	2,29	2,37	1,35
BaO	17,43	21,21	21,14	4,84	2,68	—
MgO	—	—	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	1,77
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	2,47	0,60	0,16
SrO	—	—	—	—	—	1,76
H <sub>2</sub> O	10,067	8,235	8,19	3,78	12,36	7,29
SiO <sub>2</sub>	3,54	0,48	0,97	1,00	5,81	0,64
TiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	0,25	0,34	0,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	0,44	0,71	0,10
ZrO <sub>2</sub>	—	—	—	0,45	0,32	—
TR	—	—	—	—	—	—
ThO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—
H. o.	—	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	0,39	3,20	0,60	1,80	—	8,82
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	0,48	0,63	—
Сумма	99,517	100,015	99,22	99,57	99,70	100,22

\* Микрозондовый анализ.

параметров элементарных ячеек, сходство физических свойств. Четыре из перечисленных минералов установлены в течение последних 10 лет на месторождениях СССР. К настоящему времени эти минералы найдены также в зоне окисления многих зарубежных месторождений. В частности, они установлены на месторождениях Гренландии [9], Африки [10], ЧССР [1, 3], ФРГ [14]. Этот поток находок подтверждает важность группы велсендорфита и необходимость дальнейшего детального изучения ее, тем более, что возможность открытия новых минералов этой группы далеко не исчерпана.

Типоморфные особенности минералов группы велсендорфита наиболее детально изучались в рудах зоны окисления гидротермальных ураново-молибденовых месторождений, локализованных в мезозойских эффузивно-осадочных породах, залегающих на интрузивных и метаморфических породах нижнего палеозоя. Рудовмещающие отложения представлены слоистым комплексом континентальных озерных и речных осадков и эффузивных образований различного состава. По типу эффузивных образований выделяются две толщи: верхняя и нижняя. Верхняя представлена переслаиванием озерных и речных осадков с эффузивным материалом кислого состава (фельзитами, липаритами, их туфами и лавобрекчиями). В нижней эффузивная составляющая представлена

## группы вёлсендорфита и кларкента \*

UO <sub>3</sub> , вес. %	Σ Me, вес. %	H <sub>2</sub> O, вес. %	Уд. вес	Показ. прел. $n_p - n_g$
68—71,8	7,6—13,0	9,2—12,4	4,46—5,32	$N = 1,72—1,73$
63,2	19,94	7,3	>4,3	1,76—1,87
76,9	14,5	3,8	4,9	1,90—1,93
63,7—72,7	15,0—24,4	7,0—10,1	5,28—5,42	1,91—1,93
52,4—69,8	24,4—27,33	4,3—7,07	6,8	2,05—2,09
79,9—82,8	8,9—12,3	3,4—5,5	6,29—6,39	1,99—2,11

натрием кальцураноитов и метакальцураноитов с кларкентом, казалось бы, позволяла отнести последний четко показывает его индивидуальность.

Таблица 2

## группы вёлсендорфита, вес. %

анализов						
8 [7]	9 [13]	11 [13]	16 [2]	17 [12]	22 [11]	25 [9] *
71,78	81,72	82,76	66,20	69,80	79,90	69,05
6,77	2,84	1,10	3,24	1,24	2,10	0,09
1,18	3,71	3,70	15,48	23,14	7,90	22,50
—	—	0,04	—	—	—	3,27
—	0,28	—	0,13	—	—	—
0,06	0,48	1,42	0,46	—	—	0,10
—	3,44	2,61	0,13	—	2,30	—
—	—	—	—	—	—	—
11,03	3,36	5,22	7,78	4,30	5,50	—
4,00	0,50	0,30	0,67	—	—	0,32
—	—	—	0,10	—	—	—
0,69	0,92	0,50	0,82	—	—	0,10
—	0,18	—	0,50	—	—	0,39 (FeO)
—	—	—	1,40	—	—	—
—	2,62	1,12	—	—	2,40	—
—	—	—	—	—	0,20	—
—	0,14	1,20	—	0,48	—	—
—	—	—	1,53	—	—	—
—	—	—	0,58	—	—	—
96,05	100,19	99,97	99,02	98,96	100,30	95,82

основными и средними породами (трахидацитами и андезитобазальтами).

Урановое оруденение приурочено к зонам разрывных нарушений в породах мезозойского возраста. По минеральному составу оно относится к уран-молибденовому типу. Значительная часть рудных залежей является собственно урановыми с низким содержанием сульфидов в рудах, именно по этим залежам и развивается гидроокисно-силикатная зона окисления. Зона окисления имеет трещинный характер и наблюдается на верхних 100 м, опускаясь по некоторым нарушениям до глубины 200—250 м. Для нее характерна горизонтальная зональность, которая выражается в различном минеральном составе окисленных руд в центральных частях рудных тел и на их флангах. В центральных частях рудных тел по богатым первичным урановым рудам развиваются преимущественно гидроокислы урана, а на флангах — силикаты и слюдки.

Среди гидроокислов урана наиболее широко распространены кальцураноиты. Вёлсендорфит развивается лишь в окисленных галенит-настурановых рудах. Баураноит был встречен в зоне окисления на участке, где первичные руды ассоциируются с баритовой и флюоритовой минерализацией.

По морфологическим особенностям и ассоциациям среди гидроокис-

лов урана можно выделить две генерации. Ранняя генерация образует полные или частичные тонкозернистые и скрытокристаллические клееподобные псевдоморфозы по богатым прожилковым настурановым рудам. В виде псевдоморфоз по настурану развиты кальцураноит, баураноит, вѐлсендорфит, метакальцураноит. Псевдоморфозы гидроокислов урана по настурану нередко отражают все структурные особенности первичных богатых настурановых руд. Зональное строение настурана при псевдоморфном развитии гидроокислов урана отражается в зональном расположении гидроокислов урана различной окраски. Изучение псевдо-

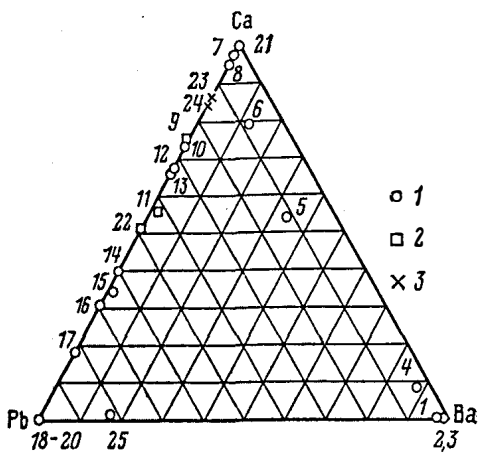


Диаграмма химического состава катионной части минералов группы вѐлсендорфита. Цифры соответствуют химическим анализам таблиц 2, 3. 1 — баураноиты, кальцураноиты, вѐлсендорфиты; 2 — № 9, 11, 22 — кларкенты; 3 (№ 23, 24) — кальцураноиты с очень высоким содержанием  $\text{SiO}_2$  (по данным ИКС — в виде примеси кварца и опала)

морфоз под электронным микроскопом показывает, что они почти всегда состоят из двух фаз: аморфной (а может быть, криптозернистой) и кристаллической. Возможно, эти фазы отличаются по составу, а возможно, это тонкие зародыши и более крупные индивиды одного и того же состава. Решение этого вопроса может помочь выяснить механизм образования псевдоморфоз: образуются ли гидроокислы урана непосредственно по настурану в твердом состоянии путем окисления четырехвалентного урана и его гидратации [5], либо замещение настурана гидроокислами проходит через стадию его растворения.

По бедным вкрапленным рудам четких псевдоморфоз не наблюдалось. Вкрапленные руды замещаются обычно сложной смесью гидроокислов и силикатов урана с глинистыми минералами и опалом.

Поздняя генерация гидроокислов урана в псевдоморфозах не найдена. Она выпадает из растворов в виде собственных кристаллических, значительно реже скрытокристаллических или аморфных агрегатов, образующихся в результате выщелачивания первичных настурановых руд и переотложения урана в форме гидроокислов и силикатов. Наиболее распространены эти образования на флангах рудных тел. Здесь широко развиты гипергенные прожилки кальцитового, кальцит-бетауранофанового, уранофанового и кальцит-уранофанового составов. В некоторых из них встречаются гидроокислы урана. Структуры и текстуры минеральных агрегатов кальцита и вторичных урановых минералов обусловлены здесь не процессами замещения, а отложением минералов из растворов в открытых полостях. Процесс минералообразования таких прожилков начинается с выпадения из растворов кальцита и бетауранофана. Отложение минералов либо крустификационное, либо оба минерала выделяются одновременно. В некоторых кальцит-уранофановых прожилках встречаются гидроокислы урана (кальцураноит), в виде сферолитовых агрегатов отлагающиеся на кальците и уранофане. В единичных случаях наблюдались сферолиты сложного состава, часть секторов которых представлялись сферолитами сложного состава, часть секторов которых представлялась гидроокислами урана, а часть уранофаном. Такие взаимоотношения между минералами позволяют предполагать, что гидроокислы урана образовались в парагенезисе с кальцитом и уранофаном (кальцит-уранофан-кальцураноитовый парагенезис). Изучение крустификационных структур прожилков позволяет установить следующую смену во времени минеральных парагенезисов: кальцит-бетауранофановый → кальцит-уранофановый → кальцит-уранофан-кальцураноитовый.

## Химические анализы гидроокислов урана группы вёлсендорфита, вес. %

Оксид	Номер анализов							
	4	12	13	10	14	15	23	24
UO <sub>2</sub>	2,27	—	—	—	—	—	—	—
UO <sub>3</sub>	70,40	68,95	66,83	72,56	74,53	66,84	58,21	48,77
CaO	1,91	4,72	5,64	6,46	4,34	2,12	5,54	3,70
PbO	0,94	8,65	6,75	5,66	3,77	15,65	4,34	2,97
BaO	13,68	—	—	—	—	0,31	—	0,02
MgO	0,40	1,10	0,28	—	0,69	0,41	0,42	0,51
MnO	—	0,11	0,73	—	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	0,56	He опр.	1,06	—	1,93	0,63	0,54	0,64
Na <sub>2</sub> O	0,52	»	0,47	—	1,05	0,53	0,95	0,97
SrO	—	—	—	2,11	—	0,82	0,53	0,23
H <sub>2</sub> O	6,98	9,25	9,26	9,14	He опр.	7,07	He опр.	14,15
SiO <sub>2</sub>	—	1,70	4,20	2,04	3,40	3,27	14,24	23,80
TiO <sub>2</sub>	0,40	0,36	0,23	—	—	0,25	0,26	0,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0,50	0,20	—	0,25	0,25	1,15	2,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,53	0,70	0,17	—	—	—	—	0,26
ZrO <sub>2</sub>	0,21	1,18	1,20	—	0,15	1,66	1,01	0,68
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0,41	0,37	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	1,15	0,30	2,46	1,68	—	—	—	—
SO <sub>3</sub>	—	—	0,58	—	—	—	—	—
П. п. п.	—	—	—	—	10,96	—	13,02	—
Сумма	99,95	97,93	100,43	99,65	101,07	99,81	100,21	99,03

Примечание. Аналитики: № 10 — Н. Н. Кузнецова, остальные — Г. В. Любомилова, ИГЕМ АН СССР.

Таблица 4

## Микрозондовые анализы гидроокислов урана группы вёлсендорфита, вес. %

Оксид	Номер анализа			
	21	18	19	20
UO <sub>3</sub>	72,86	60,50	52,41	55,28
CaO	4,73	—	—	—
SrO	2,15	—	—	—
K <sub>2</sub> O	1,44	—	—	—
PbO	—	25,53	26,31	27,33
Сумма	81,18	86,03	78,72	82,61

Примечание. Аналитики: № 21 — В. А. Боронихин, № 18, 19, 20 — М. А. Цветкова, ИГЕМ АН СССР.

В распоряжении авторов имеется 25 химических анализов гидроокислов урана из группы вёлсендорфита (табл. 2—4), из них 18 выполнено на нашем материале. Неопубликованные анализы приведены в табл. 3 (химические анализы) и 4 (микрозондовые). Номера анализов соответствуют номерам треугольной диаграммы (рисунок).

Химический состав минералов группы довольно разнообразный. Ведущими компонентами катионной части вёлсендорфита, кальцураноита, баураноита соответственно являются свинец, кальций и барий. Во многих пробах в значительном количестве обнаружены щелочи. Максимальное содержание щелочей отмечается в метакальцураноите (Na<sub>2</sub>O 2,47 вес. %). Кроме того, обнаружены минералы с повышенным содержанием стронция и калия (анализы 7, 15, 21) или только стронция (анализ 10). Весовое содержание UO<sub>3</sub> в минералах группы колеблется от 52 до 73%, достигая максимальных значений в метаразновидностях. Содержание окислов катионов колеблется в пределах 8—27%. Содержание воды достигает 12%, понижаясь в метаразновидностях до 4—5%. Соотношение атомных количеств U : Me колеблется в пределах 1,5—2,3, у баураноитов оно часто пониженное, ближе всего к 2 оно у кальцура-

№	Вёлсендорфит					
	[12]		[2]		обр. 15	
	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
1					3ш.	7,707
2	60	6,93	1	6,98	3ш.	7,029
3	30	5,99			1	4,705
4					1	4,134
5					1	3,772
6	80	3,46	7	3,43	7ш.	3,400
7					1ш.	3,214
8	100	3,10	10	3,10	10	3,088
9					2	2,900
10	30	2,74	1	2,72		
11	30ш	2,45	2	2,45	2	2,457
12			1	2,31		
13	30	2,26	1	2,23	2	2,193
14	5ш.	2,16	1	2,11		
15	30	2,008				
16			7	1,998	4	1,991
17	60	1,932	7ш.	1,943		
18	30	1,896	1	1,916	4ш.	1,906
19	20	1,829	1	1,843	1ш.	1,835
20						
21	30ш.	1,740	10	1,736	3ш.	1,723
22	20	1,694				
23	20	1,676	7	1,677	2ш.	1,679
24	20	1,656				
25	20ш.	1,616				
26	20ш.	1,553				
27					1ш.	1,543
28					1ш.	1,511
29			3	1,393		
30			1	1,357	1ш.	1,389
31			2	1,319	0,5	1,349
32			2	1,307		
33			3	1,285	0,5	1,299
34			1	1,231	1	1,283
35			1	1,188		
36			3	1,138		
37						
38						
39						
40			1	1,093		
41						

Примечание. Условия съемки: камера РКД, Д = 57,3, Рентгенлучение, Обр. 15 — камера РКД, Д = 86,0.

ноитов и вёлсендорфитов. Однако любые аномалии химического состава, приводящие к изменению отношения  $U:Me$ , судя по рентгеновским анализам, не вызывают коренных изменений в структуре минералов.

Авторами построена треугольная диаграмма (рисунок), отражающая химический состав катионной части минералов группы вёлсендорфита. В основу диаграммы взята сумма атомных количеств Ва, Са и РЬ, принятая за 1. Из анализа диаграммы, данных многочисленных химических и микронзондовых анализов и тенденций изменения физических свойств минералов группы вёлсендорфита следует:

а) существует четкий непрерывный РЬ—Са изоморфный ряд с крайними членами кальцураноитом и вёлсендорфитом. В этом ряду наблюдается закономерное увеличение отношения  $РЬ:Са$ , увеличение весового содержания суммы окислов катионов, намечается тенденция к уменьшению весового содержания воды. От кальцураноита к вёлсендорфиту отмечается также направленное изменение физических свойств: увеличение удельного веса, показателей преломления, изменение окраски (начиная с обр. 15 появляется устойчивая оранжевая окраска и интенсивность ее четко возрастает к обр. 20);

группы вёлсендорфита

Баураноит [6]		Метакальцураноит [6]		К-Sr-кальцураноит [8]		Кальцураноит (обр. 24)	
l	d	l	d	l	d	l	d
				10	7,21	0,5 0,5	7,742 6,393
2	3,56	1	3,568	8ш.	3,57	1	4,238 (кварц)
7	3,41	5	3,425			2	3,435
		1	3,189	7	3,18	6	3,329 (кварц)
10	3,09	9	3,089	6	3,05	1	3,085
		1	2,733	1	2,77		
2	2,45	2	2,450	4	2,51	0,5	2,435
		1	2,379				
1	2,27	1	2,234			1	2,250
2	2,17	1	2,187				
1	2,10	1	2,095				
6	1,98	4	1,986	10	1,97	1	1,980
6	1,948	4	1,944				
6	1,908	3	1,915				
		2	1,877	5	1,88		
1	1,785	2	1,790	5	1,79	1	1,809 (кварц)
6	1,723	3	1,731			0,5	1,715
		6	1,676				
1	1,579	3	1,583	4	1,59	0,5 9	1,651 1,616
		1	1,563				
3	1,527	2	1,530		1,53		
		1	1,484				
2	1,397	1	1,395				
		3	1,327				
5	1,325						
5	1,277	6	1,283				
						5	1,2384
1	1,199	2	1,184			5	1,2369
3	1,141	1	1,146				
3	1,129	1	1,132				
		2	1,119				
3	1,093	1	1,092				
		1	1,076				
		1	1,029				

Fe-излучение. Обр. 24 — камера Гинье, Si-излучение.

б) возможно, есть изоморфный ряд типа баураноит — кальцураноит. Об этом говорят анализы с промежуточными отношениями Ca и Ba (№ 4—6) и изменение некоторых физических свойств минералов, аналогичное изменениям их в кальцураноит — вёлсендорфитовом ряду;

в) между баураноитом и вёлсендорфитом пока обнаружен лишь один член промежуточного состава (№ 25), а именно Ba-вёлсендорфит [9].

### Выводы

1. В зоне окисления гидроокисно-силикатного типа ряда гидротермальных месторождений СССР широко распространены гидроокислы урана группы вёлсендорфита, преимущественно кальцураноит.

2. Минералы этой группы встречаются в двух генерациях. Кальцураноит, баураноит, вёлсендорфит ранней генерации образуют полные или частичные псевдоморфозы по богатым первичным настурановым рудам. В поздней генерации обнаружен лишь кальцураноит в виде перетолженных кристаллических агрегатов.

3. Изучение химического состава минералов группы позволило прийти к заключению о существовании непрерывного изоморфного ряда с крайними членами кальцураноитом и вёлсендорфитом с закономерным изменением химических и физических свойств в пределах ряда.

4. Предполагается возможность существования баураноит-кальцураноитового и баураноит-вёлсендорфитового изоморфных рядов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баюшкин И. М., Бойцов В. Е., Гурвич М. Ю. О радийсодержащем гармотоме в рудах некоторых гидротермальных месторождений.— Геология руд. месторождений, 1978, т. 20, № 5, с. 122—127.
2. Белова Л. Н., Федоров О. В. Новые данные о вёлсендорфите.— Зап. ВМО, 1974, ч. 104, вып. 6, 718—719.
3. Бойцов В. Е., Леггерски Я. Последовательность и время минералообразования на некоторых гидротермальных урановых месторождениях.— Геол. рудных месторождений, 1977, т. 19, № 1, с. 39—50.
4. Грицаенко Г. С., Белова Л. Н., Гецева Р. В., Савельева К. Т. Минералогические типы зон окисления гидротермальных урановых месторождений СССР. М.: Атомиздат, 1959, с. 69—84.
5. Дубинчук В. Т., Сидоренко Г. А. Новые данные о гидронастуране и ургите.— Минерал. журн., 1981, т. 3, № 5, 55—62.
6. Рогова В. П., Белова Л. Н., Кизияров Г. П., Кузнецова Н. Н. Баураноит и метакальцураноит — новые минералы из группы гидроокислов урана.— Зап. ВМО, 1973, ч. 102, вып. 1, с. 75—81.
7. Рогова В. П., Белова Л. Н., Кизияров Г. П., Кузнецова Н. Н. Кальцураноит — новый гидроокисел урана.— Зап. ВМО, 1974, ч. 103, вып. 1, с. 108—109.
8. Федоров О. В., Рыжов Б. И., Любомилова Г. В. K-Sr-разновидность кальцураноита.— Докл. АН СССР, 1982, т. 262, № 1, с. 209—213.
9. Beddoe-Stephens B., Secher K. Barian wölsendorfite from East Greenland.— Miner. Mag., March 1982, v. 46, p. 130—131.
10. Delliens M. Review of the hydrated oxides of U and Pb with new X-ray powder data.— Miner. Mag., 1977, v. 41, p. 51—57.
11. Frondel C., Meyrowitz R. Studies of uranium minerals (XIX); rutherfordine, diderichite and clarkeite.— Amer. mineral., 1956, v. 41, № 1—2, p. 127—133.
12. Protas J. La wölsendorfite, nouvelle espèce uranifère.— C. R. Acad. sci. P., 1957, t. 244, № 24, p. 2942—2944.
13. Ross C. S., Henderson E. P., Posnjak E. Clarkeite — a new uranium mineral.— Amer. mineral., 1931, v. 16, № 2, p. 213—220.
14. Ziehr H. Die Uranerzparagenese in den Fluoritgangen von Nabburg — Wölsendorf (ostbayern).— Aufschluss, 1980, v. 31, № 2.

ИГЕМ АН СССР,  
Москва

Поступила в редакцию  
10.VIII.1983