

ЧУХРОВИТ-(Nd)* – $\text{Ca}_3(\text{Nd,Y})\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ

Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, Москва, pla@fmm.ru

Г.К. Бекенова

Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева МО и Н РК, Алма-Ата, Казахстан, bekenoval@mail.ru

В.Ю. Карпенко

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, Москва, pla@fmm.ru

А.А. Агаханов

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, Москва, pla@fmm.ru

В образцах из зоны окисления месторождения Караоба (Центральный Казахстан) обнаружен новый неодим-доминантный аналог чухровита-(Y) и чухровита-(Ce), получивший название – чухровит-(Nd). Новый минерал найден в виде изометричных зерен и мелких кристаллов, представленных комбинацией {100} и {111}, размерами 0.05–0.4 мм, а так же зон в более крупных кристаллах чухровита-(Y). Обнаружен в ассоциации с кварцем, флюоритом, галлуазитом, чухровитом-(Y), англезитом, геарксутитом, кридитом и минералами группы ярозита. Минерал бесцветный, реже белый. Черта белая. Твердость по Моосу 3.5–4. Плотность (изм.) 2.42(3) г/см³, плотность (выч.) 2.42 г/см³. Минерал прозрачный, в шлифе обладает аномальными серыми интерференционными окрасками, $n = 1.443(2)$ (589 нм). Химический состав (эл. микросонд, мас.%): CaO – 20.03; Y₂O₃ – 1.94, La₂O₃ – 2.32; Ce₂O₃ – 1.37; Pr₂O₃ – 1.37; Nd₂O₃ – 6.26; Sm₂O₃ – 1.90; Gd₂O₃ – 1.12; Dy₂O₃ – 0.44; Ho₂O₃ – 0.10; Al₂O₃ – 12.09; SO₃ – 9.38; F – 28.93; H₂O (по разности) – 24.93. Эмпирическая формула: $\text{Ca}_{3.06}(\text{Nd}_{0.32}\text{Y}_{0.15}\text{La}_{0.12}\text{Sm}_{0.09}\text{Ce}_{0.07}\text{Pr}_{0.07}\text{Gd}_{0.05}\text{Dy}_{0.02}\text{Ho}_{0.01})_{0.90}\text{Al}_{2.03}\text{S}_{1.01}\text{O}_{3.96}\text{F}_{13.06}\cdot 11.87\text{H}_2\text{O}$. Идеализированная формула: $\text{Ca}_3(\text{Nd,Y})\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Куб.с., пр. группа $Fd\bar{3}$, $a = 16.759(3)\text{Å}$, $V = 4707.0(1)\text{Å}^3$, $Z = 8$. Сильные линии рентгеновской порошковой диаграммы $d - I(hkl)$: 9.7–10(111); 5.92–7(220); 3.22–8(511); 2.555–7(533); 2.240–5(642); 2.180–6(731); 1.827–5(842). ИК-спектр: 3548, 3423, 1630, 1090, 586, 465 см⁻¹. Препарат с новым минералом хранится в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН (г. Москва). В статье 3 таблицы, 3 рисунка и список литературы из 11 названий

При изучении образцов из зоны окисления рудных месторождений Казахстана был обнаружен новый неодим-доминантный аналог чухровита-(Y) и чухровита-(Ce), получивший название чухровит-(Nd) (Chukhovite-(Nd)) в соответствии с действующими рекомендациями по названиям редкоземельных минералов (Levinson, 1996).

Место нахождения и ассоциации

Чухровит-(Nd) найден в образцах из зоны окисления молибден-вольфрамового месторождения Караоба (Центральный Казахстан). Караобинское рудное поле находится на северо-восточном фланге Чу-Илийского рудного пояса в центральной части вулканотектонической структуры. Месторождение связано с многофазным позднепермским (260±5 млн. лет) интрузивным массивом лейкократовых гранитов, прорывающих эффузивно-обломочные толщи нижнего-среднего девона. На месторождении выделяют четыре типа разновозрастных рудных жил: молибденит-кварцевые, вольфрамит-кварцевые, гюбнерит-сульфидно-кварцевые и кварц-флюоритовые. Жилы, за исключени-

ем последнего типа, сопровождаются зонами околожильных грейзенов. Геология и минералогия месторождения рассмотрены в целом ряде публикаций (Щерба, 1960; Ермилова и др., 1960; Ермилова, 1964; Щерба и др., 1988 и др.). Из зоны окисления этого же месторождения Л.П. Ермиловой с соавторами (1960) впервые был описан чухровит-(Y).

Нами чухровит-(Nd) был обнаружен в образцах, сложенных шестоватым молочнок-белым кварцем, интенсивно ожелезненным с поверхности. В кварце встречаются мелкие (до 5 мм длиной) пластинчатые зерна гюбнерита. В многочисленных мелких пустотах и интерстициях столбчатых кристаллов кварца часто наблюдаются порошковые и мелкокристаллические корки ярозита, плохо ограненные кристаллы англезита (до 4 мм), щетки мелких кристаллов кридита, плотные снежно-белые тонкозернистые скопления геарксутита и, реже, галлуазита. Чухровит-(Nd) в этих образцах представлен скоплениями изометричных бесцветных зерен и мелкими, часто плохо образованными, кристаллами, представленными комбинациями граней куба и октаэдра (рис. 1), размерами от 0.05 до 0.4 мм. Просматривая полированные сечения зерен и

* Рассмотрен и рекомендован к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов РМО и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА 5 августа 2004 г.

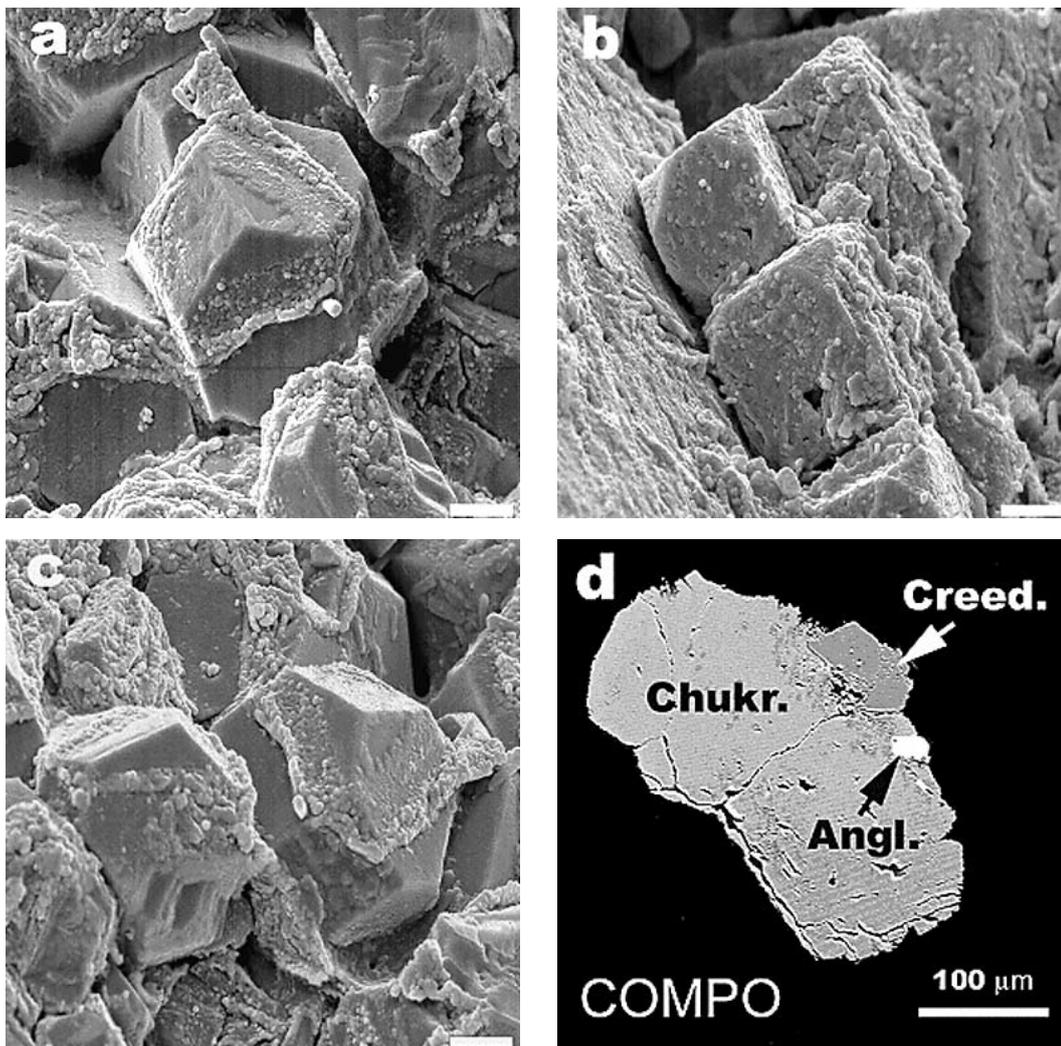


Таблица 1. Химический состав чухровита-(Nd) и чухровита-(Y)

Компонент	1		2	3
	Чухровит-(Nd) мас.%	разброс	Чухровит-(Nd) мас.%	Чухровит-(Y) мас.%
CaO	20.03	19.19–20.73	19.89	21.41
Y ₂ O ₃	1.94	1.52–2.71	2.37	5.44
La ₂ O ₃	2.32	1.91–2.86	2.50	1.04
Ce ₂ O ₃	1.37	1.06–1.67	3.36	2.12
Pr ₂ O ₃	1.37	1.22–1.59	1.01	0.17
Nd ₂ O ₃	6.26	5.45–6.58	5.28	2.31
Sm ₂ O ₃	1.90	1.75–2.21	1.35	1.07
Gd ₂ O ₃	1.12	0.67–1.47	0.69	0.83
Dy ₂ O ₃	0.44	0.20–0.68	0.25	0.89
Ho ₂ O ₃	0.10	0.03–0.26	0.07	н.о.
Al ₂ O ₃	12.09	11.74–12.42		
SO ₃	9.38	9.03–9.87		
F	28.93	28.48–29.37		
H ₂ O (по разн.)	24.93			
-F=O	-12.18			
Сумма	100.00			

Рис. 1. а, б, с – общий вид кристаллов чухровита-(Nd). РЭМ-фото. Длина масштабной линейки – 10 мкм; d – сростания чухровита-(Nd) (Chukr) с крицитом (Creed) и англезитом (Angl)

Примечание:

1 – среднее значение, вычисленное по 8 анализам и разброс значений для незональных зерен минерала из первой ассоциации;

2, 3 – неполные микрозондовые анализы зонально-секториального зерна чухровита из второй ассоциации (обр. № 1208, кол. В.И. Степанова, ММФ). Номера анализов соответствуют точкам, отмеченным на рисунке 2.

Аналитик – Л.А. Паутов

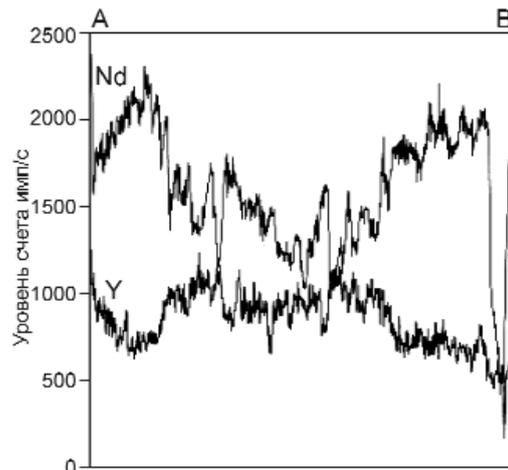
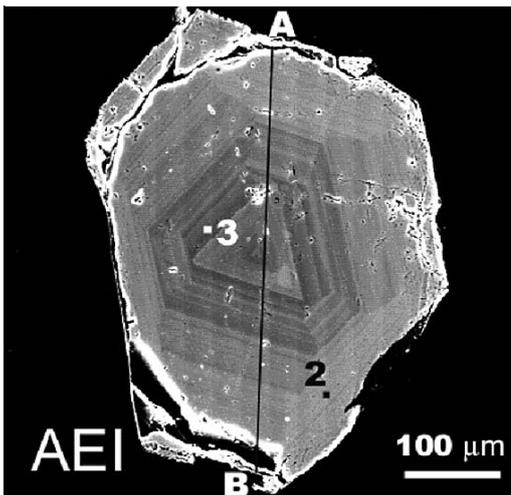


Рис. 2. Зонально-секториальный кристалл чухровита и концентрационный профиль Nd и Y. Изображение в поглощенном токе электронов (инвертированное). Контраст обусловлен средним атомным номером: более светлые участки соответствуют более тяжелой матрице. А-В – линия построения профиля. 2, 3 – участки локального анализа, номера соответствуют номерам анализов в таблице 1

кристаллов чухровита-(Nd) из этой ассоциации в режиме контраста по среднему атомному номеру (СОМРО) и в поглощенном токе электронов (АЕИ), выявить какую-либо зональность или секториальность индивидуальных минерала не удалось.

Вторая находка нового минерала была сделана в образце № 1208 из коллекции В.И. Степанова, хранящемся в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана. В этикетке к этому образцу значится следующее: «Чухровит. Сторски розоватых кубоктаэдров с белым геарксутитом. Караоба, ж. № 8, рудн. Джамбул, СВ Ақдала, Ц. Казахстан. Сб. 1950. В.И. Степанов». Образец представляет собой кусок молочно-белого кварца шестоватого сложения, размерами 8х6х2 см с охристого цвета налетами и корками и белыми мелоподобными стяжениями геарксутита и галлуазита. В кварце редко встречаются мелкие лейсты ферберита и псевдоморфозы гетита по пириту. Охристый цвет налетов на поверхности кварца обусловлен тонкозернистыми агрегатами ярозита, плюмбоярозита, бедантита и недиагностированными гидроокислами железа. В пустотах между обломанными кристаллами кварца и по трещинам встречаются скопления и одиночные кристаллы минерала группы чухровита, размерами до 1 мм в поперечнике. Некоторые кристаллы – водян прозрачны, некоторые замутнены и имеют слабый розоватый оттенок. Отдельные зоны роста, хорошо видимые в режимах СОМРО и АЕИ, в зональных и секториальных кристаллах (рис. 2) отвечают по составу чухрови-

ту-(Nd).

Далее, везде, где это не оговорено особо, приводятся данные по чухровиту-(Nd) из первой ассоциации.

Физические свойства

Чухровит-(Nd) – минерал прозрачный, чаще бесцветный, реже – полупрозрачный белый. Блеск стеклянный, слегка жирный. Черта белая. Хрупкий.

Спайность по {111} плохо проявлена. Твердость по Моосу 3.5–4. Микротвердость вдавливания минерала измерялась на ПМТ-3 при нагрузке 30 г. Среднее значение микротвердости чухровита-(Nd) по 15 замерам составило $\text{VHN} = 193 \text{ кг/мм}^2$ (при разбросе от 177 до 213 кг/мм^2). Плотность, измеренная путем уравнивания зерен минерала в растворе жидкости Клеричи, составляет 2.42(3) г/см^3 , вычисленная – 2.421 г/см^3 .

В иммерсионном препарате минерал бесцветен, обладает аномальными интерференционными окрасками от темно-серых до серых и волнистым бегущим погасанием. Показатель преломления, измеренный в смеси глицерина с водой при 589 нм, составляет $n = 1.443(2)$.

Инфракрасный спектр чухровита-(Nd) получен на спектрометре Specord-751R с таблетки минерала с KBr и характеризуется сильными полосами поглощения: 3548, 3423, 1630, 1090, 586, 465 см^{-1} (рис. 3). Наличие кристаллизационной воды в минерале подтверждается полосами в области 3600–3200 и 1630 см^{-1} , сульфатных тетраэдров – силь-

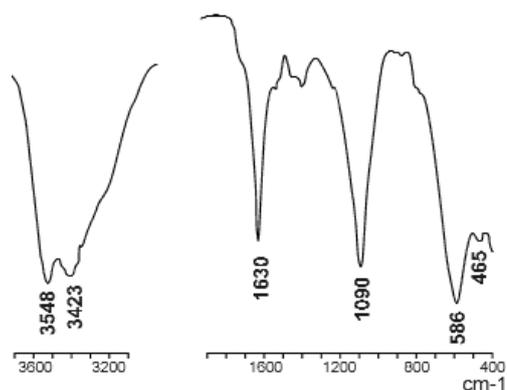


Рис. 3. Инфракрасный спектр чухровита-(Nd)

ной полосой 1090 см⁻¹.

Индекс сходимости свойств и состава, рассчитанный по уравнению Гладстона-Дейла, составляет $1 - (K_p/K_c) = 0.012$ (превосходный).

Химический состав

Химический состав нового минерала изучен на электронном микронзондовом анализаторе JXA-50A фирмы JEOL, укомплектованном тремя волновыми спектрометрами и энергодисперсионным спектрометром. Анализы на энергодисперсионном спектрометре проводились при ускоряющем напряжении $U = 20$ кВ и токе зонда $I = 2$ нА при диаметре пучка 2 мкм. Образцами сравнения являлись: анортит USNM 137041 (Ca, Al, Si); Y₂O₃ (Y); LaF₃ (La); CeF₃ (Ce); NdPO₄ (Nd); SmPO₄ (Sm); PrPO₄ (Pr); GdPO₄ (Gd); Dy₂O₃ (Dy); Ho₂O₃ (Ho); BaSO₄ (S). На волновом спектрометре при ускоряющем напряжении $U = 15$ кВ, токе зонда $I = 25$ нА, диаметре пучка 5 мкм измерялся фтор, образцом сравнения служил CaF₂. Расчет концентраций проводился по программе SARAT. Однородность зерен проверялась сканированием на волновых спектрометрах по профилям. В зернах чухровита-(Nd) из первой ассоциации зональности в распределении иттрия и редких земель не выявлено. Средний состав и вариации содержаний компонентов по анализам 8 зерен приведены в таблице 1. Вода прямым методом не определялась из-за недостатка материала, ее содержание принято по разности. Эмпирическая формула (расчет по катионам $Ca + TR + Al = 6$) по этим анализам: Ca_{3,06}(Nd_{0,32}Y_{0,15}La_{0,12}Sm_{0,09}Ce_{0,07}Pr_{0,07}Gd_{0,05}Dy_{0,02}Ho_{0,01})_{0,90}Al_{2,03}S_{1,01}O_{3,96}F_{13,06} · 11.87H₂O. Идеализированная формула: Ca₃(Nd,Y)Al₂(SO₄)F₁₃ · 12H₂O.

Кристаллы минерала из второй ассоциации, напротив, имеют ярко выдержанную зо-

Таблица 2. Результаты расчета дебаеграммы чухровита-(Nd)

<i>l</i>	<i>d</i> _{изм.} , Å	<i>d</i> _{выч.} , Å	<i>h k l</i>
10	9.7	9.676	1 1 1
7	5.92	5.925	2 2 0
3	5.04	5.053	3 1 1
1	4.87	4.838	2 2 2
4	4.20	4.190	4 0 0
3	3.85	3.845	3 3 1
8	3.22	3.225	5 1 1
1	2.957	2.963	4 4 0
3	2.836	2.833	5 3 1
4	2.646	2.650	6 2 0
7	2.555	2.556	5 3 3
3	2.343	2.347	7 1 1
5	2.240	2.239	6 4 2
6	2.180	2.182	7 3 1
1	2.096	2.095	8 0 0
3	1.975	1.975	8 2 2
2	1.936	1.935	7 5 1
5	1.827	1.829	8 4 2
1	1.756	1.757	9 3 1
4	1.681	1.684	7 7 1
1	1.641	1.643	10 2 0
0.5	1.611	1.613	10 2 2
0.5	1.562	1.563	9 5 3
1	1.511	1.511	11 1 1
1	1.461	1.464	9 7 1
0.5	1.418	1.416	10 6 2
0.5	1.358	1.359	10 6 4
1	1.282	1.282	11 7 1
0.5	1.201	1.200	13 5 1
0.5	1.141	1.140	14 4 2
0.5	1.077	1.075	11 11 1
0.5	1.063	1.064	12 10 2
0.5	1.039	1.041	13 9 3
0.5	1.009	1.009	16 4 2

нальность и секториальность (рис. 2). Более светлые на фотографии зоны роста и сектора обогащены неодимом и, соответственно, обеднены иттрием. В таких кристаллах отдельные зоны соответствуют по составу чухровиту-(Nd), другие являются чухровитом-(Y). Неполные анализы (выполненные с использованием энергодисперсионного спектрометра при $U = 20$ кВ, $I = 2$ нА) приведены в таблице 1. Концентрационный профиль по Y и Nd через кристалл, полученный с помощью волновых спектрометров, показан на рисунке 2.

Рентгеновские данные

Рентгеновское изучение минерала прово-

Таблица 3. Сравнение данных по чухровиту-(Nd), чухровиту-(Y), чухровиту-(Ce) и меняйловиту

	Чухровит-(Nd) Ca ₃ (Nd,Y)Al ₂ (SO ₄)F ₁₃ ·12H ₂ O	Чухровит-(Y) Ca ₃ (Y,Ce)Al ₂ (SO ₄)F ₁₃ ·12H ₂ O	Чухровит-(Ce) Ca ₃ (Ce,Nd)Al ₂ (SO ₄)F ₁₃ ·12H ₂ O	Меняйловит Ca ₄ AlSi(SO ₄)F ₁₃ ·12H ₂ O
Пр. группа	<i>Fd3</i>	<i>Fd3</i>	<i>Fd3</i>	<i>Fd3</i>
<i>a</i> , Å	16.759	16.80	16.80	16.722(2)
<i>Z</i>	8	8	8	8
Сильные линии	9.7(10)		9.75(10)	9.63(10)
порошкограммы <i>d</i> (<i>l</i>)	5.92(7)		5.93(8)	5.91(7)
	4.20(4)	3.261(9)	4.20(5)	4.173(4)
	3.22(8)	2.843(8)	3.22(7)	3.219(7)
	2.555(7)	2.572(9)	2.56(6)	2.551(7)
	2.240(5)	2.193(10)	2.24(5)	2.235(5)
	2.180(6)	1.834(10)	2.17(6)	2.178(8)
	1.827(5)	1.684(8)	1.824(5)	1.824(5)
	1.512(8)			
Плотность, g/cm ³ (изм.)	2.42	2.274 – 2.398		2.25
<i>n</i>	1.443	1.42 – 1.44	1.443	1.430
Источник	Данные авторов	Ермилова и др., 1960	Walenta, 1978	Вергасова и др., 2004

дилось методом порошка. Дебаеграмма получена в камере РКУ-114 мм на трубке с железным анодом и марганцевым фильтром. Поправки вводились по отдельному снимку с NaCl. Индицирование проведено по аналогии с чухровитом-(Y). Расчет дебаеграммы приведен в таблице 2. Минерал принадлежит кубической сингонии, пространственная группа *Fd3*, *a* = 16.759(3) Å, *V* = 4707.0(1) Å³, *Z* = 8.

Обсуждение

В настоящее время можно выделить группу чухровита, включающую в себя редкоземельные бескремниевые минералы с общей формулой Ca₃TRAl₂(SO₄)F₁₃·12H₂O – чухровит-(Y), чухровит-(Ce), чухровит-(Nd), и без редкоземель кремнийсодержащий минерал с формулой Ca₄AlSi(SO₄)F₁₃·12H₂O (меняйловит). Схема изоморфизма между TR-минералами этой группы и меняйловитом может быть представлена в виде: Al³⁺_{VI} + TR³⁺_{VII} ⇒ Si⁴⁺_{VI} + Ca²⁺_{VII}. Судить о масштабах или границах такого изоморфизма в природных образцах минералов группы чухровита весьма затруднительно по причине того, что авторам известно только ограниченное число химических анализов, опубликованных в литературе. По этим немногочисленным анализам природных редкоземельных чухровитов соотношение Ca:TR близко к 3:1, в искусственных аналогах чухровита наблюдались значительные отклонения от этого соотношения (Соколова, Коновалова, 1981).

Однако, нет строгого доказательства того, что химические анализы синтетического аналога чухровита, выполненные методами мокрой химии, отражают состав гомогенной фазы.

Степень изученности минералов группы чухровита не одинаковая. Первым минералом в этой группе был открытый на месторождении Караоба чухровит (Ермилова и др., 1960) с резким преобладанием иттрия над лантаноидами, по современной номенклатуре – чухровит-(Y). В первом описании приведены два химических анализа минерала, причем редкие земли определены рентгеноспектральным методом в осадке редких земель, выделенных из минерала. Иттрий не определялся, а вычислен по разности. Преобладание иттрия над лантаноидами во многих образцах чухровита с Караобы подтверждается и нашими микрозондовыми анализами. Другой находкой иттрий-доминантного чухровита является находка минерала М.И. Новиковой (1973) в Сибири. Полного химического анализа минерала из этого месторождения выполнить не удалось, но была определена сумма редких земель, равная 14.11%, и рентгеноспектральным методом расшифрован их спектр. Заметим, что в этой работе приведены содержания оксидов редких земель, выраженные в массовых процентах и относительные массовые проценты оксидов редких земель от суммы оксидов редких земель, а не атомные или молекулярные проценты. Это привело к досадной путанице: в справочной литературе появились ссылки на работу М.И. Новиковой (1973), как на описание чухровита-(Ce), хотя простой пересчет

массовых процентов в атомные показывает преобладание иттрия над любым другим элементом из группы лантаноидов.

В совершенно иной обстановке был найден минерал из группы чухровита С.В. Рябенко с соавторами (1985) на месторождении Катугин (Забайкалье). Там он встречен в гнездовых скоплениях криолита с другими фторидами. К сожалению, в указанной работе не приводятся количественные данные об индивидуальных редких землях и иттрии, более того, не ясно, определялся ли иттрий. В работе приведен только рисунок — спектр редкоземельных элементов с не вполне ясными единицами, отложенными по оси ординат.

Чухровит-(Ce) был впервые описан на месторождении Клара (Обервольф, ФРГ) в баритовых и флюоритовых жилах (Walenta, 1978). Количественных данных о содержании иттрия в минерале в работе не приводится. По-видимому, это пока единственная находка церий-доминантного чухровита. Представляется интересным повторно изучить материал этой находки с определением редкоземельных элементов и иттрия. Указания в справочной минералогической литературе о находке чухровита-(Ce) в Сибири с ссылкой на работу М.И. Новиковой (1973), как отмечено выше, основаны на ошибочном пересчете результатов анализа минерала.

Для всех перечисленных природных редкоземельных минералов из группы чухровита характерно соотношение кальция к сумме редких земель и иттрия (в атомных количествах), близкое к 3:1, что дает возможность предполагать упорядоченное распределение кальция и редких земель в структуре минерала. Однако, в настоящее время имеется только одна работа, посвященная изучению кристаллической структуры редкоземельного чухровита, выполненная фотометодом ($R = 13\%$), не подтвердившая этого предположения (Бокий, Горогоцкая, 1965). Кристаллическая структура меняйловита (Вергасова и др., 2004) не изучалась, но изучена кристаллическая структура ($R = 2.5\%$) его синтетического аналога (Mathew *et al.*, 1981). Таким образом, одной из наиболее актуальных задач изучения группы чухровита является уточнение кристаллической структуры редкоземельных представителей этой группы минералов и переизучение чухровита-(Ce).

Сравнительная характеристика минералов группы чухровита приведена в таблице 3.

Препарат с зерном чухровита-(Nd) хранится в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН (г. Москва).

Авторы благодарят за помощь в работе и обсуждения И.В. Пекова и П.М. Карташова.

Литература

- Бокий Г.Б., Горогоцкая Л.И. Кристаллическая структура чухровита // Докл. АН СССР. **1965**. Т. 163. № 1. С. 183–185.
- Вергасова Л.П., Семёнова Т.Ф., Епифанова В.Б., Филатов С.К., Чубаров В.М. Меняйловит $\text{Ca}_4\text{AlSi}(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал вулканических эксгалаций // Вулканология и сейсмология. **2004**. № 2. С. 3–5.
- Ермилова Л.П., Молева В.А., Клевцова Р.Ф. Чухровит — новый минерал из Центрального Казахстана // ЗВМО. **1960**. Вып. 1. С. 15–25.
- Ермилова Л.П. Минералы молибдено-вольфрамового месторождения Караоба в Центральном Казахстане. М.: Наука, **1964**. 176 с.
- Новикова М.И. Находка чухровита в Сибири // ЗВМО. **1973**. Вып. 2. С. 200–202.
- Соколова Н.Г., Коновалова С.А. Искусственная разновидность чухровита // ЗВМО. **1981**. Вып. 2. С. 160–162.
- Щерба Г.Н. Формирование редкометалльных месторождений Центрального Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН Каз.ССР, **1960**. 381 с.
- Щерба Г.Н., Кудряшов А.В., Сенчло Н.П., Кормушин В.А., Степанов В.В., Шентура В.И., Губайдуллин Ф.Г., Попов А.А., Масгуттов Р.В., Ракишев Б.М., Дарбагаев А.Б., Зайцев С.И., Степанов С.Н., Нарсеев А.В. Редкометалльное оруденение Казахстана. Алма-Ата, Изд-во АН Каз.ССР, **1988**. 224 с.
- Levinson A.A. A system of nomenclature for rare-earth minerals // Amer. Miner. **1996**. Vol. 51. N 1/2. P. 152–158.
- Mathew M., Takagi S., Waerstad K.R., Frazier A.W. The crystal structure of synthetic chukhrovite, $\text{Ca}_4\text{AlSi}(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ // Amer. Miner. **1981**. V. 66. P. 392-397.
- Walenta K. Chukhrovit-(Ce) und rhabdophan-(Ce) aus der Grube Clara bei Oberwolfach im mittlern Schwarzwald // Chem. der Erde. **1978**. 38. P. 331-339.