

Е.К. ПОДПОРИНА, В.В. БУРКОВ, К.Н. ДАНИЛОВА
**Nd-ЧЁРЧИТЫ ИЗ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ
 МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД КАЗАХСТАНА**

(Представлено академиком Д.С. Коржинским 8 IV 1982)

Сведения о чёрчтите и его аналоге [1] вейншенките немногочисленны. Результаты изучения этого минерала, обнаруженного в виде налетов на кремнистых породах Корнуолле, Англия [1], в лимонитовых рудах из Баварии, ФРГ [2], и в марганцевых лимонитах из шт. Вирджиния, США [3], показали, что он является основным водным фосфатом иттрия. Более современные и полные анализы из коры выветривания щелочных пород в Сибири [4], сланцев в Приморье и серпентинитов на Урале [6] подтверждают селективно иттриевый состав с максимумом на Dy в составе лантаноидов.

Нами исследован чёрчтит из мезозойской коры выветривания докембрийских метаморфических пород (сланцы, гнейсы и амфиболиты) в одном из районов Северного Казахстана. Мощность коры выветривания 60 м, в тектонически нарушенных участках — 200 м. В разрезах выделяются следующие зоны: дезинтеграционно-каолининовая и охристо-гипсбит-каолининовая, в последней содержание гипсбита достигает 12%, что указывает на латеритный характер выветривания.

В породах субстрата чёрчтит отсутствует, а в коре выветривания чаще всего встречается в верхах каолининовой и низах охристо-гипсбит-каолининовой чёрчтит образует выделения ооидной формы, в той или иной степени уплощен-

Таблица 1

Расчет рентгенограммы порошка чёрчтита

	d, кХ	I	d, кХ	I	d, кХ
3	6,12	1	2,01	1,5	1,544
	4,41	3	1,920	1,5	1,485
3	3,49	9	1,858	1,5	1,452
	3,02	2,5	1,745	1	1,307
	2,82	2,5	1,705	1	1,269
	2,28	2,5	1,672	1	1,251
	2,15				

Значения. Условия съемки: Cu-Ni-излучение, D = 57,3 мм. Аналитик Р.А. Александрова.

Таблица 2

Химические анализы чёрчтита, % (аналитик А.В. Быкова, ИМГРЭ)

Элемент	1	2	3	Окисел	1	2	3
SiO ₂	—	Сл.	—	CaO	< 0,1	—	—
TR ₂ O ₃	3,75	3,3	4,79	TR ₂ O ₃	47,92	49,80	47,42
P ₂ O ₅	0,81	—	—	P ₂ O ₅	30,0	31,0	29,61
H ₂ O	0,63	1,47	1,87	H ₂ O	16,48	14,0	15,95
Сумма	Сл.	—	—	Сумма	99,69	99,57	99,64

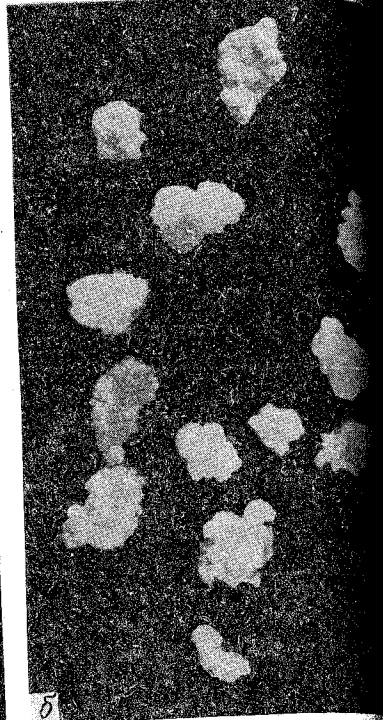
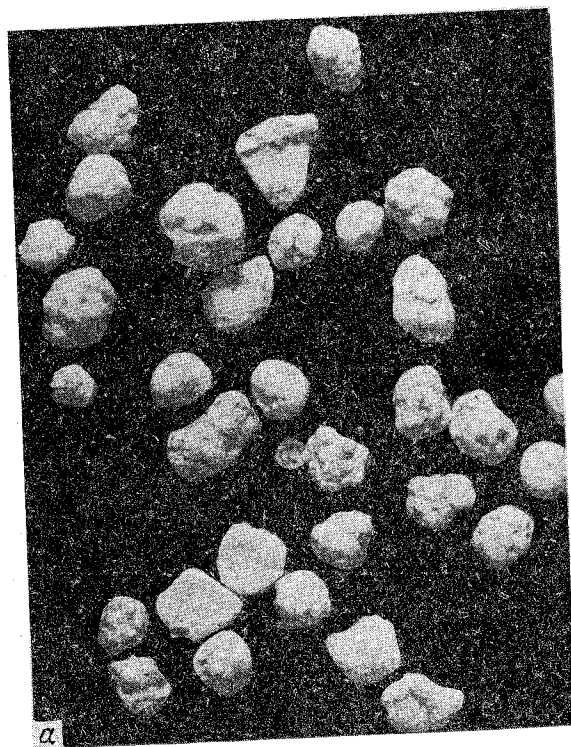


Рис. 1. Формы выделений чёрчита: а — ооидные, б — уплощенные агрегативно-ооидные

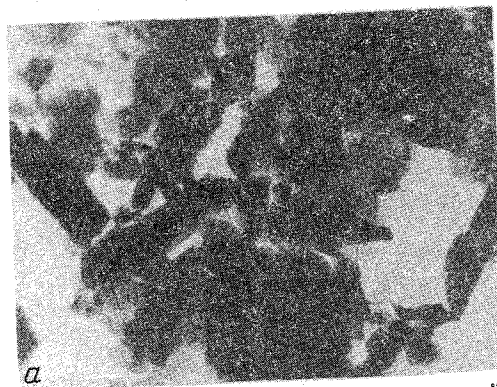


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки чёрчитов, 7500×: а — водная суспензия одноступенчатая угольная реплика; удлиненно-пластинчатые кристаллы с прямоугольным поперечным сечением

Таблица 3

Содержание лантаноидов в чёрчитах ($\Sigma TR_2O_3 = 100\%$, без Y)

Минерал	n	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
Чёрчит, Казахстан	15	1,8	2,3	0,8	4,8	6,5	2,1	18,6	2,6
Чёрчит, Казахстан	8	6,1	10,8	1,8	14,1	6,7	2,3	12,5	2,2
Чёрчит, Приморье [5]	1	—	—	—	5,4	6,0	2,7	16,2	4,2
Чёрчит, Сибирь [4]	1	2,4	6,8	1,1	4,5	3,9	0,6	12,8	2,0

Таблица 3 (окончание)

Минерал	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣLa	ΣY	ΣSc
Чёрчит, Казахстан	19,8	5,4	14,5	2,8	14,9	3,0	9,8	55,0	35,2
Чёрчит, Казахстан	14,5	3,8	11,5	1,8	10,6	1,3	32,8	42,0	25,2
Чёрчит, Приморье [5]	20,5	6,6	15,8	3,6	16,6	2,6	5,4	55,7	38,9
Чёрчит, Сибирь [4]	23,8	5,7	16,8	3,0	13,9	2,3	14,8	48,9	36,3

и е. Рентгеноспектральный анализ, аналитик Р.Л. Баринский, ИМГПЭ; $\Sigma La = La - Nd$, $\Sigma Sc = Er - Lu$, по [7].

то слагающие почковидные агрегаты (рис. 1а, б). Излом этих выделений матовый, блестящий, стеклянистый.

Цвет чаще всего белый с желтоватым, бежевым или розовым оттенком. Гидроокислов железа и марганца придают чёрчитовым ооидам светлый, бурый или розоватый цвет. Иногда выделения гидроокислов железа находятся внутри ооидов, а гидроокислы марганца образуют только поверхностные. В некоторых случаях ооиды имеют игольчатые включения прозрачного цвета (возможно, натролита).

Препараты чёрчитовых ооидов были исследованы под электронным микроскопом просвечивающего типа марки "Тесла" БС-242 двумя методами: суспензии и одноступенчатых угольных реплик. Чёрчитовые частицы в суспензии представлены удлиненными (0,5–10 мкм) кристаллами (рис. 2а). Мелкие изометричные чешуйки, вероятно, состоят из глинисто-слюдистой массы. Пластинчатые угольные реплики отделялись от зерен чёрчита путем его растворения в HF. Как видно на фотографии (рис. 2б), чёрчит представлен удлиненно-пластинчатыми кристаллами (размер 0,5–12 мкм), ширина которых колеблется от 0,5–2,0 мкм, в поперечнике кристаллы имеют форму прямоугольника. На более крупных кристаллах хорошо видны удлиненно-пластинчатые поверхности и сростки радиально-лучистые агрегаты.

По расчету рентгенограммы порошка (табл. 1) и характер дифференциальной кривой нагрева с эндотермическим эффектом в интервале 225–335 °С типичны для выделений всех форм выделений.

Результаты трех полных химических анализов чёрчита приведены в табл. 2. По химическому составу изученный нами минерал близок к чёрчитам из районов [1, 2, 4–6]. Присутствие TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , очевидно, может быть объяснено механическими примесями. После исключения примесей и пересчета содержание TR_2O_3 составляет 50,75–52,53%, P_2O_5 31,8–32,7% и H_2O 14,77–17,45%, что практически совпадает с теоретическим составом чёрчита (TR_2O_3 51,34%, P_2O_5 31,8%, H_2O 16,38%).

Дальнейшее изучение 23 образцов чёрчита (диагностика минералов во случаях подтверждена дебаеграммами) показало, что могут быть выделены разновидности этого минерала. Они схожи по формам выделения, рентгенограм порошка и, очевидно, по валовому химическому составу, но резко различаются по составу лантаноидов (табл. 3).

Одна из разновидностей (табл. 3, №1) по относительным содержаниям индивидуальных лантаноидов и по их групповому составу идентична чёрчитам, охарактеризованным в литературе.

Вторая разновидность является новой. Она характеризуется комплексным составом лантаноидов с примерно равными содержаниями ΣLa , ΣY и ΣSc (табл. 3).

Интервал содержаний элементов группы лантана (ΣLa) в первой разновидности минерала 7,1–14,6%, во второй 26,6–41,7%. Промежуточные разновидности с содержаниями ΣLa в пределах 15–25%, не обнаружены. Первая разновидность, несомненно, является обычным чёрчитом, а вторая в связи с высоким относительным содержанием группы легких лантаноидов при преобладании в их составе Nd может быть выделена в качестве неодимового чёрчита (Nd-чёрчит). Как для чёрчита, для Nd-чёрчита характерно повышенное относительное содержание Eu, особенно характерно для Nd-чёрчита (в среднем 2,3%, максимум 3,2%). Содержание Y в сумме редких земель, определенное Л.Г. Логиновой (ИМГРЭ) количественно спектральным методом, в чёрчите составляет 57% (среднее из 2 анал.), а в Nd-чёрчite 50,2% (среднее из 4 анал.).

Физические свойства выделенных разновидностей различаются. Плотность чёрчита 3,73, а Nd-чёрчита 3,12–3,15 г/см³, твердость по шкале Мооса соответственно 3,0 и 3,2. Микротвердость чёрчита, определенная на приборе ПМТ-3 при нагрузке 15–20 г в разноориентированных сечениях зерен, запрессованных в фольгу, составляет 75–107 кг/мм² (среднее из 10 замеров – 89 кг/мм²). Для Nd-чёрчита она равна 65–179 кг/мм² (среднее из 14 замеров – 122 кг/мм²). Оба минерала двуосные, положительные, но для чёрчита $N_g = 1,650$, $N_p = 1,620$, а для Nd-чёрчита $N_g = 1,633$, $N_p = 1,612$.

В материнских породах коры выветривания редкоземельные элементы связаны преимущественно с пороодообразующими минералами, а также с апатитом, флюоритом, легко изменяющимися при выветривании, что предопределяло высокую подвижность иттрия и лантаноидов, возможность их перераспределения и образования гипергенных фосфатов, при этом апатит мог быть также источником фосфора [8]. Различия двух разновидностей чёрчита могли быть в известной мере обусловлены от материнских пород, среди которых амфиболиты характеризуются высоким иттриевым (ΣLa 58,0%, ΣY 31,8%, ΣSc 10,2%), а гнейсы менее иттриевым (ΣLa 78,2%, ΣY 18,7%, ΣSc 3,1%) составами лантаноидов.

Авторы искренне признательны Р.Л. Баринскому за расшифровку спектров редких земель, А.В. Быковой за химический анализ чёрчитов, С.И. Лебедеву за определение их микротвердости и плотности, Г.А. Тучковой за выполнение электронно-микроскопических снимков.

Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
Москва

По
20

ЛИТЕРАТУРА

1. Claringbull G.F., Hey M.H. – Min. Mag., 1953, vol. 30, № 223, p. 211–217.
2. Дэниел Э.С., Пелач Ч. и др. Система минералогии. М.: ИЛ, 1954, т. 2, полутом 2, с. 1–10.
3. Milton C., Murata K.J., Knechtel M.M. – Amer. Mineral., 1944, vol. 29, № 3–4, p. 1–10.
4. Нонешникова В.И. – Зап. Всесоюз. мин общ-ва, 1960, т. 89, вып. 2, с. 221–227.
5. Баринский Р.Л., Алексина К.Н., Кизюра В.Е. – Там же, 1963, т. 92, вып. 6, с. 720–722.
6. Баринский Р.Л., Тормосова Г.Ф., Коленко Л.И. – ДАН, 1965, т. 162, № 1, с. 169–175.
7. Баринский Р.Л., Минеев Д.А. Информ. сообщ. ВИЭМС, 1965, № 76, сер. 5, с. 3–5.
8. Подпорный В.И., Ниязов А.Р., Брылин М.Д. В сб.: Экзогенные месторождения редких металлов. М., 1980, с. 1–10.