

В. А. КОРНЕТОВА, М. Е. КАЗАКОВА, В. Б. АЛЕКСАНДРОВ

### ОКИСЛЕННЫЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ГАДОЛИНИТ ИЗ ХРУСТАЛЕНОСНЫХ ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛ СИБИРИ

Кристаллический гадолинит встречается в природе редко. В 1961 г. Е. А. Петрова, Г. А. Сидоренко и Т. И. Иванова описали кристаллический гадолинит из альбитизированных сиенитов с редкометальной минерализацией. Впервые в той же работе приведен химический анализ кристаллического гадолинита; до этого все имеющиеся анализы гадолинита относились к метамиктным разновидностям.

В альбитизированных пегматитах натро-литиевого типа по классификации А. Е. Ферсмана (альбитовый подтип) кристаллический неметамиктный гадолинит был встречен нами в 1964 г. в ассоциации с мусковитом и форманитом в одном из месторождений Сибири.

В настоящей работе описывается кристаллический гадолинит из хрусталеносных пегматитов, едва затронутых альбитизацией.

Пегматитовое тело, в котором был встречен гадолинит, имеет зональное строение: полость с кристаллами мориона окружена зоной блокового микроклина и кварца. Затем следует зона тонкокристаллического графического пегматита, окруженная крупнозернистой графикой. Граница между двумя соседними зонами резкая. Крупнозернистый или разнозернистый графический пегматит постепенно переходит в розовый жильный гранит. Жила залегает в серых среднезернистых двуслюдяных гранитах.

Гадолинит оказался не только кристаллическим, но, как выяснилось в процессе исследования, и окисленным. В связи с этим нам показалось интересным проследить этапы окисления и попытаться установить их природу.

Гадолинит встречается в толстопризматических кристаллах, которые обычно локализуются в монокристаллах микроклина, окружающих небольшие пустоты неподалеку от главной центральной полости — занорыша. Кристаллы располагаются цепочками один за другим на расстоянии 1—2 см.

Размеры кристаллов гадолинита не превышают 0,5 см. Если замечен один кристалл, то рядом, несомненно, располагаются и другие. Иногда их можно насчитать до десятка.

Кроме микроклина, с ним ассоциирует только монацит. Поверхность кристаллов гадолинита всегда черная, глянцевитая, независимо от степени измененности минерала.

Кристаллы гадолинита покрыты многочисленными гранями, очень часто несущими косую штриховку. Для гониометрических измерений

пригодным оказался лишь один небольшой кристалл (1 мм в длину), отобранный из 50 кристаллов, извлеченных целыми из микроклина. Следует заметить, что кристаллы гадолинита при ударе довольно легко выскакивают из микроклина, если они хоть немного изменены. В последнем случае вокруг них в микроклине развивается черный ореол, окраска которого к периферии ослабевает.

На двукружном гониометре системы Гольдшмидта был измерен один кристалл и установлены индексы граней. Большая часть граней ромбической призмы отличалась хорошими сигналами, лишь грани головки давали нечеткие сигналы или расплывчатые пятна (табл. 1). После измерения кристалл был вычерчен в соответствии с рентгеновскими данными, которые предполагают вертикальным пояс ромбических призм

Т а б л и ц а 1

Результаты измерения кристалла гадолинита на гониометре

В установке Гольдшмидта (1897)						В рентгеновской установке (Strunz, 1957)			
индекс	буквенные обозначения	$\varphi$ *	$\rho$	измеренные		индекс	$\varphi$ **	$\rho$	число измерений
				$\varphi$ **	$\rho$				
001	<i>c</i>	90°00'	00°33'	90°00'	00°00'	100	0°00'	90°00'	2
100	<i>a</i>	90 00	90 00	90 00	90 00	001	—	0 00	1
012	<i>w</i>	0 50	33 25	0 00	33 38	210	56 24	90 00	3
011	<i>q</i>	0 25	52 51	0 00	52 54	110	37 05	90 00	4
021	<i>y</i>	0 12	69 15	0 00	69 36	120	20 24	90 00	4
110	<i>n</i>	57 57	90 00	57 49	90 00	011	0 39	32 11	2
111	<i>o</i>	57 50	—68 02	~ 58	—68 40	111	37 52	38 28	1
111	<i>p</i>	58 04	68 10	58	—68 40	111	37 45 <sup>?</sup>	38 <sup>?</sup>	4

(плохого качества)

\* Гольдшмидт (1897). \*\* Наши измерения.

(по Штрунцу), т. е. кристалл вытянут по оси *c* (рис. 1); кристалл вычерчен в природном развитии в стереографической проекции.

Обращает на себя внимание неравномерность развития граней головки. Так, наибольшее развитие имеют грани (111) и (011), в то время как симметричные им (111) и (011) представлены лишь узкими полосками. Грани наибольшего развития, в том числе (111) и (011), покрыты грубой косою штриховкой; иногда последняя имеет коленчатый излом. Большая часть кристаллов гадолинита, извлеченных из микроклина, несет негативные отпечатки граней микроклина, имеющих вид ступенек. Иногда эти ступеньки замыкаются в многоугольный контур. Очень часто поверхность кристаллов гадолинита покрыта черным порошковатым налетом. Если кристалл включен в кварц, то в последнем вокруг гадолинита развивается округлый правильный ореол потемнения, имеющий четкую границу с остальным кварцем.

Почти все кристаллы гадолинита в той или иной степени изменены, поэтому цвет их зависит от степени измененности. В самой середине кристалла (ядре) гадолинит может быть даже совершенно свежим. Тогда цвет его бутылочно-зеленый, блеск сильный стеклянный, минерал совершенно прозрачен и сильно напоминает осколок стекла.

Под бинокляром отчетливо видно, как ядро по краям начинает краснеть и одновременно становится менее прозрачным, приобретая жирный блеск. Затем красный цвет становится преобладающим, а минерал — похожим на гранат. Далее наступает побурение, и минерал превращается

в оранжево-желтый порошокатый материал, напоминающий лимонит. Можно проследить все стадии окисления гадолинита в одном кристалле. У сильно измененных кристаллов нет прозрачного ядра, ни красного, ни бурого, не говоря уж о зеленом. Черный блестящий футляр наполнен продуктами изменения, зонарно сменяющимися друг друга. Ниже описан такой измененный кристалл. Тонкая блестящая черная рубашка сменяется бурым измененным гадолинитом (рис. 2), затем следует внутренний футляр из серого полупрозрачного опаловидного вещества, далее — серая фарфоровидная масса, переходящая в оранжевую охристую, составляющая основную массу измененного гадолинита. В центре наблюдаются радиальные неправильные трещины, заполненные черным порошокатым минералом.

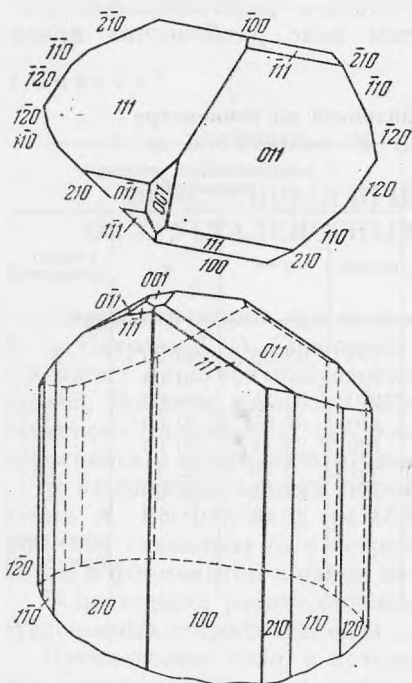


Рис. 1. Кристалл гадолинита в установке, соответствующей рентгеновской. Стереографическая проекция  
Поворот  $10^\circ$ , наклон  $10^\circ$

типу, полностью совпадающую с таковой для нематамктных кристаллических гадолинитов (см. работу Петровой, Сидоренко и Ивановой, 1961).

Под микроскопом, в шлифе, зеленый неизменный гадолинит при одном никеле окрашен в желтовато-зеленый цвет (светло-оливковый). Некоторые кристаллы зональны. При одном никеле видно, как более желтые зоны таких кристаллов чередуются с более зелеными по периферии зерна, окружая более однородное срединное ядро. Несколько разрушенные кристаллы пятнисто окрашены бурыми потеками окислов Fe.

На столике Федорова в коноскопе ядро имеет  $2V = 58-62^\circ$ , близлежащая зона  $67^\circ$ . Оптически положитель. Дисперсия  $r > v$  слабая. В разрезе  $\perp Ng$  плеохроизм не наблюдается;  $Ng-Np$  порядка 0,020, не более, точно судить об этом трудно;  $Nm > 1,780$ .

В шлифе видно, что вокруг гадолинита в микроклине возникает ореол, который имеет очертания, повторяющие кристалл. Микроклин в ореоле обладает более четкой и более резкой двойниковой решеткой,

Бутылочно-зеленое ядро дало прекрасную порошокатую, т. е. гадолинит оказался кристаллическим, совершенно не затронутым метамиктным распадом (см. рентгенограмму, табл. 2), а при рентгеновском исследовании этих ядерных участков методами Лауэ, качения и фотографирования обратной решетки было установлено, что симметрия кристалла моноклиная,  $a_0 = 9,94$ ,  $b_0 = 7,57$ ,  $c_0 = 4,73$ ,  $\beta = 90^\circ 08'$ .

Окисленные кристаллы, несмотря на их неоднородность, дали совершенно идентичную порошокатую. По-видимому, в продуктах изменения не оказалось другой кристаллической фазы, а окисление Fe не внесло существенных изменений в кристаллический каркас гадолинита, несмотря на фарфоровидный облик.

Некоторые сильно измененные кристаллы имеют колломорфный облик и весьма пестро окрашены: общий светло-коричневатый фон пестрит серыми и синими пятнами, излом раковистый, матовый. Рентгенограмма также показывает превосходную дифракционную картину.

имеющей оптическую ориентировку, отличающуюся от ориентировки остальных частей зерна. Большие грубые пертиты распада прерываются зерном гадолинита. В пертитах замещения, наблюдающихся по соседству

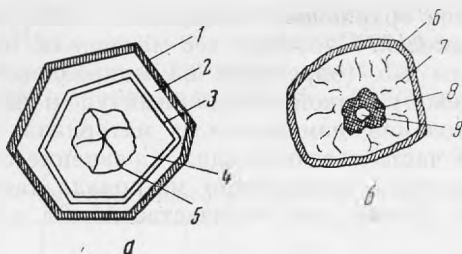


Рис. 2. Поперечные сечения окисленного гадолинита  
*a* — сильная степень изменения: 1 — черная блестящая «рубашка»; 2 — буровато-красное вещество; 3 — опаловидная серая полупрозрачная скорлупка-перегородка («футляр»); 4 — оранжево-желтое охристое вещество; 5 — радиальные трещины, покрытые пленками окислов Mn; *b* — менее окисленный гадолинит: 6 — черная наружная корочка; 7 — серая полосчатая масса, переходящая в охристую; 8 — красно-коричневый полупрозрачный материал; 9 — бутылочно-зеленый прозрачный свежий неизменный гадолинит (реликт)

с кристаллом гадолинита, увеличивается число двойников по альбитовому закону, и они становятся более крупными по сравнению с двойниками в других пертитах.

Таблица 2

Рентгенограмма кристаллического гадолинита хрусталеносных пегматитов и сравнение с кристаллическим гадолинитом из Сибири

Зеленый неизменный гадолинит *				Окисленный гадолинит **		Гадолинит из Сибири (Петрова, Сидоренко, Иванова, 1961)	
<i>I</i>	<i>d</i> : <i>n</i>	<i>I</i>	<i>d</i> : <i>n</i>	<i>I</i>	<i>d</i> : <i>n</i>	<i>I</i>	<i>d</i> : <i>n</i>
—	—	4,5	1,578	—	—	2	5,98
4,5	4,76	2	1,445	3	4,74	5	4,69
—	—	2	1,422	2	4,15	3	4,11
—	—	2	1,405	—	—	3	3,74
2	3,57	2	1,328	2	3,55	3	3,51
—	—	2	1,290	2	3,43	5	3,43
10	3,14	2	1,256	5	3,14	10	3,13
2	3,05	1,5	1,213	—	—	2	3,03
2,5	2,97	2	1,182	2	2,96	3	2,94
10	2,85	1,5	1,167	5	2,84	10	2,83
9	2,57	1,5	1,150	5	2,57	9	2,56
—	—	2,5	1,111	—	—	1	2,47
2,5	2,37	2	1,092	2	2,38	3	2,37
2,5	2,27	2	1,074	2	2,27	4	2,24
2,5	2,22	1,5	1,061	2	2,22	3	2,21
2	2,13	2	1,021	—	—	2	2,12
—	—	—	—	1	2,05	2	2,06
—	—	—	—	—	—	2	2,03
5,5	1,975	—	—	2	1,980	7	1,970
5,5	1,874	—	—	3	1,887	7	1,867
5,5	1,775	—	—	2	1,778	—	—
—	—	—	—	2	1,684	2	1,694
3,5	1,671	—	—	2	1,672	—	—***
3,5	1,640	—	—	1	1,640	—	—

\* Снято В. В. Александровым. Fe-излучение.

\*\* Снято Э. П. Размановой. Fe-излучение на УРСВО (трубка ВСВ-4), β-линии не вписаны.

\*\*\* Дальнейшие данные не приводятся из-за опечаток в оригинальной работе.

Для химического анализа не было возможности отобрать достаточное количество зеленого свежего гадолинита, поэтому необходимая навеска в 830 мг содержала окисленный материал буровато-красного цвета, но в ней не было примеси оранжевого аморфного. Химический анализ был выполнен М. Е. Казаковой. Удельный вес материала, пошедшего на анализ, оказался равным 3,5 (определен из микроанализа в лаборатории ИМГРЭ С. И. Лебедевой). Такой заниженный удельный вес явно свидетельствует о значительной измененности материала, возможно, о его гидратации и выносе части составляющих. Сравнение спектральных анализов (табл. 3) свежего и измененного материала также указывает на вынос Be и Y, в то время как количество Al, Ca и Si соответственно возрастает.

Таблица 3

Спектральный состав гадолинита

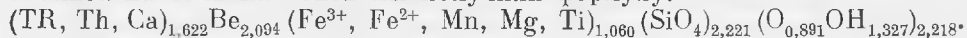
Неизмененного	Измененного	Сильно измененного (включение в берилле)	Неизмененного	Измененного	Сильно измененного (включение в берилле)
10* Be, Y			5*	Ca	
9	Si		4 Mg	Mn, Na, P	Si, Fe, Al
8	Al		3 Ca, Sr	Bi	Ca, Be
7 Si	Fe, Y, Mg	V	2 Mn, Al	Pb, V, Cu, Ag, Nb, La	P, Mg, Cu
6 Fe	Be		1 Ti	Sc, Ga, Sr, Zr	Bi, La

\* Числа перед элементами — интенсивности.

В табл. 4 приведены химический анализ окисленного гадолинита, условия пересчета его на формулу и ~~сравнение с окисленным гадолинитом.~~

При расчете на формулу мы придерживались следующих условий: исключили минусовую воду как адсорбированную и не входящую в формулу минерала; пересчитали анализ на 100%; учитывали реальный состав р. з. э. (см. табл. 5); рассчитывали анализ на семь катионов. Все расчеты приведены в табл. 4.

Нами был произведен пересчет химического анализа и другими способами, например с учетом 2% минусовой воды, на  $Si=2$  или на  $Be=2$ . Конечные формулы пересчета приведены ниже. При расчете полного анализа на семь катионов мы получили формулу:



Переводя избыток в другие соединения — продукты распада и окисления, вероятно находящиеся в аморфном состоянии, получаем:  $(TR$  и др.) $_{1,622} Be_2 (Fe$  и др.) $_1 (SiO_4)_2 (O_{0,891}, OH_{1,103})_2 \cdot Be(OH)_2 \cdot Fe_2O_3 \cdot H_2O$  и  $SiO_2$  — аморфная.

В книге Брёггера «Минералы пегматитов Южной Норвегии» (1922) стадии окисления кристаллического гадолинита описываются подробно (светло-зеленое вещество свежего гадолинита становится светло-коричневым, затем красно-коричневым). Изменение окраски связано с окислением железа; одновременно происходит впитывание воды. Побурение связано с явным увеличением объема. При этом утверждается (стр. 112), что светло-коричневое и красно-коричневое вещество обладает большой способностью противостоять метамиктизации. В литературе встречаются указания на образование по гадолиниту лимонита, тенгерита — редкого карбоната Y и Be (Hess, 1907), а также β-гидроокиси Be—βBe(OH)<sub>2</sub>

(Ehlmann а. о., 1964). Кроме того, М. А. Кудрина и В. С. Кудрин в 1961 г. исследовали вторичные продукты, развивающиеся по гадолиниту. Эти продукты представляли собой «аморфную массу кирпично-красного цвета, которая в виде тонких корочек покрывает зерна гадолинита» (стр. 125). Масса оказалась рентгеноаморфна, и после прокаливания по дебаграмме была обнаружена смесь двух минералов, один из которых имел структуру торинита, другой — бадделита.

Таблица 4

Химический состав окисленного гадолинита из хрусталеносных жил

Окислы	Полный химический анализ	Пересчет на 100% без 2% H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Молекулярное количество	Атомное количество катионов	На 7 катионов	W <sub>г</sub>
SiO <sub>2</sub>	24,70	25,26	42057	42057	1,9512	7,620
TiO <sub>2</sub>	0,14	0,14	1752	1752	0,0813	0,325
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,76	9,98	6250	12500	0,5799	1,740
FeO	3,72	3,80	5288	5288	0,2453	0,490
MnO	0,17	0,17	240	240	0,0111	0,022
MgO	0,10	0,10	248	248	0,0115	0,023
CaO	0,64	0,65	1159	1159	0,0537	0,107
ThO <sub>2</sub>	1,48	1,51	571	571	0,0265	0,106
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43,15	44,13		31130	1,4442	4,332
BeO	9,70	9,92	3964	3964	1,839	3,678
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,20	4,29	25235	25235	1,171	
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	2,00	—				
Сумма	99,76	99,95		150881		

Общий делитель: 0,21554



Е. И. Семенов (1963) сообщает (стр. 163), что в псевдоморфозах по гадолиниту иногда находится красное коллоидное вещество состава  $mBeO \cdot nFe_2O_3 \cdot pSiO_2 \cdot qH_2O$  (BeO 9,16; CaO 1,27; TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,03; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,98; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 35,06; Th O<sub>2</sub> 0,10; SiO<sub>2</sub> 20,04; H<sub>2</sub>O 12,35; п. п. п. 14,59%; анализ М. Е. Казаковой). Описываемый состав псевдоморфозы представляет собой, вероятно, крайнюю степень изменения минерала, по-видимому к тому же загрязненного какими-то примесями.

Э. Е. Вайнштейн, И. Т. Александра и Н. В. Туранская (1960) изучали образующиеся на кристаллах гадолинита желтовато-оранжевые корочки с точки зрения состава р. з. э. Они установили, что по сравнению с неизменным минералом эти корочки отличаются повышенным содержанием V и р. з. э. цериевой группы и пониженным содержанием р. з. э. иттриевой группы.

Размеры выделений гадолинита в наших образцах малы и не позволяют произвести детальный анализ продуктов изменения, однако сравнение нашего анализа с анализами других неизменных гадолинитов помогает сделать определенные выводы о ходе его разрушения.

Действительно, при рассмотрении формулы становится очевидным, что больше всего выщелочены Y и TR, затем Be, некоторое количество Fe и кремнекислоты. Изменение состава началось с окисления Fe, причем в нашем случае оно окислилось на три четверти, но не выносилось. Параллельно шел процесс выноса TR и Y, и минерал гидратировался. Вынесено более 6% TR и Y, и появилось столько же H<sub>2</sub>O. При этом часть (меньшая, 2%) воды — адсорбированная, свидетельствует о значительной степени разрушенности вещества.

~~Анализ окисленного гадолинита подтверждает сильную степень окисления Fe, но меньшую чем у нас, в то время как вынос В и TR еще не происходил.~~

Таблица 5

Состав р. з. э. в гадолините из хрусталеносных жил

Элемент	Среднее из двух определений из минерала ( $\Sigma TR = 47,87$ )	Из осадка TR, в процессе анализа	Перерасчет на Nd = 1	В минерале, хим. состав которого см. в табл. 4
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,65	1,2	0,05	0,52
CeO <sub>2</sub>	7,95	8,5	0,69	3,67
Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	2,10	2,8	0,18	1,21
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,45	11,9	1	5,13
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,00	9,5	0,87	4,10
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,40	9,7	0,73	4,18
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51,30	48,0	4,4	20,71
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,75	6,2	0,41	2,68
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,35	0,3	0,03	0,13
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,60	1	0,14	0,43
Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,1	0,01	0,04
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,35	0,6	0,11	0,26
Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		0,1		0,04
Сумма	100,0	99,9		43,10

В образце гадолинита, изучаемого нами, красного, но прозрачного, в лаборатории ИГЕМ (Г. М. Варшал) было определено содержание TR + Y и Th, оно оказалось равным 47,87%, а ThO<sub>2</sub> 1,08%. Здесь также уже наблюдается некоторый вынос TR и Y. Состав TR Г. М. Варшал определяла методом хроматографии непосредственно из навески минерала, а также из осадка TR, выделенного Казаковой в процессе химического анализа. В табл. 5 приведено сравнение составов двух этих анализов в расчете на  $\Sigma TR = 100$ . Сходимость результатов очевидна, наблюдается лишь небольшое перераспределение отдельных р. з. э. Из рассмотрения состава р. з. э. видно, что более половины их приходится на

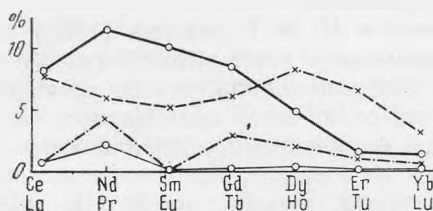


Рис. 3. Сравнение состава TR в гадолините из хрусталеносных пегматитов (сплошные линии) и кристаллическом гадолините (пунктирные линии) из Сибири (Петрова и др., 1961)

Y, а Nd, Sm, Gd в сумме слагают треть; содержание каждого из последних трех элементов примерно одинаково.

На рис. 3 сравниваются составы TR в гадолините из хрусталеносных пегматитов и кристаллическом гадолините из Сибири (Петрова и др., 1961), а на рис. 4 — с некоторым средним составом TR, определенным Э. Е. Вайнштейном, И. Т. Александровой и Н. В. Туранской (1960) для гадолинитов из гранитных пегматитов с редкоземельной и урановой минерализацией и широко развитыми в них процессами замещения. Относительное содержание Nd = 1.

В обоих случаях общего сходства состава нет, лишь содержание Ce примерно одинаковое. Наш гадолинит отличается повышенным содержанием Sm и Gd и, напротив, пониженным содержанием Dy и Er. Подобное отклонение, вероятно, указывает на специфические геохимические условия описываемой провинции. В 1960 г. Э. Е. Вайнштейн с соавторами писали (стр. 498): «Гадолиниты, подобно другим комплексным минералам, должны быть способны особенно чутко реагировать на изменения соотношения TR в окружающей среде... представляют в этом смысле исключительно большой интерес в качестве минералов индикаторов».

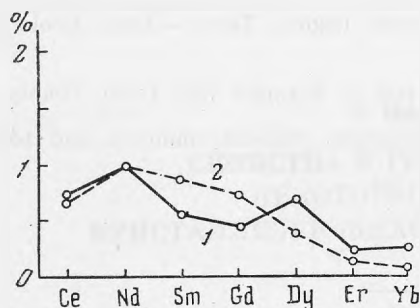


Рис. 4. Сравнение состава TR в гадолините из хрусталеносных пегматитов (1) со средним составом TR в гадолинитах гранитных пегматитов с редкоземельной и урановой минерализацией и широко развитыми в них процессами замещения (2). Относительное содержание  $Nd=1$  (по Вайнштейну и др., 1960)

На основании всего изложенного можно прийти к следующим выводам.

1. Отсутствие метамиктного распада в описываемом гадолините следует объяснять малым содержанием радиоактивных элементов. Количество  $ThO_2$ , достигающее 1,5%, по-видимому, недостаточно для этого.

2. Налицо процесс окисления минерала, идущий параллельно с гидратацией, а также вынос части элементов.

3. Несмотря на далеко зашедший процесс окисления, структура минерала оказалась весьма прочной и способной долго сохранять основной каркас, который дает на рентгенограмме четкую дифракционную картину.

4. Продукты изменения гадолинита в рассматриваемом случае носят аморфный характер, так как без прокаливания не дают линий на порошковой диаграмме.

5. Состав р. з. э., из которых более половины принадлежит Y, отличается оригинальностью и характеризуется повышенными количествами Sm и Gd при пониженном содержании Dy и Er, что, вероятно, следует связывать со специфическими геохимическими особенностями района.

~~6. Иной состав р. з. э. приводит не только к изменению постоянных решеток, но и к повышению симметрии.~~

7. В первую очередь выносились р. з. э., причем нехватка примерно 6% р. з. э. компенсируется 6%  $H_2O$ . Сравнение состава р. з. э. в 1 и 2-й колонках табл. 5, из которых первая содержит данные о значительно менее разрушенном минерале ( $\Sigma TR = 47,87$ ), а вторая — о более окисленном ( $\Sigma TR = 43,15$ ), не позволяет судить о скорости выноса того или иного р. з. э.

8. Гадолинит образовался в ту стадию развития пегматитового процесса, которая следует непосредственно за образованием графических зон и которую принято считать пегматоидной. Он выделился раньше берилла, так как встречается в виде включений в кристаллах последнего, и ассоциирует с микроклином и кварцем.

9. Окисление гадолинита могло происходить с равной степенью вероятности и в гидротермальную фазу, в стадию гипергенеза.



## ЛИТЕРАТУРА

- Байнштейн Э. Е., Александрова И. Т., Туранская Н. В. Состав редких земель в гадолинитах из месторождений различных генетических типов. — *Геохимия*, 1960, № 6.
- Кудрина М. А., Кудрин В. С. Гадолинит из щелочных пегматитов Сибири. — Сб. «Геология месторождений редких элементов». Госгеолтехиздат, вып. 9, 1961.
- Петрова Е. А., Сидоренко Г. А., Иванова Т. И. О кристаллическом гадолините. — Там же.
- Семенов Е. И. Минералогия редких земель. Изд-во АН СССР, 1963.
- Brogger W. C. Die Mineralien der südnorwegischen Granitpegmatitgänge. Kristiania, Kommiss. bei J. Dybwad. 1922. T. 1, Bd. 2.
- Ehlmann A. J., Walper J. L., Williams J. A new Baringer Hill-type rare-earth pegmatite from the Central Mineral Region, Texas. — *Econ. Geol.*, 1964, 59, N 7.
- Goldschmidt V. Winkeltabellen. 1897.
- Hess F. L. Minerals of the rare-earth metals at Baringer Hill, Liano County, Texas. — *U. S. Geol. Survey Bull.*, 1907, N 340.
- Parker R. L. Gadolinit aus den Schweizeralpen. *Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt.*, 1940, 20, H. 1.
- Strunz H. Mineralogische Tabellen, 1957, S. 271.
-