

А. П. ХОМЯКОВ

ПАРАКЕЛДЫШИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 23 VI 1977)

Термин «паракелдышит» введен для обозначения изученного ранее (¹⁻⁵) диортосиликата циркония и натрия состава $\text{Na}_2\text{ZrSi}_2\text{O}_7$ *. Минерал встречен нами в 1966 г. в Ловозерском и Хибинском массивах ** в тесных сростаниях с келдышитом. В аналогичных сростках с гидратированными силикатами циркония паракелдышит обнаружен позднее в нефелин-сиенитовых пегматитах Южной Норвегии (⁷).

В Ловозерском массиве паракелдышит макроскопически отмечен в фойяитах дифференцированного комплекса (гора Аллуайв) в интерстициях между кристаллами полевых шпатов, нефелина, содалита, эгирина. Акцессорные минералы этих пород включают эвдиалит, рамзаит, ломоносвит, лампрофиллит, пектолит, апатит, сфен, лопарит, ильменит. В Хибинском массиве он встречен в пегматоидных сростках хибинитов (гора Тахтарвумчорр) и ийолитов (ущелье Гакмана), обогащенных радиально-лучистым эгирином, местами натролитом и канкринитом. Указанные породы содержат овоиды диаметром до 1 см, сложенные эвдиалитом (внешняя зона), паракелдышитом, хибинским (⁹) (промежуточная зона) и цирконом (ядро). Второстепенные и акцессорные минералы пород включают щелочные амфиболы, энigmatит, рамзаит, лампрофиллит, ловчоррит, ильменит, флюорит, апатит, молибденит, пирротин.

В обоих массивах паракелдышит представлен неограниченными зернами до 1—5 мм и мелкозернистыми агрегатами. Отмечен он также в виде микровключений в хибинските. Минерал бесцветный, в тонких сколах водно-прозрачный, в более толстых — мутноватый. Блеск сильный стеклянный. Характерна совершенная спайность по нескольким плоскостям, образующим между собой углы 60 и 80°. Твердость 464—687 кг/мм² (~5 по шкале Мооса). Плотность 3,33. Оптически двуосный, отрицательный, $2V=83^\circ$, $n_p=1,670$, $n_m=1,697$, $n_e=1,718$. Для минерала чрезвычайно характерно наличие пересекающихся полисинтетических двойников (рис. 1). Наиболее развитые двойниковые прослойки параллельны (001). Полюс этой плоскости, имеющей важное диагностическое значение, обра-

* В более ранних публикациях обозначался как «новая кристаллическая фаза» (¹), «новая природная модификация $\text{Na}_2\text{ZrSi}_2\text{O}_7$ » (²), «минерал № 1» (³), «фаза II» (^{4, 5}). Официальное утверждение минерала (январь 1966 г.) неоднократно откладывалось из-за отсутствия надежных данных о составе и свойствах келдышита (⁶). В результате изучения музейных коллекций показано (⁴), что под названием «келдышит» первоначально был описан не самостоятельный гомогенный минерал, а сростки двух разных силикатов циркония — безводного $\text{Na}_2\text{ZrSi}_2\text{O}_7$ (паракелдышит) и гидратированного $\text{Na}_3\text{Zr}_2\text{Si}_4\text{O}_{13}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (обозначен в (^{4, 5}) как «фаза I»). В соответствии с предложением, одобренным Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества АН СССР и Международной минералогической ассоциацией, термин «келдышит» сохранен в минералогической номенклатуре для обозначения гидратированного цирконосиликата, преобладающего в оригинальных образцах келдышита В. И. Герасимовского. Из-за ограниченного объема данной статьи многие детали исследования паракелдышита, изложенные в предыдущих работах (¹⁻⁵), опущены.

** Согласно (⁸), первые указания на находки паракелдышита в Ловозерском массиве были сделаны в 1945—1947 гг. О. М. Глазовой, А. А. Сахаровым и Э. П. Сальдау.

зует с осями оптической индикатрисы углы $PN_p=7^\circ$, $PN_m=83^\circ$, $PN_s=89^\circ$. Минерал сравнительно малоустойчив, разлагается на холоду 5% HCl с выделением геля кремнекислоты.

По данным рентгенографического исследования (методы Лауэ, качания и КФОР), симметрия паракелдышита триклинная, пространственная группа P1. Параметры элементарной ячейки: $a_0=6,66$, $b_0=8,83$, $c_0=5,42$ Å, $\alpha=92^\circ 45'$, $\beta=94^\circ 15'$, $\gamma=72^\circ 20'$ или: $a_0=9,31$, $b_0=5,42$, $c_0=6,66$ Å, $\alpha=94^\circ 51'$, $\beta=115^\circ 20'$, $\gamma=89^\circ 35'$. Для занесения в справочники рекомендован второй аспект ячейки (рациональная установка кристалла), подчеркивающей структурное родство паракелдышита с другими природными и искусственными соединениями состава $A_2BSi_2O_7$ (⁴, ¹⁰). Обе ячейки имеют равный объем ($302,8 \text{ \AA}^3$) и связаны следующими векторными соотноше-

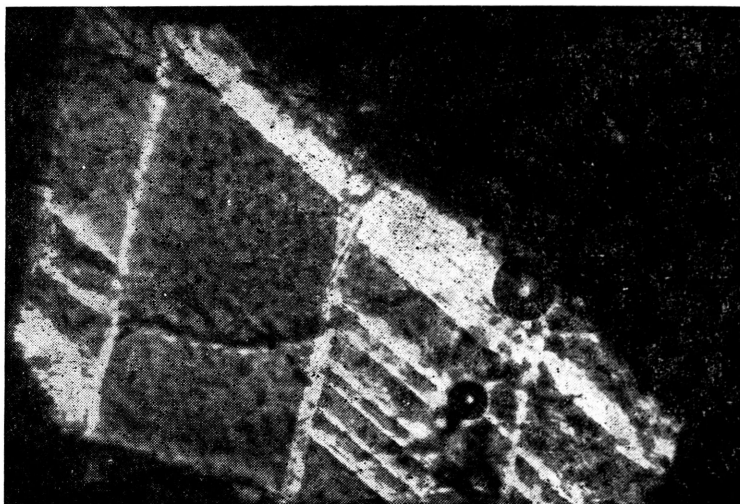


Рис. 1. Пересекающиеся полисинтетические двойники паракелдышита. Прозрачный шлиф, с анализатором, 300×

ниями: $\bar{a}_2=\bar{b}_1+\bar{c}_1$, $\bar{b}_2=\bar{c}_1$, $\bar{c}_2=\bar{a}_1$, и, наоборот: $\bar{a}_1=\bar{c}_2$, $\bar{b}_1=\bar{a}_2+\bar{c}_2$, $\bar{c}_1=\bar{b}_2$. Рентгенограмма порошка минерала индивидуальна (табл. 1).

Результаты химического анализа паракелдышита (Хибины, Тахтарвумчорр, аналитик М. Е. Казакова):

SiO ₂	ZrO ₂ *	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O+	H ₂ O-	Сумма
38,80	38,70	сл.	0,29	3,50	17,97	1,13	сл.	0,00	99,24%

Пересчитываются они при $Si+Zr=3$ ($Z=2$) на эмпирическую формулу $(Na_{1,81}K_{0,07}Ca_{0,19})_{2,07}Zr_{0,98}Si_{2,02}O_{7,13}$, близкую к идеализированной $Na_2ZrSi_2O_7$.

В соответствии с результатами структурной расфировки (²) и представлениями (¹¹) об анионообразовательной роли титана и циркония паракелдышит представляет собой цирконосиликат натрия с бесконечным анионным радикалом $Zr(Si_2O_7)^{2-\infty\infty}$. Основу строения минерала составляет каркас из Zr-октаэдров и диортогрупп Si₂O₇, в котором все «немостиговые» атомы кислорода диортогрупп одновременно являются вершинами Zr-октаэдров. Щелочные катионы приурочены к крупным полостям и каналам, пронизывающим Si, Zr-каркас.

Согласно (⁸) и наблюдениям Р. П. Тихоненковой, паракелдышит — широко распространенный акцессорный минерал различных типов пород Ловозерского и Хибинского массивов. Природные соотношения и экспериментальные данные (¹²⁻¹⁵) позволяют рассматривать его как первичный

* В том числе 0,60% HfO₂.

Расчет рентгенограммы порошка паракелдышита (Хибины, Тахтарвумчорр)

<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>
8	8,33	100	28	2,645	$\bar{3}11$	7	1,717	302
11	5,99	001	2	2,591	$\bar{1}20$	12	1,704	$\bar{1}31$
5	4,65	—	2	2,541	02 $\bar{1}$	4	1,678	422
16	4,59	110	9	2,499	$\bar{3}10$	9	1,668	02 $\bar{3}$
5	4,48	$\bar{1}10$	11	2,444	$\bar{3}10$	5	1,633	132
9	4,38	20 $\bar{1}$	12	2,268	$\bar{2}21$	12	1,606	510; 23 $\bar{2}$
50	4,22	11 $\bar{1}$	18	2,197	30 $\bar{1}$	10	1,583	510
100	4,17	200	7	2,172	12 $\bar{2}$	5	1,560	331
13	4,12	101	5	2,111	22 $\bar{2}$	5	1,544	331
70	3,96	11 $\bar{1}$	14	2,085	400	7	1,528	41 $\bar{4}$; 602; $\bar{3}30$
13	3,46	21 $\bar{1}$	4	2,036	2 $\bar{2}1$	3	1,520	522
2	3,30	10 $\bar{2}$	7	2,013	311	4	1,510	423; 521
4	3,20	—	19	1,982	222	3	1,499	—
6	3,17	111	9	1,965	410	3	1,491	—
5	3,13	20 $\bar{2}$	4	1,942	32 $\bar{2}$	3	1,476	—
9	3,05	30 $\bar{1}$	11	1,926	013	5	1,446	—
4	2,98	002	7	1,887	403	5	1,438	—
45	2,91	11 $\bar{2}$; 201	3	1,782	103	3	1,424	—
13	2,784	212; 300	4	1,767	031	4	1,413	—
25	2,718	11 $\bar{2}$	7	1,756	401	3	1,388	—
35	2,704	020; 302	8	1,746	321	1	1,352	—
36	2,671	31 $\bar{1}$	6	1,730	51 $\bar{2}$	6	1,337	—

Примечание. Условия съемки: дифрактометр УРС-50 ИМ, Fe-излучение, Mn-фильтр, стандарт NaCl, $V=0,5$ град/мин. Проиндифицировано при помощи ЭВМ ЕС-1020, в рациональной установке кристалла, на основе прецизионных данных о параметрах в. я. норвежского паракелдышита $a_0=9,180$, $b_0=5,419$, $c_0=6,607$ Å, $\alpha=94^\circ 22'$, $\beta=114^\circ 33'$, $\gamma=89^\circ 30'$ (7).

позднемагматический минерал апгаитовых нефелиновых сиенитов и их дериватов. В эпитермальных и гипергенных условиях паракелдышит неустойчив и переходит сначала в келдышит, а затем в минерал с примерной формулой $\text{NaZrSi}_2\text{O}_6(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$, описанный ранее (4, 5) как «фаза IV».

Автор благодарит доктора Г. Рада — сотрудника Геологического института Университета Осло за присылку образцов минералов для сравнительного исследования и возможность ознакомиться с рукописью работы (7) до ее опубликования.

Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
16 VI 1977

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. П. Хомяков, М. Е. Казакова, А. А. Воронков, ДАН, т. 189, № 1, 166 (1969).
² А. А. Воронков, Н. Г. Шумяцкая, Ю. А. Пятенко, ЖСХ, т. 11, № 5, 932 (1970).
³ А. П. Хомяков, А. А. Воронков, Тр. Мин. музея им. А. Е. Ферсмана АН СССР, в. 22, 215 (1973). ⁴ А. П. Хомяков и др., Там же, в. 24, 120 (1975). ⁵ А. П. Хомяков, Там же, в. 25, 90 (1976). ⁶ В. И. Герасимовский, ДАН, т. 142, № 4, 916 (1962). ⁷ G. Raade, M. H. Mladek, Canad. Mineral., v. 15, Part 1, 102 (1977). ⁸ И. В. Буссен, Е. А. Гойко, Ю. П. Меньшиков, В кн.: Материалы по минералогии Кольского полуострова, в. 9, Л., «Наука», 1972, стр. 59. ⁹ А. П. Хомяков и др., Зап. Всесоюз. Минералогич. об-ва, т. 103, в. 1, 110 (1974). ¹⁰ А. А. Воронков и др., Кристаллография, т. 18, в. 1, 112 (1973). ¹¹ Н. В. Белов, Минералогич. сб. Львовск. геол. об-ва, № 17, 3 (1963). ¹² Ю. М. Полежаев, В. Г. Чухланцев, Л. Я. Пивник, Изв. высш. учебн. завед., Хим. и хим. технол., т. 9, № 2, 167 (1966). ¹³ В. Г. Чухланцев, Ю. М. Полежаев, К. В. Алямовская, Изв. АН СССР, сер. Неорг. матер., т. 4, № 5, 745 (1964). ¹⁴ Ch. M. Michel Lévy, Bull. Soc. fr. Mineral. Cristallogr., v. 84, № 3, 265 (1961). ¹⁵ G. Daussy et al., ibid., v. 97, № 6, 433 (1974).