

М. Д. ДОРФМАН, Е. Н. БЕЛОВА, Н. Н. НЕРОНОВА

ДЕЛЬХАЙЕЛИТ ИЗ ХИБИН

Впервые минерал обнаружен в 1952 г. в Хибинах в пегматитовом теле штольни «Материальная» горы Юкспор и описан под названием «Минерал № 3» (Дорфман, 1958). Позднее он был найден нами в пегматитах ризкорритовой полосы в одной из скважин на горе Расвумчорр, близ ущелья «Дразнящее эхо», а также М. Н. Соколовой в карьере Расвумчоррского анатитового месторождения. Наиболее крупные обособления установлены в юкспорском шпироподобном пегматите среди крупнозернистых уртитов, где отдельные индивиды минерала неправильных очертаний или несколько уплощенные в направлении спайности по (010) достигают 12 см в поперечнике. О первичном характере выделений минерала свидетельствуют взаимоотношения его с окружающими минералами. Он ксеноморфен по отношению к нефелину, сфену, ломоносовиту, микроклину, эгириин-авгиту, но сечется и цементируется адуляром. Секущими по отношению к минералу являются и тонкие прожилки зеленого эгирина и пектолита. Те же соотношения наблюдаются и в пегматитах Расвумчорра, но в них отсутствует адуляр. В юкспорских образцах и образцах из скважины горы Расвумчорр внешне однородный минерал при детальном рассмотрении содержит тончайшие волокна пектолита, приуроченные к весьма совершенной спайности минерала, и мелкие пластинки стильпноелана (?). В минерале из небольших пегматитовых жиллок с ломоносовитом и щербаковитом Расвумчоррского карьера такого рода выделений пектолита не наблюдается или их очень мало.

В марте 1959 г. появилось описание нового минерала — дельхайелита, встреченного в кальсилитсодержащих мелилит-нефелиновых лавах Конго (Sahama, Nytönen, 1959) и сходного с найденным нами по параметрам элементарной ячейки, показателям преломления, удельному весу и направлению спайности. Различаются минералы лишь по результатам химического анализа. Так как «минерал № 3» и дельхайелит идентичны, мы принимаем для «минерала № 3» уже опубликованное название.

Дельхайелит из Хибинского массива имеет серый, или, в случае загрязнения эгирином, зеленовато-серый цвет. Минерал шлюпоподобный, спайность в трех направлениях под углом 90° весьма совершенная по (010), несовершенная по (100) и (001). На плоскостях спайности (010) блеск перламутровый. Минерал хрупкий, твердость около 4. В пламени спиртовки легко сплавляется даже в толстых кусочках. В ультрафиолетовых лучах имеет оранжевую окраску. После нагревания способность к люминесценции утрачивается. При температуре $800-850^\circ$ сплавляется и становится нежно-розовым. В тонких пластинках под бинокулярной лупой и в шлифах видны участки или полосы, обогащенные черными точечными включениями, заполненными газом. Размер отдельных пузырьков

Таблица 1

Химический анализ дельхайелита

Компоненты	Дельхайелит из Хибин			Атомное количество	Кислородное число	Дельхайелит из Конго
	Юкспор	Расеумчорр				
	анализ 1	из зерна	из карьера			
		связины				
анализ 2	анализ 3					
SiO ₂	46,36	46,53	46,34	7755	15 510	52,60
TiO ₂	0,07	0,07	Следы	9	18	0,09
P ₂ O ₅	Нет	Нет	0,005			—
TR ₂ O ₃	0,11	0,13	Не опр.	8	12	—
Al ₂ O ₃	6,48	6,43	6,59	1261	1891	9,22
Fe ₂ O ₃	0,67	0,73	0,54	91	136	2,72
MnO	0,08	0,12	0,10	17	17	0,07
BeO	0,17	0,02	Не опр.	8	8	—
CaO	14,55	14,39	14,52	2570	2570	7,99
CrO	0,12	0,17	Не опр.	17	17	—
MgO	0,14	0,15	0,17	37	37	1,03
Na ₂ O	6,88	6,42	6,52	2071	1036	3,20
K ₂ O	17,94	17,92	18,37	3805	1902	9,27
				17 648		
F	2,81	2,91	2,8	1532	766	0,33
Cl	3,47	3,35	3,42	943	472	3,91
S	0,06	0,27 (SO ₃)	Не опр.	85		1,31(SO ₃)
H ₂ O ⁺	1,23	1,26	1,49	1400	700	5,93
H ₂ O ⁻	1,06	0,95	0,42			3,35
Сумма	102,20	101,82	101,28		25 092	101,02
—O=F ₂	1,18	1,22	1,17			{ 1,01
—O=Cl ₂	0,78	0,78	0,77			
—O=S	0,03					
	100,21	99,82	99,34			100,01
Уд. вес	2,578	2,571				2,60
Аналитики	Л. Д. Никитина		Г. М. Варшав			

ков достигает тысячных долей миллиметра. При истирании минерал выделяет резкий неприятный запах. Сингония его ромбическая. Показатели преломления: $N_g = 1,533$; $N_m = 1,531$; $N_p = 1,529$. Угол оптических осей близок к 90° . Удельный вес 2,571—2,578.

Данные химического анализа приводятся в табл. 1. Химические анализы 1 и 2 отвечают дельхайелиту, содержащему некоторое количество пектолита. Анализ 3 характеризует дельхайелит, лишенный пектолита¹. Результаты трех анализов сходны. Это свидетельствует о небольшой загрязненности минерала пектолитом в первых двух образцах.

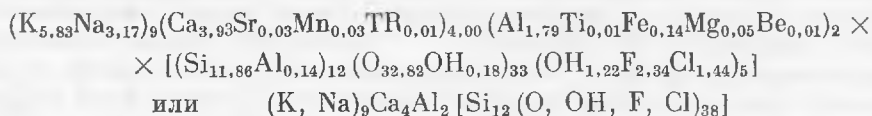
На химический анализ отбиралась проба из фракции менее 0,25 мм, но даже самый тщательный контроль оказался недостаточным, чтобы

¹ Анализ любезно предоставлен М. Н. Соколовой.

удалить весь пектолит. Результаты расчета химического анализа (табл. 1, анализ 2) приводятся ниже:

Si : (Al, Fe, Mg, Ti, Be) : (Ca, Sr, Mn, TR) : (K, Na) : O = 7755 : 1406 : 2612 : 5876 : 25092 = 5,93 : 1,7 : 2 : 4,5 : 19,2 или 12 : 2 : 4 : 9 : 38

Формула минерала следующая:



Спектральным анализом установлены следующие примеси: Sr — средние линии, Cu — очень слабые линии, Li — следы, P, Ga — ничтожные линии.

Предварительные опыты по выщелачиванию дистиллированной водой элементов, входящих в состав хибинского дельхайелита, с последующим определением в сухом остатке водной вытяжки Na, K и Cl дали следующие результаты: $Na_2O = 0,2\%$; $K_2O = 0,47\%$; $Cl = 1,10\%$. Повторное определение в водной вытяжке щелочей методом пламенной фотометрии дало сходные результаты: $Na_2O = 0,2\%$; $K_2O = 0,42\%$; $Cl = 1,01\%$.

Удивительное постоянство состава минерала из различных участков Хибинского массива и постоянное присутствие в дельхайелите более или менее равномерно распределенных волоконцев пектолита в направлении спайности позволяет предположить, что дельхайелит в начальной стадии был однородным и химический состав его соответствовал составу проанализированных образцов. Об этом, в частности, свидетельствует анализ образца из Расвумчоррского карьера (см. табл. 1, анализ 3), видимо, еще не подвергнувшегося разрушению. С понижением температуры и, следовательно, с изменением физико-химических условий, минерал оказался неустойчивым, что привело к распаду твердого раствора и выделению в дельхайелите некоторого количества пектолита.

Различие в химическом составе хибинского дельхайелита и дельхайелита из Конго может быть объяснено тем, что в распоряжении Сахама и Хютонена было исключительно мало материала, который к тому же был загрязнен кальсилитом. Дельхайелит для анализа был выделен после растворения кальсилита уксусной кислотой, что, по признанию Сахама и Хютонена, не дает уверенности в правильности полученных результатов, а, следовательно, и выведенной формулы $(Na, K)_4Ca_5Al_6Si_{32} \times [O_{80} \cdot 18H_2O \cdot 3(Na_2K_2)(Cl_2F_2SO_4)]$. Различие между нашими анализами и анализами Сахама и Хютонена объясняется тем, что сам дельхайелит частично растворяется в уксусной кислоте, при этом в раствор перешли Ca, K и Na^1 . При такой обработке материала Al и Si, очевидно, выпали в осадок и «загрязнили» минерал, что, по-видимому, и привело к неточности результатов анализа. Это предположение подтверждается избытком Si и Al в дельхайелите из Конго, по сравнению с нашим минералом, в то время как отношение одноименных окислов (CaO, K_2O , Na_2O) в сопоставляемых минералах остается постоянным (примерно равным двум).

Несомненный интерес представляет нефтяной состав газовой составляющей хибинского дельхайелита, определенный М. М. Элинсон в лаборатории МГРИ. В вакуумной мельнице при измельчении без подогрева

¹ Для проверки дельхайелит из Хибин также подвергся действию уксусной кислоты, при этом была установлена его растворимость.

Таблица 2

Порошкограмма дельхайелита и пектолита
Условия съемки: Cu = излучение; 2R = 65,8; d = 0,50 мм

Дельхайелит				Пектолит (Хибины)		Дельхайелит				Пектолит (Хибины)	
Хибины		Конго				Хибины		Конго			
I	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I	d
—	—	35	12,301	—	—	2	1,570	—	—	6	1,591
—	—	—	—	2	7,68	1	1,552	—	—	7	1,552
—	—	—	—	2	6,92	6	1,532	7	1,5471	4	1,532
—	—	25	6,1584	—	—	3	1,508	—	—	—	—
—	—	1	4,3506	2	5,43	—	—	—	—	6	1,477
—	—	—	—	6	3,85	4	1,451	—	—	—	—
8	3,474	10	3,4820	—	—	—	—	—	—	2	1,428
5	3,281	3	3,4074	—	—	3	1,418	—	—	—	—
5	3,148	3	3,2616	7	3,28	5	1,372	—	—	2	1,381
10	3,077	100	3,0779	9	3,08	—	—	—	—	2	1,366
4	2,971	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1,347
9	2,904	5	2,9606	10	2,89	—	—	—	—	5	1,347
3	2,847	—	—	—	—	2	1,313	—	—	5	1,300
6	2,778	5	2,7876	6	2,72	2	1,298	—	—	—	—
3	2,691	—	—	—	—	2	1,282	—	—	5	1,288
3	2,562	—	—	6	2,58	—	—	—	—	1	1,257
7	2,477	—	—	5	2,42	5	1,240	—	—	5	1,233
1	2,327	—	—	7	2,31	1	1,206	—	—	2	1,202
1	2,276	—	—	7	2,28	1	1,184	—	—	5	1,176
1	2,181	—	—	7	2,15	3	1,156	—	—	6	1,16
2	2,138	—	—	—	—	2	1,137	—	—	4	1,139
2	2,062	—	—	2	2,07	—	—	—	—	2	1,128
2	2,017	—	—	5	1,989	3	1,119	—	—	—	—
1	1,974	—	—	2	1,933	2	1,100	—	—	6	1,096
7	1,928	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1,085
7	1,864	—	—	5	1,869	2	1,078	—	—	5	1,075
2	1,832	—	—	5	1,816	3ш.	1,059	—	—	2	1,057
7	1,769	5	1,7597	7	1,77	2	1,035	—	—	2	1,037
3	1,738	3	1,7424	—	—	3ш.	1,008	—	—	2	0,997
2	1,713	—	—	9	1,705	3р	0,969	—	—	—	—
1	1,695	—	—	7	1,698	1	0,949	—	—	—	—
4	1,644	—	—	6	1,647	2	0,919	—	—	—	—
2	1,605	—	—	—	—	2	0,906	—	—	—	—
						2	0,859	—	—	—	—

Примечание. Интенсивность линий порошкограммы дельхайелита из Конго оценена по стобалльной шкале.

из 34 г минерала выделился 31 см³ газа. Состав его: кислотные газы — 4,3%, углеводородные газы (метан и более тяжелые углеводороды) — 1,3%, азот — 94,4%.

Подготовленный для термического и рентгеновского исследования минерал, судя по шлифам, содержит не более 10—15% пектолита. На кривой нагревания не обнаруживается никаких эффектов, в частности, характерной для пектолита остановки при 747°, что говорило бы о

значительном содержании его в дельхайелите. Однако порошковая диаграмма минерала обнаруживает много линий, сходных с линиями пектолита (табл. 2).

Близость порошковой диаграммы дельхайелита и пектолита, по всей вероятности, обусловлена некоторым подобием структуры этих минералов. При сравнении этой порошковой диаграммы с порошковой диаграммой дельхайелита из Конго оказалось, что все линии на порошковой диаграмме нашего минерала соответствуют линиям порошковой диаграммы минерала из Конго. В последнем количество линий ограничено. В хибинском же значительно больше (53) и многие из них достаточно интенсивны¹. Параметры элементарной ячейки были получены на камере РКОП по рентгенограммам качания. Для исследования было взято мономинеральное зерно, ограниченное спайностью (100), (010) и (001). Ось b была выбрана перпендикулярно спайности (010).

Параметры элементарной ячейки $a = 6,75 \text{ \AA}$; $b = 25 \text{ \AA}$; $c = 7,1 \text{ \AA}$ (по Е. Н. Беловой); $a = 6,69 \text{ \AA}$; $b = 24,6 \text{ \AA}$; $c = 7,1 \text{ \AA}$ (по Н. Н. Пероновой); $a = 6,53 \text{ \AA}$; $b = 24,65 \text{ \AA}$; $c = 7,04 \text{ \AA}$ (по Сахаме и Хютонену). Величина $z = 1$. По погасаниям $k + l = 2n + 1$ для $0kl$, $k = 2n + 1$ для $0k0$, $l = 2n + 1$ для $00l$ определены в качестве возможных пространственных групп $D_{2d}^{13} = Pn\bar{m}m$ или C_{2v}^7 в одной из двух установок $Pnm2_1$ или $Pn2_1m$.

Для возможной пространственной группы дельхайелита Сахама и Хютонен неудачно приводят символы $P\bar{m}m$ и $Pm\bar{2}_1$, тогда как приведенные ими погасания $k + l = 2n + 1$ для $0kl$, $k = 2n + 1$ для $0k0$ и $l = 2n + 1$ для $00l$ обуславливают положение плоскости n обязательно на первом месте в символе пространственной группы. Отсутствие пьезоэффекта и статистическое распределение интенсивностей для рефлексов типа $0kl$, $h0l$ и $h1l$, близкое к теоретическому распределению для centrosymmetricного случая, позволяют предположить centrosymmetricность структуры дельхайелита. В отличие от дельхайелита из Конго, на рентгенограммах вращения хибинского минерала не было обнаружено слабых слоевых линий, присутствие которых дало основание Сахаме и Хютонену предположить удвоение объема ячейки за счет удвоения оси $a = 6,53$.

В заключение выражаем благодарность Н. В. Белову и И. Д. Борнеман-Старынкевич за просмотр статьи и ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

- Дорфман М. Д. Новые данные по минералогии Юкспора в Хибинских тундрах. В сб.: «Вопросы геологии и минералогии Кольского полуострова», вып. 1. Изд-во АН СССР, 1958.
 Sahama T. G., Huttonen K. Delhayelite, a new silicate from Belgian Congo. — Miner. Magaz., v. 32, № 244, 1959.

¹ По условиям съемки на дебаеграмме не получены линии для малых углов, что позволило бы провести более полное сравнение.