

УДК 549.621.43+549.1:548.5(470.21)

МИНЕРАЛОГИЯ

М. Д. ДОРФМАН, С. В. ИКОРСКИЙ, В. С. ЛЕБЕДЕВ, В. В. МАЛОВ

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ВКЛЮЧЕНИЙ ЭГИРИНА В НЕФЕЛИНЕ ХИБИНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА

(Представлено академиком Н. В. Беловым 6 III 1972)

Одной из специфических особенностей Хибинского массива является широкое развитие в нефелине включений эгирина. В кристаллах нефелина иголки эгирина, как правило, распределены более или менее равномерно. Постоянное присутствие эгирина в породообразующем нефелине говорит о том, что его образование является результатом какого-то процесса, по-видимому общего для всех интрузивных комплексов массива. Однако специального изучения природы этих образований в нефелине Хибин не производилось. Обычно при минералогических описаниях исследователи ограничивались замечаниями о морфологии и характере размещения включений и лишь иногда высказывали предположения об их происхождении, например за счет совместной кристаллизации с нефелином ⁽¹⁾ или распада твердого раствора ⁽²⁾. В 1964 г. в Хибинах одним из авто-

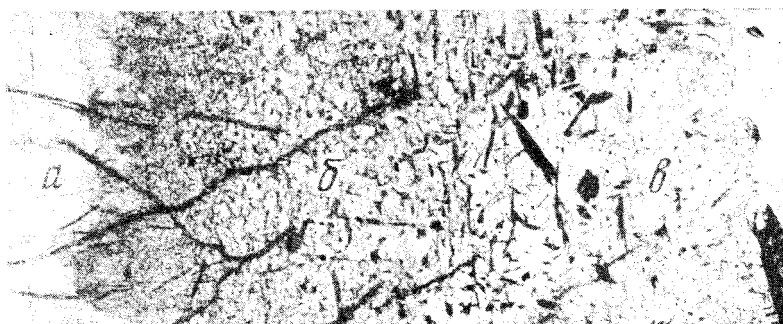


Рис. 1. Срез краевой части кристалла нефелина через зоны *a* — *v*. Пегматит 7. Толстый шлиф, без анал. 7,5 ×

ров обнаружены кристаллы нефелина с необычным зональным распределением включений эгирина ⁽³⁾, исследования которых позволили сделать определенные выводы о генезисе эгирина.

Изученные кристаллы встречаются в пегматитах 3 и 4, залегающих в лавочорритах и фойяитах на западных склонах горы Партомчорр. Подобные образования обнаружены также Л. В. Козыревой в некоторых пегматитах крупнозернистых хибинитах в северо-западной части массива. Минеральный состав пегматитов близок к составу вмещающих их нефелиновых сиенитов. Нефелин сосредоточен главным образом со стороны лежащего бока жил, где образует короткопризматические кристаллы размером до 7–10 см. На сколах и срезах кристаллов видно, что их центральные части сложены однородным бесцветным, прозрачным нефелином, а наружные непрозрачны и имеют характерную для нефелина массива зеленовато-серую окраску. Граница между ними расплывчатая

и часто с извилистыми очертаниями. Иногда от периферических частей кристаллов в прозрачные центральные участки проникают узкие «язычки» зеленовато-серого нефелина. Окраска непрозрачных частей кристаллов неодинакова: рядом с прозрачными участками она зеленовато-серая, а у краев кристаллов часто становится более светлой. В общем случае по окраске от центра к периферии кристаллов можно выделить три зоны: бесцветно-прозрачную (см. рис. 1, *а*), зеленовато-серую (*б*) и светло-серую (*в*).

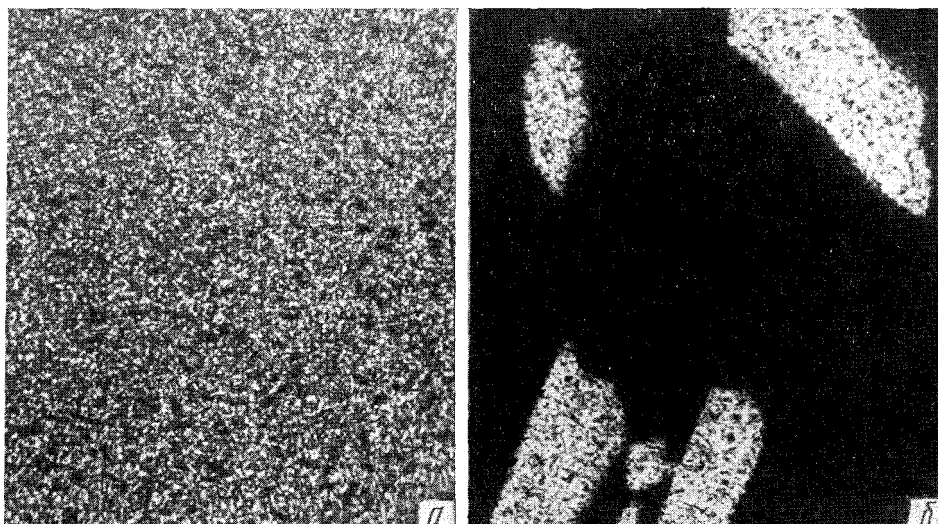


Рис. 2. Распределение железа (светлое) в зонах *а* и *б* кристалла нефелина из пегматита 7. $\text{FeK}_{\alpha 1}$ — излучение. $V_{\text{ускор}} = 20$ кв. Полированный толстый шлиф. Площадка примерно 200×200 м

Под микроскопом видно, что цвет нефелина в зонах *б* и *в* обусловлен включениями эгирина и полевого шпата. Включения эгирина имеют облик призматических и игольчатых кристалликов, удлинения которых ориентированы по спайности (1010) и реже (0001). Их размеры колеблются от нескольких микрон до 1—2 мм. Величина и количество включений эгирина находятся в прямой зависимости от места их нахождения в кристаллах нефелина. Так, для зон *б* характерна наиболее высокая плотность включений, но размеры их не превышают сотых долей миллиметра, при этом включения с наименьшими размерами сосредоточены вблизи границы зоны *а*. По мере удаления от этой границы величина кристалликов эгирина растет и в зоне *в* достигает длины 1—2 мм (см. рис. 1). Одновременно с этим в зоне *в* резко уменьшается общее количество включений по сравнению с зоной *б*.

Зональное распределение включений эгирина в нефелине дает реальную возможность решить вопрос о их генезисе. С этой целью в ряде кристаллов отдельно для зон *а* и *б* были изучены химические составы, спектры э.п.р. и оптического поглощения, состав и характер распределения элементов, а также и.к. спектры зеркального отражения. Для определения химического состава кристаллы раскалывались примерно по границам зон на несколько частей, которые затем измельчались до фракции 1—3 мм. Из этого материала для каждого кристалла выделялось по две навески. Химические анализы производились двумя методами: 1) определением состава нефелина путем растворения его в слабой HCl на холоду с отделением нерастворимого остатка — включений эгирина и полевого шпата; 2) определением валового состава нефелина вместе с включениями путем сплавления пробы с содой. Таким образом были изучены химические со-

ставы четырех кристаллов. Наиболее полные данные получены для кристаллов №№ 4 и 14 (табл. 1). Для определения позиции железа в структуре нефелина М. И. Самойловичем на радиоспектрометре РЭ-13-01 были сняты спектры э.п.р. и на спектрофотометрах СФ-8 и СФ-4 — спектры оптического поглощения. Состав и распределение элементов изучались при помощи электронного микронзонда MS-46. И.-к. спектры, характеризующие состояние структуры минерала, снимались в поляризованном свете на спектрофотометре DS-301.

Таблица 1

Химический состав кристаллов нефелина № 4 — из пегматита 3
и № 14 — из пегматита 7 (вес. %)

	Кристалл № 4			Кристалл № 14		
	I	II	III	I	II	III
SiO ₂	44,96	43,06	44,11	44,95	43,25	44,14
Al ₂ O ₃	31,87	32,58	31,43	30,90	32,56	30,48
Fe ₂ O ₃	0,67	0,32	0,72	1,49	0,16	1,95
FeO	0,15		0,10	0,33		0,05
CaO	0,11	0,10	0,34	0,15	0,22	0,36
Na ₂ O	16,64	16,37	15,82	16,80	16,68	15,46
K ₂ O	5,24	6,38	6,71	5,25	6,16	5,98
H ₂ O ⁻	0,30	0,12	0,12	0,37	1,00	0,30
H ₂ O ⁺		0,86	0,86			0,90
Сумма	99,94	99,97	100,21	100,24	100,03	99,59
Н.о.	0,51	7,92			0,27	10,00

Примечание. I, II — определение состава нефелина путем растворения его в слабой HCl за вычетом н.о. (I — зона а, II — зона б), III — определение валового состава кристаллов нефелина путем сплавления с содой, зона б. Определение FeO в I и воды в I и II производилось из отдельных навесок без отделения включений. Аналитик Е. А. Кульчицкая.

Рассмотрение результатов химических анализов показывает, что всем изученным кристаллам присущи одни и те же закономерности: 1) валовый состав зон б (нефелин + включения) по содержанию главных компонентов и железа практически полностью отвечает составу прозрачного нефелина в зонах а; 2) в составе нефелина зон б по сравнению с зоной а возрастает содержание Al₂O₃ и K₂O, уменьшается SiO₂ и резко падает содержание железа. Из этого следует, что образование включений эгирина не сопровождается изменением валового химического состава кристаллов, а приводит лишь к определенным изменениям в составе нефелина, в частности к потере железа. Этот вывод подтверждается изучением состава нефелина при помощи микронзонда в зонах а и б соответственно (вес %; съемка при ускоряющем напряжении 20 кв; кристалл из пегматита 7): Si 20,1 и 20,8; Al 16,8 и 19,1; Fe 1,3 и 0,1; Na 11,6 и 15,3; K 3,5 и 5,1. Характер распределения наиболее важного в данном случае элемента — железа отчетливо виден на рис. 2: в зоне а оно равномерно распределено в нефелине, в зоне б концентрируется во включениях эгирина. Предварительные результаты расшифровки спектров э.п.р. и оптического поглощения показывают, что в нефелине железо является структурной примесью, изоморфно замещающая алюминий.

Установленные особенности химического состава и распределения элементов в нефелине свидетельствуют о том, что образование включений эгирина как самостоятельной кристаллической фазы происходило за счет вещества нефелина в результате структурных превращений в краевых частях кристаллов. Об изменениях в структуре нефелина свидетельствуют и.-к. спектры, снятые от определенно ориентированного монокристалла

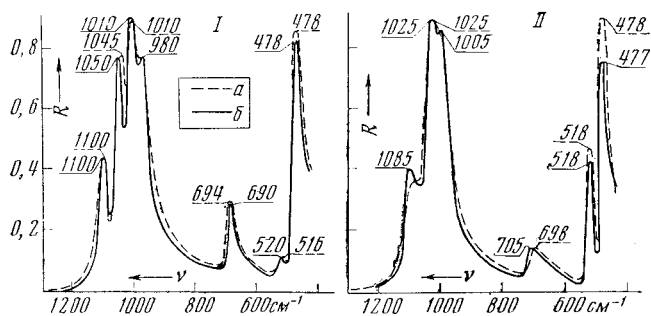


Рис. 3. И.-к. спектры зеркального отражения от монокристалла нефелина в зонах а и б. Пегматит 3, I — плоскость поляризации $E \parallel$ оси с кристалла; II — $E \perp c$

1) при плоскости поляризации $E \parallel$ оси с минимум 1030 см^{-1} вдвое глубже, чем в спектре зоны а; 2) при $E \perp c$ проявляются четкие минимумы между пиками 1085 и 1025 ; 1025 и 1005 см^{-1} . Эти различия, а также изменение интенсивностей деформационных колебаний ($\sim 500 \text{ см}^{-1}$) указывают на то, что при выделении эгирина снимались напряжения, вызывающие искажения тетраэдров SiO_4 в структуре прозрачного нефелина.

По своему механизму процесс структурных превращений в нефелине, по-видимому, аналогичен распаду твердого раствора, и, следовательно, включения эгирина можно отнести к экссолуционному типу ⁽³⁾. Таким образом, прозрачные участки кристаллов нефелина сохраняют исходный состав и структуру минерала, отвечающего условиям его первичной кристаллизации. Их наличие свидетельствует о том, что процесс структурных превращений в краевых частях кристаллов не вызван общим снижением температуры. Нарушение первичного равновесия в структуре нефелина и выделение эгирина происходили, вероятно, вследствие метаморфизующего воздействия на кристаллы нефелина постмагматических растворов, содержащих калий, о чем свидетельствуют изменения в химическом составе нефелина и парагенетическая связь включений эгирина с включениями калиевого полевого шпата. По мере развития этого процесса ранее выделившиеся включения эгирина подверглись собирательной перекристаллизации и, укрупняясь, постепенно перемещались за пределы кристаллов нефелина. По своей направленности этот процесс можно рассматривать как самоочистку кристаллов нефелина от примеси.

Исследованные включения эгирина по форме, размерам, ориентировке и парагенезису с другими включениями аналогичны включениям эгирина, беспорядочно рассеянным в порообразующем нефелине Хибинского массива ⁽³⁾. Эта аналогия и особенности химического состава хибинского нефелина ^(2, 5, 6) дают основание полагать, что процесс образования включений эгирина за счет упорядочивания структуры нефелина широко проявился в породах Хибинского массива на стадии их постмагматического изменения. Видимо, для решения петрологических вопросов включения эгирина в нефелине нужно рассматривать не как постороннюю механическую примесь, а как возможную часть первичного состава нефелина.

Поступило
22 II 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Галахов, Рисчерты Хибинского щелочного массива, Изд. АН СССР, 1959. ² М. Д. Дорфман, Минералогия пегматитов и зон выветривания в ийолитуритах горы Юкспор Хибинского массива, Изд. АН СССР, 1962. ³ С. В. Икорский, Органическое вещество в минералах изверженных горных пород, «Наука», 1967. ⁴ Ф. Г. Смит, Геологическая термометрия по включениям в минералах, ИЛ, 1956. ⁵ А. В. Галахов, Сborn. Матер. по минералогии Кольского полуострова, в. 3, Апатиты, 1962. ⁶ О. Б. Дудкин, Л. В. Козырева, Н. Г. Померанцева, Минералогия апатитовых месторождений Хибинских тундр, «Наука», 1964.