

Б. Е. БОРУЦКИЙ

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР РАСПАДА В ЩЕЛОЧНЫХ ПОЛЕВЫХ ШПАТАХ ИЗ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ ХИБИНСКОГО МАССИВА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 26 VI 1970)

Изучение структур распада в щелочных полевых шпатах позволяет получить некоторые дополнительные сведения о форме, в которой минерал кристаллизовался, и о характере его преобразований, имевших место после кристаллизации, в твердом состоянии.

Структуры распада в кали-натриевых полевых шпатах (пертитах) из нефелиновых сиенитов Хибинского массива на Кольском полуострове исследовались нами по стандартной методике Дж. В. Смита и В. С. Мак-Бензи ⁽¹⁾, позволяющей по характеру расщепления рефлексов полевого шпата на рентгенограммах качания вокруг оси *b* судить о фазовом его строении и наличии двойникового в калишпатовой и альбитовой фазах. Угол качания 15° — на $7,5^\circ$ по обе стороны от плоскости (001). Неотфильтрованное медное излучение. Диаметр камеры 57,3 мм. Общий вид получаемых снимков показан на рис. 1, вверху; характер расщепления рефлексов (442) и (242) в исследованных образцах для разных типов структур распада — там же, внизу.

Нефелиновые сиениты в Хибинском массиве составляют более 84% его поверхности. От периферии к центру выделяют следующие их разновидности: массивные хибиниты, грубозернистые трахитоидные хибиниты, собственно трахитоидные хибиниты, лавчорриты, трахитоидные фойяиты и массивные пироксеновые фойяиты. Предполагается, что они кристаллизовались в перечисленной последовательности либо более или менее одновременно ⁽²⁾, либо в два этапа (хибиниты — лавчорриты, фойяиты), разделенных внедрением пойкилитовых нефелиновых сиенитов (рисчорритов) и пород анортит-уртитовой серии ⁽³⁾.

Согласно нашим данным ⁽⁴⁾, изменение суммарного химического состава пертитов отражает последовательное обогащение калием нефелиновых сиенитов в процессе их кристаллизации. Нарушение этой тенденции наблюдается только в альбитизированных разновидностях пород, обогащенных натрием. Вместо с тем размер частиц продуктов фазового распада, чистота калиевой и натриевой фаз пертита и структурное состояние калишпатовой фазы зависят главным образом от интенсивности постмагматических преобразований в породе (по-видимому аутометасоматических). В соответствии с этим нефелиновые сиениты Хибинского массива можно разделить на практически не измененные постмагматическими процессами — массивные и грубозернистые хибиниты, массивные фойяиты и на измененные в той или иной степени — трахитоидные хибиниты, лавчорриты и трахитоидные фойяиты. Полевой шпат неизмененных пород часто представлен криптопертитом с калишпатовой фазой, соответствующей по структурному состоянию обычно высокому ортоклазу: $2V = 50-65^\circ$, Δ_p и $\Delta_o \sim 0$. В измененных породах вместо криптопертитов наблюдаются микропертиты, часто с грубокристаллическими выделениями альбита, с более упорядоченной калишпатовой фазой — вплоть до максимального микроклина.

Рентгеновское исследование структур фазового распада в полевых шпатах из разных типов пород позволяет сделать следующие заключения:

1. Характер двойникования калиевой и натриевой фаз пертита меняется в зависимости от степени постмагматического изменения нефелиновых сиенитов.

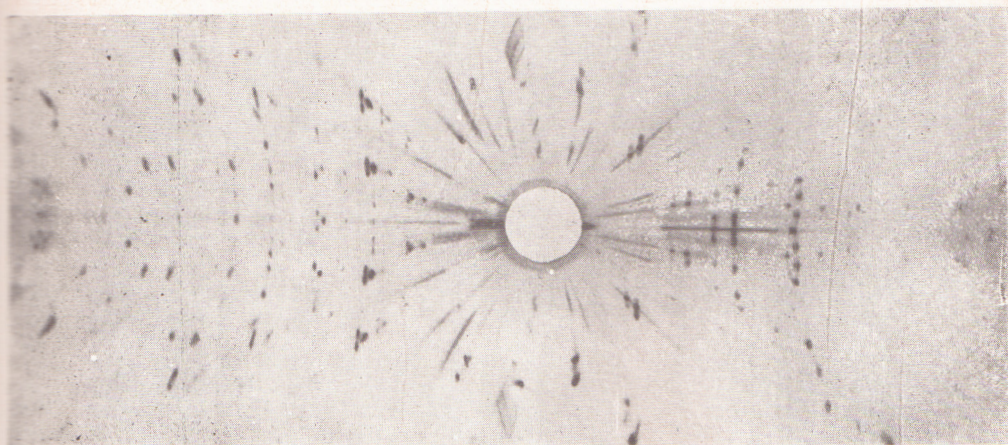
В криптопертитах из массивных и грубозернистых хибинитов и массивных пироксеновых фойейтов альбитовая фаза обычно сдвойникова по альбит-периклиновому закону, а отражения калишпатовой фазы на рентгенограммах, как правило, не расщеплены, что соответствует низкому значению рентгеновской триклинности Δ_p в этих полевых шпатах (рис. 1а). Криптопертиты с альбит-периклиновым двойникованием крайне редко встречаются в измененных разностях нефелиновых сиенитов, только в специфической геологической обстановке. Такой тип полевого шпата, например, был обнаружен в обломках арфведсонито-полевошпатового пегматита, заключенных в дайке шонкинит-порфира. Включение ксенолитов полевого шпата в плотную мелкозернистую дайковую породу, повидимому, предохраняло его от интенсивной гидротермальной обработки, затронувшей окружающие нефелиновые сиениты, препятствовало собирательной перекристаллизации распада.

В микропертитах из трахитоидных хибинитов, лавчорритов и трахитоидных фойейтов и альбитовая, и калишпатовая фазы сдвойникованы только по альбитовому закону (рис. 1б). В тех случаях, когда содержание натриевой составляющей в полевом шпате невелико, отражения альбита на рентгенограммах отсутствуют (рис. 1в). Полевые шпаты этого типа характерны главным образом для пегматитов эгирино-полевошпатового состава, локализованных в нефелиновых сиенитах; альбитовые двойники в калишпатовой фазе можно наблюдать под микроскопом в виде прямоугольных пятен, напоминающих шахматное поле («шахматный» тип двойников).

2. Ранее нами было показано (⁴), что в наиболее древних нефелиновых сиенитах Хибинского массива — массивных и грубозернистых хибинитах — содержание натриевого компонента ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) в полевых шпатах нередко достигает 60—65 мол. %. При таком и еще более высоком содержании натрия щелочные полевые шпаты кристаллизуются в структурном типе анортоклаза *; в этих полевых шпатах имеет место незакаливающееся сдвиговое превращение из высокотемпературной, первоначально моноклинной модификации в низкотемпературную, триклинную. Согласно Дж. В. Смиту и В. С. Мак-Кензи (^{1, 5}), на рентгенограммах качания анортоклазов наблюдается иное расщепление рефлексов: отражения Na-фазы находятся в альбитовом двойниковом положении, а отражения K-фазы расщепляются на три рефлекса, смещенные как с ξ -, так с ζ -слоевых линий, что не соответствует ни альбитовому, ни периклиновому двойниковым положениям (так называемый тип Т). Такой тип двойникования наблюдался нами в полевых шпатах из массивных хибинитов в эндоконтакте Хибинского массива (рентгенограммы на рис. 1, вверху и 2). Хибинские анортоклазы отличаются неоднородной пятнистой окраской, с коричневыми и светло-зелеными участками; $2V = 80-85^\circ$; Δ_p 0,0—0,4, до 0,5, но, возможно, занижена, так как степень рентгеновской триклинности измерялась в отожженных образцах (⁴), а при отжиге криптопертитов, кроме гомогенизации продуктов распада, в структуре могло иметь место существенное Si/Al-разупорядочивание; Δ_0 всегда равна нулю.

Повидимому, хибинские анортоклазы кристаллизовались из щелочной магмы, обогащенной, натрием, в начальный период формирования

* Анортоклазами часто называют K—Na-полевые шпаты, по оптическим свойствам отличающиеся от санидина, ортоклаза и микроклина тем, что при малых углах оптических осей, $2V = 30-55^\circ$, они имеют $\angle N_g \perp (010)$ и погасание на (001), отклоняющееся от нуля, но меньшее, чем у микроклина. Согласно (⁶), их следует относить к триклинным ортоклазам. Мы применяем термин «анортоклаз» для существенно натриевых разностей $\text{Or}_{37}\text{Ab}_{63}$ — $\text{Or}_0\text{Ab}_{100}$.



(442)

(242)

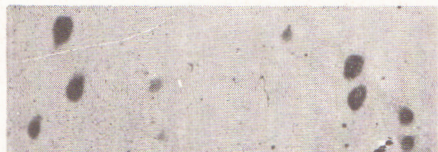
a



б



в



г



д



Ab Dr

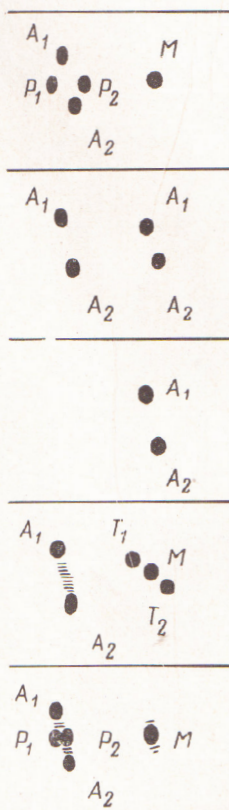


Рис. 1. Рентгенограмма качания вокруг оси *b* по методике Дж. В. Смита и В. С. МакКензи для щелочных полевых шпатов из Хибинского массива (камера 57, 3 мм, неотфильтрованное Си-излучение). Вверху — общий вид рентгенограммы для апортклазы; внизу — характер расщепления рефлексов (422) и (242) для различных типов пертитов из нефелиновых шпатитов Хибинского массива: *a* — криптопертиты с альбит-переклиновым двойникованием в К-фазах и моноклинной К-фазой; *б* — микропертиты с альбитовым двойникованием в Na-фазах; *в* — микропертит с двойниками «шахматного» типа: альбитовые двойники в К-фазах, отражения Na-фазы отсутствуют; *г* — апортклаз, альбитовые двойники в Na-фазах двойники типа Т в К-фазах; *д* — криптопертит с альбит-переклиновым двойникованием в К-фазах со слабо развитыми переклиновыми двойниками (структура переходного типа)

Таблица 1

Углы обратной решетки α^* и γ^* , вычисленные по методу Дж. В. Смита и В. С. МакКензи (1) для продуктов распада в пертитах из нефелиновых сиенитов Хибинского массива

Образец	Калишпатовая фаза			Альбитовая фаза		
	тип двойникования	α^*	γ^*	тип двойникования	α^*	γ^*
№ 1064. Субмикроскопический пертит, ксенолит в дайковой породе. Грубо-зернистые хибиниты	М	—	—	А — Р;	86°58'	90°16'
№ 1713. Криптопертит, новообразование в ромбер-порфирах	М	—	—	А — Р	88°26'	89°21'
№ 1704. Криптопертит, трахитоидные хибиниты в контакте с ромбер-порфирами	М — (А)			А	86°53'	90°41'
№ 1328. Криптопертит, массивные, пироксеновые фойиты	М			А — (Р)	87°04'	90°30'
№ 1066. Микропертит с «веретенообразными» двойниками. Пегматит в грубозернистых хибинах	А	90°18'	91°41'	А	86°26'	90°16'
№ 0830. Микропертит с «шахматными» двойниками. Пегматит в трахитоидных хибинитах	А	90°30'	91°57'	—	—	—
№ 1575. Анортотлаз — криптопертит. Массивные хибиниты в эндоконтакте массива	М — Т	—	—	А	86°43'	90°29'

Примечание. А — альбитовые, Р — периклиновые двойники, М — моноклинные, Т — триклинные отложения К-фазы.

массива. Позже, когда магма обогатилась калием, из нее кристаллизовались только санидины.

Не исключено, однако, что анортотлазы могли возникнуть при метасоматическом замещении плагиоклаза в процессе фенитизации плагио-нейсов в экзоконтакте массива или в захваченных щелочной магмой ксенолитах. В связи с этим обращает на себя внимания сходство оптических свойств анортотлаза и полевых шпатов, недавно описанных из фенитов и приконтактовых щелочных сиенитов В. Н. Горсткой (7).

Присутствие анортотлаза является интересной отличительной особенностью нефелиновых сиенитов Хибинского массива. Распространение этой разницы полевого шпата на Земном шаре, возможно, шире, чем это принято считать, хотя круг геологических образований, в которых встречается анортотлаз, все же ограничен щелочными породами; в гранитоидах он неизвестен.

3. Различие в характере двойникования альбитовой и калишпатовой фаз в полевых шпатах из неизмененных и из измененных метасоматическими процессами пород позволяет предположить, что при собирательной перекристаллизации продуктов распада в пертитах первоначальные соотношения между двойниковыми индивидами менялись; в результате альбит-периклиновые двойники были преобразованы в альбитовые. Справедливость этого предположения подтверждается существованием структур переходного типа, в которых расположение рефлексов на рентгенограмме соответствует альбит-периклиновому двойникованию, но периклиновые двойники развиты значительно слабее альбитовых (рис. 1б).

4. Вычисленные по рентгенограммам качания углы обратной решетки α^* и γ^* приведены в табл. 1. Их величина для калишпатовой фазы хорошо согласуется с Δ_p , найденной по методу рентгеновского дифрактометра. Величина углов для альбитовой фазы указывает на то, что в исследованных образцах присутствует только низкотемпературная, упорядоченная

его форма; Na-фаза чистая, только в некоторых случаях содержит незначительную примесь калишпатового компонента. Исключением является криптопертит из баркевикит-полевошпатовых новообразований, развивающихся в ксенолите ромбер-порфиров на горе Юмъеchorp, по-видимому вследствие их перекристаллизации под влиянием щелочной магмы (обр. № 1713). Судя по измеренным углам α^* и γ^* , в Na-фазе этого криптопертита содержится до 40% калишпатовой составляющей.

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
24 V 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. V. Smith, W. S. MacKenzie, Am. Mineral., 40, № 7—8, 733 (1955).
² Б. М. Куплетский, В сборн. Минералы Хибинских и Ловозерских тундр, Изд. АН СССР, 1937. ³ С. И. Зак, Е. А. Каменев, Сов. геол., № 7, 42 (1964). ⁴ Б. Е. Боруцкий, В сборн. Вопросы однородности и неоднородности минералов, «Наука», 1971. ⁵ W. S. MacKenzie, J. V. Smith, Am. Mineral., 40, № 7—8, 707 (1955).
⁶ А. С. Марфуни, Полевые шпаты — фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распределение, Изд. АН СССР, 1962. ⁷ В. Н. Горстка, Матер. по минерал. Кольского п-ова, в. 7, 131 (1969).