

А. С. МАРФУНИН, С. В. РЫКОВА

**ОПТИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ  
ПРОМЕЖУТОЧНОГО — МАКСИМАЛЬНОГО МИКРОКЛИН-ПЕРТИТА  
ИЗ ПЕГМАТИТОВ ТАЙМЫРА**

Структурная природа калиевых полевых шпатов является в последние 10 лет объектом интенсивнейших исследований. Установлено, что санидин представляет собой неупорядоченную в отношении Al—Si модификацию, а микроклин — упорядоченную (Laves, 1950; Bailey, Taylor, 1955; Megaw, 1959). Свойства промежуточных между санидином и микроклином калиевых полевых шпатов зависят не только от значительных степеней упорядоченности, но и от влияния субмикроскопического и субрентгеновского двойникования (Hafner, Laves, 1957; Марфунин, 1961).

Уникальной особенностью описываемого ниже образца из пегматитов Таймыра является то, что в нем представлен широкий ряд промежуточных состояний, обусловленных чистым упорядочением без влияния каких-либо других факторов.

Образец представляет собой крупные (10—20 см) блоки макропертиита, не затронутого изменениями. Сравнительно широкие (0,2—1,0 мм) и ровные, не прерывающиеся на протяжении 5—10 см полосы альбита, ориентированные по (100), чередуются с полосами калиевого полевого шпата шириной 1—5 мм. Микроскопические наблюдения показывают, что последний не сдвойникован и значительная ширина его полос позволяет измерить оптические свойства без влияния альбитового компонента пертиита. Оптические свойства постепенно изменяются по направлению от середины калиево-полевошпатовой полосы к границам ее с пертитовыми полосами альбита, который сдвойникован по альбитовому закону только около краев этих полос. В середине их двойникование переходит в субмикроскопическое.

**ОПТИЧЕСКИЕ И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

**Калиево-полевошпатовая фаза.** Оптические измерения производились в гониометрически ориентированных пластинках толщиной до 0,1 мм, в сечении  $\perp(010)(001)$  методом коноскопирования на федоровском столике с точностью около  $\pm 1^\circ$ . Результаты измерений приведены в табл. 1.

Следует отметить две особенности оптической ориентировки: 1) изменения ее строго закономерны и связаны с преимущественным перемещением оптической оси А при слабо перемещающейся оси В; все оптические элементы занимают промежуточные положения между санидином и микроклином; 2) имеет место прямолинейная зависимость между

$2V$  и  $\perp(010) \wedge Ng$  (рис. 1). Минимальное наблюдавшееся значение  $2V = 55^\circ$ , максимальное —  $84^\circ$ .

Эти данные позволяют считать, что здесь переходные состояния соответствуют промежуточным состояниям упорядоченности «чистой линии» (Марфунин, 1961).

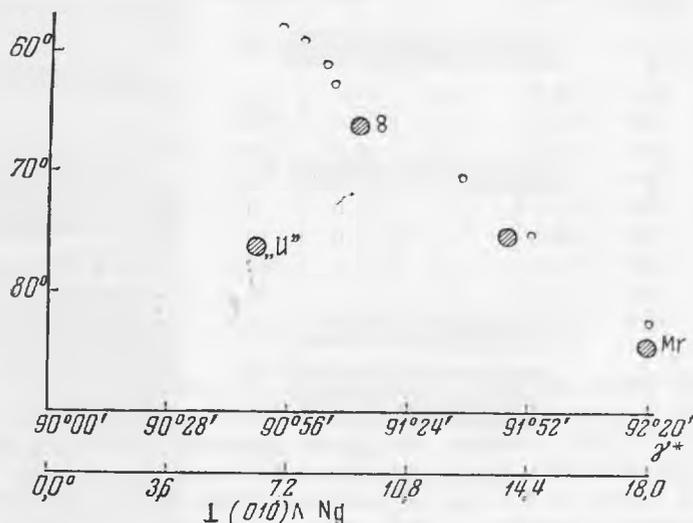


Рис. 1. Связь между углом оптических осей ( $2V$ ) и триклинностью калиевого полевого шпата из пегматитов Таймыра. Большие заштрихованные кружки — триклинность определена методом рентгенгонометра; малые кружки — триклинность определена по оптической ориентировке. Для сравнения приведены данные для образцов «И» (Bailey, Taylor, 1955) и Mr (Laves, 1950)

На порошкограммах, полученных для неразделенного пертита методом дифрактометра ( $CuK\alpha$ ;  $1^\circ = 1,2$  см; внутренний эталон — NaCl), наблюдались диффузные пики главным образом калиевого полевого шпата с промежуточной триклинностью  $\Delta$  (средние значения —  $2V = 58-60^\circ$ ). Расстояние между  $(20\bar{1})$  калиевого полевого шпата и альбита на порошкограмме ( $1,09^\circ$ ) указывает на то, что пертит состоит из почти чистых компонентов. Это близко к результатам сопоставления содержания щелочей по данным химического анализа ( $Or_{68,0}Ab_{31,0}$ ) и подсчитанного под микроскопом и на фотографиях соотношения калиево-полевошпатовой и альбитовой фаз пертита, равного  $Or : Ab = 73-70 : 27-30$ .

Особый интерес представляли определения угла  $\gamma^*$  (обратной решетки) для участков с известной оптикой. Для этого, после измерений полной оптической ориентировки в точно отмеченном участке ориентированной пластинки из нее извлекался именно этот обломочек размером около 0,2 мм.

С помощью рентгенгонометра производились развертки нулевой слоевой линии, по которым измерялся угол  $\gamma^*$  с точностью  $\pm 10'$ . Полученные для двух образцов данные приведены в таблице. На рис. 1 наблюдается линейная зависимость между  $\gamma^*$ ,  $\Delta$  и  $2V$ . Приведенные для сравнения данные для образца «И» Бейли и Тэйлора (Bailey, Taylor, 1955), одного из трех образцов калиевых полевых шпатов, для которых с помощью синтеза Фурье определено распределение Al — Si, показывают,

Таблица

Результаты оптических и рентгенографических измерений калиевых полевых шпатов

Номер образца	$-2V^\circ$	А		В		$\gamma^*$
		$+\lambda$	$+\varphi$	$+\lambda$	$-\varphi$	
2311	58,0	4,0	34,0	8,0	23,5	—
2309	62,5	3,0	38,0	9,5	24,0	—
2309	66,0	2,0	40,0	10,0	25,0	$91^\circ 12'$
2308	59,0	3,3	35,0	9,0	23,0	—
2308	61,0	2,5	37,0	9,0	24,0	—
2308	65,5	1,7	43,0	10,0	24,5	—
2308	74,5	-2,0	49,0	12,0	25,0	$91^\circ 48'$
2310	70,0	-0,5	45,0	10,0	24,5	—
2309	82,5	-4,0	57,0	12,7	25,0	—

что свойства этого образца, по-видимому, не объясняются «упорядочением чистой линии». Угол погасания на (001) для образца «11», равный  $9^\circ$  при  $2V = -76,2^\circ$ , меньше, чем углы погасания при близких значениях  $2V$  описываемого здесь калиевого полевого шпата (рис. 2).

А л ь б и т о в а я ф а з а. В альбитовых двойниках угол симметричного погасания в сечении  $\perp [100]$  около  $17^\circ$ ,  $2V = +79^\circ$ . В субмикроскопически сдвойникованных участках альбит является псевдомоноклинным по оптическим свойствам. В зоне  $\perp (010)$  наблюдается прямое или близкое к нему погасание. Измерения коноскопическим методом на федоровском столике дают:  $\perp (010) \wedge Ng = 0-2^\circ$ ;  $\perp (001) \wedge Nm = 18,3^\circ$ ;  $2V = +86, +88^\circ$ . Сравнение оптических свойств индивида и субмикроскопически сдвойниковогоанного блок-кристалла хорошо согласуется с расчетными данными (Марфунин, 1961).

ПРОЦЕССЫ УПОРЯДОЧЕНИЯ И ПЕРТИТИЗАЦИИ ПО ДАННЫМ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Взаимоотношения между различными фазами пертита могут быть суммированы следующим образом (см. рис. 2, а, б и в). Наблюдаются два типа пертитов: альбит 1, представленный тонкими полосками, ориентированными по (15.0.2), и альбит 2, видимый макроскопически, образующий широкие полосы по (100), псевдомоноклинный в середине этих полос.

Триклинизация калиевого полевого шпата, связанная здесь с упорядочением Al—Si, прослеживается особенно легко в сечении, параллельном (001), по изменению углов погасания (см. рис. 2,а). К альбиту 2, независимо от ширины альбитовых полос, всегда примыкает максимальный микроклин. Изменения оптических свойств, связанные с различной триклинизацией калиевого полевого шпата, постепенны. Однако можно выделить две зоны: узкую (0,1—0,2 мм), примыкающую к альбиту, зону высокой триклинизации (001) с углами погасания  $13-16^\circ$  и широкую зону умеренной триклинизации, которая составляет преобладающую часть калиево-полевошпатовой фазы с углами погасания на (001)  $5-8^\circ$ . Между ними наблюдается быстрый, но непрерывный переход.

Если один предел колебаний степени триклинизации постоянен (максимальный микроклин около альбита), то другой (средняя часть калиево-

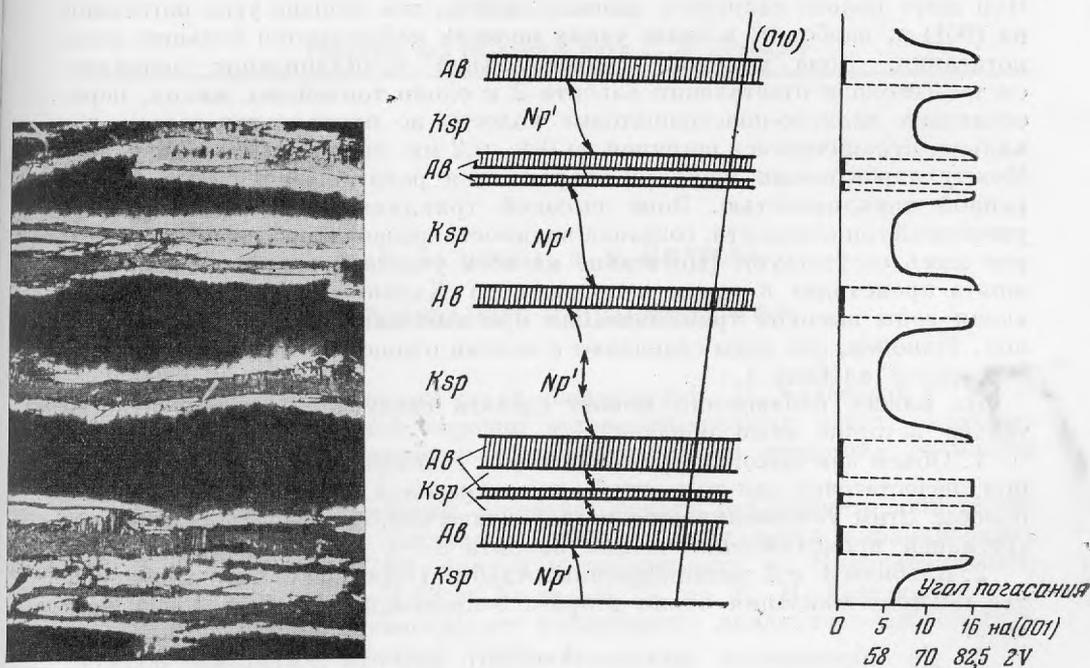


Рис. 2. Микроклин-пертит из пегматитов Таймыра. Николи +, увел. 10:  
 а — микрофотография, зарисовка и оптические свойства в сечении по (001); б — микрофотография в сечении по (010); в — то же в сечении  $\perp$  [100]

полевошпатовых полос) меняется в зависимости от ширины этих полос. Чем шире полоса калиевого полевого шпата, тем меньше угол погасания на (001) и, наоборот, в более узких полосах наблюдаются большие углы погасания. Зона высокой — максимальной триклинизации появляется также около ответвлений альбита 2 и около тончайших жилков, пересекающих калиево-полевошпатовые полосы, но проявляется только локально, ограничиваясь шириной до 0,1—0,2 мм около альбитовых полос. Между альбитовыми жилками сохраняются реликтовые участки с умеренной триклинностью. Зона высокой триклинности пересекает зону умеренной триклинности, создавая видимость решетчатого строения, которое здесь отсутствует. (Погасание на всех участках калиевого полевого шпата происходит в одном направлении.) Характерны тупые выклинивания зоны высокой триклинизации при выклинивании альбитовых жилков. Наконец, эти зоны совпадают с зонами очищения от тонких пертитовых жилков альбита 1.

Из наших наблюдений можно сделать следующие выводы относительно истории этого образца.

1. Объем зон высокой триклинизации, совпадающих с зонами очищения, недостаточен для того, чтобы путем распада образовать альбитовые полосы. Этим устанавливается метасоматическое, сопровождающееся сегрегацией происхождение жилков альбита 2.

2. Альбиты 1 и 2 разновременны. Альбит 1 предшествовал альбиту 2, так как триклинизация около второго сопровождается сегрегацией первого.

3. До образования метасоматического альбита 2 кристалл обладал умеренной триклинностью, такой, как минимальная наблюдающаяся или, возможно, еще меньшая, вплоть до нуля. Триклинизация здесь вызывается упорядочением Al—Si, не сопровождаясь двойникованием. Высокая степень триклинности несомненно возникла не в результате кристаллизации, а в процессе превращения в твердом состоянии. Это превращение происходило после распада твердого раствора в почти чистом калиевом полевошпате. Оно происходило одновременно с образованием альбита 2, под влиянием процесса, вызывающего образование последнего, и сопровождалось сегрегацией альбита 1. При одинаковых условиях температуры и давления сосуществовали участки с различной степенью упорядоченности. Можно предполагать, что упорядочение в зонах высокой триклинности происходило в присутствии растворов, вызвавших образование метасоматического альбита и способствовавших более легкой диффузии в участках, прилегающих к жилкам альбита.

Авторы выражают благодарность доктору геолого-минералогических наук А. М. Даминовой, передавшей нам для изучения этот образец, а также ряд других таймырских полевых шпатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Марфунин А. С. Зависимость оптической ориентировки калинатровых полевых шпатов от различных факторов. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1961.  
 Bailey S. W. and Taylor W. N. The structure of a triclinic potassium feldspars Acta Crystallogr., 8, p. 10, 1955.  
 Hafner St. und Laves F. Ordnung-Unordnung und Ultrarotabsorption. II. Z. Kristallogr., 109, 3, 1957.  
 Laves F. The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. J. Geol., 58, № 5, 1950.  
 Megaw H. D. Order and disorder in the feldspars. Mineral. Mag., 32, № 246, 1959.