

Г. Г. АФОНИНА, Б. М. ШМАКИН

**О ТОРМОЗЯЩЕМ ВЛИЯНИИ ИОНОВ БАРИЯ  
НА ПРОЦЕССЫ УПОРЯДОЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ КАЛИЕВОГО  
ПОЛЕВОГО ШПАТА**

(Представлено академиком Н. В. Беловым 25 XII 1969)

Изучая триклинность калиевых полевых шпатов (КПШ) для решения вопросов генезиса пегматитов и гранитов<sup>(1)</sup>, мы столкнулись с «аномальными» образцами, рентгеновская триклинность ( $\Delta_p$ ) которых не превышала 0,4 и обычно составляла 0,0—0,2, независимо от генетической позиции КПШ. Спектральными анализами, выполненными Е. С. Костюковой с точностью 10 отн.%, в этих образцах были обнаружены повышенные концентрации бария от 0,7 до 2,6% (табл. 1). Естественно было предположить, что присутствие бария в изученных КПШ, как и в бариевом ортоклазе<sup>(2)</sup>, оказывает тормозящее влияние на процессы упорядочения кристаллической решетки.

Для изучения влияния примеси Ва на упорядоченность КПШ были проведены измерения  $\Delta_p$  в двух сериях образцов КПШ с известными содержаниями Ва. Изучались образцы гранитоидов, имеющие одинаковую генетическую характеристику и не затронутые процессами послемагматического изменения, т. е. серии, отражающие естественно «старение» горных пород.

Измерения  $\Delta_p$  проводились на установке ДРОН-1 с использованьем сцинтилляционного счетчика. Излучение — медное. Скорость вращения счетчика 1 град/мин, скорость движения диаграммной ленты 20 мм/мин.

Таблица 1

Содержания Ва и рентгеновская триклинность ( $\Delta_p$ ) калиевых полевых шпатов из разновидностей пегматитов Мамского района

Краткая характеристика пегматита	При низком содержании Ва		При высоком содержании Ва	
	Ва, %	$\Delta_p$	Ва, %	$\Delta_p$
Гранитовидный (мелкозернистый) пегматит	0,26—0,60	0,48—0,64	0,96—2,65	0,00—0,35
Ацигтовая и графическая структуры	0,32—0,59	0,47—0,79	0,89—1,80	0,10—0,30
Зона кварц-мусковитового замещения	0,01—0,06	0,77—0,98	0,71—1,20	0,15—0,40
Зона кварцевого замещения	0,01—0,07	0,88—1,00	—	—

Методика определения величины  $\Delta_p$  аналогична описанной<sup>(3, 4)</sup>. Рентгенограммы всех образцов соответствовали одной фазе КПШ, т. е. ионы Ва распределены в пустотах каркаса КПШ статистично.

Результаты проведенных измерений показывают, что наблюдается четкая зависимость между степенью упорядоченности кристаллической решетки и содержанием Ва (рис. 1). Присутствие этого элемента-примеси оказывает тормозящее влияние на процесс триклиннизации, и тем большее, чем выше концентрация Ва. Обе серии пород образовались при кристал-

лизации из расплава, так что первоначально образованные КППШ были моноклинными<sup>(2)</sup>. По мере «старения» пород происходило упорядочение кристаллических решеток КППШ. Характерно, что в более молодых, палеозойских, породах низкая степень упорядочения ( $\Delta_p = 0,1-0,3$ ) наблюдается при относительно менее высоких концентрациях Ва по сравнению с докембрийскими породами Мамского слюдоносного района. В последних

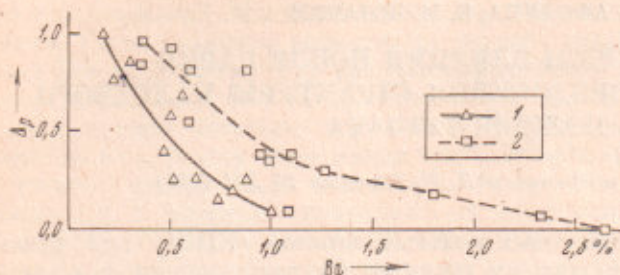


Рис. 1. Содержания бария и рентгеновая триклинность калиевых полевых шпатов из интрузивных комплексов Восточной Сибири. 1 — палеозойские гранитоиды, щелочные и нефелиновые сиениты верховьев р. Мама; 2 — протерозойские пегматиты Мамского слюдоносного района

только при содержаниях бария около 1% и выше наблюдаются неупорядоченные КППШ с  $\Delta_p = 0,0-0,4$ . Эта разница обусловлена, по-видимому, тем, что в КППШ относительно молодых пород степень упорядочения еще не достигла максимально возможного значения.

Упорядоченное состояние полевого шпата означает строго фиксированное распределение ионов Al и Si по тетрадрам кристаллической решетки. В неупорядоченном же моноклинном КППШ ионы Al могут с равной вероятностью находиться в любом тетраэдре. В процессе упорядочения вместо кремниевых положений  $Si_1$  и  $Si_2$  неупорядоченного КППШ появляются положения  $Si_1(0)$ ,  $Si_1(m)$ ,  $Si_2(0)$  и  $Si_2(m)$ , причем в лишенном примесей КППШ алюминий концентрируется в положении  $Si_1(0)$ .

Кремнекислородные радикалы в структуре полевых шпатов «приспосабливаются» к архитектурным конструкциям катионов<sup>(1)</sup>. Очевидно, что характер упорядоченного распределения алюминия по тетрадрам кристаллической решетки также определяется катионами. В упорядоченной триклинной модификации КППШ (максимальном микроклине) известен следующий характер заселения тетраэдров алюминием (рис. 2А):  $Si_1(0)$  0,93;  $Si_1(m)$  0,00;  $Si_2(0)$  0,04;  $Si_2(m)$  0,04<sup>(2)</sup>. При заполнении части пустот каркаса ионами бария, распределение ионов Al и Si по тетрадрам приобретает другой характер. В чисто бариевом полевоом шпате, целезиане, алюминий распределен по тетрадрам следующим образом:  $Si_1(0)$  0,21;  $Si_1(z)$  0,77;  $Si_2(0)$  0,73;  $Si_2(z)$  0,18<sup>(3)</sup>. Замещение иона калия ионом бария вызывает увеличение вероятности нахождения Al в любом из тетраэдров КППШ, поскольку эти тетраэдры оказываются под влиянием иона Ва, и ионов К, находящихся в соседних пустотах каркаса. Равновероятное присутствие Al в разных тетрадрах во-

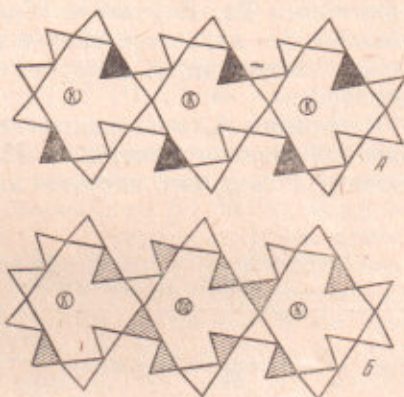


Рис. 2. Схема структуры калиевого полевого шпата. А — упорядоченная триклинная модификация (максимальный микроклин); Б — неупорядоченная модификация (ортоклаз) с ионом бария в позиции калия. Кремнекислородные тетраэдры показаны светлыми треугольниками, алюмокислородные — темными; тетраэдры с равновероятным присутствием Si и Al заштрихованы. Схема дана в проекции на плоскость (001) по В. Гэйлору<sup>(10)</sup>

круг иона Ва означает меньшую степень упорядоченности кристаллической решетки КПШ.

Из рис. 2Б видно, что неупорядоченное распределение алюминия и кремния по тетрадрам, окружающим ион Ва, вызывает неупорядоченность и в соседних участках решетки, но в меньшей степени. Каждую ячейку, содержащую ион Ва, окружает несколько ячеек с частичной упорядоченностью. Следовательно, по мере увеличения концентрации бария в КПШ, вначале возрастает количество ячеек с частичным «беспорядком», а затем — с максимальным «беспорядком». Отсюда — обратная зависимость между содержанием Ва в КПШ и степенью триклинности его решетки (см. рис. 1). При малых концентрациях бария основная масса КПШ в результате «старения» пород или каких-нибудь воздействий на решетку может перейти в упорядоченное состояние.

Кроме Ва, аналогичное тормозящее влияние на процессы упорядочения кристаллической решетки КПШ оказывают примеси Rb<sup>(4)</sup>, Cs, Na, Pb и других элементов. Во всех случаях, независимо от радиуса и валентности, механизм влияния должен быть аналогичным изложенному, причем при увеличении концентрации элементов-примесей следует ожидать усиления «торможения» — вплоть до концентраций, при которых КПШ всегда остается моноклинным. Возможность такого влияния необходимо учитывать во всех работах, использующих степень симметрии кристаллической решетки КПШ для оценки условий минералообразования.

Вхождение примесей Ва и других элементов-примесей в КПШ определяется в числе прочих факторов, и температурой их кристаллизации (см. табл. 1 и (5)). Наблюдаемая в горных породах степень упорядоченности КПШ не является первичной характеристикой. Она может сохранять информацию о начальном структурном состоянии КПШ лишь в некоторых случаях, когда высокая температура и наличие элементов-примесей в расплаве или растворе обусловили вхождение в состав КПШ достаточного количества примесей-«тормозов». В общем же случае мы фиксируем некоторое метастабильное состояние кристаллической решетки, определяемое структурой первичной кристаллизации, степенью воздействия упорядочивающих факторов и наличием факторов торможения.

Институт геохимии  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Иркутск

Поступило  
1 II 1969

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. В. Белов, Кристаллохимия силикатов с крупными катионами, Изд. АН СССР, 1961. <sup>2</sup> Н. В. Белов, В кн.: Проблемы геохимии, «Наука», 1965. <sup>3</sup> У. Л. Брэгг, Г. Ф. Кларингбулл, Структура минералов, 1967. <sup>4</sup> В. В. Гордиенко, И. Е. Каменцев, В сборн. Минералогия и геохимия, в. 2, Л., 1967. <sup>5</sup> Б. Г. Лопатиц, В. Н. Герасимов, Зап. Всесоюз. мин. общ., 97, в. 1 (1968). <sup>6</sup> А. С. Марфуни, Тр. Инст. геол. рудн. месторожд., в. 78 (1962). <sup>7</sup> Б. М. Шмакин, Изв. высш. учебн. завед., Геология и разведка, № 4 (1967). <sup>8</sup> Б. М. Шмакин, Г. Г. Афонина, ДАН, 173, № 2 (1967). <sup>9</sup> В. Е. Brown, S. W. Baily, Abstract of Paper Presented to Geol. Soc. Am. Nov., 1961. <sup>10</sup> W. H. Taylor, Zs. kristallogr., 85 (1933).