

Т. КУУСПАЛУ

О СТЕПЕНИ УПОРЯДОЧЕНИЯ ПЛАГИОКЛАЗА В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОДАХ СКВ. КОХИЛА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ УГЛА ОПТИЧЕСКИХ ОСЕЙ 2 V

Величина угла оптических осей 2 V полевых шпатов при определенном составе зависит главным образом от структурного состояния и в первую очередь — от степени упорядочения Al и Si (Марфунин, 1962). Поэтому структурное состояние плагиоклаза оценивается, помимо рентгеновских методов, еще и на основе значений 2 V (Галибин и др., 1972).

В ходе детального изучения зерна структурной скв. Кохила автором проведено массовое определение состава плагиоклаза. Общие результаты исследования (вариация состава, зависимость состава от материнской породы и т. д.) будут изложены в отдельной работе. Здесь рассмотрим только проблемы, возникшие при определении степени упорядоченности плагиоклаза на основе 2 V.

Определению подвергались все важнейшие типы пород скв. Кохила: биотит-полевошпатовые и биотит-амфиболовые гнейсы, амфиболиты и гранитоиды. Большинство определений принадлежит к метаморфитам. Из последних биотит-полевошпатовые и биотит-амфиболовые гнейсы часто сильно мигматизированы и имеют тонкополосчатое строение. Минеральные парагенезисы свидетельствуют о том, что толща кристаллических пород образовалась в условиях высокотемпературной субфации амфиболитовой фации метаморфизма.

Исследованный плагиоклаз имеет преимущественно андезиновый (№ 30—48) состав; только в трех случаях определен олигоклаз (№ 25—27) и в одном случае — альбит (№ 5) (вторичный). Номер и 2 V плагиоклаза определены в 62 шлифах.

Состав плагиоклаза определялся методом четырехосного федоровского столика по двойникам, как исключение — по спайности. Использовалась диаграмма В. Никитина. Ошибка при повторных определениях не превышает $\pm 2-3\%$ An. Для проверки метода и диаграммы три образца изучались иммерсионным методом. Проверка подтвердила правильность метода: составы плагиоклаза, полученные иммерсионным и федоровским методами, сходятся в пределах точности определения.

Угол оптических осей 2 V измерялся на федоровском столике ортоскопически по выходу двух осей; положение осей фиксировалось по меньшей мере трижды. Повторные определения показывают, что ошибка ниже $\pm 2^\circ$.

Параллельно с оптическим изучением три образца исследовались рентгенографически на дифрактометре УРС-50 ИМ. Был найден структурный фактор $2\theta(131)-2\theta(1\bar{3}1)\text{CuK}\alpha$, характеризующий степень рентгеновской упорядоченности плагиоклаза (Smith, Yoder, 1956).

Данные определений приведены в таблице и изображены на рис. 1.

Состав и 2 V плагиоклаза и 2 V калиевого полевого шпата
в кристаллических породах скв. Кохила

Номер шлифа	Название породы	Плагиоклаз		Калишпат
		Номер	2 V, °	2 V, °
1	2	3	4	5
K237	Альбитизированный биотит-полевошпатовый гнейс	5	+81	-78, -78, -80
K273-1	Катаклазит	25	-83	
K202	Биотитовый гнейс из контакта с гранитом	27	-84	
K259	Биотит-полевошпатовый гнейс	27	+88	-81, -82, -83
K232	Гранит	29, 31	-87, -82	-68, -73, -76
K033-1	"	30	-79, -81, -82, -89	-79, -80, -82
K087	Пегматоидный гранит	30	-86	-83
K102	"	30	-79, -79, -84, -87	-74, -74 -74
K136	Биотит-полевошпатовый гнейс	30	-87	
K169	Пегматоидный гранит	30	-85	-76, -76, -78
K172	Гранит	30	-86	
K205	Пегматоидный гранит	30	-81	
K016	Биотит-полевошпатовый гнейс	31	-88, 90, +89, +84	-82, -84, -84
K118	Биотит-амфиболовый гнейс	31	-80, -80, -84, -86, -86	-60, -60, -62
K148	Биотит-полевошпатовый гнейс	31	-81, -85, -86, +89	-67, -67, -72
K160	Биотит-полевошпатовый гнейс	31	-80, -85	-66, -68, -68
K181	Пегматоидный гранит	31	-88	
K066	Биотит-полевошпатовый гнейс	32	-87	-74, -76, -81
K090	Биотит-амфиболовый гнейс	32	-84	
K106	"	32	-79, -79, -84, -87	-65, -68
K111	"	32	-84	-64, -69, -72
K340A	Гнейсо-гранодиорит	32	-84, -87	-66
K351	Гранит	32	-81, -82	-69, -72, -76
K064	"	33	-85	
K121	Биотит-полевошпатовый гнейс	33	-82, -85, -86, -87, -88, +89, +85	-70, -72
K125	"	33	-85, -87, -87, -88	-78, -80
K185	"	33	-85, -89	-76, -82, -83
K265	Пегматоидный гранит	33	-87	
K296	Гранит	33	-81	
K347	Гнейсо-гранодиорит	33	-87	-62, -63, -66
K039	Гранит	34	-86	-74
K045	Биотит-полевошпатовый гнейс	34	-86	-83, -84, -84
K107	Биотит-амфиболовый гнейс	34	-79, -80, -80, -84, -88	-64, -66, -69
K114	"	34	-85	-58, -62, -64, -68
K228A	Пироксеновый амфиболит	34	-88	
K323	Биотит-полевошпатовый гнейс	34	-86, -88, +89, +86	-82
K336	"	34	-85	-64, -64
K345-1	Биотитовый гнейс из контакта с гнейсо-гранодиоритом	34	-88	

1	2	3	4	5
K350	Биотитовый амфиболит из кон- такта с гранитом	33 34, 34	-83	
K049	Биотит-полевошпатовый гнейс	35	-85, -86	-70, -71, -76
K150	"	35	-83, -83	-60, -60, -62
K329	"	35	-89	
K011	Биотит-амфиболовый гнейс	36	-83, -83, -86, -88	-74
K346	Амфиболит	35, 36, 36	-81, -82, -83, -85, -85, -86, -86, -87, 90	
K006	Биотит-амфиболовый гнейс	37	-89	-67, -68
K035	Биотит-амфиболовый гнейс из контакта с гранитом	37	+89	
K064	Биотитовый амфиболит из кон- такта с гранитом	37	-88	
K067	"	37	+89, +88, +88	
K303	Пироксеновый амфиболит	37	+86	
K317	Пегматоидный гранит	37	90	
K067 ^A	Биотитовый амфиболит	38 (36—39)	-85, -86, -89, +89, +87, +86	
K229	"	38	+89, +88, +87, +86, +83	
K084	Биотит-амфиболитовый гнейс	39	+86	
K358	Амфиболит	40	90	
K031	Биотит-амфиболитовый гнейс	41	-88	
K261	Амфиболит	42	+86, +82	
K359	Биотитовый амфиболит	43, 43	+81, +81	
K257	Амфиболит	41, 43 44	+85/41, +83, +80, +79, +78, +78, +77/43, +77	
K292	Пироксеновый амфиболит из контакта с гранитом	45, 46	+82	
K309	Пироксеновый амфиболит	46, 47	+84	
K243	"	46 (47)	+83, +82, +81, +76, +76, +76, +73, +71,	
K358 ^A	"	47, 48, 48, 50 (47—48)	+83, +83, +82, +81, +81, +81, +80, +79/47, +78, +78, +76, +75, +75, +73/50, +72, +71/48 +71, +71	

Примечания: 1. Набранные жирным шрифтом значения $2V$ принадлежат различным индивидам одного двойника.

2. Из цифр, разделенных наклонной черточкой, первая обозначает величину $2V$, вторая — состав плагиоклаза в том же зерне.

3. Номера плагиоклазов, приведенные в скобках, определялись иммерсионным методом.

На диаграмме состав — $2V$ (рис. 1) плагиоклазы кристаллических пород скв. Кохила размещаются преимущественно в поле, ограничиваемом высокотемпературной кривой С. Шварцмана и низкотемпературной кривой А. Марфунина (1962). Точки распределяются почти по всему полю, образуя максимум на осевой линии поля или несколько выше, ближе к высокотемпературной кривой. Следовательно, на основе $2V$ плагиоклазы скв. Кохила обладают главным образом промежуточной упорядоченностью, степень которой, оцененная по принципу Д. Слеммонса (Галибин и др., 1972), составляя в основном 30—80, может варьировать в пределах 0—100.

Степень рентгеновской упорядоченности в трех изученных образцах по диаграмме Д. Слеммонса (Галибин и др., 1972) составляет 75—85.

На других диаграммах (Дир и др., 1966; Smith, 1972) значения $2\Theta(1\bar{3}1)$ — $2\Theta(131)$ (1,72 в обр. K067^A, 1,75 в обр. K243, 1,75 в обр. K358^A) попадают на кривую низкотемпературного плагиоклаза со степенью упорядоченности ~ 100 . Точную величину оптической упорядоченности в этих же образцах определить трудно, так как $2V$ колеблется в очень широких пределах (таблица). Однако очевидно то, что степень оптического упорядочения ниже рентгеновского. Сходное отклонение наблюдается в данных

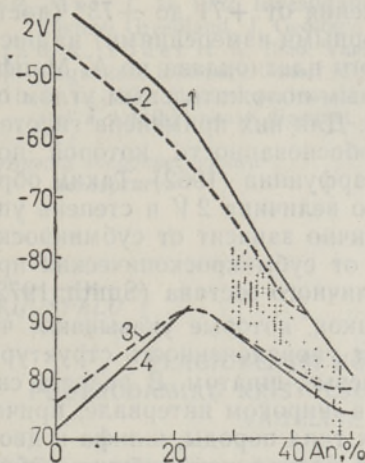


Рис. 1. Диаграмма состав — $2V$ для плагиоклазов скв. Кохила. Кривые высокотемпературных плагиоклазов представлены по С. Шварцману (1) и Д. Р. Сми-ту (2), кривые низкотемпературных плагиоклазов — по Д. Р. Сми-ту (3) и А. Марфунину (4) (Марфунин, 1962).

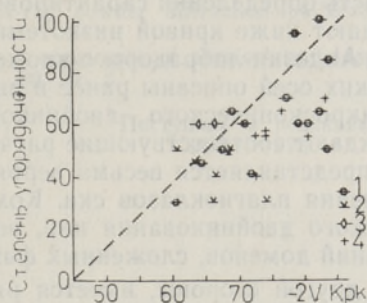


Рис. 2. Упорядоченность сосуществующих плагиоклаза и калиевого полевого шпата скв. Кохила: 1 — биотит-полевешпатовые гнейсы, 2 — биотит-амфиболовые гнейсы, 3 — гнейсо-гранодиориты, 4 — граниты.

В. Галибина и др. (1972) и является, по-видимому, закономерным, отражая упорядочение на разных уровнях аналогично рентгеновской триклинности и $2V$ в калиевых полевых шпатах.

Сравнительно низкая степень оптической упорядоченности плагиоклазов скв. Кохила оказалась несколько неожиданной. Хотя плагиоклаз метаморфических пород и слабо изучен, однако он считается хорошо упорядоченным (Марфунин, 1962; Дир и др., 1966). Так, по данным В. Галибина (1972), плагиоклазы амфиболитовой фации из докембрия Восточной Сибири отличаются высокой степенью упорядоченности.

Одной из причин такой неожиданности может быть субмикроскопическое двойникование. В отличие от калишпатов присутствие последнего заметно влияет на величину $2V$ плагиоклаза (Марфунин, 1962), а тем самым и на степень оптической упорядоченности. На возможность субмикроскопического двойникования плагиоклазов скв. Кохила, по мнению автора, указывает значительное колебание $2V$ и, особенно, некоторые отклонения от нормы.

Изменчивость $2V$ плагиоклазов скв. Кохила прослеживается как на уровне типов пород, так и в пределах отдельного шлифа и даже двойника (таблица). Если о различии $2V$ соседних индивидов одного двойника имеется еще мало фактического материала (зарегистрировано в двух двойниках), то изменчивость в пределах шлифа бесспорно установлена. Из 18 более детально изученных шлифов, в которых $2V$ определялся в трех и более зернах, колебания наблюдаются в 15 с интервалом $6-13^\circ$, что значительно превышает погрешность определения. Важно отметить

при этом, что согласно многократным определениям состава плагиоклаза (таблица) последний остается практически постоянным. При исследовании вариаций $2V$ велись наблюдения относительной величины зерна, степени идиоморфизма и характера микроскопического двойникования определяемых зерен плагиоклаза. Никакой заметной статистической связи между этими свойствами и значениями $2V$ установить не удалось.

В шлифах K243 и K358^A (амфиболиты) $2V$ плагиоклаза варьирует от $+83$ до $+71^\circ$ при составе № 47—48. Значения от $+71$ до $+73^\circ$ (достоверность определений гарантирована повторными измерениями) на рис. 1 попадают ниже кривой низкотемпературного плагиоклаза по А. Марфунину. Андезин-лабрадоры с аномально малым положительным углом оптических осей описаны ранее в литературе. Для них применена гипотеза субмикроскопического двойникования, обоснованность которой подтверждают соответствующие расчеты А. Марфунина (1962). Таким образом, представляется весьма вероятным, что величина $2V$ и степень упорядочения плагиоклазов скв. Кохила частично зависят от субмикроскопического двойникования или, возможно, от субмикроскопических прорастаний доменов, сложенных фазами различного состава (Smith, 1972).

С другой стороны, имеется ряд признаков, которые указывают, что значения $2V$ в основном все же отражают упорядоченность структуры. Один из них — аналогия с калиевым полевым шпатом. В разрезе скв. Кохила $2V$ калишпата колеблется также в широком интервале, причем изменчивость отмечается также на уровнях типа породы, шлифа и двойника. Как фактические данные о калишпате Кохила, так и общие соображения (Марфунин, 1962) доказывают, что величина $2V$ для калишпата служит мерой триклинного упорядочения. Во-вторых, степень упорядочения сосуществующих плагиоклаза и калишпата скв. Кохила в общем коррелятивна (рис. 2). Вместе с тем из диаграммы выявляется, что среди калишпатсодержащих пород наиболее низкой степенью упорядочения полевых шпатов характеризуются биотит-амфиболовые и, отчасти, биотит-полевошпатовые гнейсы. В-третьих, по предварительным данным, оптические (на основе $2V$) упорядоченности плагиоклазов гранулитовой и амфиболитовой фаций Эстонии статистически отличаются: степень упорядочения первых в общем ниже степени упорядочения вторых. Такие же соотношения характерны для плагиоклазов докембрия Восточной Сибири (Галибин и др., 1972) и для калиевых полевых шпатов Эстонии.

Если $2V$ плагиоклаза скв. Кохила в основном действительно зависит от упорядоченности структуры, то относительно низкую степень упорядочения можно объяснить следующими обстоятельствами. Во-первых, ряд минералогических признаков, в том числе спорадическое наличие антипертита, указывает на высокую степень метаморфизма, приближающуюся к условиям гранулитовой фации. Во-вторых, высказано предположение (Gay, Muir, 1962), что скорость упорядочения плагиоклазов зависит от состава, причем медленнее других упорядочивается плагиоклаз № 30—40. Низкая степень упорядочения плагиоклаза скв. Кохила обнаруживается именно в этом же интервале (рис. 1).

Дальнейшая углубленная геологическая интерпретация требует дополнительного детального и комплексного исследования. Особого внимания при этом заслуживает геологическое распространение изменчивости $2V$ и физическая природа вариации. Материал скв. Кохила показывает, что оценка оптической упорядоченности на основе единичных определений $2V$ не обоснована.

ЛИТЕРАТУРА

- Галибин В. А., Байкова В. С., Седова И. С. 1972. Структурное состояние и состав полевых шпатов пород гранулитовой и амфиболитовой фаций (на примере центральной части Алданского щита и его обрамления). ДАН СССР, т. 205, № 3.
- Дир У. А., Хаун Р. А., Зусман Дж. 1966. Породообразующие минералы. Т. 4. М. Марфунин А. С. 1962. Полевые шпаты — фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распределение. Тр. ИГЕМ, вып. 78.
- Gay P., Muir L. D. 1962. Investigation of the feldspars of the Skaergaard intrusion, Eastern Greenland, J. Geology, 70, No. 5.
- Smith J. R., Yoder H. S. 1956. Variations in X-ray powder diffraction patterns of plagioclase feldspars. Amer. Miner., 41.
- Smith J. V., 1972. Critical review of synthesis and occurrence of plagioclase feldspars and a possible phase diagram. J. Geology, 80, No. 5.

Тартуский государственный
университет

Поступила в редакцию
14/XII 1973

T. KUUSPALU

PLAGIOKLASSI KORRASTUSASTMEST KOHILA
PUURSÜDAMIKU KRISTALSETES KIVIMITES OPTILISTE TELGEDE
VAHELIŠE NURGA 2V ALUSEL

Kohila puursüdamiku amfiboliitse faatsiese kristalsete kivimite mineraloogilisel uurimisel määrati massiliselt plagioklassi 2V-d eesmärgiga hinnata plagioklassi korraustaset D. Slemmons printsiibil. Tuvastati 2V ulatuslik kõikumine nii sama koostisega kivimitüüpide lõikes kui ka üksiku õhiku ja kaksiku piires. 2V varieerumine peegeldab nähtavasti nii struktuurset seisundit kui ka submikroskoopilist kaksistumist. Optilise korraustastme määramine 2V üksikmäärangute alusel ei ole põhjendatud.

T. KUUSPALU

ON THE DEGREE OF ORDER OF PLAGIOCLASE IN
THE CRYSTALLINE ROCKS OF KOHILA DRILL CORE ON
THE BASIS OF OPTIC AXIAL ANGLES DATA

A detailed study of the optic axial angle 2V of plagioclase from amphibolite facies crystalline rocks of Kohila drill core (NW Estonia) has been carried out with the purpose of estimating the degree of order of plagioclase. The plagioclase 2V shows considerable variations at a constant composition within the rock types, separate thin sections and also, probably, in separate individuals of the twins. The 2V variations are believed to be the result of the structural state changes and of submicroscopical twinning.