

Упорядочение альбита в гидротермальных условиях

А. Р. Котельников¹, Т. И. Щекина²

¹Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка

²Московский государственный университет им М.В.Ломоносова, геологический факультет, Москва
kotelnik@iem.ac.ru; факс: 8 (496) 524 4425, тел.: 8 (496) 524 4425

Ключевые слова: Синтез, полевые шпаты, структурное упорядочение альбита

Ссылка: Котельников, А.Р., Т. И. Щекина (2011) Упорядочение альбита в гидротермальных условиях, *Вестник ОНЗ РАН*, 3, NZ6053, doi:10.2205/2011NZ000183.

Структурное состояние альбита является хорошим индикатором условий минералогенеза. Ранее было показано [McKenzie, 1957; Тейлор, 1967], что распределение алюминия по неэквивалентным позициям структуры альбита зависит от температуры. Полностью разупорядоченный, «высокий» альбит содержит в каждом алюмокремниевом тетраэдре $(\text{Al},\text{Si})\text{O}_4$ по $\frac{1}{4}$ атома алюминия, в то время как в полностью упорядоченном, «низком» альбите, весь алюминий сосредотачивается в тетраэдре $\text{T}_1(0)$ [Тейлор, 1967; Дир и др., 1966]. В зависимости от структурного состояния меняются и параметры элементарной ячейки (ПЭЯ) альбита [Kroll&Ribbe, 1980]. В работе [Bambauer, et al., 1967a, b] была показана связь между структурным состоянием альбита и межугловым расстоянием отражений 131 и 1-31, которое принято обозначать как $\Delta 131$. Для высокого альбита $\Delta 131=2.01$ (Cu-K α), для низкого $\Delta 131=1.06$ (Cu-K α). Зависимость параметра $\Delta 131$ синтетических альбитов от температуры изучалась в работах целого ряда исследователей [McKenzie, 1967; Mason, 1979; Martin, 1969; Сендеров и др., 1971]. Особенно следует отметить работы Мартина и Сендерова с соавторами, в которых показано существенное влияние повышенной щелочности раствора на структурное состояние альбита – повышение pH раствора способствовало образованию более упорядоченных альбитов. В интервале температуры 350–1000°C получены экспериментальные данные, связывающие параметр $\Delta 131$ и температуру. Однако из-за ряда причин, определяемых, в основном кинетикой процесса упорядочения, наиболее хорошо согласуются экспериментальные данные, полученные при температуре > 400°C. Цель нашей работы состояла в изучении процессов синтеза упорядоченных альбитов при низкой температуре (200–500°C) и построение зависимости $\Delta 131$ от температуры при $T < 500^\circ\text{C}$. Синтез альбита проводили в гидротермальных условиях при температуре 200–500°C и давлении 0.5–1.0 кбар. В качестве исходных смесей применяли гелевые смеси альбитового состава с добавлением 10 мас.% аморфного SiO_2 ; синтез проводили в растворах NaOH и $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ концентрацией 2–10 мас.%. Ранее было показано [Martin, 1969; Сендеров и др., 1971], что щелочные растворы ускоряют синтез упорядоченных разностей полевых шпатов. Длительность опытов достигала 65 суток. В исходную смесь добавляли природный низкий альбит в количестве 1–2% от массы навески. В продуктах опыта фиксировали низкий альбит и кварц, в некоторых опытах присутствовало небольшое количество силикатов натрия. Микронзондовый анализ показал полное соответствие состава синтетических альбитов формуле $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Рентгеновское изучение позволило уточнить параметры элементарных ячеек альбитов. Полученные данные представлены в табл.1 и на рис. 1. Впервые удалось синтезировать предельно упорядоченные альбиты ($\Delta 131=1.087$ для Cu-K α) при 200°C и 0.5 кбар.

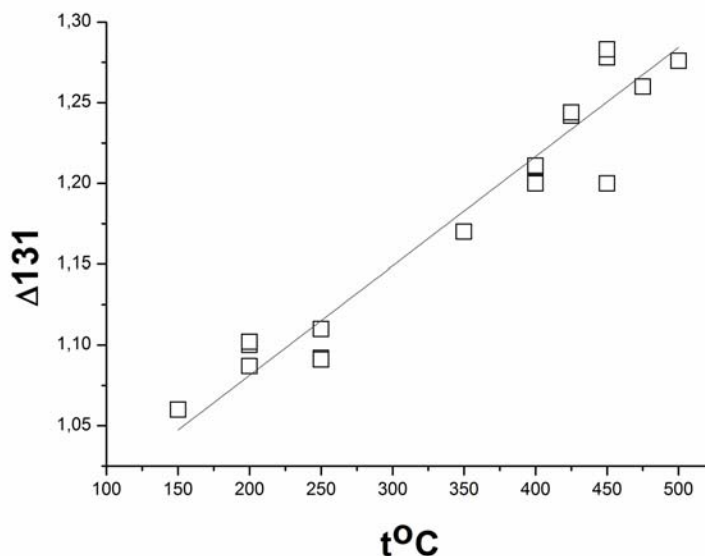


Рис. 1. Температурная зависимость параметра $\Delta 131$ для синтетических альбитов

Таблица 1. Параметры элементарных ячеек альбитов, синтезированных в гидротермальных условиях ($t = 200 \div 500^\circ\text{C}$; $P = 0.5\text{--}1.0$ кбар) из растворов гидроксида натрия и силиката натрия

№ оп.	$t/p^{1)}$	$a, [\text{\AA}]^{2)}$	$b, [\text{\AA}]$	$c, [\text{\AA}]$	$\alpha, [^\circ]$	$\beta, [^\circ]$	$\gamma, [^\circ]$	$V, [\text{\AA}]^3$	$\Delta 131^{3)}$
6311	200/0.5	8.136	12.786	7.159	94.26	116.59	87.69	664.1	1.10
6312	200/0.5	8.137	12.788	7.159	94.25	116.60	87.71	664.2	1.087
6313	200/0.5	8.137	12.787	7.159	94.26	116.60	87.69	664.2	1.102
6338	250/0.5	8.137	12.787	7.159	94.27	116.60	87.70	664.2	1.107
6339	250/0.5	8.139	12.786	7.159	94.26	116.61	87.70	664.2	1.092
6340	250/0.5	8.136	12.783	7.160	94.29	116.59	87.65	664.0	1.091
5703	400/1	8.141	12.795	7.154	94.21	116.60	87.96	664.6	1.211
5834	400/1	8.140	12.793	7.154	94.20	116.60	87.97	664.4	1.210
5840	425/1	8.140	12.795	7.152	94.16	116.58	88.08	664.4	1.242
5841	425/1	8.140	12.791	7.151	94.12	116.57	88.11	664.3	1.244
5846	450/1	8.141	12.802	7.148	94.11	116.57	88.20	664.5	1.278
5746	450/1	8.141	12.802	7.146	94.09	116.55	88.23	664.5	1.283
5850	500/1	8.141	12.801	7.147	94.08	116.55	88.24	664.6	1.281

1) t/p – температура ($^\circ\text{C}$)/давление(кбар);

2) значения параметров приведены в ангстремах, углов – в градусах;

3) $\Delta 131$ -межуговое расстояние между отражениями 131 и 1-31 для ($\text{Cu-K}_{\alpha 1}$)

Рассчитана аналитическая зависимость степени упорядочения альбита от температуры, которая может использоваться в качестве геотермометра для альбит-содержащих минеральных ассоциаций:

$$t, (^\circ\text{C}) = [-1255.2 + 1356.6 * (\Delta 131)] \pm 20^\circ\text{C}.$$

Данное уравнение адекватно работает в интервале температур $100 \div 500^\circ\text{C}$.

Литература

Дир, У. А., Р. А. Хауи, Дж. Зусман (1966), *Породообразующие минералы. т.4*, Каркасные силикаты. М., Мир, 481с.

Сендеров, Э. Э., Т. И. Щекина, К. И. Тобелко (1971), Изучение кристаллизации низкого альбита. *Геохимия*, N 8, сс. 963–973.

Тейлор, У. Х. (1967), Каркасные силикаты: полевые шпаты, У. Л.Брэгг, Г.Ф.Кларингбулл, ред. *Кристаллическая структура минералов*. М., Мир, 391 с.

Bambauer, H. U., E. Eberhard, K. Viswanathan (1967b), The lattice constants and related parameters of plagioclase (low), *Schw. miner. petrogr. Mitt.*, Bd.47, N 1, pp.351–364.

Bambauer, H. U., M. Corlett, E. Eberhard (1967a), Diagrams for the determination of plagioclases using X - ray powder methods, *Schw. miner.petrogr. Mitt.*, Bd. 47, N1, pp. 333–350.

Kroll, H., P. H. Ribbe (1980), Determinative diagrams for Al, Si order in plagioclases, *Amer.Mineral.*, v. 65, N 5–6, pp.449–457.

Martin, R. F. (1969), The hydrothermal synthesis of low albite, *Contrib. Mineral.Petrol.*, v. 23, pp. 323–339.

Mason, R. A. (1979), The ordering behaviour of albite in aqueous solutions at 1 kbar. *Contrib.Mineral.Petrol.*, v. 68, pp. 269–273.

McKenzie, W. S. (1957), The crystalline modification of $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, *Amer.J.Sci.*, v. 255, N7, pp. 481–516.