

УСТОЙЧИВОСТЬ УССИНГИТА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Котельников А.Р., Сук Н.И.*, Котельникова З.А.**,
Ахмеджанова Г.М.*, Ковальский А.М.**

**Институт экспериментальной минералогии РАН, 142432, Московская область, г.Черноголовка, ул. Институтская, д. 4, e-mail: kotelnik@iem.ac.ru, тел./факс:(49652)44425*

***Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, 119017, Москва, Старомонетный пер., 35*

Уссингит ($\text{Na}_2\text{AlSi}_3\text{O}_8[\text{OH}]$) является достаточно распространенным минералом для Ловозерского щелочного массива. Он развит в фойяитах и люавритах дифференцированного комплекса Ловозерского массива. Уссингит также является характерным минералом науяитов, их пегматитов и гидротермалитов.

В природных условиях уссингит часто образуется по содалиту и полевым шпатам. При замещении полевого шпата (альбита) возможно протекание следующей реакции: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (альбит) + $\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{AlSi}_3\text{O}_8(\text{OH})$ (уссингит) (1)

Данная реакция зависит от концентрации гидроксида натрия в минералообразующем флюиде. Поэтому уссингит является потенциальным индикатором щелочности гидротермального раствора. Из литературных данных [1, 2, 3] известно, что уссингит образуется при относительно невысоких температурах, на стадии гидротермального процесса. А.П.Хомяков [3] особо подчеркивал необходимость присутствия высокощелочного раствора для образования уссингита.

Для количественной оценки влияния щелочности на устойчивость уссингита необходимо экспериментальное изучение реакции (1). Ранее устойчивость уссингита в гидротермальных условиях была исследована в работе [4]. Синтезировать уссингит в поле его состава (с добавлением различных количеств воды) не удалось. Безуспешность попыток синтеза в работе [4] можно объяснить следующими причинами: 1) низкой щелочностью минералообразующей среды в опытах; 2) относительно высокими температурами проведения опытов (400 - 800°C).

Цель нашей работы состояла в экспериментальном изучении синтеза уссингита по реакции (1) в гидротермальных условиях (при температуре 250 - 500°C, давлении 0.75 – 1.0 кбар и концентрации NaOH в растворе 0 – 30 мас.%). В качестве реагентов использовались моновариантные смеси природных альбита

(низкий альбит, ПЭЯ: $a=8.136(1)[\text{A}]$; $b=12.784(1)[\text{A}]$; $c=7.158(1)[\text{A}]$; $\alpha=94.27(1)[^\circ]$; $\beta=116.61(1)[^\circ]$; $\gamma=87.71(1)[^\circ]$; $V=663.7(2)[\text{A}]^3$)

и уссингита из Ловозерского массива

(ПЭЯ: $a=7.249(2)[\text{A}]$; $b=7.674(2)[\text{A}]$; $c=8.682(1)[\text{A}]$; $\alpha=90.69(1)[^\circ]$; $\beta=99.81(1)[^\circ]$; $\gamma=122.55(1)[^\circ]$; $V=398.0(2)[\text{A}]^3$).

Кроме природных уссингита и альбита, в исходные смеси добавлялись гель альбита и аморфный кремнезем в соотношении: (Ab):(Uss):(гель Ab):(SiO₂) = 1:1:8:3. Концентрация гидроксида натрия задавалась необходимым количеством 27% раствора NaOH , дистиллированной воды и сухой навески NaOH (при концентрации более 27%). Опыты проводились по ампульной методике, использовали платиновые ампулы диаметром 5 мм. Соотношение навеска/раствор варьировало от 0.27 до 0.55 (в зависимости от ТР- параметров опытов и концентрации NaOH). Концентрация гидроксида натрия варьировала от 5 до 40 мас.%. Продолжительность опытов составляла от 22 до 65 суток. Анализ продуктов опытов проводился микрозондовым методом. Проведено рентгеновское изучение синтезированных фаз, определены параметры их элементарных ячеек. Результаты опытов по синтезу уссингита приведены в таблице 1 и на рис.1.

Таблица 1. Фазовый состав продуктов опытов по синтезу уссингита.

450°C; P=1 кбар					
C(NaOH) мас.%	0 - 8	8 - 12	12 - 18	18 - 20	> 20
Продукты опытов	Ab ± Qz	Ab + Anc + сл. Uss	Anc + сл. Uss	Can + Uss	Can
400°C; P=1 кбар					
C(NaOH) мас.%	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20
Продукты опытов	Ab ± Qz	Ab + сл. Uss	Anc±Ab+Uss	Can+ сл. Uss	Can
350°C; P=1 кбар					
C(NaOH) мас.%	0 - 8	8 - 12	12 - 15	> 15	
Продукты опытов	Ab ± Qz + сл. Uss	Anc±Ab+Uss	Anc	Can	
300°C; P=0.75 кбар					
C(NaOH) мас.%	0 - 8	8 - 10	10 - 15	>15	
Продукты опытов	Ab ± Qz + сл. Uss	Ab+Anc+Uss	Anc + Uss	Can	
250°C; P=0.75 кбар					
C(NaOH) мас.%	0 - 5	5 - 8	8 - 15	15 - 20	>20
Продукты опытов	Ab ± Qz	Ab+Anc+Uss	Anc+Uss	Can+Uss	Can

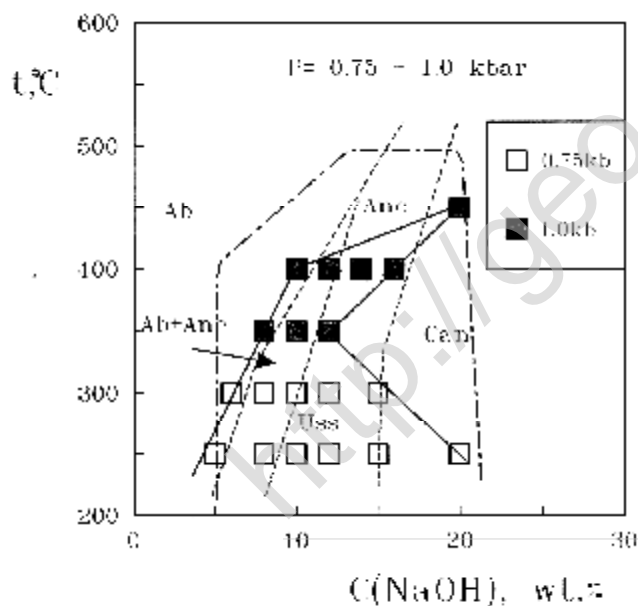
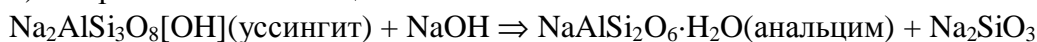


Рис.1. Результаты опытов по синтезу уссингита.

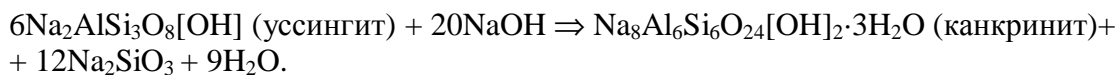
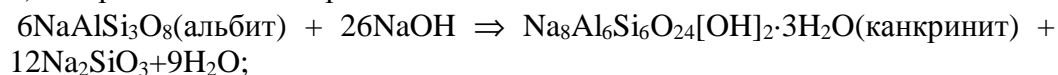
Следует отметить, что 100% выхода уссингита получить не удалось. В продуктах опытов всегда присутствуют другие фазы (альбит, анальцит, канкринит). Это может быть связано как с отсутствием равновесия (продолжительность опытов недостаточна), так и с наличием высокощелочного флюида, который в гидротермальных условиях может растворять значительные (до десятков мас.%) количества алюмосиликатного вещества, что при снижении температуры приводит к образованию закалочных фаз.

Следует отметить, что с изменением концентрации гидроксида натрия меняется и фазовый состав продуктов опытов. Так при концентрации NaOH до 5 - 8 мас.% в продуктах опытов (помимо уссингита) присутствует альбит, в интервале концентраций 8 - 15 мас.% в продуктах опытов вместо альбита наблюдается анальцит, при концентрации 15 - 20 мас.% анальцит сменяется канкринитом. Очевидно, что смена фазового состава связана с процессами десиликации уссингита (или альбита):

1) с образованием анальцима:



2) с образованием канкринита:



Процесс десиликации сопровождается уменьшением массы (до 40 мас.%) твердых продуктов опытов, так как значительная часть вещества присутствует в форме концентрированного щелочного раствора силиката натрия. Силикат натрия также иногда фиксируется в продуктах опытов.

Как следует из результатов опытов, уссингит синтезируется в интервале температуры 250 – 400°C при концентрации гидроксида натрия 8 – 15 мас.%. Параметры элементарных ячеек синтезированных фаз (уссингита, анальцима и канкринита) соответствуют приведенным в картотеке PDF-2.

Выводы

1. Уссингит устойчив относительно альбита при $t \leq 450^\circ\text{C}$ при концентрации гидроксида натрия не менее 8-10 мас.%. С повышением концентрации NaOH до 15 мас.% (и более) происходит десиликации уссингита с образованием анальцима и затем – канкринита. Однако в природных условиях, при высоком соотношении порода/флюид (≥ 50), что способствует образованию насыщенных кремнеземом гидротермальных растворов, уссингит может быть устойчив и при более высоких концентрациях NaOH.

2. На основании полученных данных можно использовать уссингит для оценки режима щелочности гидротермального раствора при минералогенезе уссингитовых парагенезисов. Так, при находках уссингит-содержащих парагенезисов с температурой образования 300-400°C (характерных для гидротермальной стадии минералогенеза Ловозерского щелочного массива) можно сделать вывод о том, что концентрация NaOH в гидротермальном растворе составляла ≥ 10 мас.%.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №№ 06-05-64904, 07-05-00389, 07-05-00217, гранта Президента РФ МК-3499.2006.5 и Фонда содействия отечественной науке.

Литература

1. Власов К.А., Кузьменко М.В., Еськова Е.М. Ловозерский щелочной массив. М.: Изд. АН СССР, 1959. 623 с.
2. Семенов Е.И. Минералогия Ловозерского щелочного массива. М.: Наука. 1972. 307 с.
3. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М., Наука, 1990, 197 с.
4. Platt R.G., Rose-Hansen J. The system ussingite-water and its bearing on crystallization in persodic portions of the system $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ at 1 kb total pressure. // J.Geol. 1975. V. 83, № 6, p. 763-772.