

**Экспериментальное исследование грейзенизации гранитов
в воде и растворах HF при 400–600°C**

А. М. Аксюк, В. С. Коржинская
Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка

aksyuk@iem.ac.ru; vkor@iem.ac.ru

Экспериментальное моделирование грейзенизации вознесенских биотитовых и литий-фтористых гранитов при 400–600°C и 100 МПа в воде и водно-фторидном флюиде показало, что в ходе опытов не происходило ярко выраженного, контрастного диффузионного замещения порошка пород, а наблюдалось растворение отдельных зерен и образование новых минералов, т.е. наблюдался «инфильтрационный» процесс в замкнутом объеме ампулы. По данным микрозондового анализа – это связано с относительно высокой пористостью исходных порошков (десятки %) и градиентом концентраций компонентов в поровом растворе, в отличие от природных процессов, где пористость обычно составляет до 2–5 %. По результатам анализов состава твердых продуктов опытов видно, что «метасоматические» изменения гранитов в ходе экспериментов четко наблюдаются и зависят от условий опытов, но четко проявляются статистически. Грейзенизация биотитовых гранитов во фторидном флюиде приближает их состав к литий-фтористым гранитам.

Ключевые слова: эксперимент, грейзенизация, гранит, фтор, вознесенка

Ссылка: Аксюк, А. М., В. С. Коржинская (2012), Экспериментальное исследование грейзенизации гранитов в воде и растворах HF при 400–600°C, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG

Грейзенизация редкометальных гранитов – широко распространённый процесс в природе и развивается в виде оторочек у трещин в гранитах, заполненных кварцем, при гидротермальном процессе. На флюидно-магматической стадии в редкометальных гранитах, особенно при участии обогащенного фтором флюида, развивается «автометасоматоз», в первую очередь, в апикальных частях выступов гранитных массивов, где иногда формируются мощные зоны грейзенизированных гранитов. На территории Вознесенского рудного узла (Приморье) известны различные (Ta–Nb, W, Sn и др.) месторождения, образования которых связаны с грейзенизацией гранитов вознесенского комплекса. К этому комплексу относят две фазы: биотитовые и литий-фтористые граниты. Литий-фтористые граниты слагают небольшие (до 1–2 км) штоки, представляющие собой или самостоятельные магматические тела, или преобразованные и грейзенизированные выступы подстилающего более мощного (диаметром более 10 км) массива биотитовых гранитов. Источником рудоносных флюидов являлся глубинный магматический очаг. Фтор играл большую роль в формировании грейзенов и грейзеновых месторождений Вознесенского района. По нашим оценкам, полученным с помощью геофториметров [Аксюк, 2002], в гранитном флюиде этого района концентрации фтора были около 0.1–1 м_{HF}. С физико-химической точки зрения грейзенизация гранитов это, в первую очередь, реакция гидролиза полевых шпатов и замещение их ассоциацией кварц–слюда–топаз. Преобразования биотитовых гранитов под воздействием фторидных флюидов при высоких *TP* условиях приближают их состав к литий-фтористым гранитам.

Экспериментально моделировал грейзеновую зональность в гранитах *Г.П. Зарайский* [1989]. Нами выполнены опыты по образованию грейзенов в эндоконтакте вознесенских биотитовых и литий-фтористых гранитов, которые проводились в автоклавах с автоматической регулировкой температуры в ходе эксперимента. В автоклав помещались герметичные пеналы, футерованные платиной, внутри которых были открытые платиновые или кварцевые ампулы. Внутренний объем пенала составлял около 20 см³. Открытая платиновая или кварцевая ампула набивалась растертым порошком гранита весом около 0,3–0,4 г и пенал заполнялся водным раствором заданной концентрации HF. Соотношение порода-флюид составляло около 1:25. Продолжительность опытов была 15–30 дней.



Рис. 1. Колонки после опыта

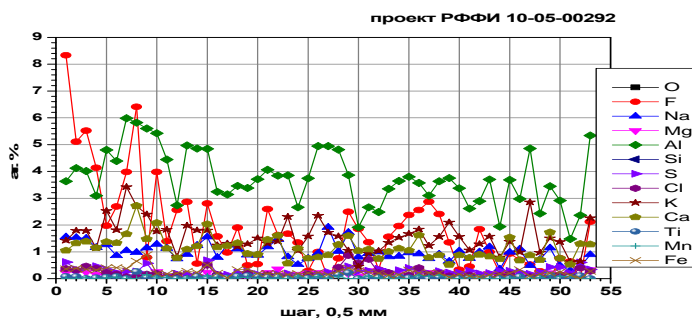


Рис. 2. Состав колонки при 600°C, вода

После опыта продукты без разрушения пропитывались и скреплялись цианакрилатом (рис. 1), шлифовались на требуемую глубину и изучались на электронном рентгеновском микроанализаторе (микрозонде) Cam Scan MV2300(VE GA TSS130MM). Съемка спектров велась по площадкам со стороны около 0.3–0.5 мм с шагом около 0.1–0.5 мм.

По данным микрозондового анализа экспериментальных грейзеновых колонок не происходило ярко выраженного, контрастного диффузионного замещения порошка пород, а наблюдалось растворение отдельных зерен и образование новых минералов, т.е. наблюдался «инфильтрационный» процесс в замкнутом объеме ампулы. Это связано с относительно высокой пористостью исходных порошков (десятки %) и градиентом концентраций компонентов в поровом растворе по длине колонки, в отличие от природных процессов, где пористость пород обычно составляет до 2–5 %. Анализ состава твердых продуктов опытов показывает, что «метасоматические» изменения гранитов в ходе экспериментов четко наблюдаются и зависят от условий опытов, но эти зависимости - проявляются статистически. Это требует съёмки профилей составов пород на микроанализаторе по площадкам (нами использовались чаще всего размером 0.5x0.5 мм).

При 600°C, 100 МПа, в воде (рис. 2, открытая к раствору часть – слева) и в 1m HF после опытов pH растворов заметно смещалось до 2.2 в исходной воде и 2.45 в 1m HF. В опытах большой длительности (более 30 дней) кристаллы калиевого полевого шпата и альбита полностью растворялись.

В футерованных платиной пеналах при 500°C и давлении 100 МПа, в растворах 1m HF содержание Al и F резко менялись (рис. 2, открытая к раствору часть колонки – слева).

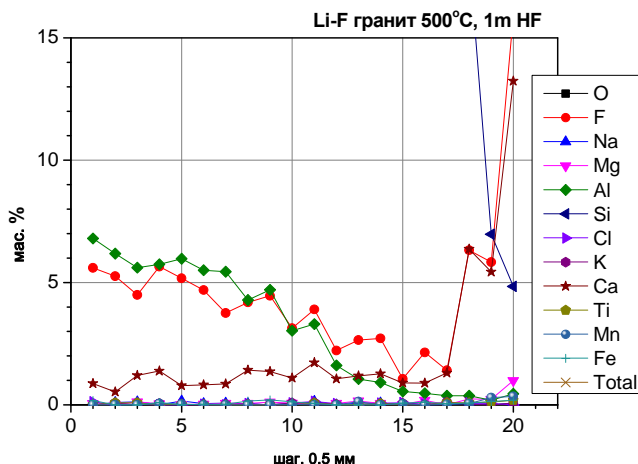


Рис. 3. Грейзеновая колонка по вознесенским Li-F гранитам (открытая к раствору часть–справа)

В верхней (открытой) части метасоматических колонок были встречены скопления зерен флюорита, зерна селлаита ($Mg(OH,F)_2$), топаза, чешуйки слюд с четко выраженной спайностью и зерна кварца увеличивались в размере.

В опытах при 400–500°C, 100 МПа, $0.5m_{HF}+0.5m_{HCl}$ (рис. 4) альбит и калиевый шпат также полностью растворялись и химический состав гранитов резко изменялся.

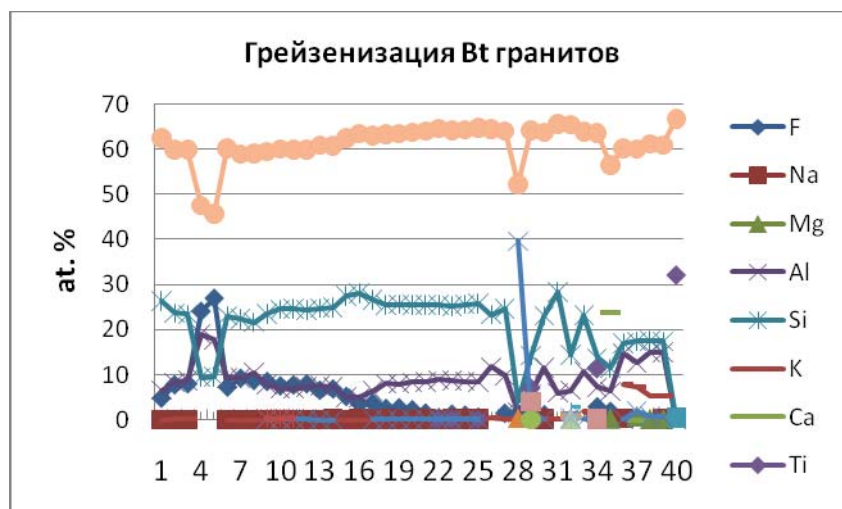


Рис. 4. Грейзенизация биотитового гранита (открытая к раствору часть колонки – слева)

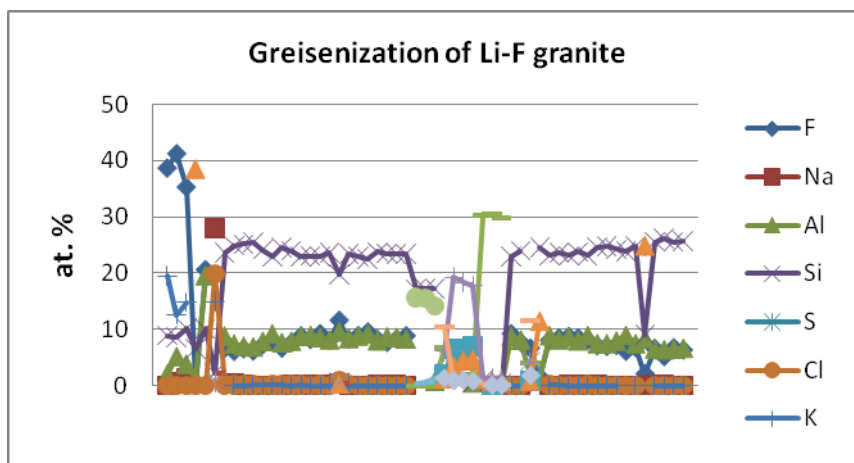


Рис. 5. Грейзенизация литий-фтористого гранита (открытая к раствору часть колонки – слева)

Иногда внутри колонки начинались формироваться кварцевые прожилки. У открытого конца метасоматической колонки образовались отдельные зерна гиератита (K_2AlSiF_6), эльпасолита (K_2NaAlF_6). Вознесенские литий-фтористые граниты на всем протяжении колонки преобразованы в цвиттеры (кварц+топаз). Сохранялись лишь редкие зерна окислов Fe, Ti и Ta-Nb. Иногда отмечались сохранившиеся зерна циркона с Zr/Hf отношением равным 13–17, которое характерно для редкометалльных высоко дифференцированных гранитов. Биотитовые граниты в передовой части колонки преобразованы в цвиттеры на протяжении 1/3 длины, где среди оставшихся и новообразованных зерен кварца растут кристаллы F-топаза. Далее, вместо топаза образуется андалузит, который отмечен также на вознесенских месторождениях. Исходный раствор ($0.5m_{HF}+0.5m_{HCl}$) имел $pH=1.45$. После опыта с Li-F гранитом он изменился до $pH=1.69$, с биотитовым гранитом – до $pH=1.80$, т.е. этот показатель в процессе опыта изменился мало. Концентрация фтора в закалочных растворах составила $m_F = 0.0155$ моль/кг H_2O для Li-F гранитов и $m_F = 0.0204$ моль/кг H_2O для биотитовых гранитов. Фторидные растворы в гранитных флюидах Вознесенского рудного района способствовали растворению и переносу тантал-ниобатов в эндоконтактовом ореоле. По минералогическим данным (Луговской, 1968) на вознесенском рудном поле развит танталсодержащий стрюверит ($Ti,Ta,Fe)_3O_6$), в составе которого присутствует преимущественно трехвалентное железо. Это говорит о большой роли окислительно-восстановительных условий при его образовании, что и подтверждается нашими экспериментальными данными по изучению растворимости тантал-ниобиевых минералов [Коржинская, Котова, 2012].

АКСЮК И ДР.: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ Грант РФФИ № 10-05-00292.

Литература

Аксюк, А. М. (2002). Экспериментально-обоснованные геофториметры и режим фтора в гранитных флюидах, *Петрология*, т. 10, № 6, с. 628–642.

Зарайский, Г. П. (1989). *Зональность и условия образования метасоматических пород*, М., Недра. 348 с.

Коржинская, В. С., Н. П. Котова (2012). Роль гидротермально-метасоматических факторов в образовании танталониобиевых месторождений, *Научная конференция, Теоретические вопросы и практика исследований метасоматических пород и руд, Тезисы докладов*, Киев, с. 41–42.

Луговской, Г. П. (1968). Геология, минералогия, геохимия и условия образования танталсодержащих гранитов Пограничного месторождения, М, Фонды ВИМС, 247 с.